



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA  
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE  
GASOLINA GDI**

**Marco Antonio Juárez Cajas**

Asesorado por el Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA  
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE  
GASOLINA GDI**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARCO ANTONIO JUÁREZ CAJAS**

ASESORADO POR EL ING. MYNOR RODERICO FIGUEROA FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Reymond Ludwin Taylor Unz
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Armando Medina Gómez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA  
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE  
GASOLINA GDI**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 5 de abril de 2017.

**Marco Antonio Juárez Cajas**

Guatemala, 6 septiembre de 2017


Ingeniero  
Roberto Guzmán Ortiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante **Marco Antonio Juárez Cajas**, con carné **1986 12246**, el cual lleva el título: **"Propuesta para el diseño de un banco de pruebas y diagnóstico para motores de combustión interna con sistema de inyección directa de gasolina GDI"**.

Con base a lo anterior, hago de su conocimiento esta información a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación, sin otro particular me suscribo.

Atentamente,



Mynor Roderico Figueroa Fuentes  
Ingeniero mecánico  
Colegiado 10368  
ASESOR

**MYNOR RODERICO FIGUEROA FUENTES**  
**INGENIERO MECANICO**  
**Colegiado 10 368**



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.213.2018

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA GDI** desarrollado por el estudiante **Marco Antonio Juárez Cajas, CUI 2338990811201, Registro Académico 198612246** recomienda su aprobación.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Coordinador Área Térmica  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, agosto 2018



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.017.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Asesor y del Coordinador del Área Complementaria, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA GDI** desarrollado por el estudiante **Marco Antonio Juárez Cajas, CUI 2338990811201, Registro Académico 198612246** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, enero de 2020

/aej





DTG. 029.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS Y DIAGNÓSTICO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA GDI**, presentado por el estudiante universitario: **Marco Antonio Juárez Cajas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, enero de 2020

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Jesucristo**

Por ser mi Señor, quien me brindó sabiduría, la dirección y las fuerzas necesarias para culminar mi carrera.

### **Mis padres**

César Juárez Ávila y Zoila Consuelo de Juárez, gracias por su apoyo y ejemplo en mi vida.

### **Mi esposa**

Thelma de Juárez, compañera de vida, por su apoyo y comprensión.

### **Mis hijos**

Sintia y Marcos Juárez Tecún, con todo amor, por ser fuente de motivación para mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Escuela superior donde se me concedió la oportunidad de ingresar y de cumplir mis sueños de estudiar una carrera.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme los conocimientos técnicos y científicos necesarios para ser un profesional.

**Mis amigos compañeros**

Amigos y compañeros de estudio, pues con ustedes y con esfuerzo, perseverancia y fe logré alcanzar mi meta. Gracias a todos.

**Ing. Mynor Roderico  
Figueroa Fuentes**

Por su disposición y acompañamiento en la elaboración de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	1
1.1. Inyección mecánica .....	1
1.1.1. K Jetronic.....	1
1.1.2. KE Jetronic .....	19
1.2. Inyección electrónica convencional .....	20
1.2.1. D Jetronic.....	21
1.2.2. L Jetronic .....	31
1.2.3. LE Jetronic.....	35
1.2.4. LH Jetronic.....	37
1.2.5. Mono-Motronic.....	38
1.2.6. Motronic.....	39
1.2.7. Motronic ME 7.....	40
2. INYECCIÓN ELECTRÓNICA DIRECTA DE GASOLINA GDI.....	49
2.1. Componentes del sistema GDI.....	50
2.1.1. Unidad de control.....	50
2.1.2. Válvulas de inyección .....	51

2.1.3.	Bomba de alta presión .....	52
2.1.4.	Riel común de alta presión .....	53
2.1.5.	Sensores que intervienen en la regulación de combustible .....	55
2.1.6.	Gestión electrónica de regulación de combustible .....	59
2.2.	Tipos de sistemas GDI .....	60
2.2.1.	Motronic MED 7.....	62
2.2.2.	Motronic MED 9.....	63
2.2.3.	Motronic MED 9.1.....	65
3.	MODELO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN GDI.....	69
3.1.	Banco de pruebas .....	69
3.1.1.	Motor de combustión interna con sistema de inyección GDI.....	70
3.1.2.	Módulos electrónicos para el arranque y control del motor .....	73
3.2.	Componentes del banco de pruebas .....	76
3.2.1.	Generador de señal.....	76
3.2.2.	Fuente de tensión.....	81
3.2.3.	Conectores de diagnóstico OBD II .....	84
3.2.4.	Equipos de diagnóstico .....	97
3.2.5.	Módulo generador de fallas.....	100
3.3.	Prácticas .....	108
3.3.1.	Diagnóstico del sistema de combustible GDI .....	110
3.3.2.	Diagnóstico de válvulas de inyección.....	117
3.3.3.	Mantenimiento preventivo del modelo didáctico....	127

CONCLUSIONES .....	129
RECOMENDACIONES .....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	133
APÉNDICE.....	135





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Instalación del sistema K-Jetronic en el motor .....	2
2.	Esquema de un sistema de inyección K-Jetronic .....	3
3.	Componentes del modelo K-jetronic .....	3
4.	Bomba eléctrica de combustible .....	5
5.	Acumulador de combustible .....	6
6.	Caudalímetro (plato-sonda).....	7
7.	Embudo del caudalímetro .....	8
8.	Funcionamiento de válvula de presión diferencial.....	9
9.	Funcionamiento de la válvula corredora.....	11
10.	Regulador de presión .....	12
11.	Inyector de arranque en frío .....	13
12.	Esquema eléctrico para el inyector de arranque en frío .....	14
13.	Funcionamiento de regulador de presión de mando y calentamiento ..	15
14.	Regulador de presión de mando con función de enriquecimiento de la mezcla dependiendo de la carga del motor .....	17
15.	Inyector .....	19
16.	Sistema KE Jetronic .....	20
17.	Esquema de un sistema de inyección D-Jetronic.....	22
18.	ECU D-Jetronic .....	23
19.	Inyector abierto .....	24
20.	Esquema de un sensor de presión.....	26
21.	Sensor de presión por compensador de altitud.....	27
22.	Sensor de posición del acelerador .....	28

23.	Sección de una válvula de aire adicional .....	29
24.	Inyector de arranque en frío.....	30
25.	Esquema eléctrico de un sistema de inyección D-Jetronic.....	31
26.	Sistema LE Jetronic.....	36
27.	Sistema LH Jetronic.....	37
28.	Sistema Mono Motronic .....	38
29.	Sistema Motronic .....	40
30.	Sistema motronic ME 7.....	41
31.	Válvula de mariposa .....	43
32.	Margen de la combustión.....	44
33.	Movimiento de la mezcla .....	45
34.	Margen para la formación de la mezcla .....	46
35.	Gráfica emisiones frente a relación aire/combustible.....	47
36.	Válvula de inyección .....	52
37.	Bomba de alta presión .....	53
38.	Riel común de alta presión .....	55
39.	Sensor regulador de combustible .....	56
40.	Dosificador y regulador de combustible .....	57
41.	Sensor de presión de combustible.....	58
42.	Gestión electrónica de regulación de combustible.....	60
43.	Sistema Motronic ME 7.....	63
44.	Osciloscopio .....	77
45.	Generador de funciones .....	80
46.	Características del cable adaptador de conector OBD a OBDII .....	85
47.	Conector OBDII en el vehículo.....	94
48.	Esquema eléctrico de un interfaz OBDII .....	96
49.	Lectores de códigos para OBDII .....	97
50.	Escáner automotriz y conector .....	100
51.	Módulo DSE6020.....	102

52.	Comparación de inyector limpio y sucio .....	118
53.	Mantenimiento de inyectores .....	122
54.	Limpieza de inyector por ultrasonido .....	124

## **TABLAS**

I.	Testigos del tablero del automóvil A .....	104
II.	Testigos del tablero del automóvil B .....	105
III.	Testigos del tablero del automóvil C .....	106
IV.	Testigos del tablero del automóvil D .....	107
V.	Especificaciones generales del sistema de inyección con gasolina A.....	111
VI.	Especificaciones generales del sistema de inyección con gasolina B.....	112
VII.	Diagrama del sistema de inyección directa de gasolina.....	113
VIII.	Especificaciones de servicio .....	114
IX.	Puntos de inspección de la lámpara de advertencia del motor .....	116



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Ácido sulfúrico
<b>CO<sub>2</sub></b>	Bióxido de carbono
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>l/in<sup>2</sup></b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>N<sub>2</sub></b>	Nitrógeno
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos nítricos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Kg /cm<sup>2</sup></b>	Presión sobre un área
<b>Hg.</b>	Símbolo del elemento de mercurio





## GLOSARIO

<b>Bimetal</b>	El término bimetálico se refiere a un objeto que se componga de dos o más metales ensamblados juntos.
<b>Cánister</b>	Filtro de carbón activo que está unido al circuito de llenado del depósito de combustible y al colector de admisión mediante canalizaciones.
<b>ECU</b>	Unidad de control de motor.
<b>Extensométricas</b>	Técnica para la medición de esfuerzos y deformaciones basándose en el cambio de la resistencia eléctrica de un material al ser sometido a tensiones.
<b>FIC (FIF)</b>	Flujo de combustible.
<b>GDI</b>	Sistema de inyección directa de gasolina.
<b>Inyector</b>	Es un elemento del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible.

<b>Muelle</b>	Elemento mecánico que puede deformarse de manera no permanente absorbiendo energía elástica, para después restituirla, total o parcialmente, en función de su característica de amortiguamiento.
<b>Pulverizador</b>	Dispositivo que divide una sustancia en cuantas partes sea posible.
<b>Ralentí</b>	Es el régimen mínimo de revoluciones por minuto (giros o vueltas por minuto) a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable sin necesidad de accionar un mecanismo de aceleración o entrada de carburante.
<b>Reglaje</b>	Medidas establecidas por fabricante.
<b>Regulador lambda</b>	La sonda reguladora mide el oxígeno residual que todavía se encuentra en el gas de escape no tratado. Genera entonces una señal de sonda que la ECU emplea para modificar la composición de la mezcla a través del regulador.
<b>RPM</b>	Una revolución por minuto es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular.

<b>SAE</b>	<i>Society of Automotive Engineers</i> - Sociedad de ingenieros automotores.
<b>SAP</b>	<i>Structural Análisis Program</i> – Programa de análisis estructural.
<b>Sensor</b>	Detector de variable.
<b>UNE</b>	Norma española equivalente a ISO y DIN.
<b>Viscosidad</b>	Medida de resistencia del aceite por fluir.



## **RESUMEN**

El proceso de realizar un diagnóstico apropiado para el sistema de inyección directa de gasolina GDI crea la necesidad de contar con un banco de comprobación que permita visualizarlas para su verificación. Además, así se comprueba que se encuentren dentro de los parámetros apropiados de funcionamiento, los cuales incluyen valores específicos de voltaje resistencia, intensidad, frecuencia entre otros, de los cuales depende el funcionamiento óptimo de estas unidades.

Se puede contar con un equipo muy útil, didáctico y versátil que, además de ser una herramienta de diagnóstico, sirva como banco de aprendizaje, ya que al tener un sistema de inyección directa de gasolina GDI en funcionamiento se pueden deducir los principios de operación y constatar los criterios y teorías infundados en la etapa de aprendizaje de los estudiantes.





# OBJETIVOS

## General

Proponer el diseño de un banco de pruebas y diagnóstico para motores de combustión interna con sistema de inyección directa de gasolina GDI.

## Específicos

1. Analizar los principios del sistema de inyección electrónica de combustible para entender las bases del proyecto.
2. Conocer los diferentes tipos de inyección electrónica usados en la industria automotriz.
3. Estudiar el sistema de inyección directa de gasolina GDI.
4. Proponer la elaboración de un banco de pruebas para motores de combustión interna con sistema de inyección directa de gasolina GDI.
5. Proponer una guía de prácticas para el banco de pruebas.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente la inyección de combustible de gasolina ha tenido avances importantes en cuanto a la gestión para reducir las emisiones contaminantes. En los motores de combustión equipados con un sistema de inyección convencional la mezcla de aire y combustible se lleva a cabo en el cilindro mediante la inyección del combustible cuando ocurre la apertura de la válvula de admisión.

No obstante, en los motores de inyección directa de gasolina el combustible se inyecta a alta presión directamente en la cámara de combustión, sobre la cabeza del pistón; de forma similar a la inyección del combustible en los motores de diésel; de modo que la dosificación del combustible, la formación de mezcla, así como la regulación del par motor, el consumo de combustible y los niveles de emisiones son regulados mediante un preciso control electrónico.

La presente propuesta de diseño consiste en un banco de diagnóstico del motor de combustión interna con el sistema de inyección directa de gasolina cuya función será la realización de una serie de mediciones, con el objetivo de evaluar sus parámetros de funcionamiento en los sistemas de alimentación de combustible y otros sistemas como refrigeración, escape, disipación de potencia, y control electrónico.

También tiene como finalidad brindar una herramienta a la Escuela de Ingeniería Mecánica en cuanto al conocimiento de tareas de diagnóstico y utilización de equipo aplicado a motores de combustión con última tecnología y

poder evaluar la implementación de dicha propuesta para incorporarla al programa de estudios de la carrera como parte de los laboratorios.

# **1. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, como su nombre lo indica, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón.

## **1.1. Inyección mecánica**

Tanto el control como el accionamiento de los inyectores son mecánicos. Este tipo de inyección se utiliza en el sistema K-Jetronic. Difiere en el sistema anterior únicamente en el control, ya que es electrónico pero el accionamiento de los inyectores sigue siendo mecánico. Esta variedad se la utiliza en los sistemas KE-Jetronic.

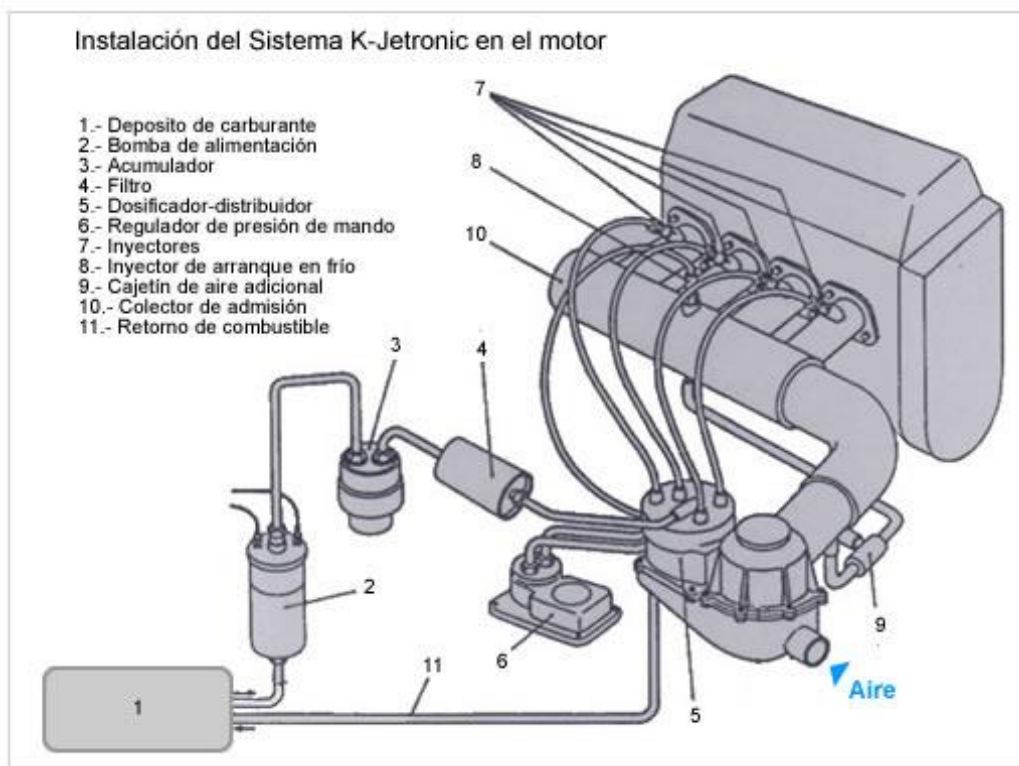
### **1.1.1. K Jetronic**

El sistema K-Jetronic de Bosch proporciona un caudal variable de carburante pilotado mecánicamente y en modo continuo. Este sistema realiza tres funciones fundamentales:

Medir el volumen de aire aspirado por el motor, mediante un caudalímetro especial. Alimentación de gasolina con una bomba eléctrica que envía la gasolina hacia un dosificador-distribuidor que proporciona combustible a los inyectores.

Preparación de la mezcla: el volumen de aire aspirado por el motor en función de la posición de la válvula de mariposa constituye el principio de dosificación de carburante. El volumen de aire está determinado por el caudalímetro que actúa sobre el dosificador-distribuidor.

Figura 1. **Instalación del sistema K-Jetronic en el motor**

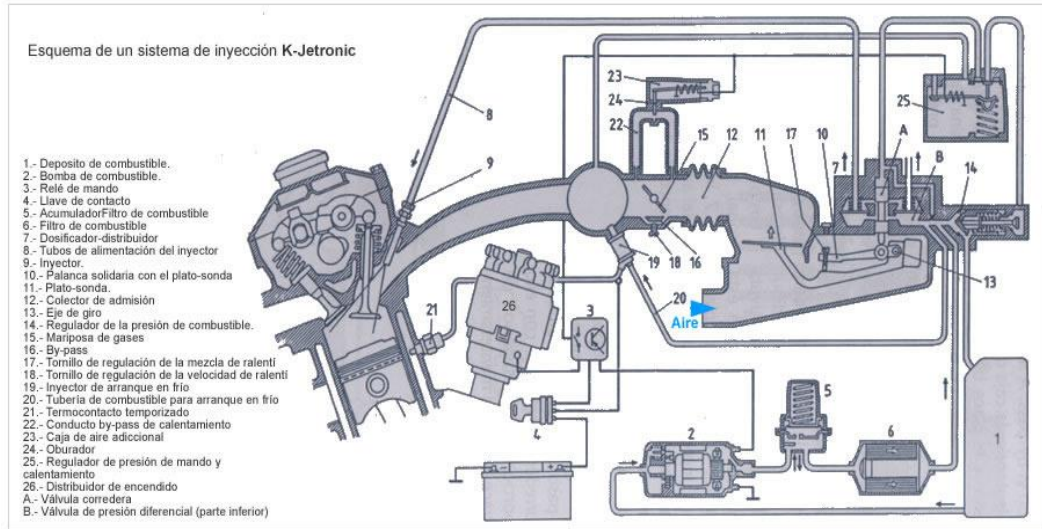


Fuente: *Inyección gasolina*. <<http://www.aficionadosalamecnica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>>.

Consulta: diciembre de 2017.



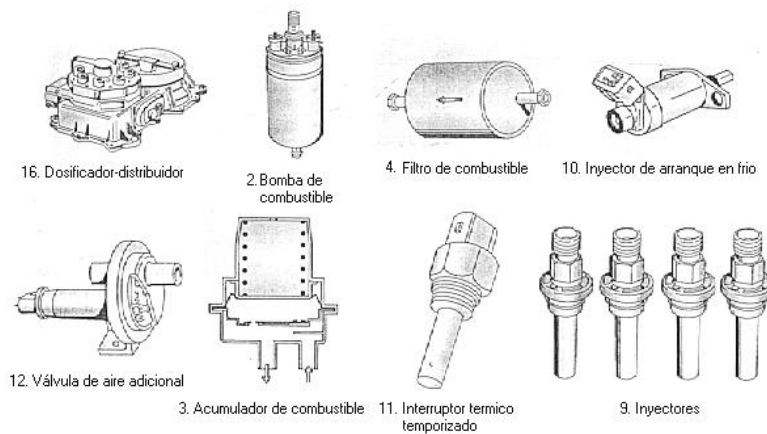
Figura 2. Esquema de un sistema de inyección K-Jetronic



Fuente: *Inyección gasolina*. <<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>>.

Consulta: diciembre de 2017.

Figura 3. Componentes del modelo K-jetronic



Fuente: *Inyección gasolina*. <<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>>.

Consulta: diciembre de 2017.

- Alimentación de combustible

El sistema de alimentación suministra bajo presión la cantidad exacta de combustible necesaria para el motor en cada estado de funcionamiento. El sistema de alimentación consta del depósito de combustible (1), la electrobomba de combustible (2), el acumulador de combustible (3), el filtro de combustible (4), el regulador de presión (5), el distribuidor-dosificador de combustible (16) y las válvulas de inyección (9). Una bomba celular de rodillos accionada eléctricamente aspira el combustible desde el depósito y lo conduce bajo presión a través de un acumulador de presión y de un filtro.

Bomba eléctrica de combustible: es de tipo centrífugo, situada a la salida del depósito; en un interior hay una cámara excéntrica con un disco que contiene cinco cavidades donde están los rodillos. Debido a la fuerza centrífuga los rodillos resultan proyectados contra las paredes, aumentando el volumen de las cavidades y aspirando la gasolina, que se impulsa hasta el tubo distribuidor.

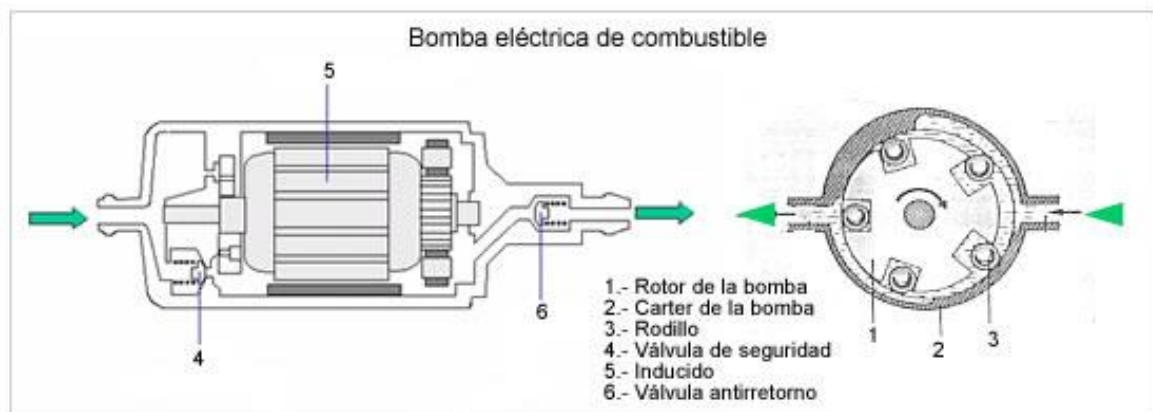
La bomba tiene una válvula de descarga que limita la presión del circuito. De esta manera se evita que una posible obstrucción provoque la avería de la propia bomba. Cuando la bomba está parada, una válvula a la salida mantiene una presión residual en el circuito.

El motor de la bomba esta bañado en la propia gasolina que le sirve al mismo tiempo de lubricante y refrigerante. Aunque pueda parecer que existe riesgo de inflamación el estar en contacto la gasolina con el motor eléctrico, esto no es posible debido a la ausencia de aire para la combustión.

Al poner el contacto del vehículo, la bomba se pone en marcha permaneciendo en funcionamiento todo el tiempo en que el motor está en

marcha. Un sistema de seguridad detiene la bomba cuando no hay mando de encendido.

Figura 4. **Bomba eléctrica de combustible**



Fuente: *Alimentación de combustible*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

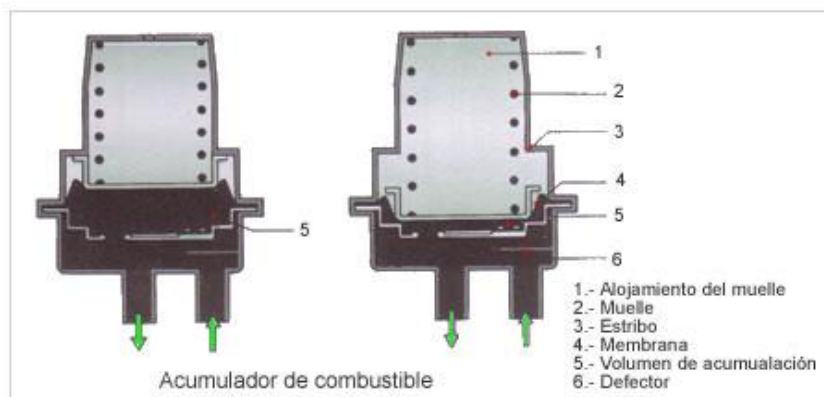
Acumulador de combustible: mantiene bajo presión el circuito de carburante después del paro del motor, para facilitar una nueva puesta en marcha, sobre todo, si el motor está caliente.

Gracias a la forma particular de su cuerpo, el acumulador ejerce una acción de amortiguación de los impulsos presentes en el circuito y debidos a la acción de la bomba. El interior del acumulador está dividido por dos cámaras separadas por una membrana (4). Una cámara (5) tiene la misión de acumular carburante y la otra (1) contiene un muelle.

Durante el funcionamiento, la cámara de acumulación se llena de carburante y se curva hasta el tope, oponiéndose a la presión ejercida por el muelle.

La membrana queda en esta posición, que corresponde al volumen máximo hasta que el motor deja de funcionar. A medida que el circuito de carburante va perdiendo presión, la membrana va desplazándose para compensar esta falta de carburante.

Figura 5. **Acumulador de combustible**



Fuente: *Acumulador de combustible*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

- **Medición del caudal de aire**

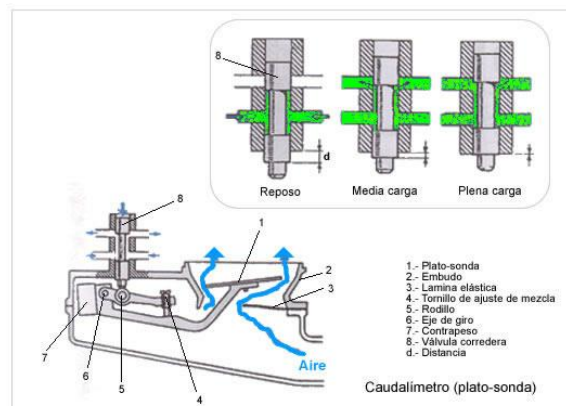
El regulador de mezcla cumple dos funciones medir el volumen de aire aspirado por el motor y dosificar la cantidad correspondiente de combustible para conseguir una proporción aire/combustible adecuada.

El medidor del caudal de aire, situado delante de la mariposa en el sistema de admisión mide el caudal de aire. Consta de un embudo de aire (2) con un plato-sonda móvil colocado en el nivel de diámetro más pequeño.

Cuando el motor aspira el aire a través del embudo, el plato (1) es aspirado hacia arriba o hacia abajo (depende de cada instalación), y abandona su posición de reposo.

Un sistema de palancas transmite el movimiento del plato a la válvula corredera (8) que determina la cantidad de combustible por inyectar. Al parar el motor el plato-sonda vuelve a la posición neutra y descansa en un resorte (3) de lámina ajustable (en el caso de los platos-sonda que se desplazan hacia arriba). Para evitar estropear la sonda en caso de retornos de llama por el colector de admisión, el plato-sonda puede oscilar en el sentido contrario, contra el resorte de lámina, hacia una sección más grande. Un amortiguador de goma limita su carrera.

Figura 6. **Caudalímetro (plato-sonda)**



Fuente: *Admisión de combustible*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

Para la adaptación de la relación aire/combustible a diferentes regímenes del motor: ralentí, carga parcial y plena carga, el embudo del caudalímetro está compuesto de secciones que presentan diferentes pendientes.

En las zonas de ralentí y plena carga la pendiente del embudo permitirá que el plato sonda se eleve más para así enriquecer más la mezcla.

Figura 7. **Embudo del caudalímetro**



Fuente: *Medición del caudal de aire*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

- **Admisión de combustible**

El dosificador-distribuidor de combustible dosifica la cantidad necesaria de combustible y la distribuye a los inyectores. La cantidad de combustible varía en función de la posición del plato-sonda del medidor del caudal de aire, y por lo tanto en función del aire aspirado por el motor.

Un juego de palancas traduce la posición del plato-sonda en una posición correspondiente a la válvula de corredera.

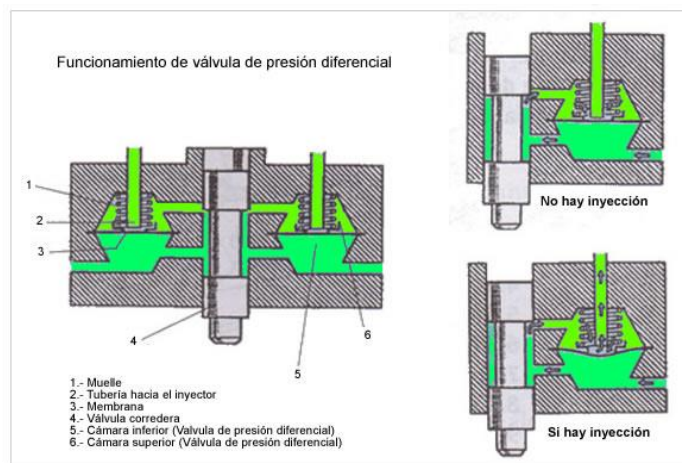
La posición de la válvula corredera en la cámara cilíndrica de lumbreras determina la cantidad de combustible a inyectar. Cuando el émbolo se levanta, aumenta la sección liberada en las lumbreras, dejando así pasar más

combustible hacia las válvulas de presión diferencial (cámaras superiores) y de estas hacia los inyectores.

Al movimiento hacia arriba del émbolo de control se opone la fuerza que proviene del circuito de presión de mando. Esta presión de mando está regulada por el regulador de la presión de mando y sirve para asegurar que el émbolo de la válvula corredera sigue siempre inmediatamente el movimiento del plato-sonda sin que permanezca en posición alta cuando el plato-sonda vuelve a la posición de ralentí. Las válvulas de presión diferencial del dosificador/distribuidor de combustible aseguran el mantenimiento de una caída de presión constante entre los lados de entrada y de salida de las lumbreras.

Esto significa que cualquier variación en la presión de línea del combustible o cualquier diferencia en la presión de apertura entre los inyectores no pueden afectar el control del caudal de combustible.

Figura 8. **Funcionamiento de válvula de presión diferencial**



Fuente: *Admisión de combustible*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

- Funcionamiento de la válvula corredera

La posición del émbolo de la válvula corredera en sí es determinada por la posición del plato-sonda, por lo tanto, está en función del caudal de aire en el embudo del caudalímetro. El combustible debe ser repartido uniformemente entre los cilindros del motor. El principio de este reparto descansa en el mando de la sección de paso de las "rajas de estrangulación", mecanizadas en el cilindro de la "válvula corredera". El cilindro lleva tantas aperturas (rajas de estrangulamiento) como cilindros lleva el motor.

Una válvula de presión diferencial afectado a cada una de las rajas tiene la función de mantener en ellas una caída de presión de valor constante.

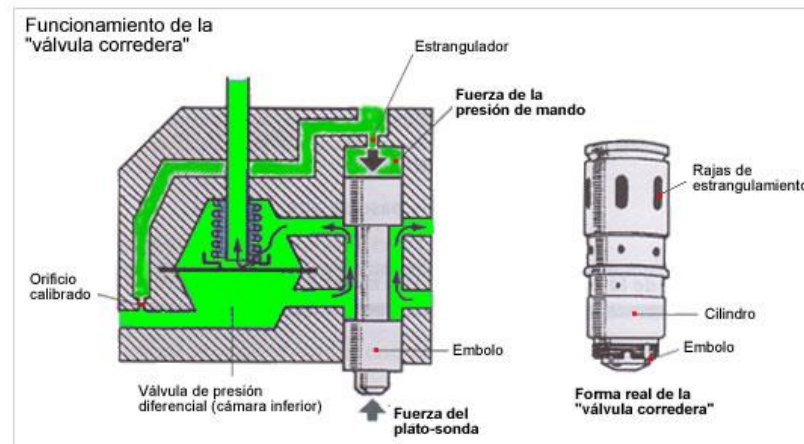
Esta válvula está constituida por una cámara inferior y otra superior separadas por una membrana de acero.

La presión reinante en la cámara superior es inferior a 0,1 bar (valor que representa la presión diferencial). Esta diferencia de presión se produce por un muelle helicoidal incorporado en la cámara superior.

Si la cantidad de combustible que pasa a través de la cámara superior por las rajas de estrangulamiento se incrementa, la presión aumenta momentáneamente en esta cámara. La membrana de acero se encorva hacia la parte inferior y descubre la sección de salida hacia el inyector en la medida necesaria para que se establezca en la raja de estrangulamiento una presión diferencial de 0,1 bar. El émbolo de la válvula corredera según su posición descubre más o menos las rajas de estrangulamiento.



Figura 9. **Funcionamiento de la válvula corredera**



Fuente: *Funcionamiento de la válvula corredera.*

<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

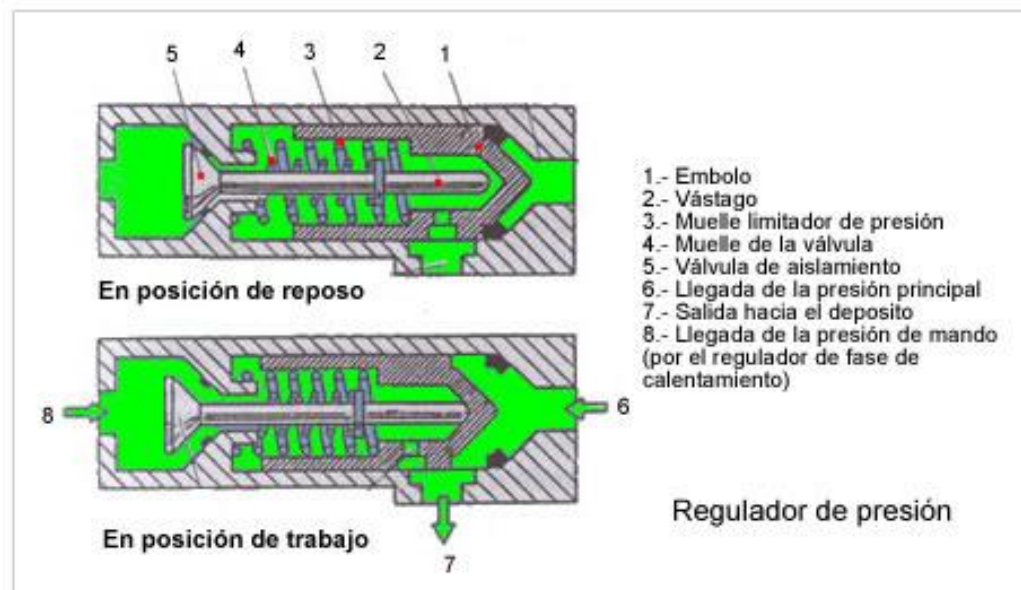
El circuito de la presión de mando se deriva del circuito de alimentación por medio de un "orificio calibrado" situado en el dosificador-distribuidor. La presión de mando queda determinada por el regulador de presión de mando. El "estrangulamiento" que se sitúa por encima de la válvula corredera tiene la función de amortiguar los movimientos del plato-sonda ocasionados por las pulverizaciones de aire que se manifiestan a menudo a escasa velocidad.

- Regulador de presión

Un regulador de presión de combustible situado en el regulador de mezcla (dosificador-distribuidor) mantiene una presión constante de 5 bar en la parte inferior de las válvulas de presión diferencial, cualquiera que sea la fase de utilización del motor, o las variaciones de caudal de la bomba de alimentación. El regulador de presión devuelve el combustible sobrante al depósito con la presión atmosférica.

También el regulador de presión devuelve al depósito el combustible que le llega del "regulador de fase de calentamiento" a través de la entrada (8) y pasa por la válvula de aislamiento (5).

Figura 10. **Regulador de presión**



Fuente: *Regulador de presión*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>.  
Consulta: diciembre de 2017.

- Arranque en frío

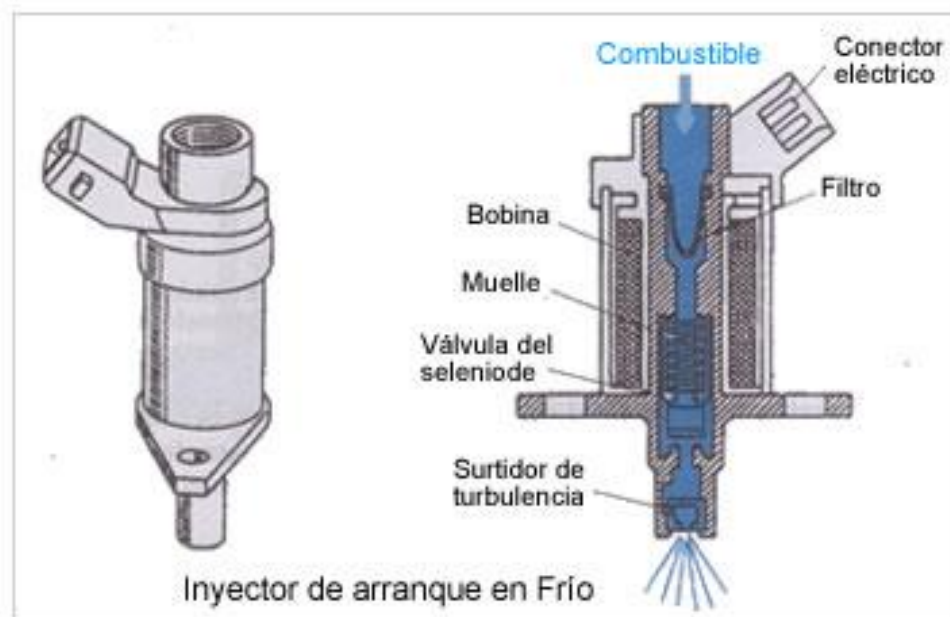
Al arrancar en frío el motor necesita más combustible para compensar las pérdidas debidas a las condensaciones en las paredes frías del cilindro y de los tubos de admisión. Para compensar esta pérdida y para facilitar el arranque en frío, en el colector de admisión se ha instalado un inyector de arranque en frío (10), el cual inyecta gasolina adicional durante la fase de arranque. El

inyector de arranque en frío se abre al activarse el devanado de un electroimán que se aloja en su interior.

El interruptor térmico temporizado limita el tiempo de inyección de la válvula de arranque en frío de acuerdo con la temperatura del motor.

A fin de limitar la duración máxima de inyección del inyector de arranque en frío, el interruptor térmico temporizado va provisto de un pequeño elemento caldeable que se activa cuando se pone en marcha el motor de arranque. El elemento caldeable calienta una tira de bimetetal que se dobla debido al calor y abre un par de contactos; así corta la corriente que va al inyector de arranque en frío.

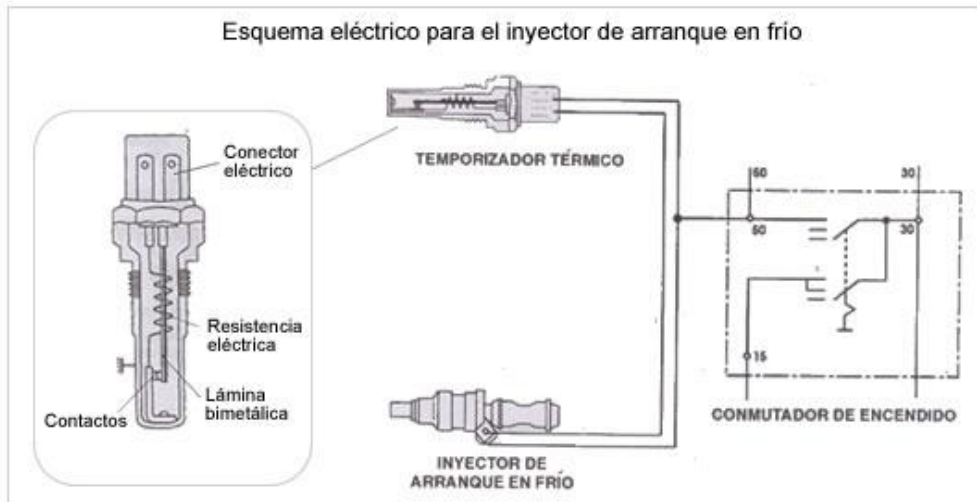
Figura 11. **Inyector de arranque en frío**



Fuente: *Arranque en frío*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>.

Consulta: diciembre de 2017.

Figura 12. Esquema eléctrico para el inyector de arranque en frío



Fuente: *Arranque en frío*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>.

Consulta: diciembre de 2017.

- Enriquecimiento para la fase de calentamiento

Mientras el motor se va calentando después de haber arrancado en frío, hay que compensar la gasolina que se condensa en las paredes frías de los cilindros y de los tubos de admisión. Durante la fase de calentamiento se enriquece la mezcla aire/combustible, pero es preciso reducir progresivamente este enriquecimiento a medida que se calienta el motor para evitar una mezcla demasiado rica.

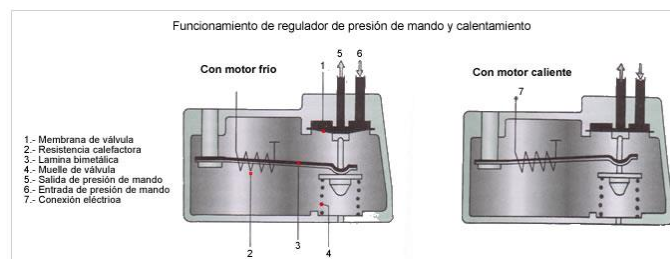
Para controlar la mezcla durante la fase de calentamiento se ha previsto un regulador de presión de mando (también llamado: regulador de fase de calentamiento) que regula la presión de mando.

Una reducción de la presión de mando hace disminuir la fuerza antagonista en el medidor del caudal de aire, permitiendo así que el plato suba más en el embudo, y con ello se eleve la válvula de corredera dejando pasar más combustible por las lumbreras.

En el interior del regulador de presión de mando una válvula de membrana (1) es controlada por un muelle helicoidal (4) a cuya fuerza se opone una lámina de bimetálica (3). Si el motor está frío, durante el calentamiento, la lámina bimetálica se curva hacia abajo debido a la resistencia calefactora (2) (que es alimentada durante la fase de calentamiento del motor) contrarrestando la fuerza del muelle (4) con lo que la membrana (1) se mueve de tal manera que la presión de mando sobre la válvula corredera disminuye fugándose la gasolina hacia el regulador de presión y de este al depósito.

Al disminuir la presión de mando sube la válvula corredera y aumenta la riqueza de la mezcla suministrada a los cilindros del motor. Durante el arranque en frío la presión de mando es de 0,5 bar aproximadamente, mientras que en condiciones normales se alcanza el valor de 3,7 bar.

Figura 13. **Funcionamiento de regulador de presión de mando y calentamiento**



Fuente: *Enriquecimiento para la fase de calentamiento.*

<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

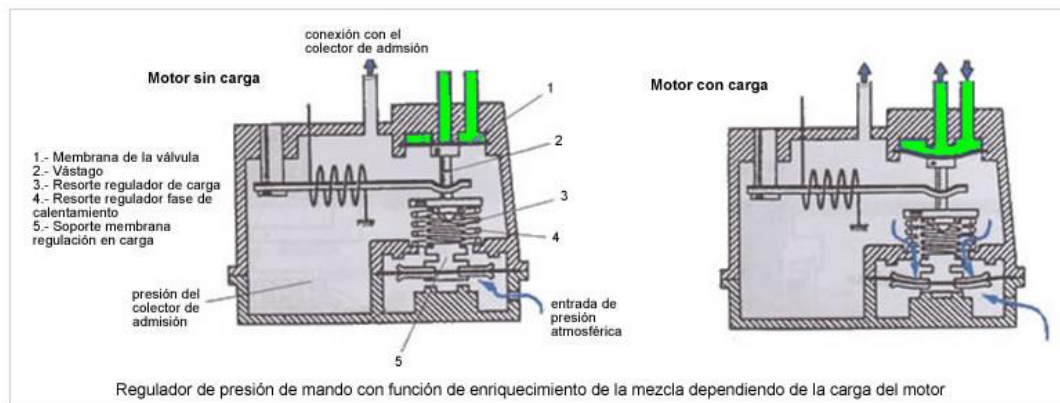
En los motores concebidos para funcionar a carga parcial con mezclas aire/combustible muy pobres, se ha perfeccionado el regulador de la fase de calentamiento equipándolo con un empalme de depresión hacia el colector de admisión. Ello permite al regulador de la fase de calentamiento ejercer una presión de control reducida con la correspondiente mezcla aire/combustible más rica, cuando el motor funciona a plena carga.

En este estado de servicio el acelerador está totalmente abierto y la depresión del colector es muy débil. El efecto combinado de una segunda válvula de membrana y de un muelle helicoidal es de reducir el efecto de la válvula de membrana de control de presión, la cual a su vez reduce la presión de mando que provoca el enriquecimiento de la mezcla con el motor en carga.

La membrana de regulación de carga (5) actúa sobre el segundo muelle (3) debido a que está sometida en su parte superior a la depresión del colector de admisión y en su parte inferior a la presión atmosférica.

Con una carga de motor intermedia la depresión en el colector de admisión es suficiente para comprimir el muelle regulador de carga, por lo que la membrana de la válvula de presión de mando (1) sube aumentando la presión de mando sobre la válvula de corredera por lo que se empobrece la mezcla que inyecta en los cilindros.

Figura 14. **Regulador de presión de mando con función de enriquecimiento de la mezcla dependiendo de la carga del motor**



Fuente: *Enriquecimiento para la fase de calentamiento.*

<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

- Válvula de aire adicional

Las resistencias por rozamiento del motor frío hacen necesario aumentar el caudal de aire/combustible mientras el motor se va calentando. Esto permite, asimismo, mantener un régimen de ralentí estable.

La válvula de aire adicional se encarga de aumentar el caudal de aire en el motor mientras que el acelerador continúa en posición de ralentí.

La válvula de aire adicional abre un conducto en *bypass* con la mariposa; como todo el aire que entra ha de pasar por el medidor del caudal de aire, el plato sube y deja pasar una cantidad de combustible proporcional por las lumbreras del distribuidor-dosificador de combustible. Una tira de bimetálico

controla el funcionamiento de la válvula de aire adicional al regular la sección de apertura del conducto de derivación.

- Inyectores

El combustible dosificado por el dosificador-distribuidor, es enviado a los inyectores y de estos se inyecta en los diversos conductos de admisión antes de las válvulas de admisión de los cilindros del motor.

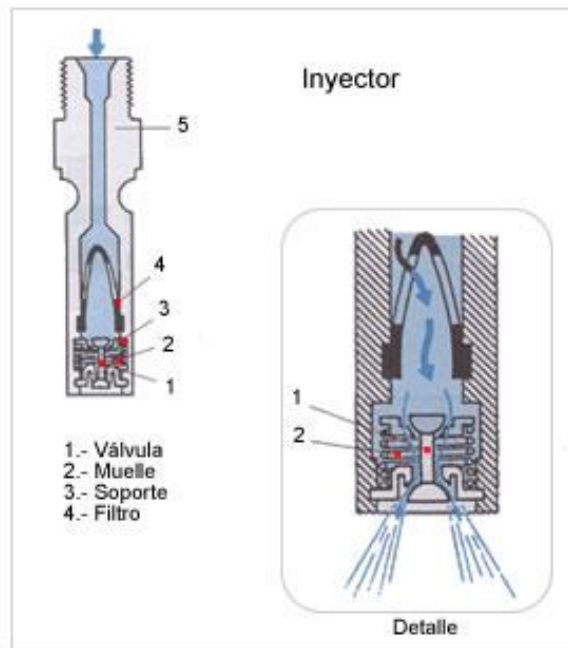
Los inyectores están aislados del calor que genera el motor evitando la formación de pequeñas burbujas de vapor en los tubos de inyección después de parar el motor. La válvula (1) responde incluso a las cantidades pequeñas, lo cual asegura una pulverización adecuada incluso en régimen de ralentí.

Los inyectores no contribuyen en la dosificación. Las válvulas de inyección se abren automáticamente cuando la presión sobrepasa un valor fijado (3,3 bar) y permanecen abiertas; inyectando gasolina mientras se mantiene la presión. La aguja de la válvula oscila a una frecuencia elevada obteniéndose una excelente vaporización. Después del paro del motor los inyectores se cierran cuando la presión de alimentación es inferior a los 3,3 bar.

Cuando se para el motor y la presión en el sistema de combustible desciende por debajo de la presión de apertura de la válvula de inyección, un muelle realiza un cierre estanco que impide que pueda llegar ni una gota más a los tubos de admisión.



Figura 15. **Inyector**



Fuente: *Inyector*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-k-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

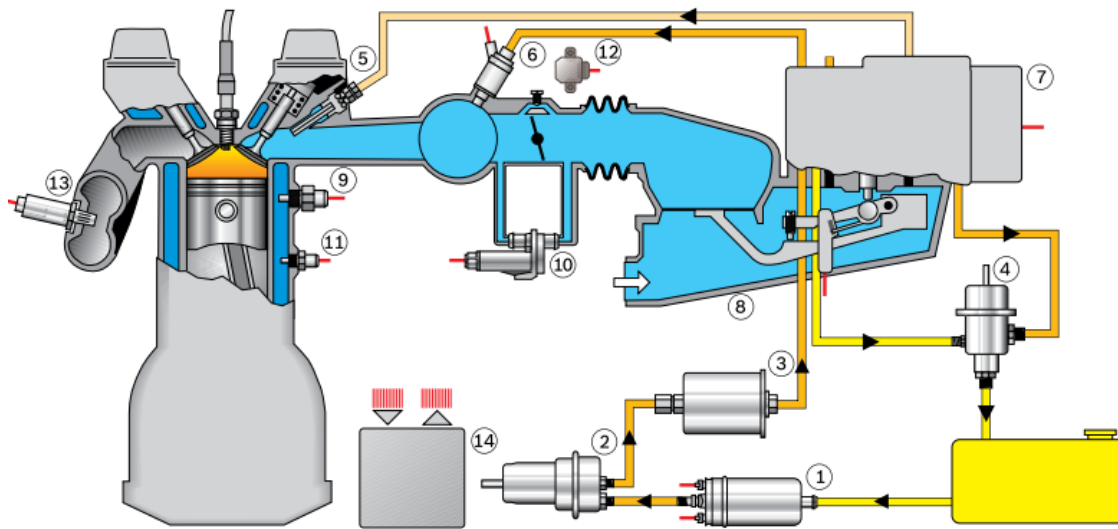
### 1.1.2. **KE Jetronic**

El KE-Jetronic es un sistema de inyección mecánico-electrónico basado en el K-Jetronic. Un sistema electrónico adicional, registra una serie de magnitudes de medición en el motor, y permite así la optimización de la inyección de combustible y de la mejor calidad de los gases de escape.

1. Electrobomba de combustible 2. Acumulador de combustible 3. Filtro de combustible 4. Regulador de presión del sistema 5. Válvula de inyección 6. Válvula de arranque en frío 7. Distribuidor-dosificador de combustible 8. Medidor de caudal de aire 9. Interruptor térmico de tiempo 10. Válvula de aire

adicional 11. Sensor de temperatura del motor 12. Interruptor de mariposa 13. Sonda Lambda 14. Unidad de mando.

Figura 16. Sistema KE Jetronic



Fuente: KE-Jetronic.

[http://www.boschautopartes.com/media/la/aa\\_sites\\_la/products\\_and\\_services/automotive\\_parts/gasoline\\_1/download\\_5/HIRES\\_PDF\\_59963.pdf](http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf). Consulta: diciembre de 2017.

## 1.2. Inyección electrónica convencional

La inyección electrónica es una forma de inyección de combustible para motores de gasolina, en los cuales lleva ya varias décadas implantada, y para motores diésel, cuya introducción es relativamente más reciente.

Se puede subdividir en varios tipos (monopunto, multipunto, secuencial, simultánea) pero básicamente todas se basan en la ayuda de la electrónica

para dosificar la inyección del carburante y reducir la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera y, a la vez, optimizar el consumo.

Este sistema ha reemplazado al carburador en los motores de gasolina. Su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del ambiente para disminuir las emisiones de los motores.

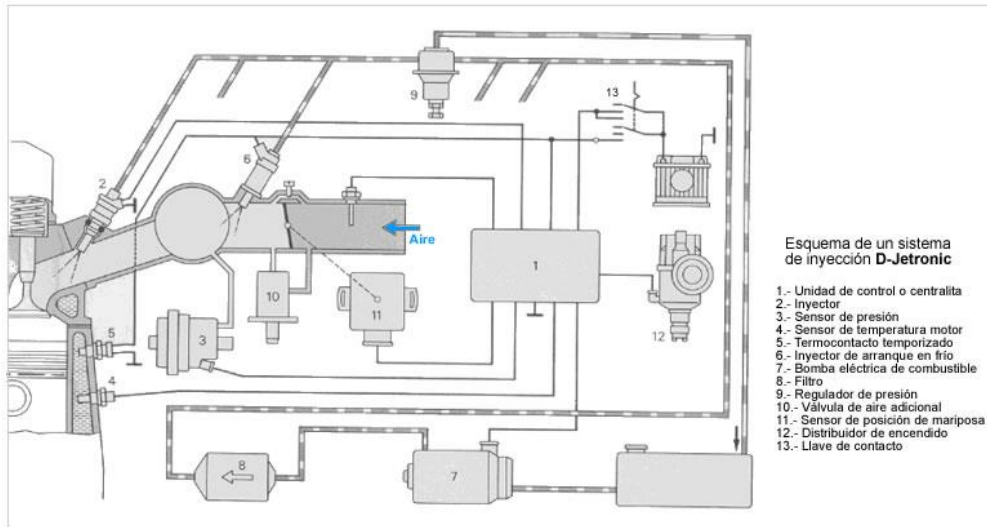
### **1.2.1. D Jetronic**

Este sistema apareció en el mercado en 1967, la ventaja de este sistema no fue grande respecto de los sistemas de carburación por lo que se sustituyó rápidamente, la determinación del volumen de aire (sensor de presión) que utilizaba el D-Jetronic se cambió por un medidor de caudal de aire naciendo el sistema de inyección L-jetronic.

Vehículos que equipaban sus motores con este sistema de inyección:

- Mercedes-Benz: 250E, 280, 300, 350, 450
- Porsche: 914
- Saab: 99E
- Volkswagen: *Type 3 & 4*
- Volvo: 1800E, 1800ES, 142, 144, 164E
- Citroën: SM, DS
- BMW: 3.0Si (*early types*)
- Jaguar XJ-S, XJ12

Figura 17. **Esquema de un sistema de inyección D-Jetronic**



Fuente: *Sistema de inyección D-Jetronic de Bosch.*

<http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

El D-Jetronic supuso el primer sistema de inyección electrónico de combustible del fabricante Bosch. La inyección de combustible se hace mediante unos inyectores electromagnéticos accionados directamente por la centralita o unidad de control (ECU) que es otra de las novedades de este sistema de inyección.

Esta se encargará de recibir señales de los distintos sensores y actuará sobre los inyectores mediante un solenoide (bobina) en los mismos, los cuales abrirán dejando salir la gasolina pulverizada por la presión de suministro cercana a los 2 kg/cm<sup>2</sup>, el tiempo de apertura oscila entre 0,002 seg a 0,01 seg.

Figura 18. **ECU D-Jetronic**



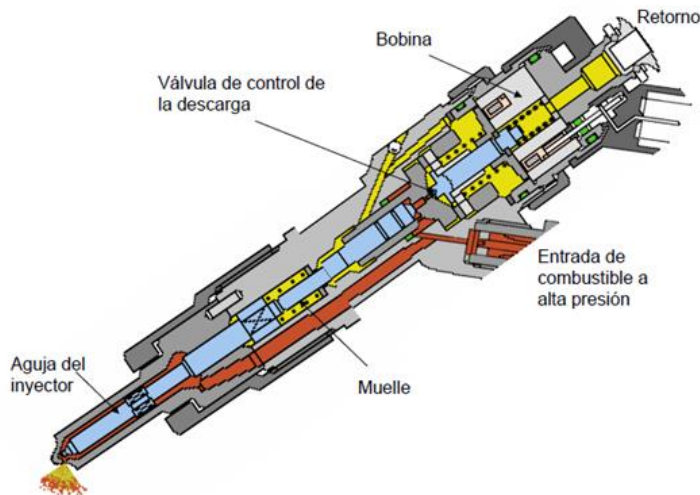
*Fuente: ECU D-Jetronic. <https://forum.w116.org/mechanicals/1974-280-se-cold-start-issue-d-jetronic/15/>. Consulta: diciembre de 2017.*

Los inyectores se componen de una aguja que se desplaza (accionada por un electroimán) una cantidad fija de 0,15 mm, permitiendo el paso de combustible, dependiendo la cantidad de gasolina inyectada del tiempo de apertura. Al ser eléctricos los inyectores la alimentación no va a ser continua, sino que se realizará de forma intermitente.

El captador en el distribuidor de encendido, informa de cuando se produce un ciclo, para que las inyecciones se realicen cada vuelta, inyectándose en cada una la mitad de la gasolina necesaria en una explosión.

La ECU recibe información de el volumen de aire que aspiran los cilindros, se medirá mediante un sensor de presión en el colector, calculándose en función de este la cantidad de aire que entra en cada momento.

Figura 19. **Inyector abierto**



Fuente: *Revista motor*. <https://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/357-funcionamiento-del-sistema-common-rail>. Consulta: diciembre de 2017.

Se usarán, además, captadores para informar de la temperatura del aire para corregir su densidad y la temperatura del agua del motor que indica el modo de funcionamiento en frío. Este recoge una señal de temperatura, informando a la ECU del valor de temperatura en que se encuentra el bloque, termocontacto temporizado que evita el enriquecimiento con el motor caliente.

Este elemento deja pasar o no corriente, está situado en el bloque motor, y consta de una lámina bimetal que aprovecha el distinto coeficiente de dilatación para curvarse en un calentamiento abriendo o cerrando un contacto y sensor de posición de la mariposa, que indica su grado de apertura.

El sensor de posición de la mariposa cobra otra importancia, aparte de generar la posición de mínima y máxima carga genera la señal para enriquecimiento en aceleración.

Como la presión de suministro ahora se va a mantener estable, no precisa de un regulador que aumente, está en función de la temperatura de motor al igual que las inyecciones del tipo: K o KE, ya que el grado de dosado se hace mediante tiempo de apertura de los inyectores. No obstante, existirá un regulador que se encarga de mantener la presión en la rampa de inyectores en un valor preciso y estable, de forma que se recircule el exceso de combustible al tanque, de esta manera se evita el calentamiento de la gasolina y su posible vaporización.

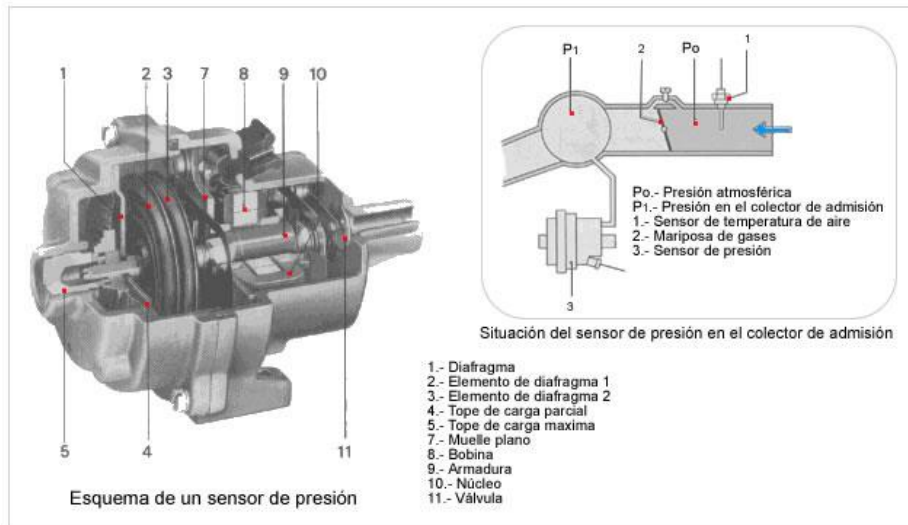
Este regulador va a precisar de una corrección por la depresión del colector, para evitar que en cargas muy bajas el gran vacío en el colector genere una diferencia de presión en los inyectores casi un Kg/cm<sup>2</sup> mayor y, por lo tanto, un mayor caudal de gasolina a través de ellos.

- Sensor de presión

El sensor de presión proporciona una señal eléctrica a la unidad de control (ECU) en función de la depresión que existe en el colector de admisión del motor. Para cargas parciales cuando la presión en el colector de admisión es mayor que la presión atmosférica, el diafragma (1) es presionado contra el tope de carga parcial (4). En este caso solo los elementos de diafragma (1 y 2) actúan sobre el diafragma haciendo que la armadura adopte una posición relativa respecto de la bobina que generará una determinada tensión que informará a la unidad de control de la presión en el colector de admisión.

Para plenas cargas, la presión en el colector de admisión es igual a la presión atmosférica, por lo que solo actúa el muelle (6) moviendo la armadura y haciendo que el diafragma presione contra el tope de plena carga. (5).

Figura 20. **Esquema de un sensor de presión**



Fuente: *Sensor de presión*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>.

Consulta: diciembre de 2017.

El sensor de presión manda permanentemente información eléctrica a la unidad de control (ECU) del estado de depresión reinante en el colector, y la ECU es capaz de interpretar las más ligeras variaciones como diferentes estados de llenado de aire en el colector.

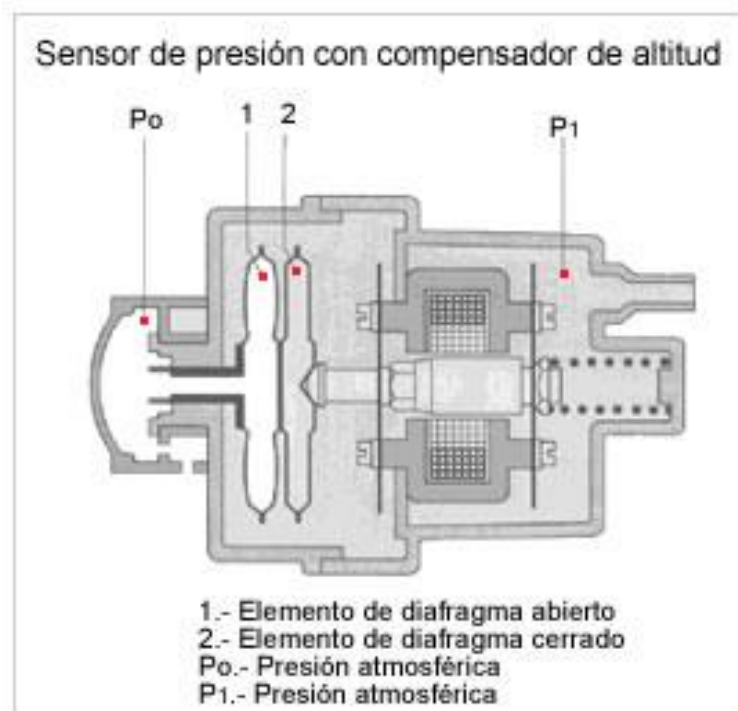
A una alta depresión se corresponde un pequeño volumen de aire mientras ocurre lo contrario cuando la depresión es muy pequeña. Con este dato la ECU elabora el tiempo básico de inyección, que después será corregido por la aportación de datos procedentes de otros sensores.

También hay sensores de presión que tienen en cuenta la altitud para dosificar la mezcla en función de esta, teniendo en cuenta que a mayor altitud la presión atmosférica disminuye.



La presión atmosférica se utiliza para determinar la densidad del aire a diferentes altitudes. Como el motor requiere menos carburante a altitudes elevadas, el sensor transmite una señal a la ECU para reducir el tiempo de apertura de los inyectores.

Figura 21. **Sensor de presión por compensador de altitud**



Fuente: *Sensor de presión*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>.

Consulta: diciembre de 2017.

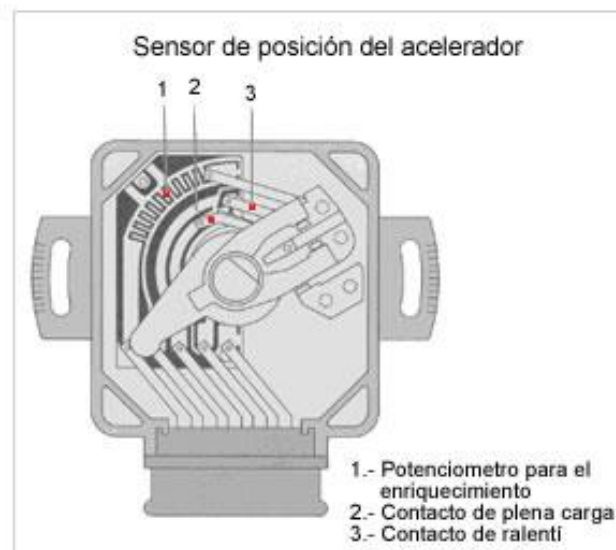
- Sensor de posición de aceleración

Este sensor sirve para informar en todo momento a la unidad de control (ECU) de la posición de la mariposa de gases y así la intención del conductor. Cuando se mueve la mariposa de gases tanto para abrir como para cerrarse, el

sensor de presión no da una medida exacta de la cantidad de aire que entra en los cilindros del motor, en fuertes aceleraciones o deceleraciones, por lo que en unos instantes la unidad de control no se da cuenta de los cambios que está sufriendo el motor en su funcionamiento.

Para compensar este inconveniente se usa el sensor de posición de mariposa que informa en todo momento a la unidad de control del estado de funcionamiento del motor: ralentí, aceleración, plena carga.

Figura 22. **Sensor de posición del acelerador**



Fuente: *Sensor de posición de aceleración*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

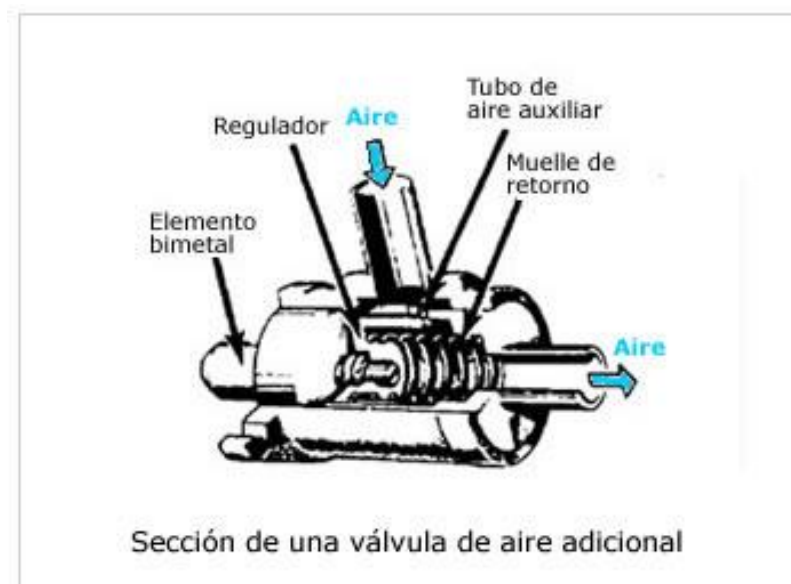
- Válvula de aire adicional

En un motor frío las resistencias por rozamiento son mayores que a temperatura de servicio. Para vencer esta resistencia y para conseguir un

ralentí estable durante la fase de calentamiento, una válvula de aire adicional (figura inferior) permite que el motor aspire más aire eludiendo la mariposa, pero como este aire adicional es medido por el medidor del caudal de aire, el sistema lo tiene en cuenta al dosificar el caudal de combustible.

La válvula de aire adicional funciona durante la fase de calentamiento y se desconecta cuando el motor alcanza la temperatura de servicio exacta.

Figura 23. **Sección de una válvula de aire adicional**



Fuente: *Válvula de airea adicional*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

- Inyector de arranque frío

Al arrancar en frío el motor necesita más combustible para compensar las pérdidas debidas a las condensaciones en las paredes frías del cilindro y de los

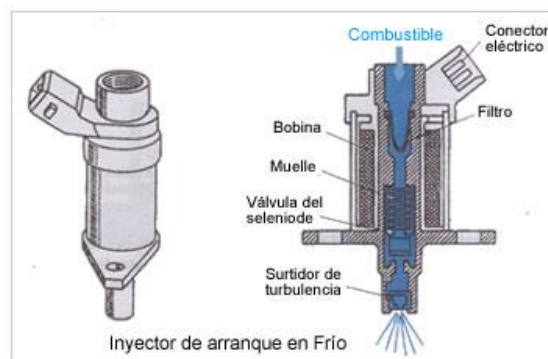
tubos de admisión. Para compensar esta pérdida y para facilitar el arranque en frío, en el colector de admisión se ha instalado un inyector de arranque en frío (figura inferior), el cual inyecta gasolina adicional durante la fase de arranque. El inyector de arranque en frío se abre al activarse el devanado de un electroimán que se aloja en su interior.

El interruptor térmico temporizado limita el tiempo de inyección de la válvula de arranque en frío de acuerdo con la temperatura del motor.

A fin de limitar la duración máxima de inyección del inyector de arranque en frío, el interruptor térmico temporizado va provisto de un pequeño elemento caldeable que se activa cuando se pone en marcha el motor de arranque.

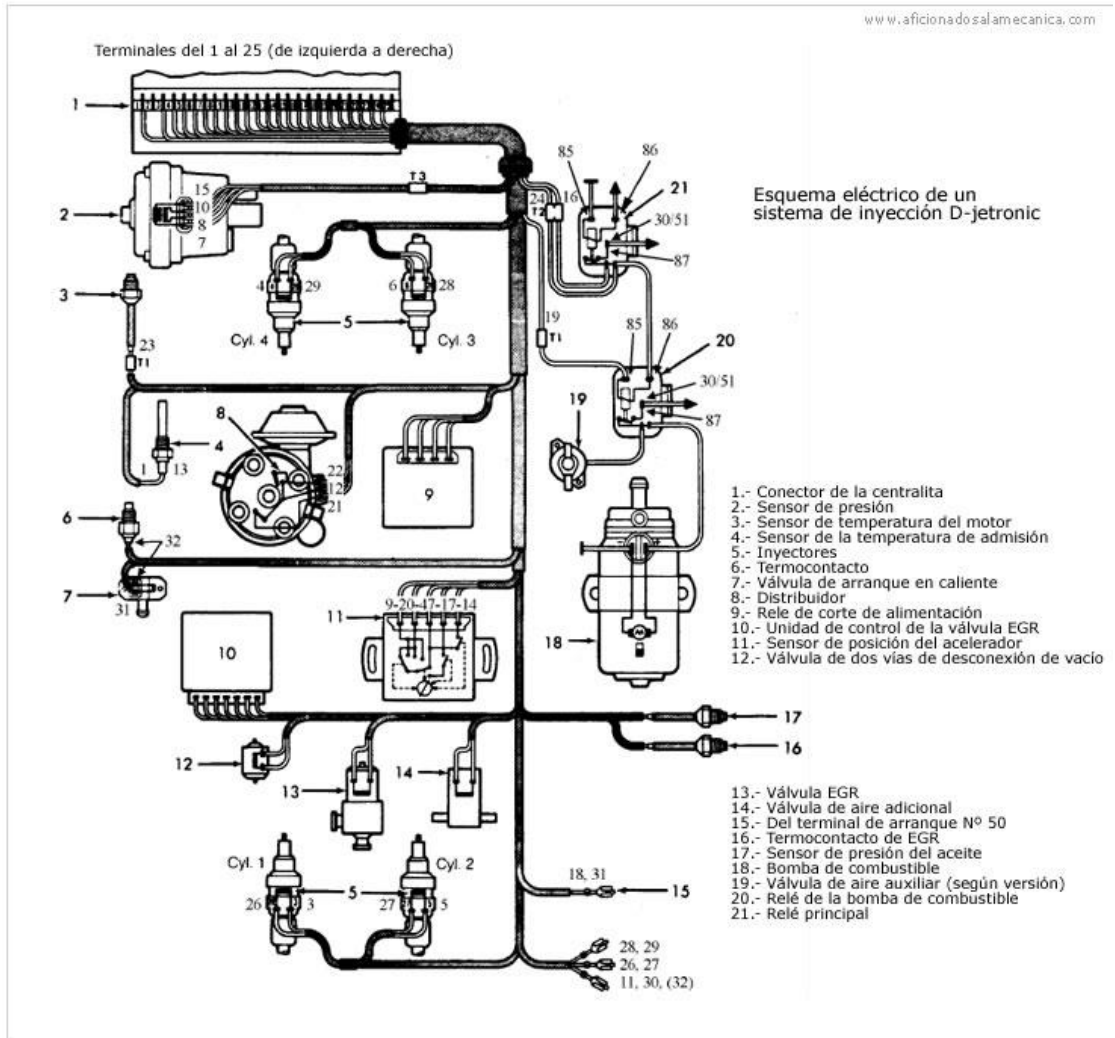
El elemento caldeable calienta una tira de bimetetal que se dobla debido al calor y abre un par de contactos; así corta la corriente que va a él inyector de arranque en frío. En la siguiente figura se puede ver un esquema eléctrico de un sistema de inyección D-Jetronic.

Figura 24. **Inyector de arranque en frío**



Fuente: *Arranque en frío*. <http://www.fullmecanica.com/definiciones/a/1665-arranque-en-frío-de-los-motores-de-inyeccion-electronica>. Consulta: diciembre de 2017.

Figura 25. Esquema eléctrico de un sistema de inyección D-Jetronic



Fuente: *sistema de inyección D-Jetronic*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion-d-jetronic.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

### 1.2.2. L Jetronic

El sistema de inyección multipunto Bosch L - Jetronic es uno de los primeros equipos electrónicos que se montaron en vehículos de serie; una vez

comprobada su eficacia ha servido de base para el desarrollo de otros sistemas más complejos y eficaces. La unidad de control gobierna la alimentación de combustible a través del sistema de inyección para un mejor aprovechamiento del motor en cualquier régimen de r.p.m. y en cualquier condición de carga. La apertura de las electroválvulas se realiza de forma intermitente una vez cada vuelta de motor. La UCE elabora las señales de acuerdo a la información que recibe de:

- Medición de caudal de aire por aleta sonda
- Régimen de motor a través de módulo de encendido o 1 de bobina
- Temperatura de motor por resistencia NTC
- Temperatura de aire por resistencia NTC
- Posición de la mariposa por caja de contactos
- Interruptor de encendido, posición de arranque

Una vez elaboradas las señales la UCE gobierna:

- Relé doble de inyección (según modelos)
- Electroválvulas de inyección
- Válvula de aire adicional

El sistema de arranque en frío es independiente del sistema de control de la inyección. Está compuesto por:

- Interruptor térmico temporizado
- Inyector de arranque en frío

El caudalímetro lleva un interruptor de corte de combustible, uno de los terminales recibe positivo de la salida del primer relé, el otro alimenta la bobina

del segundo relé. Si no hay aspiración, la aleta sonda está en posición de reposo, al estar el interruptor abierto no llega tensión a la bobina del relé que gobierna la bomba de combustible y la válvula de aire adicional, cuando hay aspiración la aleta sonda en su desplazamiento une los dos extremos de interruptor y cierra el circuito.

Al accionar la llave de contacto comienza el funcionamiento del sistema de inyección L - Jetronic. El relé doble recibe señal de positivo de contacto en uno de los extremos de la primera bobina y tensión negativa constante en el otro, cierra circuito y pone en comunicación el positivo de batería con dos de las salidas del relé, alimentando las resistencias colocadas antes de las electroválvulas de inyección, la UCE y a uno de los terminales del interruptor de bomba situado en el caudalímetro.

Al accionar la llave de contacto en posición de arranque se envía una señal de mando al positivo de la segunda bobina el relé, cierran el circuito con el positivo de batería dos salidas que alimentan la bomba de combustible y la válvula de aire adicional. Cuando se deja de accionar el arranque el encargado de mantener la tensión en la bobina del relé es el interruptor colocado en el caudalímetro.

El relé lleva en su interior un diodo para evitar que la tensión que viene del interruptor del caudalímetro llegue al motor de arranque, ya que los dos elementos alimentan el positivo de la misma bobina del relé.

En algunos modelos la alimentación del negativo de las bobinas del relé se realiza a través de la UCE, la alimentación de la llave de contacto en posición de arranque para el interruptor térmico, inyector de arranque en frío y la UCE se puede realizar directamente o desde una de las salidas del relé.

La UCE en función del caudal de aire aspirado y de las revoluciones calcula el tiempo básico de inyección, estas informaciones son suministradas por el caudalímetro y por la señal proveniente del 1 de bobina. En la fase de correcciones, analiza las informaciones de la sonda de temperatura de agua, temperatura de aire aspirado y carga de motor, con estos datos elabora un tiempo de inyección corregido, que sumado al tiempo básico constituye el tiempo real de inyección.

En el momento de arranque y si la temperatura de motor es baja, se necesita una cantidad de combustible extra, se consigue con la ayuda de un interruptor térmico temporizado y una electroválvula adicional.

Al accionar la llave en posición de arranque, enviamos positivo al inyector de arranque en frío y a uno de los terminales del interruptor térmico, el cual por medio de una resistencia y una lámina bimetálica alimenta con negativo al inyector y este envía una cantidad extra de combustible. En la fase de postarranque, la UCE gobierna los tiempos de inyección en función de las revoluciones del motor y de la temperatura de agua.

El aumento de caudal de combustible es compensado con el aumento de caudal de aire proporcionado por la válvula de aire adicional, actuando solo cuando el motor está frío.

En condiciones de marcha normal al pisar el acelerador, se desplaza la mariposa y se sale del régimen de ralentí, dejando pasar más cantidad de aire a los cilindros, esto provoca el desplazamiento de la aleta sonda y, por lo tanto, una variación de tensión en el potenciómetro del caudalímetro. La UCE analiza esta señal y en función del régimen de revoluciones y de temperatura de motor calcula el tiempo de inyección idóneo para ese momento.



La UCE gobierna el negativo de las electroválvulas de inyección, mandando impulsos de onda cuadrada a través de las etapas de salida. La caja de contactos de mariposa informa a la UCE de la plena apertura y pleno cierre de la mariposa, si el contacto de ralentí está cerrado y el régimen de revoluciones desciende de un valor prefijado se suprime la señal de inyección. Si los contactos de plena carga están cerrados y no se ha superado el límite de revoluciones fijado por el fabricante se produce un enriquecimiento de la mezcla.

Si se rebasan las revoluciones se produce el corte de alimentación, no dejando que el motor sobrepase los límites grabados en la memoria de la UCE establecidos por el fabricante, una vez ha disminuido la velocidad de rotación, la alimentación es restablecida. La regulación del régimen de ralentí se realiza a través de un tornillo situado en baipás con la mariposa de aceleración. La regulación de CO se realiza a través de un baipás en la aleta sonda, se accede a él a través de un tornillo situado en el caudalímetro que regula un paso de aire no contabilizado por la UCE.

### **1.2.3. LE Jetronic**

El sistema LE-Jetronic es comandado electrónicamente y pulveriza el combustible en el múltiple de admisión. Su función es suministrar el volumen exacto para los distintos regímenes de revoluciones.

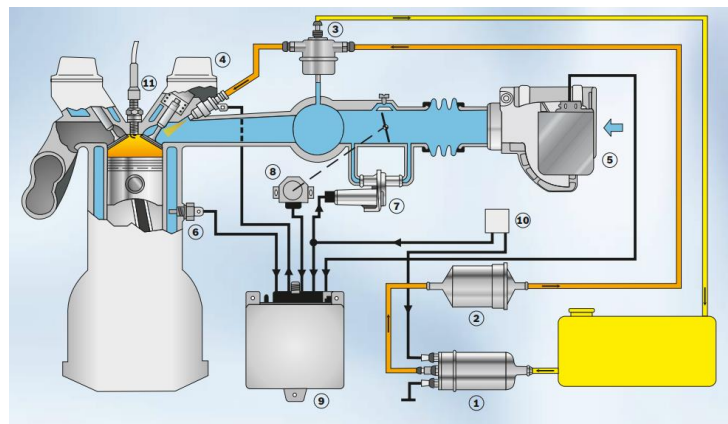
La unidad de comando recibe muchas señales de entrada, que llegan de los distintos sensores que envían informaciones de las condiciones instantáneas de funcionamiento del motor.

La unidad de comando compara las informaciones recibidas y determina el volumen adecuado de combustible para cada situación. La cantidad de combustible que la unidad de comando determina, sale por las válvulas de inyección. Las válvulas reciben una señal eléctrica, también conocida por tiempo de inyección (TI). En el sistema LE-Jetronic las válvulas de inyección pulverizan el combustible simultáneamente.

En ese sistema la unidad de comando controla solamente el sistema de combustible. El sistema LE-Jetronic es analógico. Por esa característica no posee memoria para guardar posibles averías que puedan ocurrir.

No posee indicación de averías en el tablero del vehículo para el sistema de inyección. 1. Bomba de combustible, 2. Filtro de combustible, 3. Regulador de presión, 4. Válvula de inyección, 5. Medidor de flujo de aire (caudalímetro), 6. Sensor de temperatura, 7. Adicionador, de aire 8. Interruptor de la mariposa, 9. Unidad de comando, 10. Relé de comando, 11. Bujía de encendido,

Figura 26. **Sistema LE Jetronic**



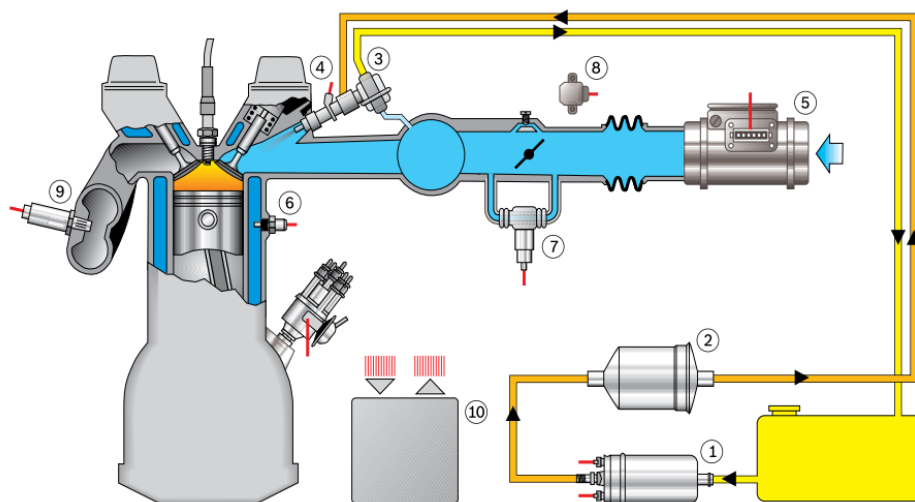
Fuente: *Sistema LE Jetronic*. <http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH%20-%20Inyeccion%20Gas.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### 1.2.4. LH Jetronic

LH-Jetronic El LH-Jetronic es muy similar al L-Jetronic. La diferencia está en el registro de la carga del motor, que se realiza en este caso a través del medidor de masa de aire de hilo caliente. Este mide la masa de aire aspirada por el motor. Con ello, la variación en la densidad del aire no influye en la medición.

Las partes que lo conforman son: 1. electrobomba de combustible, 2. filtro de combustible, 3. regulador de presión del combustible, 4. válvula de inyección, 5. medidor de masa de aire de hilo caliente, 6. sensor de temperatura del motor, 7. posicionador giratorio de ralentí 8. Interruptor de mariposa, 9. sonda Lambda, 10. unidad de mando.

Figura 27. Sistema LH Jetronic



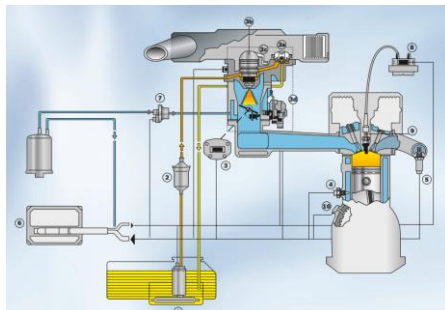
Fuente: *Sistemas de inyección electrónica*. <http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH%20-%20Inyeccion%20Gas.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### 1.2.5. Mono-Motronic

La principal diferencia respecto del sistema Motronic es utilizar una sola válvula para todos los cilindros. La válvula está instalada en el cuerpo de la mariposa (pieza parecida con un carburador). El cuerpo de la mariposa integra otros componentes, que en el sistema Motronic están en diferentes puntos del vehículo, por ejemplo, el actuador de ralentí, potenciómetro de la mariposa y otros más. En el sistema Mono Motronic el sistema de encendido también se controla por la unidad de comando. Los sistemas Motronic y Mono Motronic son muy parecidos, en su funcionamiento, la diferencia es la cantidad de válvulas de inyección.

Partes del sistema: 1. bomba de combustible, 2. filtro de combustible, 3. potenciómetro de la mariposa, 3a. regulador de presión, 3b. válvula de inyección, 3c. sensor de temperatura del aire, 3d. actuador de ralentí, 4. sensor de temperatura, 5. sonda lambda, 6. unidad de comando, 7. válvula de ventilación del tanque, 8. bobina de encendido, 9. bujía de encendido, 10. sensor de revoluciones (pertenece al sistema de encendido).

Figura 28. Sistema Mono Motronic



Fuente: *Sistemas de inyección electrónica*. <http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH%20-%20Inyeccion%20Gas.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### **1.2.6. Motronic**

El sistema Motronic también es un sistema multipunto, trae incorporado en la unidad de comando el sistema de encendido. Posee sonda lambda en el sistema de inyección, que está instalada en el tubo de escape.

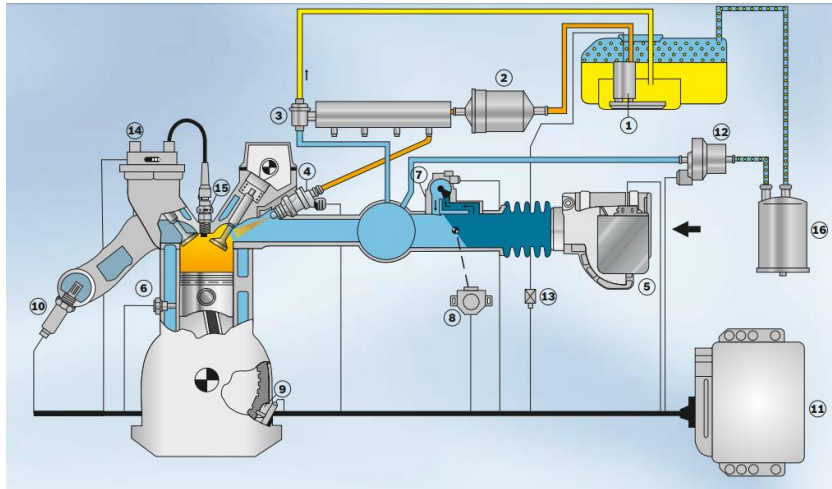
El sistema Motronic es digital, posee memoria de adaptación e indicación de averías en el tablero (algunos modelos).

En vehículos que no utilizan distribuidor, el control del momento del encendido (chispa) se hace por un sensor de revoluciones instalado en el volante del motor (rueda con dientes).

En el Motronic, hay una válvula de ventilación del tanque, también conocida como válvula del cánister, que sirve para reaprovechar los vapores del combustible, que son altamente peligrosos, contribuyendo de esa forma para la reducción de la contaminación, que es la principal ventaja de la inyección.

El sistema Motronic tiene las siguientes partes: 1. bomba de combustible, 2. filtro de combustible, 3. regulador de presión, 4. válvula de inyección, 5. medidor de flujo de aire (caudalímetro), 6. sensor de temperatura, 7. actuador de ralentí, 8. potenciómetro de la mariposa, 9. sensor de revoluciones (pertenece al sistema de encendido), 10. sonda lambda, 11. unidad de comando (inyección + encendido), 12. válvula de ventilación del tanque, 13. relé de comando, 14. bobina de encendido, 15. bujía de encendido, 16. cánister.

Figura 29. **Sistema Motronic**



Fuente: *Sistemas de inyección electrónica*. <http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH%20-%20Inyeccion%20Gas.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### 1.2.7. **Motronic ME 7**

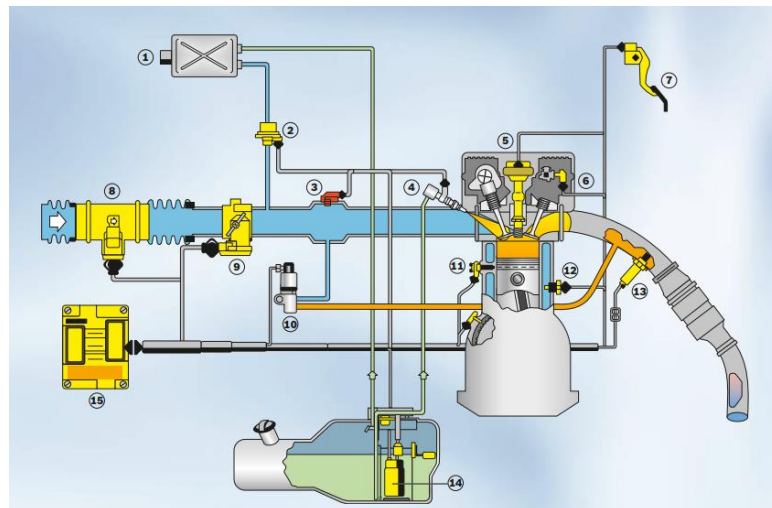
Sistema Motronic ME 7 Mariposa con comando electrónico de aceleración; administración del motor basada en torque y a través del cual son ajustados los parámetros y funciones del sistema de inyección y encendido. El deseo del conductor se capta a través del pedal del acelerador electrónico.

La unidad de mando determina el torque que se necesita y a través de análisis del régimen de funcionamiento del motor y de las exigencias de los demás accesorios como aire acondicionado, control de tracción, sistemas de frenos ABS, ventilador del radiador y otros más, se define la estrategia de torque, resultando en el momento exacto del encendido, volumen de combustible y apertura de la mariposa.

La estructura modular de software y hardware proporciona configuraciones específicas para cada motor y vehículo; comando electrónico de la mariposa, proporcionando mayor precisión, reduciendo el consumo de combustible y mejorando la conducción. Es un sistema basado en torque proporciona mayor integración con los demás sistemas del vehículo; sistema con duplicidad de sensores, garantiza total seguridad de funcionamiento.

Partes del sistema: 1. cánister, 2. válvula de bloqueo del cánister, 3. sensor de presión, 4. tubo distribuidor/ válvula de inyección, 5. bobina/bujía de encendido, 6. sensor de fase, 7. pedal del acelerador electrónico, 8. medidor de masa de aire/ sensor de temperatura, 9. cuerpo de mariposa electrónico, 10. válvula (EGR), 11. sensor de picado, 12. sensor de temperatura del agua, 13. sonda lambda, 14. bomba de combustible, 15. unidad de comando.

Figura 30. **Sistema motronic ME 7**



Fuente: *Sistemas de inyección electrónica*. <http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH%20-%20Inyeccion%20Gas.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

- Inyección electrónica directa de gasolina GDI

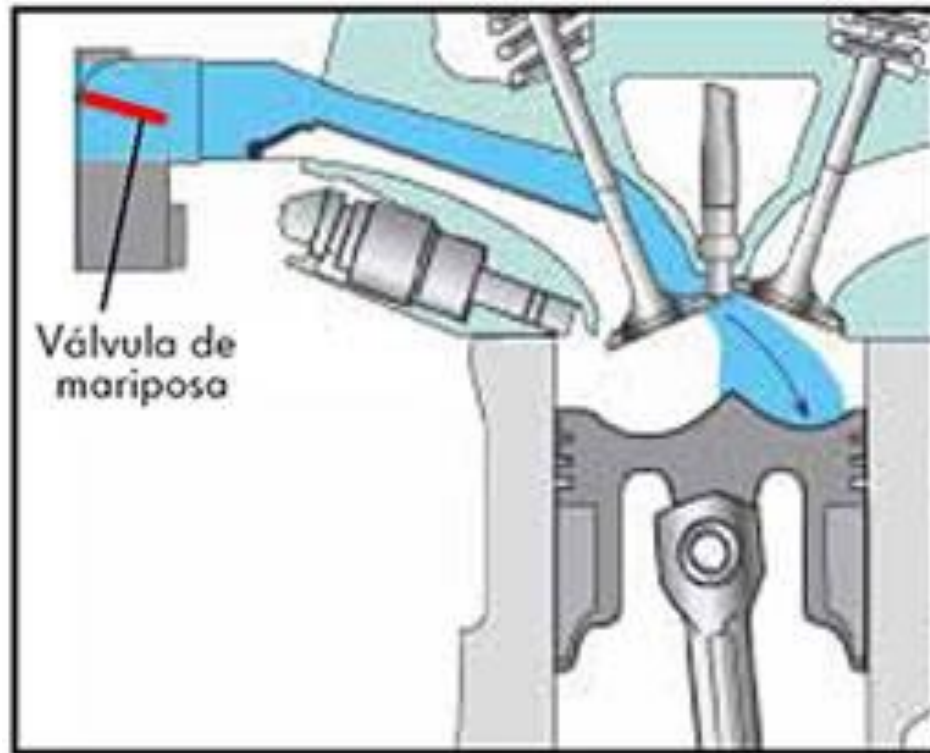
La inyección directa de la gasolina posibilita una definición exacta de los intervalos de alimentación del carburante en cada ciclo de trabajo de los pistones, así como un preciso control del tiempo que se necesita para preparar la mezcla de aire y combustible. En unas condiciones de carga parcial del motor, el combustible es inyectado muy cerca de la bujía y con una determinada turbulencia cilíndrica (efecto tumble) al final de la fase de compresión mientras el pistón se está desplazando hacia su punto muerto superior.

La concentrada carga de mezcla puede ser explosionada, aunque el motor se encuentre en esos momentos en una fase de trabajo con un determinado exceso de aire (1/12,4). Su grado de efectividad termodinámica es correspondientemente más alto. Comparado con un sistema de inyección en el colector de admisión (MPI) se obtienen unas importantes ventajas de consumo de combustible merced a la eliminación de la citada estrangulación.

Ventajas: desestrangulación en los modos operativos con mezcla estratificada. En estos modos operativos se trabaja con un valor lambda comprendido entre 1,55 y 3. Esto permite abrir más la mariposa y aspirar más aire, porque tiene que superar una menor resistencia que ocasionaba la válvula de mariposa al estar medio cerrado.



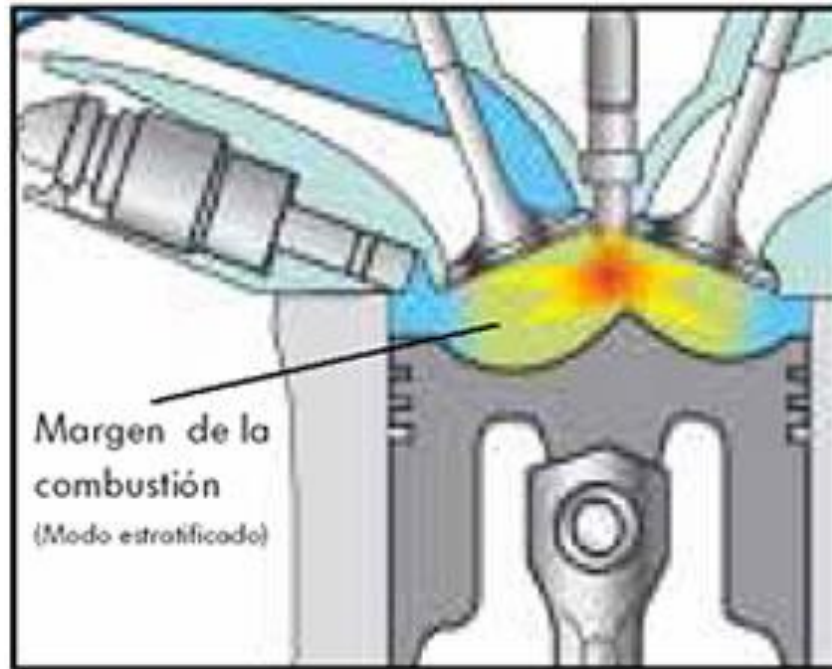
Figura 31. **Válvula de mariposa**



Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

En el modo estratificado el motor trabaja con un valor lambda desde 1,6 hasta 3, consiguiendo una reducción de consumo de combustible considerable. Menores pérdidas de calor cedido a las paredes de los cilindros. Esto es debido a que en el modo de mezcla "estratificada" la combustión únicamente tiene lugar en la zona próxima de la bujía, esto provoca menores pérdidas de calor cedido a la pared del cilindro, con lo cual aumenta el rendimiento térmico del motor.

Figura 32. **Margen de la combustión**

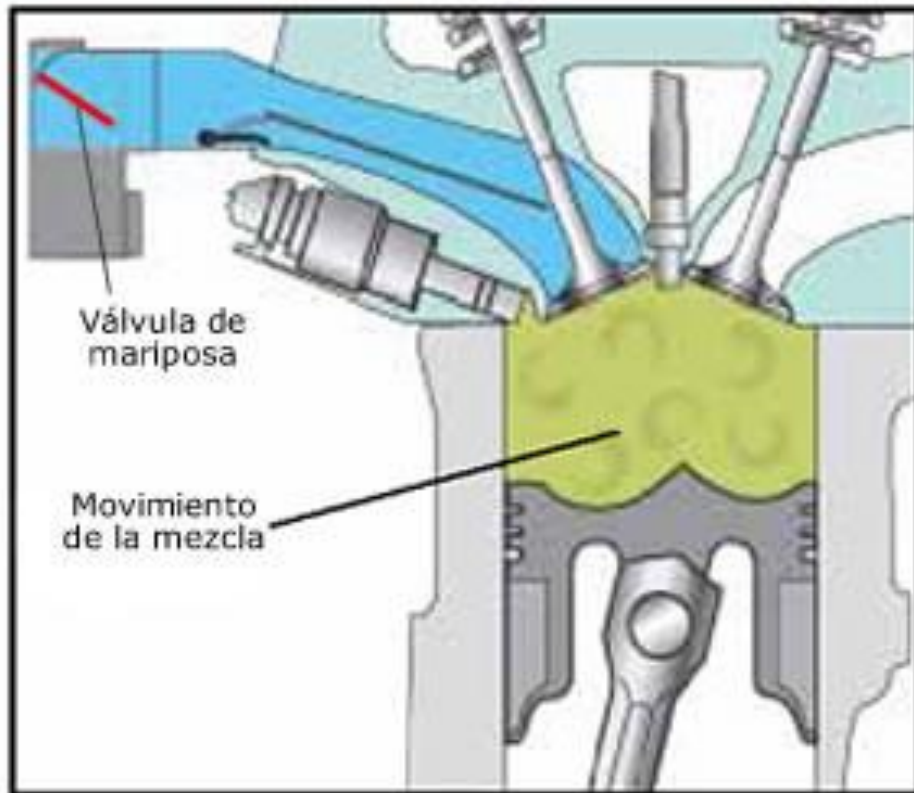


Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

Debido al movimiento intenso de la mezcla en el modo homogéneo, el motor posee una alta compatibilidad con la recirculación de gases de escape, equivalente hasta un 25 %.

Para aspirar la misma cantidad de aire fresco que cuando trabaja con bajos índices de recirculación de gases se procede a abrir la mariposa de gases un tanto más. De esa forma se aspira el aire superando una baja resistencia y disminuyen las pérdidas debidas a efectos de estrangulamiento.

Figura 33. **Movimiento de la mezcla**



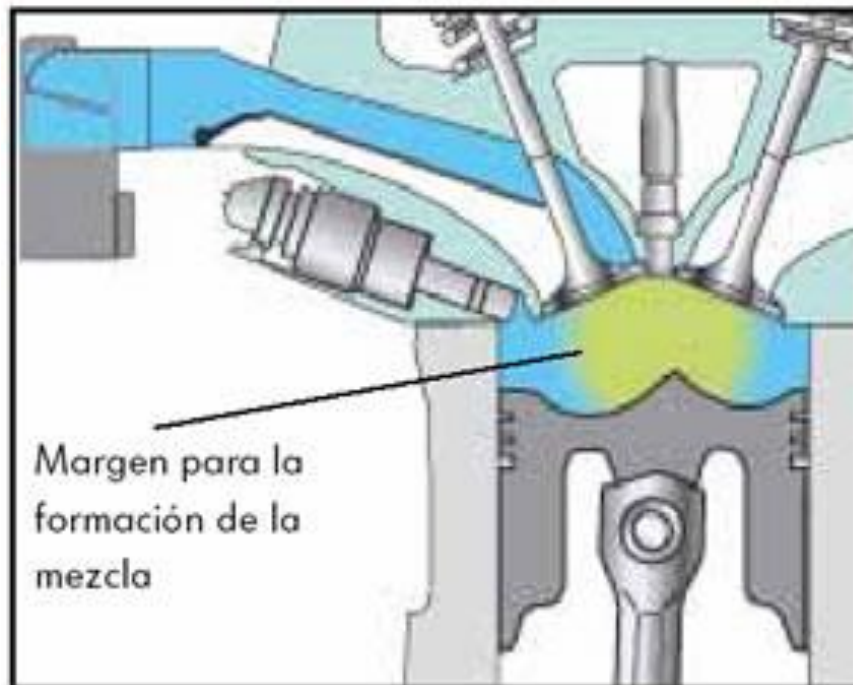
Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

Con la inyección directa del combustible en el cilindro se extrae calor del aire de admisión, produciéndose un efecto de refrigeración de éste. La tendencia al picado se reduce, lo que permite aumentar, a su vez, la compresión.

Una mayor relación de compresión conduce a una presión final superior en la fase de compresión, con lo cual también aumenta el rendimiento térmico del motor.

Es posible reducir el régimen de ralentí, y se facilita el arranque en frío debido a que al reanudar la inyección el combustible no se deposita en las paredes de la cámara de combustión. La mayor parte del combustible inyectado puede ser transformada de inmediato en energía utilizable. El motor funciona de un modo muy estable, incluso al trabajar con regímenes de ralentí más bajos.

Figura 34. **Margen para la formación de la mezcla**



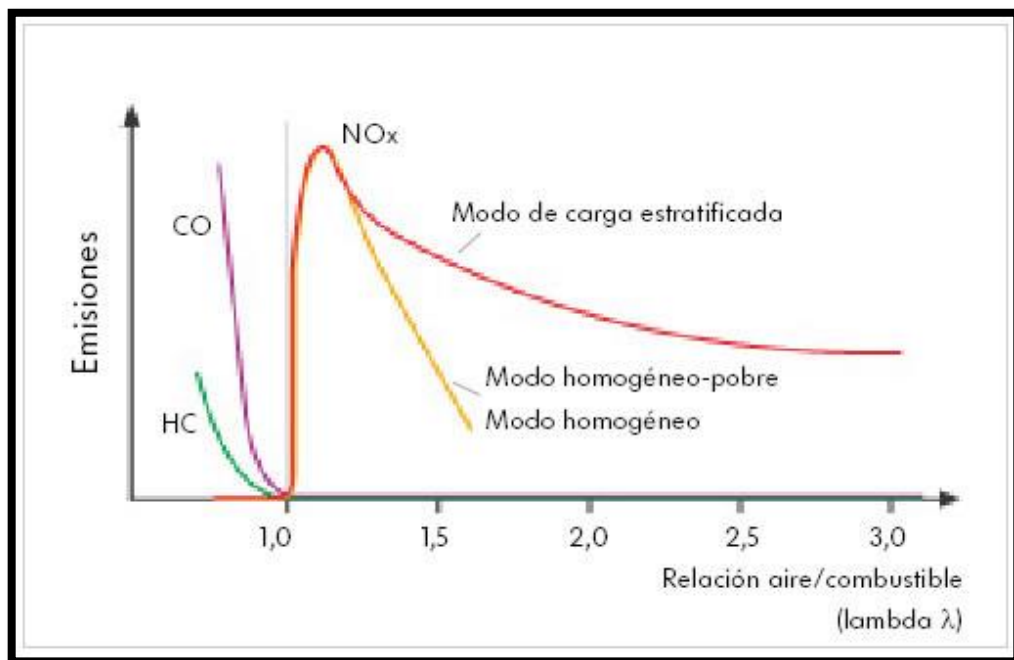
Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

Inconvenientes: uno de los problemas principales que plantea la inyección directa de gasolina es el tratamiento de los gases de escape para cumplir las normativas anticontaminación.

Los óxidos nítricos que se producen con motivo de la combustión en el modo "estratificado" y en el modo "homogéneo-pobre" no pueden ser transformados suficientemente en nitrógeno por medio de un catalizador convencional de tres vías.

Solo desde que ha sido desarrollado el catalizador-acumulador de NOx también se cumple la norma de emisiones de escape EU4 en estos modos operativos. Los óxidos nítricos se acumulan internamente en ese catalizador y se transforman en nitrógeno mediante medidas específicas para ello.

Figura 35. **Gráfica emisiones frente a relación aire/combustible**



Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.



## **2. INYECCIÓN ELECTRÓNICA DIRECTA DE GASOLINA GDI**

En el mundo actual existe una creciente preocupación por la contaminación asociada al desarrollo de la civilización y los problemas medioambientales y de salud que éste conlleva. Por esta razón, distintos organismos han propuesto una limitación de esta contaminación de forma que se minimicen al máximo posible los riesgos para el hombre y para el ambiente.

Una fuente importante de dicha contaminación es el automóvil. Por eso desde hace años se están emitiendo leyes en los distintos continentes y países que limitan la cantidad de contaminantes emitida a la atmósfera por los motores que mueven a estos vehículos.

Los distintos fabricantes han tenido que ir amoldando su política de fabricación de manera que sus productos se adaptaran a estas leyes. Hoy día, los fabricantes crean nuevos motores que cumplen leyes que aún no han entrado en vigor, convirtiéndose además en un argumento de venta. Los fabricantes se han dado cuenta que una forma de reducir la contaminación en los motores de gasolina es el empleo de la técnica de la inyección directa. Además, esta técnica no supone una merma en las prestaciones del motor. Por tanto, se podría decir que el pliego de condiciones por el que se diseña un motor es el siguiente:

- Mayores prestaciones
- Menor consumo
- Menor contaminación

## **2.1. Componentes del sistema GDI**

La principal diferencia de la inyección directa respecto de la indirecta es que en esta última la inyección se hace en el colector de admisión, antes de la válvula de admisión, mientras que en la inyección directa el inyector está colocado en el interior del cilindro. Los motores de inyección directa se pueden clasificar en dos categorías según su funcionamiento:

- Carga estratificada
- Carga homogénea

A continuación, se describen los principales componentes del sistema que permiten la inyección directa de combustible.

### **2.1.1. Unidad de control**

La Unidad de Control de Motor (ECU), conocida también como módulo de control del tren de potencia, es un tipo de unidad de control electrónico que ajusta una serie de actuadores en el motor de combustión interna para asegurar su óptimo desempeño.

Para un motor con inyección de combustible, la unidad de control del motor es la que determina la cantidad de combustible a inyectarse con base a un número de parámetros. El ECU puede también ajustar el tiempo adecuado para que la chispa en una bujía provea la mejor potencia y economía.



También es importante mencionar que la mayoría de motores tienen un control de velocidad ralentí en el ECU por lo que las revoluciones por minuto del motor están monitoreadas por el sensor de posición del cigüeñal que juega el rol principal en las funciones del tiempo del motor para la inyección del combustible.

Algunos motores cuentan con tiempos variables de válvulas. En ellos, el ECU controlará el tiempo del ciclo de motor para que éstas se abran, optimizando el flujo de aire que entra por el cilindro, incrementando la potencia y mejorando la economía. Una categoría aparte es la de los ECU programables, puesto que pueden reprogramarse por el usuario.

Estos se utilizan cuando se han hecho cambios significativos en un motor, como por ejemplo modificaciones en el turbocargador, radiador o escape. Tal programación puede ser mapeada por medio de una *laptop* y cable mientras el motor está en marcha.

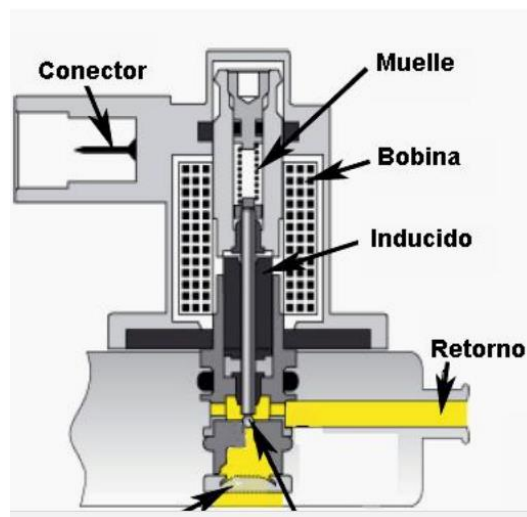
### **2.1.2. Válvulas de inyección**

Válvula reguladora de la presión del combustible en el caso de tener un sistema con bomba radial, la válvula reguladora de la presión del combustible se encuentra en el elemento inferior del colector de admisión y va atornillada entre el tubo distribuidor de combustible y el tubo de retorno hacia el depósito. Como en el caso anterior tiene la función de establecer la presión en el tubo distribuidor de combustible, independientemente de la cantidad inyectada y de la cantidad impelida por la bomba.

En caso de avería la válvula reguladora se encuentra cerrada al no tener la corriente aplicada. De ese modo se tiene establecido de que siempre esté disponible una presión suficiente del combustible.

Para proteger los componentes contra presiones excesivas se incorpora en la válvula reguladora de presión del combustible un limitador mecánico de la presión a través de un sistema de muelle. Este muelle abre cuando el combustible alcanza una presión de 120 bares.

Figura 36. **Válvula de inyección**



Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

### 2.1.3. **Bomba de alta presión**

Existen dos tipos posibles de bomba de alta presión, monoémbolo o radial de tres pistones. Independientemente de su funcionamiento interno, la bomba de alta presión se impulsa mecánicamente a través del árbol de levas. La

bomba de alta presión recibe una presión previa de la bomba del depósito y a partir de ahí genera la presión que se necesita en el conducto común.

Dependiendo el tipo de bomba, se puede observar que dispone de una válvula de control de dosificación o caudal (mono-embolo) o bien un regulador de presión (radial).

Figura 37. **Bomba de alta presión**



Fuente: *Inyección directa de gasolina.*

<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

#### 2.1.4. **Riel común de alta presión**

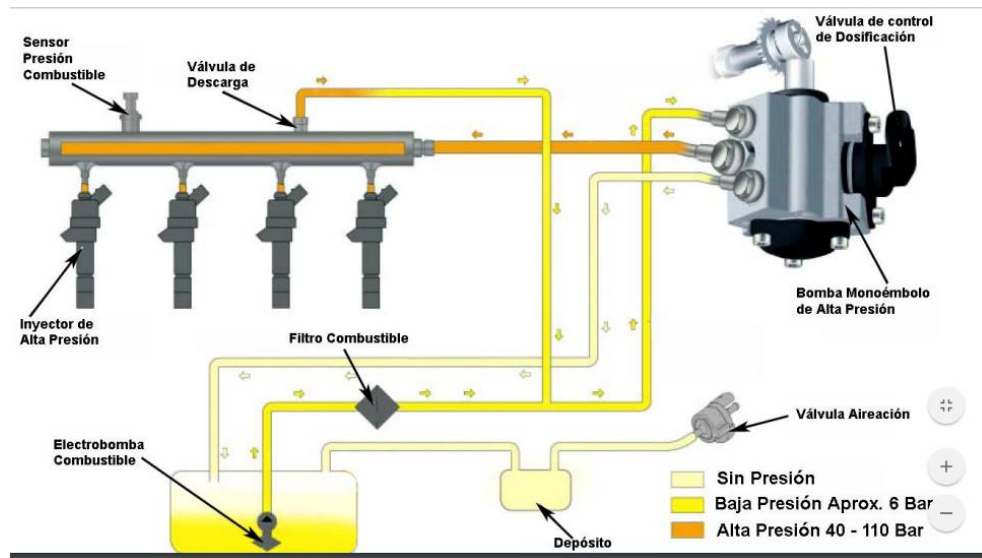
El funcionamiento del sistema de combustible se basa en un circuito de baja y uno de alta presión. En el sistema de baja presión el combustible es presurizado por una bomba eléctrica, a 6 bares aproximadamente, haciéndolo

pasar por el filtro, para llegar a la bomba de alta presión. La presión del combustible en funcionamiento normal es de 3 bares y durante el arranque en caliente es de 5,8 bares como máximo. El retorno de la bomba de alta presión va directamente al depósito.

En el sistema de alta presión, una bomba de alta presión envía el combustible con un valor que puede variar entre 40 y 110 bares según el estado de carga y el régimen. Este combustible, es enviado hacia el tubo distribuidor, repartiéndose desde aquí hacia los cuatro inyectores de alta presión. La válvula de descarga tiene la función de proteger a los componentes del circuito de alta presión y abre a partir de una presión superior a los 120 bares.

El combustible que sale de la válvula de descarga pasa al conducto de alimentación de la bomba de alta presión. Adicionalmente, se conduce combustible a través del sistema de depósito de carbón activo para su combustión en el motor, por un sistema de aireación controlado electrónicamente mediante una electroválvula.

Figura 38. Riel común de alta presión



Fuente: *Inyección directa de gasolina.*

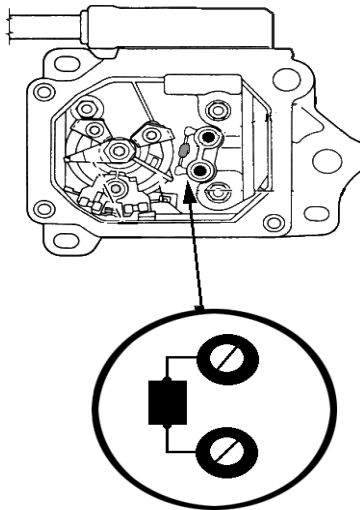
<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### 2.1.5. Sensores que intervienen en la regulación de combustible

**Sensor de temperatura de carburante** La señal de este componente es utilizada para: gestión de la corredera del caudal. Es una resistencia variable con la temperatura del tipo NTC.

Está colocado en el interior de la bomba inyectora. Realiza las funciones de: comprobar verificar tensión de referencia (sensor desconectado, lado conector). Verificar resistencia del sensor (sensor desconectado, lado sensor), verificar aislamiento a masa de la instalación. Comprobar la variación de la tensión en bornes al cambiar la temperatura del *gasoil*.

Figura 39. **Sensor regulador de combustible**



Fuente: *Inyección directa de gasolina.*

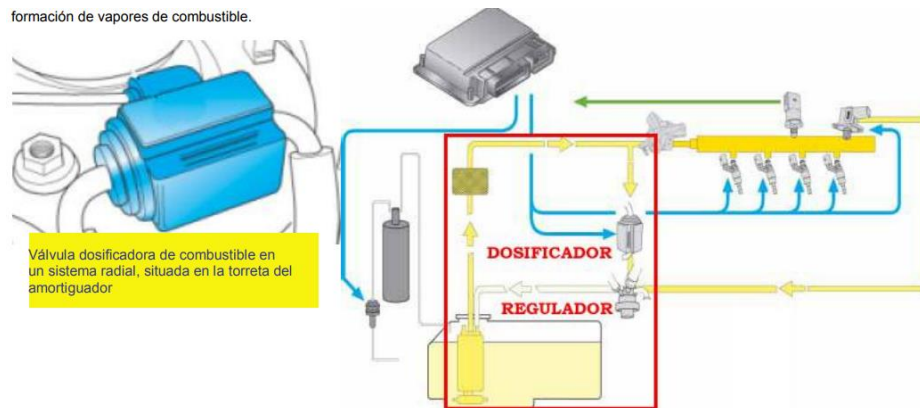
[http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+E+GASOLIN A.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+E+GASOLIN+A.pdf). Consulta: diciembre de 2017.

La válvula dosificadora de combustible se encuentra situada en el circuito de regulación de baja, su función es aumentar la presión de baja en situaciones críticas. Su estado de funcionamiento normal es abierto, así el combustible que envía la bomba eléctrica pasa directamente al regulador y, por tanto, es el que mantiene la presión de baja. Cuando la unidad determina que hay una necesidad de aumentar la presión de baja, le aplica una señal, de ciclo de trabajo variable, al dosificador haciendo que estrangule el paso hacia el regulador. De esta forma se consigue aumentar la presión del circuito de baja y mejorar la carga de la bomba de alta presión.

Cuando se realiza un arranque en caliente, donde la temperatura del motor es superior a  $110^{\circ}\text{C}$ , la unidad mantiene excitada la electroválvula de dosificación durante unos 50 segundos en la fase de arranque, así aumenta la

presión a unos 5,8 bares en el circuito de baja y se evita la formación de vapores de combustible.

Figura 40. **Dosificador y regulador de combustible**



Fuente: *Inyección directa de gasolina.*

<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

El sensor de presión de combustible tiene la función de medir la presión del combustible en el conducto distribuidor. Se encuentra en la parte inferior del colector de admisión y va atornillado en el conducto distribuidor de combustible. El valor de la presión que se establece es ofrecido en forma de una señal de tensión y se envía hacia la unidad de control del motor.

Este sensor se basa en el efecto piezoeléctrico y lleva un circuito integrado que ofrece una salida variable de 0 a 5 v. Funciona de forma que a baja presión del combustible solo se deforma levemente la membrana de cuarzo.

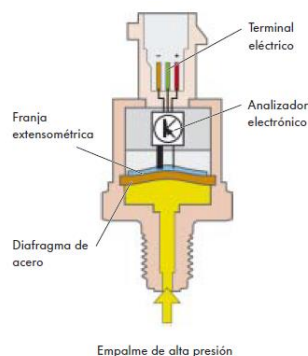
De esa forma es alta la resistencia eléctrica que oponen las resistencias extensométricas y la tensión de la señal es baja. Si la presión del combustible es de alta magnitud, la membrana de cuarzo se deforma más intensamente. Ahora es baja la resistencia eléctrica en las resistencias extensométricas y la tensión de la señal es proporcionalmente alta.

En la curva característica representada para el sensor se puede observar la tensión de la señal de salida en voltios y su correspondencia lineal con el valor de la presión en Mpa.

La regulación de la presión del combustible se lleva a cabo con ayuda de la válvula reguladora de presión, basándose en unas cartografías de funcionamiento preestablecidas.

En el caso de ausentarse la señal del sensor de presión en la unidad de control del motor procede a excitar la válvula reguladora de la presión del combustible por medio de un valor fijo.

Figura 41. **Sensor de presión de combustible**



Fuente: *Inyección directa de gasolina*. <http://www.e-auto.com.mx/engew/index.php/85-boletines-tecnicos/6627-common-rail-08-sensor-de-presion-del-combustible-g247>. Consulta: diciembre de 2017.



### **2.1.6. Gestión electrónica de regulación de combustible**

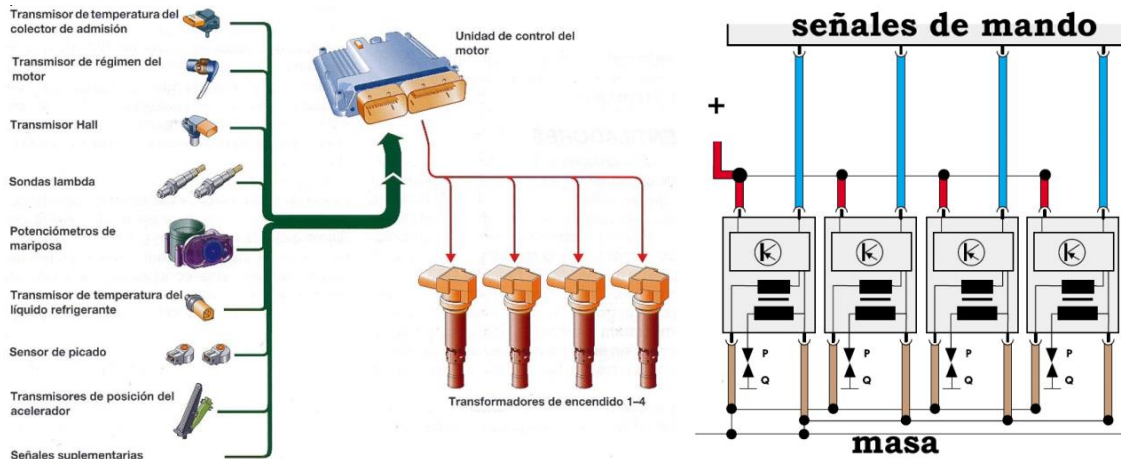
El sistema consta de 4 bobinas individuales que la unidad controla en función de las condiciones de trabajo del motor. Debido a que la estructura de funcionamiento del motor hace que la mezcla esté en menos condiciones de picado, por una parte, al ser inyectado directamente en la cámara de combustión, absorbiendo parte del calor del aire de admisión, y por otra parte por el poco tiempo que permanece la mezcla en la cámara de combustión.

Esta situación hace que el motor pueda ser aumentado en relación de compresión y aporta un avance de encendido mayor.

El avance de encendido es calculado en función de tres factores, régimen de motor, posición de la mariposa y el par calculado, para ser corregido en función del picado, temperatura de motor y aire y el valor de la regulación lambda.

Dependiendo de las versiones, puede que se produzcan varios saltos de chispa en la fase de trabajo estratificada, fase en la que se el sistema de encendido está más en el límite.

Figura 42. Gestión electrónica de regulación de combustible



Fuente: *Inyección directa de gasolina.*

<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

## 2.2. Tipos de sistemas GDI

Los motores de inyección directa gasolina funcionan con dos tipos de mezcla según sea la carga del motor: mezcla estratificada y mezcla homogénea.

- Mezcla estratificada: el motor es alimentado con una mezcla poco enriquecida cuando el vehículo se desplaza en unas condiciones de carga parcial (pedal del acelerador a medio pisar). Para conseguir una mezcla pobre para alimentar el motor, este debe ser alimentado de forma estratificada.

La mezcla de aire y combustible se concentra en torno a la bujía ubicada en una estratégica posición central en las cámaras de combustión, en cuyas

zonas periféricas se acumula prácticamente sólo una capa de aire. Con esta medida se consigue la eliminación de la mencionada estrangulación para proporcionar un importante ahorro de combustible. La positiva característica de economía de consumo es también una consecuencia de la disminuida dispersión de calor.

El aire concentrado de la manera comentada en la periferia del espacio de combustión mientras se produce la explosión de la mezcla en la zona central de la cámara proporciona una especie de aislamiento térmico.

Con esta estratificación específica de la carga, el valor Lambda en el área de combustión oscila entre 1,5 y 3. De este modo, la inyección directa de gasolina alcanza en el campo de carga parcial el mayor ahorro de combustible frente a las inyecciones convencionales: en marcha de ralentí incluso un 40 %.

Cuando el motor trabaja con mezcla estratificada en la carrera de admisión solo entra aire en los cilindros. Durante la carrera de compresión se inyecta el combustible y salta la chispa en la bujía

- Mezcla homogénea: el control inteligente de la inyección permite disponer asimismo de una mezcla homogénea en los regímenes más elevados (cuando se exige potencia al motor). La inyección es adaptada de forma automática y el combustible no es inyectado en las fases de compresión sino en las de admisión. Unas determinadas leyes de la termodinámica imponen, no obstante, un aumento del llenado de los cilindros y una disminución de la temperatura de compresión en estas condiciones.

Estos ajustes tienen unos efectos secundarios también muy positivos que se manifiestan en forma de unos elevados valores de potencia y par motor. Con una relación de compresión alta por encima de 11 (11,5:1) ofrece un valor significativamente más alto que un motor dotado de un sistema de inyección MPI.

Con mezcla homogénea la inyección se hace en la carrera de admisión.

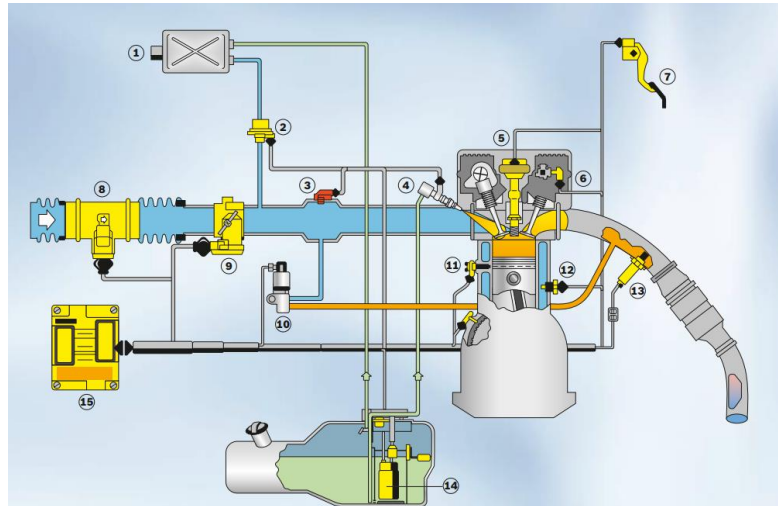
### **2.2.1. Motronic MED 7**

Sistema Motronic ME 7 Mariposa con comando electrónico de aceleración; administración del motor basada en torque y a través de este son ajustados los parámetros y funciones del sistema de inyección y encendido. El deseo del conductor se capta a través del pedal del acelerador electrónico.

La unidad de mando determina el torque que se necesita y a través de análisis del régimen de funcionamiento del motor y de las exigencias de los demás accesorios como aire acondicionado, control de tracción, sistemas de frenos ABS, ventilador del radiador y otros más, se define la estrategia de torque, resultando en el momento exacto del encendido, volumen de combustible y apertura de la mariposa.

La estructura modular de software y hardware proporciona configuraciones específicas para cada motor y vehículo; comando electrónico de la mariposa, proporcionando mayor precisión, reduciendo el consumo de combustible y mejorando la conducción. Un sistema basado en torque proporciona mayor integración con los demás sistemas del vehículo; sistema con duplicidad de sensores, garantiza total seguridad de funcionamiento.

Figura 43. **Sistema Motronic ME 7**



*Fuente: Inyección directa de gasolina*

<http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>. Consulta: diciembre de 2017.

### 2.2.2. **Motronic MED 9**

El desarrollo de la nueva gestión electrónica Motronic MED 9 obedece a las necesidades que se presentan por la incorporación de una mecánica con tecnología de inyección directa de gasolina. La gestión debía responder a las diferentes exigencias planteadas por este motor, como son:

La inyección directa en el interior del cilindro, para la cual se ha desarrollado un circuito de alimentación de combustible, con dos bombas reguladas por la unidad de control.

El objetivo es suministrar solamente el combustible necesario, para absorber la mínima energía eléctrica o mecánica al motor, lo que conlleva una

reducción del consumo del combustible, la refrigeración electrónica, gestionando el funcionamiento de los ventiladores del radiador y el termostato. Lo anterior permite adaptar la temperatura del motor al modo de conducción, logrando con ello un mejor rendimiento y un aumento de la potencia, y la admisión guiada de aire, que permite generar turbulencias con el fin de lograr un proceso de combustión eficaz y completo.

Además, se han aplicado tecnologías ya utilizadas en anteriores gestiones, como son la distribución y colector de admisión variable o la recirculación de gases de escape.

El motor 2,0 L FSI cumple con la normativa anticontaminación EU IV gracias a su avanzado sistema de depuración de gases de escape.

La gestión electrónica MED 9,5,10 se utiliza específicamente en el motor 2,0 L de inyección directa de gasolina, adaptándose a las nuevas características de este motor. Estas siglas significan:

- M: motronic
- E: acelerador electrónico
- D: inyección directa
- 9: versión
- 5.10: nivel de desarrollo

Una nueva unidad de control de 154 contactos asume la gestión de los diferentes sistemas del motor. Las principales novedades de esta gestión radican en el control del sistema de alimentación e inyección de combustible, la admisión guiada, el control de depresión del servofreno y la refrigeración

electrónica del motor. Existen dos versiones de esta gestión para el motor 2,0 L FSI.

La versión que cumple la normativa anticontaminación EU II y la que cumple la IV, existiendo diferencias entre ellas únicamente en el sistema de depuración y recirculación de gases de escape. La estructura del sistema que muestra el gráfico corresponde a la versión que cumple la normativa EU IV, y solo recoge las principales novedades que se han incorporado debido a la integración de la inyección directa de combustible.

### **2.2.3. Motronic MED 9.1**

El sistema compara las amplitudes de señal obtenidas del sensor aguas abajo con las amplitudes de señal modeladas. Las amplitudes de señal modeladas se derivan de un catalizador límite. Los datos para los catalizadores límite se toman de los resultados de medición en catalizadores deteriorados de la vida real. En caso de que las amplitudes medidas excedan las del modelo, el catalizador se considera defectuoso.

Esta información se evalúa dentro de un solo rango de velocidad y carga del motor (detección sobre el rango completo de carga del motor frente a la velocidad). De acuerdo con el principio de funcionamiento descrito, se pueden distinguir las siguientes partes principales:

- Cálculo de la amplitud del sensor de oxígeno aguas abajo: se calcula la amplitud de las oscilaciones de señal del catalizador aguas abajo del sensor de oxígeno. Esto se logra extrayendo el componente de señal oscilante, calculando el valor absoluto y promediando en el tiempo.

- Oxígeno de un catalizador límite. La señal del sensor en sentido descendente se simula en el modelo catalizador según los datos de funcionamiento del motor en tiempo real (por ejemplo, relación A / F y carga del motor). Por aparte, se calcula la amplitud de las oscilaciones de señal.
- Evaluación de señal y falla. Las amplitudes de señal del sensor de oxígeno aguas abajo se comparan con el modelo durante un tiempo determinado. En el caso de que las amplitudes de la señal del sensor aguas abajo excedan las amplitudes modeladas, la capacidad de almacenamiento de oxígeno del catalizador no llega al modelo del catalizador limítrofe.
- Verificación de las condiciones de monitoreo. Es necesario verificar las condiciones de manejo para excepciones donde no es posible el control regular de Lambda, p. corte de combustible. Durante estas excepciones, y durante un cierto tiempo después, se detiene el cálculo de los valores de amplitud y el procesamiento posterior. Por lo tanto, se evita una distorsión de la información de supervisión.
- Los sensores tienen un número variable de conexiones eléctricas, hasta un máximo de cuatro cables, reaccionan con el contenido de oxígeno en el sistema de escape y producen un pequeño voltaje, dependiendo de la mezcla aire/combustible.
- Estructura de monitoreo. La temperatura del catalizador (modelo) activa la función de control del catalizador si la temperatura del catalizador está por encima de un valor predeterminado.



- Medida activa de OSC. El monitor del catalizador se basa en la determinación de la capacidad de almacenamiento de oxígeno (OSC). La correlación entre la eficiencia de conversión y la OSC se ha investigado en catalizadores con varias características específicamente relacionadas con las etapas de envejecimiento correlacionadas con las emisiones de escape (HC / NOx). Por lo tanto, el catalizador se diagnostica comparando su capacidad de almacenamiento con la capacidad de almacenamiento de un catalizador límite.
- La capacidad de almacenamiento de oxígeno (OSC) se puede determinar mediante uno de los dos métodos siguientes:
  - Reducción de oxígeno después del corte de combustible (paso rápido del monitor). El oxígeno se almacena en el catalizador durante las condiciones de corte de combustible mientras se conduce el vehículo. Después del corte de combustible, el catalizador se opera con una rica relación aire-combustible (A / F) y se determina la cantidad de oxígeno eliminado. Si esta prueba pasiva indica un valor de OSC muy por encima del catalizador límite, el catalizador se diagnostica sin error. Esta ruta de monitoreo solo puede generar un resultado de "paso".
  - Determinación del almacenamiento de oxígeno (prueba activa)

Para fines de monitoreo, el ECM cicla la relación A / F ordenando una mezcla de combustible rica y pobre de la siguiente manera.

- Primero, una relación A / F rica es ordenada por ECM hasta que se haya eliminado el mínimo de oxígeno (umbral acumulado de gas rico).

- Luego, el catalizador se opera con una relación A / F pobre comandada por ECM y la capacidad de almacenamiento de oxígeno se calcula a partir de la masa de oxígeno almacenada en el catalizador de la siguiente manera:

### **3. MODELO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN GDI**

ASNU fue la primera compañía en el mundo en probar y dar servicio a los inyectores GDI en una escala mundial, rápidamente comenzamos a aprender los problemas relacionados con los inyectores GDI y que es lo más importante al momento de comprobarlos. Después de conversaciones con los fabricantes de inyectores, lo primero en la agenda para comprobar estos inyectores, sorprendentemente fue la capacidad para manejar los inyectores correctamente; no la alta presión operativa que la mayoría de la gente supuso sería la primera en la lista. Estos inyectores también tienen que trabajar igual de bien a bajas presiones.

Los ingenieros de ASNU luego analizaron la capacidad de probar los inyectores a presión del sistema. La producción de un sistema que pudiese mostrar de forma segura la operación del inyector a alta presión no fue un problema, pero ver exactamente lo que el inyector estaba haciendo físicamente a alta presión en comparación con pruebas de baja presión hizo la función de alta presión más una desventaja que una ventaja.

#### **3.1. Banco de pruebas**

Muchas de las empresas que venden equipos de prueba de inyectores son fabricantes de equipos y no técnicos o ingenieros que tienen experiencia y conocimiento sobre los inyectores, ASNU por el contrario sí posee la experiencia y conocimientos suficientes en cuanto a seguridad y funcionamiento de equipos de prueba de inyectores se refiere.

Cuando ASNU diseñó su sistema de pruebas y mantenimiento de inyectores GDI, se dieron cuenta que cualquier sistema con pruebas de alta presión requeriría de personal con formación y capacitación especializada ya que un accidente con alta presión pudiese causar lesiones graves a los usuarios. ASNU se dio cuenta de que, desde un aspecto de seguridad, cualquier sistema de pruebas de alta presión limitaría el número de usuarios del mismo, restringiendo a los talleres el uso de este tipo de sistemas y la productividad y rentabilidad de la inversión de los propietarios y dueños.

Por ello que ASNU ha diseñado un sistema que, en su opinión y en base a su propia experiencia, pondría a prueba los inyectores GDI apropiadamente, pero a un nivel seguro que permita a cualquier persona a usarlo. ASNU conoce y entiende las necesidades específicas del inyector GDI y las demandas de los motores que utilizan este tipo de sistema y ha diseñado con éxito un sistema seguro y confiable que está siendo utilizado en miles de talleres en todo el mundo, incluyendo muchos de los fabricantes de equipo original y departamentos técnicos.

### **3.1.1. Motor de combustión interna con sistema de inyección GDI**

A través de los años la función del inyector ha cambiado, pero no en sus requisitos básicos que es la de suministrar una cantidad dosificada de combustible en una forma específica, en un tiempo y una duración solicitada por la unidad de control del motor del vehículo.

Los cambios en los inyectores han sido principalmente para satisfacer los requerimientos de las emisiones impuestas a los fabricantes de vehículos, sino que también ha sido debido a que los fabricantes de vehículos, mientras que cumplen estas normas de emisión también quieren obtener un mejor rendimiento del motor y mejora en la economía de combustible de los vehículos.

Al preguntarle a cualquier sintonizador o reparador de motores y dirá que, con un sistema de inyección múltiple, esto es un escenario imposible. En el 90 % de la industria del motor, mantenerse al día con los cambios en la tecnología está más allá del presupuesto de la mayoría de los propietarios de los talleres, especialmente para la formación y actualización técnica.

Los técnicos podrían pasar al menos 10 días hábiles de un mes siendo entrenados en nuevas tecnologías que se aplican a las diferentes marcas de vehículos. El tiempo requerido para capacitar a los empleados de un taller no sería rentable, por lo que aprender de la experiencia de "un tener que hacer" y aprender del equipo que se está utilizando en el trabajo, así como la búsqueda de información técnica en páginas de Internet está siendo la respuesta.

La mayoría de los técnicos y mecánicos ha removido los inyectores de un motor de combustión interna sin mayores problemas.

Por lo general, son bastante simples y se pueden retirar entre 10 y 45 minutos, pero algunos consumen un poco más de tiempo. La información sobre estos sistemas de inyección ha sido siempre fácil de encontrar y fácil de trabajar a la hora de sustituir los inyectores como parte del "diagnóstico por reemplazo", prueba de diagnóstico practicada por muchos talleres en todo el mundo.

Cuando se trata de inyectores GDI, es un escenario diferente debido a su ubicación directa en la cámara de combustión; éstos no son tan fáciles de quitar y debido a la ingeniería de un inyector GDI tampoco son baratos para reemplazar. La mayoría de los técnicos y mecánicos están aprendiendo acerca de los Inyectores GDI, pero de la manera difícil.

Las características de los Inyectores GDI. Los talleres de reparación de motores y de servicios en los últimos 30 años de trabajo con inyección de combustible han trabajado con los conocimientos básicos de los requerimientos del inyector, siendo ésta cuanta cantidad de combustible ofrece.

Para la mayoría, ese era el único requisito y para los fabricantes de equipos armar una máquina para medir el caudal de los inyectores era algo sencillo y barato. Para los técnicos educados, no era más que eso y la diferencia en la calidad de los talleres de reparación y servicio donde estaban involucrados los inyectores se había reducido a la educación sobre los inyectores y el sistema de gestión del motor, junto con el equipo que se utilizaba para llevar a cabo estas pruebas y servicio.

Prueba de fugas. En las pruebas de fugas, los fabricantes pondrán a prueba los inyectores a presiones de los sistemas, que es como se ponen a prueba cuando están nuevos, pero la experiencia ha demostrado a ASNU que cuanto mayor es la presión la evidencia de fugas es menos visible, mientras que, a una presión inferior, las fugas son más evidentes y visibles para el probador.

Cuando los inyectores son devueltos y verificados por los fabricantes y estos encuentran que los inyectores están contaminados por malos

combustibles o cubiertos de carbono o suciedad y que ello puede estar provocando la fuga, estos pueden ser devueltos como "no falla encontrada".

### **3.1.2. Módulos electrónicos para el arranque y control del motor**

Una categoría especial de unidades de control de motor es aquellas que son programables. Estas no tienen un comportamiento prefijado, y pueden ser reprogramadas por el usuario. Las ECU programables son requeridas en situaciones en las que las modificaciones después de la venta son importantes para el comportamiento final del motor.

Entre estas situaciones se incluyen la instalación o cambio del turbocompresor, *intercooler*, tubo de escape, o cambio a otro tipo de combustible.

Como consecuencia de estos cambios, la antigua ECU puede que no provea de un control apropiado con la nueva configuración. En estas situaciones, una ECU programable es la solución. Estas pueden ser programadas/mapeadas conectadas a un computadora portátil mediante un cable USB, mientras el motor está en marcha.

La unidad de control de motor programable debe controlar la cantidad de combustible a inyectar en cada cilindro. Esta cantidad varía dependiendo en las RPM del motor y en la posición del pedal de aceleración (o la presión del colector de aire).

El controlador del motor puede ajustar esto mediante una hoja de cálculo dada por el portátil en la que se representan todas las intersecciones

entre valores específicos de las RPM y de las distintas posiciones del pedal de aceleración. Con esta hoja de cálculo se puede determinar la cantidad de combustible que es necesario inyectar.

Modificando estos valores mientras se monitoriza el escape utilizando un sensor de oxígeno (o sonda lambda) se observa si el motor funciona de forma eficiente o no, así se encuentra la cantidad óptima de combustible a inyectar en el motor para cada combinación de RPM y posición del acelerador. Este proceso es frecuentemente llevado a cabo por un dinamómetro, dándole al manejador del combustible un entorno controlado en el que trabajar. Otros parámetros usualmente mapeados son:

- Ignición: define cuando la bujía debe disparar la chispa en el cilindro.
- Límite de revoluciones: define el máximo número de revoluciones por minuto que el motor puede alcanzar. Más allá de este límite se corta la entrada de combustible.
- Correcta temperatura del agua: permite la adición de combustible extra cuando el motor está frío (estrangulador).
- Alimentación de combustible temporal: le dice a la ECU que es necesario un mayor aporte de combustible cuando el acelerador es presionado.
- Modificador de baja presión en el combustible: le dice a la ECU que aumente el tiempo en el que actúa la bujía para compensar una pérdida en la presión del combustible.



- Sensor de oxígeno (sensor lambda): permite que la ECU posea datos permanentes del escape y así modifique la entrada de combustible para conseguir una combustión ideal.
- Sensor de temperatura en el motor: al llegar a determinada temperatura, la ECU detiene el motor para evitar la deformación de sus partes interiores debido al punto de fundición de los metales que lo constituyen.

Algunas de las unidades de carreras más avanzadas incluyen funcionalidades como control de salida, limitación de la potencia del motor en la primera marcha para evitar la rotura de este. Otros ejemplos de funciones avanzadas son:

- Control de pérdidas: configura el comportamiento del *waste gate* del turbo, controlando el *boost*.
- Inyección *Banked*: configura el comportamiento del doble de inyectores por cilindro, usado para conseguir una inyección de combustible más precisa y para atomizar en un alto rango de RPM.
- Tiempo variable de levas: se dice a la ECU cómo controlar las variables temporales en las levas de entrada y escape.
- Control de marchas.

### **3.2. Componentes del banco de pruebas**

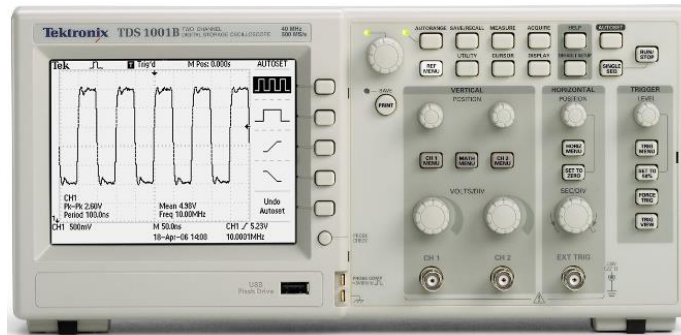
Los componentes del banco de prueba permiten diagnosticar y mantener el sistema de componentes del sistema GDi, a continuación, se describen los principales:

- Tablero programable - digital microprocesado
- *Display de led* para indicar la función seleccionada
- Alimentación 220 Volt
- Multipunto y monopunto
- Manómetro de 0-6 Bar
- Bomba eléctrica de alta presión c/filtro
- Ajuste electrónico de presión de combustible
- Memoria de presión
- Funciones preprogramadas
- Probetas de vidrio graduadas y con descarga automática
- Accionamiento manual y automático de motores paso a paso
- Accionamiento manual y automático de actuadores de marcha lenta

#### **3.2.1. Generador de señal**

Un osciloscopio es un instrumento que nos permite realizar diagnósticos más rápidos y certeros, pero su uso requiere dedicación, práctica y hasta una buena dosis de paciencia, sobre todo, porque implica un buen manejo de los conceptos básicos de electrónica y del funcionamiento de los diferentes sistemas de un vehículo, destacando, por supuesto, el motor de ciclo Otto de 4 tiempos.

Figura 44. Osciloscopio



Fuente: *Equipos y laboratorio.*

[http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=1484](http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1484). Consulta: diciembre de 2017.

Un generador de funciones es un aparato electrónico que produce ondas senoidales, cuadradas y triangulares, además de crear señales TTL. Sus aplicaciones incluyen pruebas y calibración de sistemas de audio, ultrasónicos y servo.

Este generador de funciones, específicamente trabaja en un rango de frecuencias de entre 0,2 Hz a 2 MHz. También cuenta con una función de barrido la cual puede ser controlada tanto internamente como externamente con un nivel de DC. El ciclo de máquina, nivel de offset en DC, rango de barrido y la amplitud y ancho del barrido pueden ser controlados por el usuario.

- Funcionamiento y usos generales

Un generador de funciones es un instrumento versátil que genera diferentes formas de onda cuyas frecuencias son ajustables en un amplio rango. Las salidas más frecuentes son ondas senoidales, triangulares,

cuadradas y diente de sierra. Las frecuencias de estas ondas pueden ser ajustadas desde una fracción de hercio hasta varios cientos de kilohercios.

Las diferentes salidas del generador se pueden obtener al mismo tiempo. Por ejemplo, proporcionando una sola cuadrada para medir la linealidad de un sistema de audio, la salida en diente de sierra simultánea se puede usar para alimentar el amplificador de deflexión horizontal de un osciloscopio, con lo que se obtiene la a exhibición visual de los resultados de las mediciones. La capacidad de un generador de funciones de fijar la fase de una fuente externa de señas es otra de las características importantes y útiles.

Un generador de funciones puede fijar la fase de un generador de funciones con una armónica de una onda senoidal del otro generador. Mediante el ajuste de fase y amplitud de las armónicas permite general casi cualquier onda obteniendo la suma de la frecuencia fundamental generada por un generador de funciones de los instrumentos y la armónica generada por el otro.

El generador de funciones también se puede fijar en fase a una frecuencia estándar, con lo que todas las ondas de salida generadas tendrán la exactitud y estabilidad en frecuencia de la fuente estándar.

El generador de funciones también puede proporcionar ondas a muy bajas frecuencias. Ya que la frecuencia baja de un oscilador RC es limitada, la figura ilustrada otra técnica. Este generador entrega ondas senoidales triangulares y cuadradas con un rango de frecuencias de 0,01 Hz hasta 100 kHz. La red de control de frecuencia está dirigida por el selector fino de frecuencia en el panel frontal del instrumento o por un voltaje de control aplicado externamente. El voltaje de control de frecuencia regula dos fuentes de corriente.

La fuente de corriente superior aplica una corriente constante al integrador, cuyo voltaje de salida se incrementa en forma lineal con el tiempo. La conocida relación da el voltaje de salida.

Un incremento o decremento de la corriente aplicada por la fuente de corriente superior aumenta o disminuye la pendiente del voltaje de salida. El multivibrador comparador de voltaje cambia de estado a un nivel predeterminado sobre la pendiente positiva del voltaje de salida del integrador. Este cambio de estado desactiva la fuente de corriente superior y activa la fuente inferior.

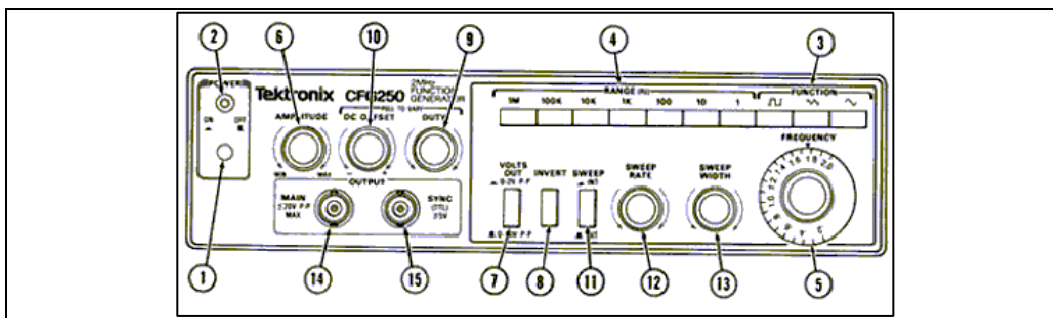
Dicha fuente aplica una corriente distinta inversa al integrador, de modo que la salida disminuya linealmente con el tiempo. Cuando el voltaje de salida alcanza un nivel predeterminado en la pendiente negativa de la onda de la salida, el comparador de voltaje cambia de nuevo, desactiva la fuente de corriente inferior y activa al mismo tiempo la fuente superior.

El voltaje a la salida del integrador tiene una forma de onda triangular cuya frecuencia está determinada por la magnitud de la corriente aplicada por las fuentes de corriente constante. El comparador entrega un voltaje de salida de onda cuadrada de la misma frecuencia. La tercera onda de salida se deriva de la onda triangular, la cual es sintetizada en onda senoidal por una red de diodos y resistencias. En ese circuito la pendiente de la onda triangular se altera a medida que su amplitud cambia resultado una onda senoidal con menos del 1 % de distorsión.

Los circuitos de salida del generador de funciones consisten de dos amplificadores que proporcionen dos salidas simultáneas seleccionadas

individualmente de cualquiera de las formas de onda. Controles, conectores e indicadores (parte frontal).

Figura 45. **Generador de funciones**



- Partes del generador
1. Botón de encendido (*power button*). Presione este botón para encender el generador de funciones. si se presiona este botón de nuevo, el generador se apaga.
  2. Luz de encendido (*power on light*). Si la luz está encendida significa que el generador esta encendido.
  3. Botones de función (*function buttons*). Los botones de onda senoidal, cuadrada o triangular determinan el tipo de señal provisto por el conector en la salida principal.
  4. Botones de rango (*range buttons*) (hz). Esta variable de control determina la frecuencia de la señal del conector en la salida principal.
  5. Control de frecuencia (*frequency control*). Esta variable de control determina la frecuencia de la señal del conector en la salida principal tomando en cuenta también el rango establecido en los botones de rango.
  6. Control de amplitud (*amplitude control*). Esta variable de control, dependiendo de la posición del botón de voltaje de salida (*volts out*), determina el nivel de la señal del conector en la salida principal.
  7. Botón de rango de voltaje de salida (*volts out range button*). Presiona este botón para controlar el rango de amplitud de 0 a 2 vp-p en circuito abierto o de 0 a 1 vp-p con una carga de 50w. Vuelve a presionar el botón para controlar el rango de amplitud de 0 a 20 vp-p en circuito abierto o de 0 a 10 vp-p con una carga de 50w.
  8. Botón de inversión (*invert button*). si se presiona este botón, la señal del conector en la salida principal se invierte. cuando el control de ciclo de máquina está en uso, el botón de inversión determina que mitad de la forma de onda a la salida va a ser afectada.

Fuente: *Generador de funciones*. <http://www.conocimientosweb.net/dcmt/ficha20461.html>.

Consulta: diciembre de 2017.

### 3.2.2. Fuente de tensión

Mediciones automáticas Una gran ventaja de los osciloscopios digitales, es la posibilidad de hacer mediciones a la señal desplegada, lo que representa una ayuda invaluable, sobre todo, para quien apenas comienza a utilizar este aparato. Si bien hacer mediciones con un osciloscopio no es difícil, un poco de apoyo por parte de los circuitos del instrumento no está de más.

- Onda cuadrada

Una onda cuadrada se puede obtener en el conector de la salida principal cuando se presiona la opción de onda cuadrada en el botón de función y cuando cualquier botón del rango de frecuencia está también presionado. La frecuencia de la onda se establece por la combinación del botón de rango y el control de variación de frecuencia.

La salida puede verificarse con un osciloscopio utilizando la misma conexión utilizada en la onda senoidal. La frecuencia de salida puede establecerse con mayor precisión utilizando un contador de frecuencia (*Frequency Counter*) conectando la salida del generador de funciones directamente al contador, o usando un cable BNC con conexión en T de la salida del generador de funciones al osciloscopio y al contador al mismo tiempo.

Para ajustar el generador de funciones para que opere con una onda cuadrada, los controles pueden estar ajustados de la misma manera con la que se obtuvo la señal senoidal, excepto la opción de onda cuadrada en el botón de función debe estar presionada. No se podrá tener un valor rms muy exacto para una onda cuadrada con el multímetro o cualquier otro medidor digital o

analógico, porque están calibrados para obtener valores rms de señales senoidales.

La señal de onda cuadrada puede ser utilizada para simular señales pulsantes. La onda cuadrada es frecuentemente usada para pruebas y calibración de circuitos de tiempo.

- Onda diente de sierra

Una onda triangular se puede obtener en el conector de la salida principal cuando se presiona la opción de onda triangular en el botón de función y cuando cualquier botón del rango de frecuencia está también presionado. La frecuencia de la onda se establece por la combinación del botón de rango y el control de variación de frecuencia.

La salida puede verificarse con un osciloscopio utilizando la misma conexión utilizada en la onda senoidal. La frecuencia de salida puede establecerse con mayor precisión utilizando un contador de frecuencia (*Frequency Counter*) conectando la salida del generador de funciones directamente al contador, o usando un cable BNC con conexión en T de la salida del generador de funciones al osciloscopio y al contador al mismo tiempo.

Para ajustar el generador de funciones para que opere con una onda triangular, los controles pueden estar ajustados de la misma manera con la que se obtuvo la señal senoidal, excepto la opción de onda cuadrada en el botón de función debe estar presionada. No se podrá tener un valor rms muy exacto para una onda cuadrada con el multímetro o cualquier otro medidor digital o analógico, porque están calibrados para obtener valores rms de señales senoidales.



Uno de los usos más comunes de la onda triangular es para hacer un control de barrido externo para un osciloscopio. Es también usada para calibrar los circuitos simétricos de algunos equipos.

- TTL

Una señal TTL (*Transistor-Transistor-Logic*) puede obtenerse a la salida del conector SYNC. El rango del pulso es controlado por los botones de rango y el disco de frecuencia. La simetría de esta forma de onda puede ser controlada con el control de ciclo de trabajo. La señal TTL está también disponible en el modo de barrido. La amplitud de la señal TTL se fija a 2 V<sub>p-p</sub> (onda cuadrada).

El pulso TTL es utilizado para inyectar señales a circuitos lógicos con el propósito de hacer pruebas.

- Salida del barrido

Todas las salidas que se pueden obtener del generador de funciones pueden utilizarse en modo de barrido. Estas salidas son utilizadas en conjunto con otros instrumentos de prueba para producir una señal de frecuencia modulada.

El uso de una señal de barrido es un método común en circuitos de sintonización y para controlar el ancho de banda de circuitos de audio y de radio frecuencia.

- Voltaje controlado por la entrada para barrido externo

Esta característica permite que el generador de barrido sea controlado por una fuente de voltaje externa. Cuando está en operación este modo, el botón de barrido no debe estar presionado por lo que los controles de rango de barrido y ancho de banda de barrido tampoco están en operación. El voltaje en DC aplicado a la entrada determina las características del barrido de la señal a la salida del conector principal o SYNC (TTL).

### **3.2.3. Conectores de diagnóstico OBD II**

- OBD (*on board diagnostic* - diagnóstico a bordo)

Es una normativa que intenta disminuir los niveles de contaminación producida por los vehículos a motor.

La Comisión de Recursos del Aire de California (*California Air Resources Board* - CARB) comenzó la regulación de los sistemas de diagnóstico de a bordo (*On Board Diagnostic* - OBD) para los vehículos vendidos en California, comenzando con los modelos del año 1988.

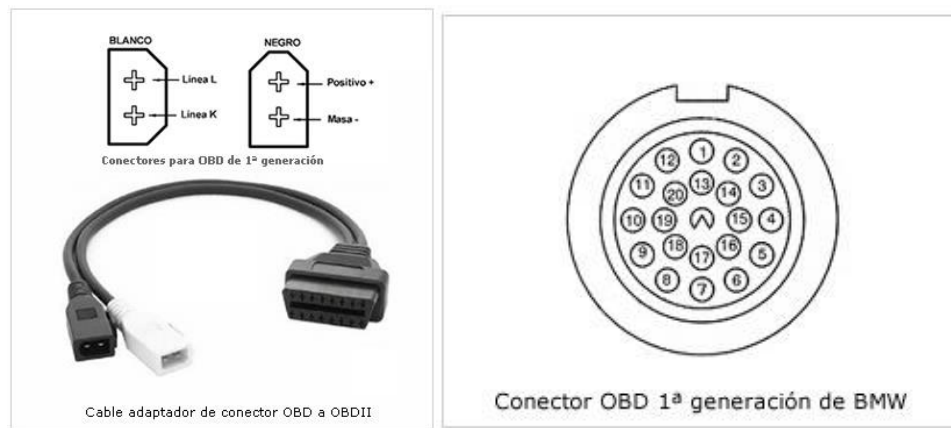
La primera norma implantada fue la OBD I en 1988, donde se monitorizaban los parámetros de algunas partes del sistema como:

- La sonda lambda
- El sistema EGR y ECM (módulo de control)

Una lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL), denominada *Check Engine* o *Service Engine Soon*, era requerida para que se iluminara y alertara al

conductor del mal funcionamiento y de la necesidad de un servicio de los sistemas de control de emisiones.

Figura 46. **Características del cable adaptador de conector OBD a OBDII**



Fuente: OBD. <<http://www.aficionadosalamecanica.com/obd2.htm>>. Consulta: diciembre de 2017.

Un código de falla (*Diagnostic Trouble Code - DTC*) era requerido para facilitar la identificación del sistema o componente asociado con la falla. Para modelos a partir de comienzos de 1994, ambos, CARB y la Agencia de Protección del Medio Ambiente (*Environmental Protection Agency - EPA*) aumentaron los requerimientos del sistema OBD, convirtiéndolo en el hoy conocido OBD II (2ª generación). A partir de 1996 los vehículos fabricados e importados por los USA tendrían que cumplir con esta norma.

Según esto OBD II es un conjunto de normalizaciones que procuran facilitar el diagnóstico de averías y disminuir el índice de emisiones de contaminantes de los vehículos. La norma OBD II es muy extensa y está asociada a otras normas como SAE e ISO.

Estos requerimientos del sistema OBDII rigen para vehículos alimentados con gasolina, *gasoil* (diésel) y están comenzando a incursionar en vehículos que utilicen combustibles alternativos.

El sistema OBD II controla virtualmente todos los sistemas de control de emisiones y componentes que puedan afectar los gases de escape o emisiones evaporativas. Si un sistema o componente ocasiona que se supere el umbral máximo de emisiones o no opera dentro de las especificaciones del fabricante, un DTC (*Diagnostic Trouble Code*) debe ser almacenado y la lámpara MIL deberá encenderse para avisar al conductor de la falla.

El sistema de diagnóstico de abordó no puede apagar el indicador MIL hasta que se realicen las correspondientes reparaciones o desaparezca la condición que provocó el encendido del indicador.

Un DTC es almacenado en la memoria de almacenamiento activa (*PCM Keep Alive Memory - KAM*) cuando un mal funcionamiento es inicialmente detectado. En muchos casos la MIL es iluminada después de dos ciclos de uso consecutivos en los que estuvo presente la falla. Una vez que la MIL se ha iluminado, deben transcurrir tres ciclos de uso consecutivos sin que se detecte la falla para que la MIL se apague.

El DTC será borrado de la memoria después de 40 ciclos de arranque y calentamiento del motor después que la MIL se halla apagado.

En adición a las especificaciones y estandarizaciones, muchos de los diagnósticos y operaciones de la MIL requieren en OBD II el uso de conector de diagnóstico estándar (*Diagnostic Link Connector - DLC*), enlaces de comunicaciones y mensajes standard, DTC y terminologías estandarizados.

Ejemplos de información de diagnóstico estándar son los datos congelados en pantalla (*Freeze Frame Data*) y los indicadores de inspección y mantenimiento *Inspection Maintenance Readiness Indicators - IM*). Los datos congelados describen los datos almacenados en la memoria KAM en el momento que la falla es inicialmente detectada. Los datos congelados contienen parámetros tales como RPM y carga del motor, estado del control de combustible, encendido y estado de la temperatura de motor.

Los datos congelados son almacenados en el momento que la primera falla es detectada, de cualquier manera, las condiciones previamente almacenadas serán reemplazadas si una falla de combustible o pérdida de encendido (*misfire*) es detectada. Se tiene acceso a estos datos con un escáner para recibir asistencia en la reparación del vehículo.

- Monitores de emisiones OBDII

Una parte importante del sistema OBDII de los vehículos, son los monitores de emisiones (autodiagnóstico de los elementos que intervienen en la combustión del motor y por lo tanto en las emisiones de escape), que son indicadores usados para averiguar si todos los componentes de emisiones, han sido evaluados por el sistema OBDII. Estos monitores procesan periódicamente pruebas en sistemas específicos y componentes, para asegurar que se están ejecutando dentro de límites permisibles.

Actualmente, hay 11 monitores de emisiones (o monitores I/M) definidos por la Agencia de Protección Ambiental U.S (EPA). No todos los monitores están soportados por todos los vehículos y el número exacto de monitores en cada vehículo depende de la estrategia de control de emisiones de los fabricantes de motores de vehículos.

- Monitores continuos

Algunos de los componentes o sistemas de un vehículo se comprueban continuamente por el sistema OBDII del vehículo, mientras que otros son comprobados solo bajo condiciones específicas de operación del vehículo. Los componentes continuamente monitorizados enumerados a continuación están siempre listos:

- Fallos del encendido
- Sistemas del combustible
- Componentes globales (CCM)

Una vez que el vehículo se pone en marcha, el sistema OBDII está continuamente comprobando los componentes citados anteriormente, monitoriza los sensores clave del motor, vigilando los fallos de encendido del motor, y monitorizando las demandas de combustible.

- Monitores no continuos

A diferencia de los monitores continuos, muchas emisiones y componentes del sistema del motor, requieren que el vehículo esté funcionando en condiciones específicas antes de que el monitor esté listo. Estos monitores son llamados no-continuos y se enumeran a continuación:

- Sistema EGR
- Sensores O2
- Catalizador
- Sistema evaporativo
- Calentador sensor O2

- Aire secundario
  - Catalizador calentamiento
  - Sistema A/C
- Estado monitores de emisiones OBDII

Los sistemas OBDII deben indicar, en cualquier caso, si el sistema de monitor PCM del vehículo ha completado las pruebas en cada componente. Los componentes que han sido comprobados se reportarán como “listo”, o “completo”, significando que han sido comprobados por el sistema OBDII. El propósito de registrar el estado de los monitores de emisiones es permitir inspecciones para determinar si el sistema OBDII del vehículo ha comprobado todos los componentes y sistemas.

El módulo de motor y transmisión (PCM) pone el monitor a “listo” o “completo” después de que un ciclo de conducción apropiado, ha sido realizado. El ciclo de conducción que habilita un monitor y activa los códigos de emisiones a “listo” varía para cada monitor individualmente. Una vez que un monitor es puesto a “listo” o “completo”, permanecerá en ese estado. Un número de factores, incluyendo borrado de códigos de averías (DTC) con un escáner o una desconexión de la batería, pueden ocasionar que los monitores de emisiones se pongan en estado “no listo”.

Puesto que los tres monitores continuos, están constantemente siendo evaluados, se encontrarán en estado “listo” en todo momento. Si la comprobación de un monitor no-continuo soportado, no ha sido completada, el estado del monitor se indicará como “no completo” o “no listo”.

Para que el sistema de monitores OBD se encuentre listo, el vehículo debería conducirse bajo una variedad de condiciones normales. Estas condiciones pueden incluir una mezcla de conducción por carretera, paradas y marchas, conducción por ciudad, y al menos un periodo de conducción nocturna. Para información específica, sobre cómo conseguir que los monitores de emisiones estén listos, consulte el manual de su vehículo.

Un ciclo de conducción debería realizar un diagnóstico de todos los sistemas. Normalmente tarda menos de 15 minutos y requiere de los siguientes pasos:

- Arranque en frío: el motor debe estar a menos de 50 °C y con una diferencia no mayor a 6 °C de la temperatura ambiente. No deje la llave en contacto antes del arranque en frío o el diagnóstico del calentador de la sonda de oxígeno puede fallar
- Ralenti: el motor debe andar por 2 minutos y medio con el aire acondicionado y el desempañador de la luneta trasera conectados. A mayor carga eléctrica mejor. Esto prueba el calentador de la sonda de O<sub>2</sub>, purga del Canister, falla en el encendido, y si se entra en ciclo cerrado, el ajuste de combustible.
- Acelerar: apague el aire acondicionado y todas las cargas eléctricas, y aplique medio acelerador hasta que se alcancen los 85 km/h
- Mantenga la velocidad: mantenga una velocidad constante de 85 km/h durante 3 minutos. Durante este periodo se prueba la



respuesta de la sonda de O<sub>2</sub>, EGR, purga, encendido y ajuste de combustible

- Desacelere: suelte el pedal del acelerador No reduzca marchas, ni pise el freno o embrague. Es importante que el vehículo disminuya su velocidad gradualmente hasta alcanzar los 30 km/h.
- Acelere: acelere 3/4 de acelerador hasta alcanzar los 85 a 95 km/h.
- EOBD (*European On Board Diagnostic*)

El EOBD es un conjunto de normas parecida a la OBD II que ha sido implantada en Europa a partir de 2000. Una de las características innovadoras es el registro del tiempo de demora o kilometraje desde la aparición de un defecto hasta su diagnóstico. La normativa europea obliga a los fabricantes a instalar sistemas de diagnosis compatibles con los americanos, con conectores e interfaces estandarizados.

Los fabricantes también estarán obligados a publicar detalles de las partes importantes de sus sistemas de diagnóstico, de los cuales hasta ahora han sido propietarios. Las directrices de la Unión Europea se aplican a motores de explosión (motores de gasolina) registrados en 2000 y posteriores y a motores diésel registrados en 2003 y posteriores.

Hoy día, ya que el fabricante está obligado a instalar estos puertos de diagnóstico, han ampliado sus funciones para controlar y gestionar muchos más aspectos cotidianos del vehículo. A través de este puerto, se puede leer cualquier código de error que haya registrado la centralita, activar o desactivar

funciones del vehículo, solicitar a la centralita del vehículo que realice testeos en todos los sistemas: cuadro de mandos, abs, inyección, encendido, reduciendo así los tiempos de taller para la búsqueda de un problema.

Además de varias utilidades que se pueden suponer y no están confirmadas (reprogramación de la centralita para aumento de potencia) cuenta con:

- Control en los motores de gasolina.
- Vigilancia del rendimiento del catalizador.
- Diagnóstico de envejecimiento de sondas lambda.
- Prueba de tensión de sondas lambda.
- Sistema de aire secundario (si el vehículo lo incorpora).
- Sistema de recuperación de vapores de combustible (cánister).
- Prueba de diagnóstico de fugas.
- Sistema de alimentación de combustible.
- Fallos de la combustión - Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo, el Can-Bus.
- Control del sistema de gestión electrónica.

- Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape.
- Control en los motores diésel.
- Fallos de la combustión.
- Regulación del comienzo de la inyección.
- Regulación de la presión de sobrealimentación.
- Recirculación de gases de escape.
- Funcionamiento del sistema de comunicación entre unidades de mando, por ejemplo, el Can-Bus.
- Control del sistema de gestión electrónica.
- Sensores y actuadores del sistema electrónico que intervienen en la gestión del motor o están relacionados con las emisiones de escape.
- Conector de diagnosis.

El conector del sistema OBDII tiene que cumplir con las siguientes especificaciones según la normativa, ISO 15031-3:2004. La normativa estipula que el conector para diagnóstico de OBDII o EOBD, debe estar situado en el compartimento de los pasajeros, cerca del asiento del conductor.

Es lo contrario de los sistemas anteriores donde el conector estaba en el compartimento motor. El conector estará situado detrás del cenicero o debajo del panel de instrumentos o en la consola central detrás de una tapa que lo cubre.

Figura 47. **Conector OBDII en el vehículo**



Fuente: *OBDII*. <http://www.aficionadosalamecanica.com/obd2.htm>. Consulta: diciembre de 2017.

El sistema OBDII utiliza un conector de 16 pines como se muestra en la anterior figura, aunque no todos están ocupados:

- 2 - J1850 (Bus +)
- 4 - Masa del vehículo
- 5 - Masa de la señal
- 6 - CAN High (J-2284)
- 7 - ISO 9141-2 "Línea K"
- 10 - J1850 (Bus -)
- 14 - CAN Low (J-2284)
- 15 - ISO 9141-2 "Línea L"
- 16 - Batería +

- Acceso a la información del sistema OBDII

Cuando el sistema almacena alguna información de error, nos indica, generalmente con una señal luminosa, que algo está funcionando incorrectamente y, por tanto, es aconsejable que se acuda a un taller para que revisen el automóvil. Una vez en el taller, el equipo de mecánicos, conectará nuestro automóvil un escáner o lector del sistema OBDII que le facilitará la información almacenada.

A principios de 1980, cuando se extendió, el uso de este sistema de diagnosis, cada fabricante era libre de incorporar su propio conector y utilizar los códigos de error que quisiera. Esto dificultaba mucho la utilización de este sistema para las reparaciones, ya que la inversión que requería en los talleres mecánicos era altísima y poco práctica (debían disponer de muchos lectores y de muchas tablas de códigos).

Para que el uso de este sistema fuera practico y viable, en 1996 se llegó a un consenso entre los fabricantes y se estandarizaron los códigos y el conector. Así con un único lector de códigos y una tabla de errores, se puede diagnosticar un error en cualquier coche, independientemente del fabricante.

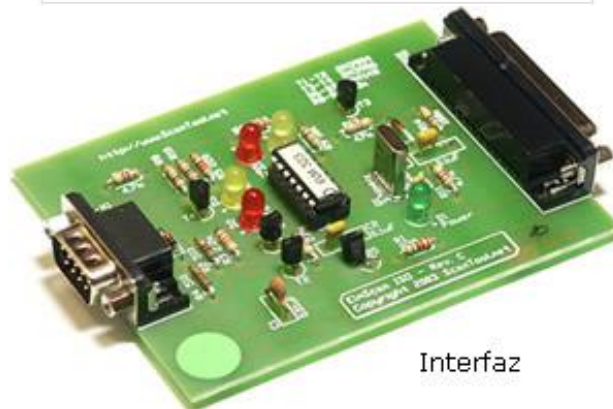
- Lectores de códigos

Para extraer los datos del OBDII de un vehículo, se necesita un interfaz de conexiones, que recodifique la información que obtiene del vehículo, para que esta pueda ser entendida por el software del pc.

Estos interfaces son bastante sencillos, y como se puede ver en la siguiente imagen, no se necesitan grandes conocimientos de electrónica, ni materiales difíciles de conseguir para fabricar uno.

Como se ha comentado en el apartado anterior, para cada protocolo, es necesario utilizar un interfaz diferente, o bien crear un interfaz capaz de trabajar con todos los protocolos. A continuación, se enseñan los esquemas internos de los interfaces, para protocolo simple, más comunes.

Figura 48. **Esquema eléctrico de un interfaz OBDII**



Fuente: *OBDII*. [http://www.dx.com/p/elm327-wi-fi-usb-interface-obd-ii-car-diagnostic-scanner-tool-black-12v-185074#.Wiy3\\_kmWbIU](http://www.dx.com/p/elm327-wi-fi-usb-interface-obd-ii-car-diagnostic-scanner-tool-black-12v-185074#.Wiy3_kmWbIU). Consulta: diciembre de 2017.

Existen otras posibilidades a la hora de leer los códigos, algo más simplificadas, y que pueden ser adquiridas fácilmente. Se trata de instrumentos de lectura de códigos, que disponen de capacidad de lectura del OBDII sin necesidad de ningún PC. Estos sistemas realizan el tratamiento de la información del OBDII del vehículo y muestran en su pantalla los códigos de error.

Figura 49. **Lectores de códigos para OBDII**



Fuente: *OBDII*. <https://www.linio.com.mx/p/magideal-falla-del-motor-obd2-coche-esca-ner-lector-de-co-digo-de-diagno-stico-puede-obdii-herramienta-de-ana-lisis-vd7vkb>. Consulta: diciembre de 2017.

### 3.2.4. Equipos de diagnóstico

La tecnología automotriz avanza y un elemento importante para generar un diagnóstico más asertivo y puntual es el escáner automotriz. Es la herramienta que todo profesional, técnico o usuario interesado en el diagnóstico automotriz debe tener en el taller.

Ahora que ya se sabe un poco sobre los escáneres automotrices se explicarán las funciones que pueden tener, esto depende de la marca.

- Realizar autodiagnóstico completo del auto

Los escáneres tienen la función de detectar todas las unidades de control electrónico que se han instalado en el auto y puede leer los códigos de error en caso de que existan algunas fallas en el auto.

- Lector de identificación

El escáner va mostrar la identificación total de la unidad de control; unos ejemplos, el fabricante, el número de partes que tiene el automóvil, la versión o marca del software.

- La función principal es la de leer los códigos de error (*check engine*)

Muestra la descripción completa de todos los errores almacenados (un ejemplo, "falla en sensor de oxígeno").

- Eliminar códigos de error almacenados

Los errores se almacenan cuando existe alguna falla y esta función se encarga de eliminar todos los códigos de error encontrados y otros datos de la información de diagnóstico.



- Prueba de actuadores

Prueba de actuador especial (por ejemplo, bloquear / desbloquear las puertas, encender la bomba de combustible, corte de combustible, bloqueo / desbloqueo de TPMS rueda. Todo esto depende de las opciones con la que cuenta el vehículo y el escáner automotriz)

- Medir los valores

Una función importante para tener un conocimiento del estado del auto, es un programa de lectura de datos en directo, como sensor de oxígeno, muestra de la velocidad del motor, temperatura del refrigerante, tensión de batería, ajustes de combustible. Estos valores pueden ser visualizados en un gráfico gracias al programa.

- Función de programación y adaptación

Esta función es de mucha importancia ya que, en todos los vehículos con sistemas de unidades de control, bolsas de aire, alarmas, inmovilizadores, y algunos otros; requieren que se realice la reposición de los procedimientos de programación, se hace después de algunas reparaciones electrónica en los automóviles, o incluso después de sustituir la unidad de control electrónico.

Tenga en cuenta que algunos escáneres solo se encargan de leer los códigos de error, lo cual no es mucho si no tiene el manual que dice el significado del código de error, además de no ser capaz de supervisar el funcionamiento de los sistemas, ni para simular funciones.

No todos los escáner automotriz cuentan con todas y las mismas funciones, en el mercado actual se pueden ver diferentes marcas de escáner y estas marcas cuentan con sus versiones. La función similar que todos los escáneres tienen, es la de leer errores de automóviles.

Figura 50. **Escáner automotriz y conector**



Fuente: *Escáner Automotriz CON Osciloscopio G-scan 2OBD.*

<http://www.autotools.co/productos/multimarca-dieselgasolina/escaner-automotriz-con-osciloscopio-g-scan-2>. Consulta: diciembre de 2017.

### 3.2.5. **Módulo generador de fallas**

El módulo DSE6020 monitorea el motor, indicando el estado operacional y las condiciones de fallas, automáticamente parando el motor indicando la condición de falla del equipo. El poderoso microprocesador contenido dentro del módulo permite la incorporación de una gama de complejas características:

- Pantalla LCD basada en texto.
- Monitoreo de voltaje.
- Monitoreo de parámetros de motor.
- Entradas completamente configurables para uso como alarmas o una gama de diversas funciones.
- Interfase ECU para motores electrónicos.
- Interfase para picop magnético.

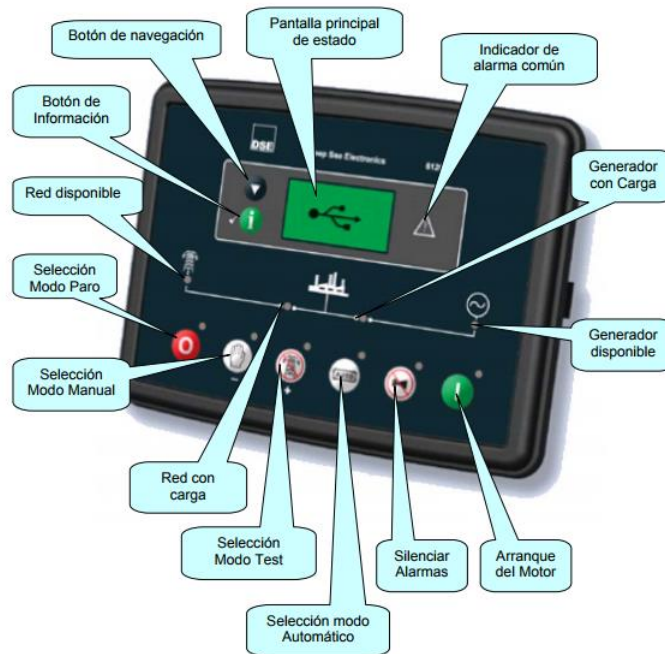
Usando una PC y el software de configuración, módulo DSE6020 permite la modificación de secuencias seleccionadas de operación, temporizadores y puntos de alarmas. El editor de configuración integrado en el frente del módulo permite el ajuste de esta información en forma manual. Una robusta carcasa plástica aloja al módulo, la cual está diseñada para el montaje frontal. Las conexiones se realizan a través de conectores situados en la parte del módulo.

El puerto USB es provisto para proporcionar un medio simple de conexión entre una PC y un controlador de DSE6020. Utilizando el software DSE Configuración Suite, el operador está habilitado para controlar el módulo, arrancar o detener el generador, seleccionando modos de operación.

Adicionalmente, los diversos parámetros de operación (tales como voltajes de salida, presión de aceite) del generador remo están disponibles para ser visualizados o modificados. Para conectar un módulo DSE6020 a una PC mediante USB, los siguientes elementos son necesarios:

- Módulo serie DSE6020
- Software de configuración DSE
- Cable conexión USB tipo A, a tipo B

Figura 51. **Módulo DSE6020**



Fuente: *Manual de usuario*. <http://cramelectro.com/blog/index.php/dse6020-2/>. Consulta: diciembre de 2017.

Este botón coloca el módulo en modo paro/restablecer. Esto borra cualquier condición de alarma para lo cual los criterios de activación deben ser eliminados. Si el motor está en funcionamiento y el módulo está en modo “paro”, el módulo automáticamente instruye a la unidad de transferencia para retirar la carga del generador (cerrar generador se desactiva (si se usa). El suministro de combustible se desenergiza y el motor se detiene.

En caso de que una señal de arranque remoto este presente durante el funcionamiento en este modo, el arranque remoto no ocurrirá.

Este modo permite el control manual de las funciones del generador. Una vez en manual el módulo responde al botón arranque, el motor arranca, y opera sin carga. Si el motor está funcionando sin carga en modo manual y una señal de arranque remoto está presente, el módulo automáticamente instruirá a la unidad de transferencia para que el generador tome carga (generador cerrado se activa (si se usa)).

Tras la supresión de la señal de arranque remoto, el generador continúa con carga hasta la selección de alguno de los modos paro/restablecer o automático (auto) Este botón coloca el módulo en modo automático. Este modo permite al módulo controlar automáticamente la función del generador. El módulo monitorea la entrada de arranque remoto y el estado de suministro de red y una vez que se hace la solicitud de arranque, el sistema arrancará automáticamente y tomará carga.

Luego de la supresión de la señal de arranque, el módulo automáticamente transferirá la carga del generador y detendrá el motor observando el temporizador de retardo de re transferencia y el tiempo de enfriamiento como sea necesario. El módulo permanece en espera del siguiente evento de arranque.







Prueba. Este botón coloca al módulo en modo prueba. Esto permite una prueba con carga en el generador. El módulo automáticamente transferirá la carga del generador, aunque esté presente el suministro de red. Una vez en modo de prueba el módulo responderá al botón de arranque, el motor arranca y el generador toma carga. Arranque: este botón solo se activa en modo manual o paro/restablecer. Al presionar este botón en modo manual o modo prueba el motor arranca y opera en vacío (modo manual) o con carga (modo prueba).

Pulsando este botón en modo paro/restablecer encenderá el ECU del motor mediante la interface CAN. (cuando está correctamente configurado y conectado a un motor compatible ECU).

Cuando está correctamente configurado y conectado a un motor compatible ECU, al pulsar este botón en modo paro/restablecer después de presionar el botón de arranque (para energizar el ECU) se cancelará cualquier alarma “pasiva” en el ECU de motor.

Desplazamiento: este botón permite el desplazamiento a través de la página de instrumentos. Este botón alterna entre la instrumentación mostrar y un modo de registro de eventos.












Tabla I. **Testigos del tablero del automóvil A**

Icono	Grafico	Detalle
Parado		Aparece cuando el motor está en reposo y la unidad está en modo de parado.
Auto		Aparece cuando el motor está en reposo y la unidad está en modo de Automático.
Manual		Aparece cuando el motor está en reposo y la unidad está en modo de Manual.
Animación de Temporizador		Aparece cuando un temporizador está activo, por ejemplo durante el tiempo de arranque, tiempo enfriamiento, etc.
Animación de Marcha		Aparece cuando el motor está en marcha, y todos los temporizadores han vencido, con o sin carga. La animación desaparece cuando se ejecuta en modo de espera.
Editor Panel Frontal		Aparece cuando la unidad esta en el editor de panel frontal.

Fuente: *Interpretación de los indicadores del tablero.*

[http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2013/03/indicadores-tablero3/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2013/03/indicadores-tablero3/). Consulta: diciembre 2017.












Tabla II. **Testigos del tablero del automóvil B**

Icono	Grafico	Detalle
Generador		Se utiliza para la tensión y la frecuencia del Generador
Red		Se utiliza para la tensión y la frecuencia de Red
Trasformador de Corriente		Instrumentación en pantalla de corriente del Generador
RPM		Instrumentación en pantalla de las RPM del motor
Cuenta horas		Instrumentación en pantalla de las horas de funcionamiento del motor
Voltaje Batería		Instrumentación en pantalla del voltaje de batería motor
Temperatura Motor		Instrumentación en pantalla de la temperatura del motor
Presión de Aceite		Instrumentación en pantalla de la presión de aceite del motor
Sensor Flexible		Instrumentación en pantalla del sensor flexible configurado
Registro de Eventos		Aparece cuando el registro de eventos es desplegado
Unidad de tiempo		Hora actual en unidad de tiempo

Fuente: *Interpretación de los indicadores del tablero.*

[http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2013/03/indicadores-tablero3/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2013/03/indicadores-tablero3/). Consulta: diciembre 2017.

Tabla III. Testigos del tablero del automóvil C











	Alto o bajo voltaje de batería	Nivel de carga de batería por debajo o por arriba del valor nominal establecido.
	Falla de carga de alternador	El voltaje auxiliar de carga de alternador es bajo
	Entradas digitales A a F	Las entradas digitales auxiliares pueden ser configuradas por el usuario y muestran el mensaje escrito por el usuario
	Entradas analógicas A a F	Las entradas analógicas auxiliares pueden ser configuradas por el usuario y muestran el mensaje escrito por el usuario
	Falla de paro	El modulo ha detectado una condición que indica que el motor esta en marcha cuando se ha dado la instrucción de paro <b>NOTA:</b> "Falla de paro" puede indicar una falla en el interruptor o sensor de presión de aceite. Si el motor esta en reposo verifique el cableado del sensor y la configuración del modulo
	Alto voltaje de generador	El voltaje del generador ha excedido el valor nominal ajustado, luego de exceder el tiempo de seguridad.
	Bajo voltaje de generador	El voltaje del generador ha caído por debajo del valor nominal ajustado, luego de exceder el tiempo de seguridad.
	Alta temperatura de refrigerante	El modulo detecta que la temperatura de refrigerante de motor ha excedido el valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Baja presión de aceite	El modulo detecta que la presión de aceite del motor ha caído por debajo del valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Sobre frecuencia generador	La frecuencia del generador ha excedido el valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Baja frecuencia generador	La frecuencia del generador ha caído por debajo del valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.

Fuente: Interpretación de los indicadores del tablero.

[http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2013/03/indicadores-tablero3/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2013/03/indicadores-tablero3/). Consulta: diciembre 2017.



Tabla IV. Testigos del tablero del automóvil D

	Baja presión de aceite	El modulo detecta que la presión de aceite del motor ha caído por debajo del valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Sobre frecuencia generador	La frecuencia del generador ha excedido el valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Baja frecuencia generador	La frecuencia del generador ha caído por debajo del valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Sobre velocidad motor	La velocidad del motor ha excedido el valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Baja velocidad motor	La velocidad del motor esta por debajo del valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Sobre carga generador	La corriente en el generador ha excedido el valor de ajuste nominal, después de que el temporizador de activación de protecciones ha finalizado.
	Parada emergencia	Se ha presionado el botón paro de emergencia. Esta es una entrada a prueba de fallas (normalmente cerrado a positivo de batería) y detiene inmediatamente el sistema.
	Falla de arranque	El motor no arrancó después del número de intentos de arranque configurados.
	Circuito sensor de temperatura abierto	El modulo detecta que el circuito de conexión del sensor de temperatura esta abierto o el sensor está desconectado.
	Circuito sensor de presión abierto	El modulo detecta que el circuito de conexión del sensor de presión esta abierto o el sensor está desconectado.

Fuente: *Interpretación de los indicadores del tablero.*

[http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2013/03/indicadores-tablero3/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2013/03/indicadores-tablero3/). Consulta: diciembre 2017.

- Modos de operación. Si una entrada digital configurada para bloqueo de panel está activa, el cambio de modos en el módulo no será posible. Visualización de instrumentos y registro de eventos no se ven afectados por el bloqueo de panel.
- Modo manual. El modo manual se activa presionando el botón. Un indicador led junto al botón confirma esta acción. El modo manual permite al operador arrancar y parar el sistema manualmente y si es necesario cambiar el estado del dispositivo de conmutación de carga.

Cuando el equipo se encuentra en modo manual, el sistema no arrancara automáticamente. Para iniciar la secuencia de arranque, presione el botón y el sistema comienza a dar marcha Si el motor no arranca durante este intento de arranque, el motor de arranque es desembragado por la duración del descanso de marcha tras lo cual el siguiente intento de arranque se inicia. Si esta secuencia continúa más allá del número de intentos configurados, la secuencia de arranque será terminada y la pantalla muestra falla de arranque.

Después de que el motor de arranque se ha desembragado, el temporizador de activación de protecciones se activa, permitiendo que la presión de aceite, temperatura de motor, baja velocidad, falla de carga y cualquier entrada auxiliar de falla estabilizarse sin disparar la falla. Una vez que el motor está en marcha y todos los temporizadores de arranque han finalizado el icono animado aparece en la pantalla. En modo manual el sistema continuara en marcha hasta que:

- El botón paro es presionado. El sistema se detiene de inmediato.
- El botón automático es presionado. El sistema observa todas las solicitudes de arranque y temporizadores de paro antes de iniciar la secuencia de paro en modo automático.

### **3.3. Prácticas**

Al mismo tiempo resulta de total importancia explicar en qué consisten las pruebas a las que se someten los elementos del sistema de inyección, pues es de esperarse que los elementos del sistema involucren tanta ingeniería por dentro de cada una de ellas.

Estas pruebas se basan en poner en funcionamiento de los elementos a través de aparatos que simulan el funcionamiento del automóvil con el fin de detectar un mal funcionamiento o de reparar condiciones fuera de las especificaciones del fabricante.

En este proyecto se busca realizar una gestión electrónica con la que se puedan variar con facilidad los parámetros que gobiernan la inyección y el encendido para mantener y reparar el sistema. Así también realizar prácticas mediante la observación de las señales de inyección y encendido con un osciloscopio, y el funcionamiento de una simulación que muestre, además de los diferentes pulsos, el visionado del ciclo, los parámetros introducidos y la manipulación de los parámetros de entrada de los sensores.

La gestión electrónica se realizará utilizando dos sensores, pulso de punto muerto superior (PMS) y carga de motor, para comunicar la electrónica con el mundo exterior. También dos actuadores, un inyector y una pipeta de encendido independiente, para realizar las acciones de control; un PC del que se utilizará su procesador para realizar los cálculos de gestión; y una tarjeta adquisidora de datos que comunicará la electrónica con el PC.

Debido a la velocidad de funcionamiento de los motores de combustión interna, la utilización del procesador del PC, bajo entorno Windows®, y la tarjeta de adquisición de datos, con conexión USB. La gestión no es posible a tiempo real, pero es muy útil para la realización de las prácticas, además permite una interacción mediante los periféricos propios de cualquier PC.

### **3.3.1. Diagnóstico del sistema de combustible GDI**

El sistema de inyección directa de gasolina (GD') está formado por una serie de sensores que detectan las condiciones del motor, la ECU del motor que controla el sistema basado en las señales de dichos sensores y varios actuadores que funcionan bajo el control de la ECU del motor. La ECU del motor desarrolla actividades como el control de la inyección de combustible, el control de la velocidad de ralentí y el control del reglaje del encendido. Además, la ECU del motor está equipada con varios modos de diagnóstico que simplifican la detección de los problemas que puedan surgir.

- Control de la inyección de combustible

Los tiempos de acoplamiento del inyector y el encendido del inyector están controlados para que se suministre una mezcla óptima de aire/combustible al motor que corresponda con los continuos cambios de las condiciones de funcionamiento de este. Hay un solo inyector montado en cada cilindro en la culata de cilindros.

El combustible es enviado bajo presión desde el depósito de combustible al regulador de presión de combustible (baja presión) por la bomba de combustible (baja presión). La presión está regulada por el regulador de presión de combustible (baja presión) y, a continuación, el combustible así regulado es enviado a la bomba de combustible (alta presión).

El combustible sometido a la presión generada por la bomba de combustible (alta presión) es entonces regulado por el regulador de presión de combustible (alta presión) y distribuido a cada uno de los inyectores a través de los tubos de distribución.

Tabla V. **Especificaciones generales del sistema de inyección con gasolina A**

Puntos		Especificaciones
Cuerpo de la mariposa de gases	Diámetro de la mariposa de gases mm	60
	Sensor de posición de la mariposa de gases	Tipo de resistencia variable
	Servocontrol de la válvula de la mariposa de gases	Tipo motor de par
ECU del motor	Nº de identificación de modelo	E2T71575
Sensores	Sensor de flujo de aire	Tipo torbellino Karman
	Sensor de presión barométrica	Tipo semiconductor
	Sensor de temperatura del aire de admisión	Tipo termistor
	Sensor de temperatura del refrigerante del motor	Tipo termistor
	Sensor de oxígeno	Tipo zirconia
	Sensor de posición del pedal del acelerador	Tipo de resistencia variable
	Interruptor de posición del pedal del acelerador	Tipo contacto giratorio, dentro del sensor de posición del pedal del acelerador
	Sensor de velocidad del vehículo	Tipo de elemento magnético de resistencia
	Interruptor del inhibidor	Tipo de interruptor de contacto
	Sensor de posición del árbol de levas	Tipo de elemento magnético de resistencia
	Sensor de ángulo del cigüeñal	Tipo de elemento Hall
	Sensor de detonación	Tipo piezoeléctrico
	Sensor de presión del combustible	Tipo membrana metálica
Interruptor de presión del fluido de la servodirección	Tipo de interruptor de contacto	

Fuente: *Funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.*

<https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>. Consulta: diciembre 2017.

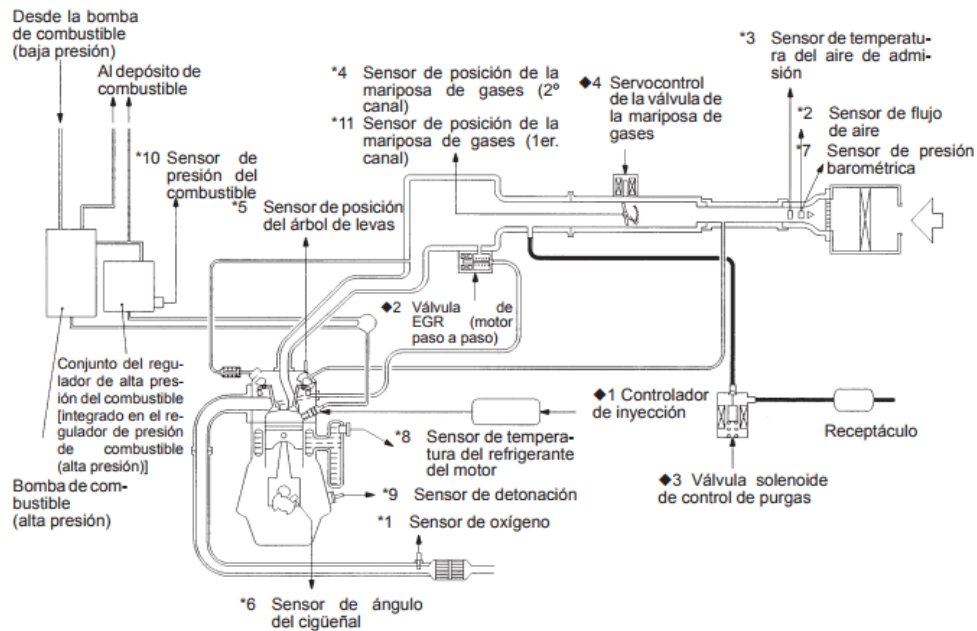
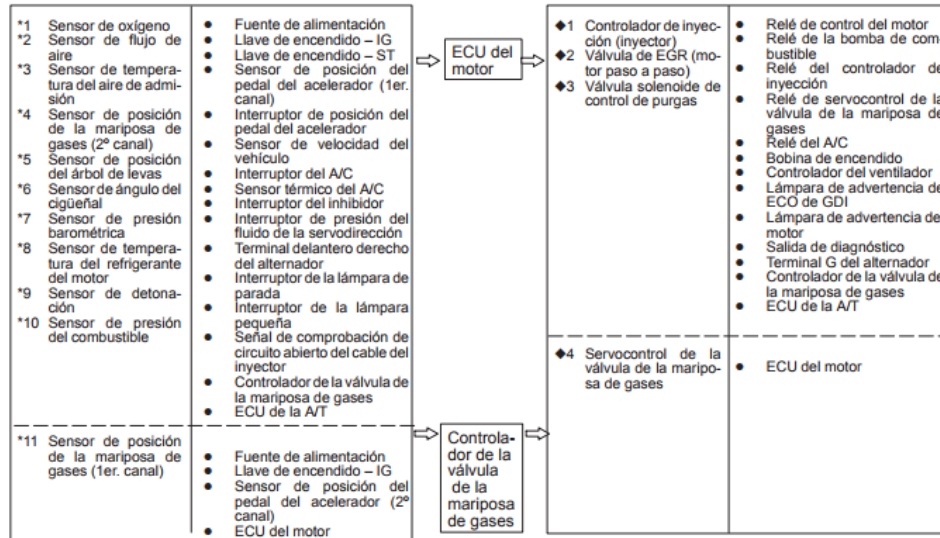
Tabla VI. **Especificaciones generales del sistema de inyección con gasolina B**

Puntos		Especificaciones
Actuadores	Tipo de relé de control del motor	Tipo de interruptor de contacto
	Tipo de relé de la bomba de combustible	Tipo de interruptor de contacto
	Relé de control del impulsor del inyector	Tipo de interruptor de contacto
	Tipo de inyector y número	Tipo electromagnético, 4
	Marca de identificación del inyector	DIM 100G
	Servocontrol de la válvula de la mariposa de gases	Tipo de interruptor de contacto
	Servocontrol de la válvula de la mariposa de gases	Tipo motor de par
	Servocontrol de EGR	Motor tipo paso a paso
Válvula solenoide de control de purgas	Válvula solenoide tipo ciclo de servicio	
Regulador de presión de combustible (baja presión)	Presión del regulador kPa	324
Regulador de presión de combustible (alta presión)	Presión del regulador MPa	5

Fuente: *Funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.*

<https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>. Consulta: diciembre 2017.

Tabla VII. Diagrama del sistema de inyección directa de gasolina



Fuente: *Funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.*

<https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>. Consulta: diciembre 2017.

Tabla VIII. Especificaciones de servicio

Punto	Valor normal	
Tensión de ajuste del sensor de posición de la mariposa de gases (1er. canal) V	0,4 – 0,6	
Tensión de ajuste del sensor de posición de la mariposa de gases (2º canal) V	4,2 – 4,8	
Resistencia del sensor de posición de la mariposa de gases kΩ	3,5 – 6,5	
Tensiones de ajuste (1er. canal) y (2º canal) del sensor de posición del pedal del acelerador V	0,935 – 1,135	
Resistencia (1er. canal) y (2º canal) del sensor de posición del pedal del acelerador kΩ	3,5 – 6,5	
Resistencia del sensor de temperatura del aire de admisión kΩ	a 20°C	2,3 – 3,0
	a 80°C	0,30 – 0,42
Resistencia del sensor de temperatura del refrigerante del motor kΩ	a 20°C	2,1 – 2,7
	a 80°C	0,26 – 0,36
Presión del combustible	Lado de presión alta, MPa	4 – 6,9
	Lado de presión baja, kPa	Aproximadamente 324
Resistencia de la bobina del inyector Ω	0,9 – 1,1	
Tensión de salida del sensor de oxígeno (durante la aceleración) V	0,6 – 1,0	
Resistencia del calentador del sensor de oxígeno Ω	11 – 18	
Resistencia del servocontrol de la válvula de la mariposa de gases Ω	1,35 – 1,65	

Fuente: *Funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.*

<https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>. Consulta: diciembre 2017.



- Localización de fallas flujo de localización de fallas de diagnóstico consulte el grupo 00.

Cómo utilizar la localización de fallas/puntos de servicio para la inspección.

Si se cambia la ECU del motor, deben cambiarse simultáneamente la ECU del inmovilizador y la llave de encendido. Cada ECU dispone de información específica de la ECU del inmovilizador, y esta información está registrada en la ECU del inmovilizador.

- Función de diagnóstico
  - Lámpara de advertencia del motor (comprobación de la lámpara del motor)

Si se produce una anomalía en cualquiera de los siguientes puntos relacionados con el sistema de inyección directa de gasolina (gol), se encenderá la lámpara de advertencia del motor.

Si la lámpara se mantiene encendida o se ilumina con el motor en funcionamiento, compruebe el código de diagnóstico correspondiente.

Tabla IX. **Puntos de inspección de la lámpara de advertencia del motor**

Sensor de oxígeno
Sensor de flujo de aire
Sensor de temperatura del aire de admisión
Sensor de posición de la mariposa de gases (1er. canal)
Sensor de posición de la mariposa de gases (2º canal)
Sensor de temperatura del refrigerante del motor
Sensor de ángulo del cigüeñal
Sensor de posición del árbol de levas
Sensor de presión barométrica
Sensor de detonación
Inyector
Combustión anómala
Sistema inmovilizador
Presión de combustible anómala
Sensor del servofreno
Mal funcionamiento del sistema de combustible
Sensor de posición del pedal del acelerador (1er. canal)
Sensor de posición del pedal del acelerador (2º canal)
Sistema de la válvula de la mariposa de gases controlada electrónicamente

Fuente: *Funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.*

<https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>. Consulta: diciembre 2017.

Al detenerse el sistema de la válvula de la mariposa de gases controlado electrónicamente, inicia a parpadear la lámpara de advertencia del motor.

- Método de lectura y borrado de los códigos de diagnóstico

Consulte el GRUPO 00 — Cómo utilizar la localización de fallas/puntos de servicio para la inspección utilizando la lista de datos y la prueba del actuador de MUT-II

Efectúe la inspección mediante la lista de datos y la función de prueba del actuador. Si detecta alguna anomalía, compruebe y repare los mazos de conductores y los componentes del chasis.

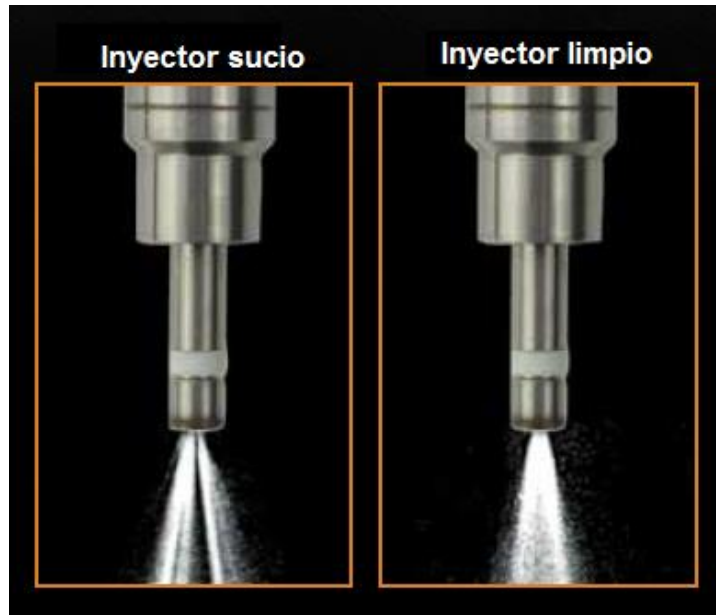
Tras la reparación, vuelva a comprobar utilizando el MUT—II y asegúrese de que las anomalías hayan vuelto a una situación normal como resultado de las reparaciones:

- Borre la memoria del código de diagnóstico.
- Desconecte e. MUT-II.
- Vuelva a poner en marcha el motor y realice una prueba de conducción para confirmar que el problema ha desaparecido.

### **3.3.2. Diagnóstico de válvulas de inyección**

Mantenimiento. Los problemas empiezan a surgir cuando las partículas, químicos y barnices contenidos en la gasolina, se acumulan en el interior del inyector; en el microfiltro, en la válvula obturadora y en su asiento o en los orificios de salida. Dichos sedimentos se cristalizan, como consecuencia de las diferencias de temperaturas a las que está sometido el motor.

Figura 52. **Comparación de inyector limpio y sucio**



Fuente: *Detección de inyectores sucios*. <http://www.pistonauto.es/noticias/inyectores-descripcion-funcionamiento.html>. Consulta: diciembre de 2017.

Esta acumulación de depósitos puede cambiar drásticamente el funcionamiento de los inyectores y, por lo tanto, el buen funcionamiento del vehículo. Técnicamente se ha demostrado que una acumulación de partículas en el interior del inyector de solo un par de micrones, puede reducir el caudal hasta en un 25 %.

Cualquier partícula en el interior del inyector puede afectar el caudal de combustible, cambiar la correcta atomización, provocando emisiones de escape innecesarias, un mayor consumo de combustible. Por estas razones es necesario que se les dé el mantenimiento a los inyectores.

Existen dos métodos para limpiar o dar mantenimiento a los inyectores: limpieza sin retirar los inyectores de su lugar y retirándolos respectivamente. El método de limpieza sin retirar los inyectores consiste en hacer funcionar a los mismos en su lugar de trabajo y hacer circular por ellos un líquido limpiador mientras funciona el motor.

En muchas ocasiones las personas agregan estos líquidos limpiadores directamente en el tanque del combustible. El método de mantenimiento retirando los inyectores, además de darle una limpieza a los inyectores, les efectúan pruebas que indican si estos están funcionando de manera correcta o incorrecta.

Mantenimiento de inyectores por canister. La limpieza de los inyectores sin retirarlos de su lugar de trabajo tiene una manera correcta de hacerse y es a través del sistema de limpieza por canister.

El procedimiento por seguir es el siguiente:

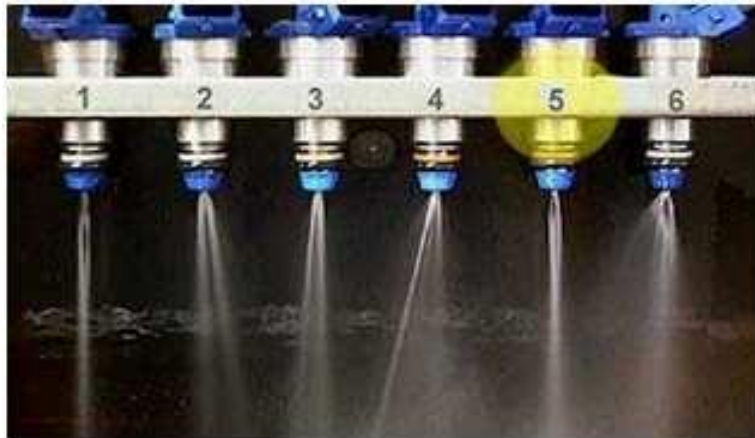
- Encender el motor hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento y luego apagarlo.
- Desactivar la bomba de combustible del vehículo. En muchas ocasiones solo es necesario desconectar el relé de la bomba de combustible.
- Cerrar completamente la válvula de apertura y cierre del paso del líquido limpiador.
- Retirar la tapa del cilindro y llenar el recipiente con un líquido limpiador de sistemas de inyección de combustible aprobado.

- Colocar la tapa del cilindro sin olvidar su respectivo empaque.
- Usar la cadena del equipo para colgarlo desde el capó del vehículo.
- Consultar el manual de servicio del vehículo para determinar las especificaciones de operación de presión de combustible.
- Bloquear la línea de retorno de combustible del riel de inyectores para evitar que ingrese el líquido limpiador al tanque de combustible.
- Abrir completamente el regulador de aire.
- Conectar una manguera de aire en el codo ajustable y encender el compresor.
- Regular su presión a no más de 100 psi.
- Ajustar el regulador de aire con las especificaciones de presión del sistema de combustible del fabricante del vehículo.
- Abrir la válvula de apertura y cierre del paso de combustible limpiador.
- Encender el motor del vehículo, y dejar correr entre 1,000 y 1,500 revoluciones por minuto.
- Dejar funcionar el motor del vehículo hasta que se apague, esto es porque el combustible limpiador se agota.

- Colocar la llave del interruptor del vehículo en *OFF*, esto es necesario que para cuando se conecte la bomba, esta no funcione.
- Cerrar la válvula de apertura y cierre del paso de combustible limpiador del equipo.
- Apague el compresor de aire y desconecte la manguera del codo ajustable.
- Para liberar la presión en el canister, abrir completamente el regulador de aire.
- Remover el acoplador del riel de combustible y retirar el equipo limpiador.
- Retirar el bloqueo del retorno de combustible y conectar la manguera destinada para este fin.
- Habilitar la bomba de combustible.
- Encender el motor del vehículo y verificar que no hayan fugas de combustible.

Mantenimiento de inyectores en un banco de pruebas y limpieza por ultrasonido. Dentro del vehículo es imposible observar el funcionamiento de los inyectores, por tal motivo es necesario desmontarlos y ponerlos en un banco de pruebas.

Figura 53. **Mantenimiento de inyectores**



Fuente: *Detección de inyectores con mala pulverización.*

<https://www.youtube.com/watch?v=B6r36s8q998>. Consulta: diciembre 2017.

Los inyectores de la anterior figura muestran un ejemplo de una incorrecta atomización del combustible, excepto el quinto inyector. Esto es solo posible observarlo en un banco de pruebas.

Aunque el vehículo con estos inyectores funciona regularmente bien, en realidad la marcha en mínimo resulta alterada, la distribución del combustible entre los cilindros no es homogénea y la mala atomización crea depósitos de carbón en los pistones y en las válvulas con su consecuente deterioro.

No hay que olvidar que los inyectores son en parte mecánicos, y es precisamente la parte mecánica la que es afectada por los depósitos antes mencionados. Por tal razón, los inyectores deben ser desmontados del vehículo, para ser analizados cuidadosamente en cuanto a la existencia de fugas, atomización y flujo de alimentación de combustible con un amplio programa de simulación.



A continuación, se expone el objetivo de las pruebas para los inyectores.

- Prueba de fugas: consiste en observar si hay fugas o no por la punta o cuerpo de ensamblaje del inyector.
- Prueba de atomizado: consiste en observar la calidad del atomizado y el ángulo de inyección, el cual no debe ser superior a treinta grados.
- Prueba de flujo de combustible: consiste en medir la cantidad de combustible que suministran los inyectores al motor, pudiéndose comprobar la deficiencia o exceso de entrega de combustible en cada uno.
- Limpieza de los inyectores por ultrasonido: es la única manera de eliminar las partículas y así garantizar que los inyectores queden realmente limpios y retornen a su condición original de funcionamiento. El proceso de limpieza por ultrasonido destruye en solo 10 minutos, todas las partículas y agentes contaminantes cristalizados que se encuentran en el interior del inyector, los cuales impiden el correcto flujo de combustible a través de estos, devolviéndolos a sus condiciones normales de funcionamiento.

Diferencias entre el mantenimiento por canister y por medio de un banco de pruebas y limpieza por ultrasonidos. La utilización de ambos mantenimientos es ampliamente aceptada no solamente en nuestro medio si no dentro del mundo automotriz en general. Sin embargo, es necesario resaltar las diferencias entre estos métodos para conocer cuál de ellos es el mejor y por qué razones.

Figura 54. **Limpieza de inyector por ultrasonido**



Fuente: *Limpieza de inyectores*. <https://www.youtube.com/watch?v=B6r36s8q998>. Consulta: diciembre 2017.

- El método de mantenimiento por canister tiene estas características:
  - No se retiran los inyectores de su lugar.
  - Se usa un líquido limpiador inflamable.
  - Se combustiona el líquido limpiador enviando gases tóxicos a la atmósfera.
  - No se puede observar la inyección del inyector.
  - No se prueba el funcionamiento los inyectores.
  - Menor limpieza en los inyectores que el método por ultrasonidos.
  - Permite limpiar internamente al sistema.
  - Riesgo de daño a los sensores de oxígeno y los convertidores catalíticos debido a la mayor concentración de químicos perjudiciales en el líquido limpiador.

- Puede desalojar a menudo partículas que son parte del riel de inyectores y con esto tapar el inyector.
- Mantenimiento más económico.
- El método de mantenimiento en un banco de pruebas y limpieza por ultrasonido tiene estas características:
  - Se retiran los inyectores de su lugar.
  - Se usa un líquido limpiador no inflamable.
  - A la atmósfera no se envían gases productos de una combustión, ya que no se combustiona el líquido limpiador.
  - Se puede observar la inyección del inyector al momento de las pruebas.
  - Se introducen los inyectores en una tina de ultrasonidos que limpia efectivamente los depósitos o taponamientos en el inyector.
  - Se somete los inyectores a un generador de pulsos que se asemejen a los que envía la unidad de control del motor tanto en las pruebas como en la limpieza ultrasónica.
  - Permite probar el funcionamiento de los inyectores (estanqueidad, atomización y flujo de inyección) antes y después de la limpieza ultrasónica.

- Las pruebas se realizan para una comprobación precisa de tolerancias de inyección de combustible que proporciona el fabricante de inyectores como máximo de un 10 % de diferencia entre cada inyector.
- Mantenimiento relativamente más costoso.

Como se puede notar en las características de cada mantenimiento, hay considerables diferencias entre ambos métodos, las cuales sugieren que el mejor mantenimiento entre los sistemas comparados es el mantenimiento en un banco de pruebas y limpieza de inyectores por ultrasonido.

Es necesario conocer las consecuencias de un mal trabajo de mantenimiento, y luego de un servicio de limpieza de inyectores en un taller, hay una forma de comprobar que el trabajo se ha hecho mal. Los síntomas más comunes son: demasiado consumo de gasolina o un inyector que quede abierto. En el último caso el cilindro se llena de gasolina y puede atrancar el motor al momento de la ignición, por lo que corre el riesgo de tapan el pistón o comprimirlo. Con esta situación, una chispa puede generar una explosión que, a su vez, causa grietas en el bloque de cilindros, las válvulas y las tapas de compresión.

Un buen trabajo se prueba antes y después de limpiar los inyectores. Otra cosa por tener en cuenta es que algunos productos de limpieza, entre ellos los aditivos que se agregan en el tanque de combustible de los automóviles y ciertos solventes usados en el canister pueden eventualmente dañar el catalizador del vehículo.

### **3.3.3. Mantenimiento preventivo del modelo didáctico**

Para brindar mantenimiento preventivo al modelo didáctico se recomienda contar con el manual del fabricante del motor de combustión interna, en función de lo recomendado por el fabricante y del uso del mismo se debe planificar la frecuencia y actividades de mantenimiento.

Importante considerar el tipo de lubricante, la frecuencia del cambio de lubricante, filtro de aceite, aire, bujías y refringente del motor, para el registro y control del mantenimiento del modelo didáctico es necesario elaborar una bitácora de mantenimiento de dicho modelo didáctico.



## CONCLUSIONES

1. El comportamiento y estudio del combustible ha permitido el análisis y mejora en los sistemas de inyección, mejorando la tecnología, eficiencia y rendimiento hasta llegar a lo que se conoce como inyección de gasolina directa.
2. Existen diferentes tipos de sistemas de inyección electrónica que utilizan nuevas tecnologías que pueden configurarse dependiendo del costo, rendimiento y eficiencia, que el fabricante lo considere. Los diferentes sistemas son, inyección multipunto, monopunto, directa e indirecta en el motor de combustión interna.
3. El estudio del sistema de inyección a través desde un banco de pruebas para motores de combustión interna, permite contar con una herramienta indispensable para mantener y reparar los automóviles según las especificaciones del fabricante





## RECOMENDACIONES

1. Las tecnologías en los diferentes sistemas de inyección han ido evolucionando como es el caso de la inyección directa de gasolina GDI. Este es un cambio necesario a los que el mundo debe atenerse, presenta muchas ventajas en comparación a los vehículos con inyección múltiple de admisión PFI o MPFI, es por ello que se debe estar actualizado en las nuevas tecnologías
2. Utilizar los bancos de pruebas para mantener y reparar los sistemas de inyección según las especificaciones del fabricante, permitiendo mantener el rendimiento y eficiencia del automóvil.
3. Es necesario conocer los procedimientos de mantenimiento de los elementos del sistema GDI, ya que los diferentes métodos que no sean los especificados, pueden dañar el sistema.
4. Al utilizar sustancias químicas para la limpieza de los inyectores se debe considerar la corrosión que pueda provocar el uso de ellos, estos pueden ser perjudiciales con el uso y tiempo de vida.
5. Consiste en añadir al depósito de combustible líquidos limpiadores que destapan los inyectores. Es el método más económico y sencillo de usar, pero no todos los fabricantes de vehículos están de acuerdo con su uso, ya que la agresividad de sus sustancias químicas hace que a largo plazo acabe por deteriorar los inyectores.

6. En principio, el sistema de inyección del vehículo está hecho para durar toda la vida útil del automóvil, pero tanto la parte mecánica como la eléctrica de cada inyector son componentes muy complejos y sensibles, de modo que un mal mantenimiento de este sistema puede provocar averías serias debido a una acumulación de agua en el depósito, restos de sedimentos, provenientes del depósito o una pulverización defectuosa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALONSO PÉREZ, José Manuel. *Técnicas del automóvil, equipo eléctrico*. 7a ed. Madrid: Paraninfo.1998, 462 p.
2. ARAGÓN CETINA, Luis Estuardo. *Sistemas electrónicos de regulación de bajo voltaje, dosificación e ignición de combustible utilizados en la industria automotriz*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1999, 159 p.
3. BOSCH. *Los sensores en el automóvil*. Madrid: Erich Zabler, 2002. 148 p.
4. PARDIÑAS ALVITE, José. *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Editex, 2012. 504 p.
5. RODRÍGUEZ MELCHOR, José Carlos. *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo otto*. Madrid: Innovación y Cualificación, 2012. 362 p.
6. ROSALES MONTERROSO, Mario Abel. *Métodos para producir el arranque (chispa) en el motor a gasolina del automóvil*. Guatemala: Editorial Universitaria. 2006, 76 p.



## APÉNDICE

### Apéndice 1. **Inyectores de combustible**

La función que tienen los inyectores de combustible es la de descargar un porcentaje de comburente en cada uno de los cilindros al momento de estar trabajando el motor, es importante recordar que después de un tiempo prolongado del uso de un vehículo deberá realizarse la limpieza de los inyectores (cada 10 000 km según el fabricante), debido a que en su interior se forman sedimentos que impiden la pulverización adecuada del combustible, produciendo marcha lenta e irregular, pérdida de potencia que se muestra al momento de la conducción.

Hoy día existen diversos métodos para realizar la limpieza de los inyectores de combustible del vehículo de los cuales destacan:

- Aditivos limpiadores de inyectores
- Líquido presurizado para la limpieza de inyectores
- Limpieza mediante laboratorio.

A continuación, se describe brevemente en que consiste cada una de ellas.

Continuación del apéndice 1.



- Aditivos limpiadores de inyectores

Consiste en la aplicación de líquidos denominados aditivos de limpieza de inyectores dentro del depósito de combustible, cabe mencionar que estos presentan desventajas ya que recorren por todo el sistema de combustible, por lo que remueven toda la contaminación que exista dentro de las líneas de combustible, lo cual es probable que lleguen a obstruir filtros e inyectores, sin olvidar que al ser un líquido muy agresivo dañará los empaques de goma (*oring*) que sellan el inyector.

La ventaja que presenta este método es que no hay necesidad de desmontar accesorios para la limpieza, por consecuencia no se asegura que en efecto se allá llevado a cabo una limpieza adecuada de los inyectores.

Continuación del apéndice 1.

- Líquido presurizado para la limpieza de inyectores

Consiste en la limpieza de inyectores montados sobre el motor con líquidos presurizados o líquido para bolla, el cual se conectan directamente sobre el riel de inyectores sin necesidad de pasar por toda la línea de combustible, resulta benéfico ya que solo hay que cancelar la bomba de combustible lo cual se consigue retirando el fusible de la bomba o colocando ahorcadores en la líneas de combustible, es un método rápido sin embargo el no controlar la presión de la bolla o de la lata presurizada existe la posibilidad de dañar los inyectores debido a una alta presión.



En cualquiera de los dos casos vistos anteriormente representan una sustancia muy agresiva para los convertidores catalíticos, sensores de oxígeno debido a una mayor concentración de químicos, reduciendo en gran medida la vida de los componentes de escape.

Continuación del apéndice 1.

- Limpieza mediante laboratorio

El lavado de inyectores mediante la utilización de un laboratorio consiste en desmontar los inyectores para posteriormente someterlos bajo un proceso de limpieza en cual se puede observar de manera física el trabajo que realiza cada uno de ellos, dentro de las pruebas que se le realizan son resistencia en la bobina, funcionamiento mecánico del inyector, fugas o goteos, patrón de pulverización, caudal y calibración, este proceso se realiza en repetidas ocasiones para una comprobación precisa para obtener tolerancias que van de 5 y 10 % de diferencia entre cada inyector.

- Proceso de limpieza

En primer lugar, los inyectores una vez desmontados son sometidos a un procedimiento de limpieza por medio de ultrasonido, esta limpieza se realiza por energía de ondas ultrasónicas las cuales forman una implosión al interior del inyector desprendiendo con ello todas las partículas de carbón y barniz almacenadas en el interior.

Una vez que el inyector es limpiado por ultrasonido es sometido a un banco de diversas pruebas los cuales consisten.



## Continuación del apéndice 1.

- Lavado: consiste en inyectar una solución especial de limpieza para inyectores a alta presión por el conducto de salida de combustible del inyector y pulsarlo eléctricamente esto con la finalidad de que expulse todos los sedimentos y particular de carbón y barniz que se pudieran encontrar en el micro/filtro alojado en la entrada de gasolina del inyector.
- Comprobación de fugas: se somete el inyector a una presión de líquido sin ser activa o pulsado en inyector a fin de comprobar si el inyector presenta alguna fuga de combustible de sus sellos y de la aguja inyectora.
- Comprobación eléctrica del inyector: se somete a pulsaciones a fin de comprobar su funcionamiento y forma de activación eléctrica.
- Verificación de abanico: al someterlo a la limpieza por medio del laboratorio se comprueba que la inyección en su forma de abanico sea uniforme en todos los inyectores.
- Comprobación de caudal: se realiza mediante la simulación controlada de pulsos de inyección aparentando su trabajo normal en el interior del vehículo y mediante probetas marcadas se verifica que todos los inyectores en el mismo tiempo, velocidad y lapso inyecten la misma cantidad de combustible

Continuación del apéndice 1.

Cabe mencionar que la limpieza de inyectores mediante un banco de pruebas es lo más recomendado ya que se realiza fuera del motor sin necesidad de afectar los componentes del sistema de escape. Sin embargo, en cada desmontaje de inyectores se recomienda la sustitución de las gomas de empaque de cada inyector (*oring*) a fin de evitar pérdida de presión y fugas, así mismo el costo de mantenimiento se eleva considerablemente ya que hay necesidad de pagar mano de obra para el desmontaje y montaje sin olvidar el costo de limpieza de cada uno de los inyectores.

Fuente: elaboración propia.