



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGON

## “MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y DETECCIÓN DE FALLAS EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MAGNETI MARELLI”

### T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
ÁREA: MECÁNICA

PRESENTA:  
GONZÁLEZ CRUZALEY SALVADOR

ASESOR:  
VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ DÁMASO



FES Aragón

SAN JUAN DE ARAGON,

MÉXICO 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi familia:** mi madre: María del Rocío Cruzaley Zamora, mi padre: González Cruz Salvador, mi hermana: González Cruzaley Yamili, que me brindaron su apoyo, tanto emocional como económico, desde el principio de mi carrera hasta el final a pesar de todo lo que ha ocurrido en la familia

**A mis hermanos:** Cervantes Nava Jorge Armando y David Tonatiu por estos 13 años de estar conmigo, una amistad que ha trascendido mas allá de los parámetros de la amistad a pesar de la distancia.

**A mi asociado:** Peña Cano Librado Emmanuel por haberme ayudado en la realización de las pruebas y prestarme sus manuales, sin importa cuando y como, cumpliré mi promesa.

**A mi asesor:** Velázquez Velázquez Dámaso quien estuvo siempre disponible a atenderme a pesar de sus ocupaciones y llegar a la escuela fuera de sus horarios escolares.

**A mis profesores:** Por brindar sus conocimientos y atender mis dudas fuera de horario de clases en especial Alejandro Rodríguez Lorenzana por llevarnos a conocer instalaciones termoeléctricas fuera de la ciudad, José Antonio Ávila García y Arturo Ortiz Fragoso por apoyarme con mis sinodales y hospitalidad en el laboratorio L2 y finalmente al profesor Reyes Solís Alberto por ser paciente y darme oportunidades de poder sacar sus materias.

**A mis amigos:** Bautista Javier, Delgado Godina Jorge, Casimiro Zaleta Leonardo a quien conozco desde la secundaria, Castro Cuevas Felipe, Contreras Zepeda Jesús, Hernández Martínez Gabriel, Mejía Pedro Fermín, Montalvo Franco Rodrigo Jesús, Morales Nuño Julio Eloy gran amigo del CONALEP, Riveroll Sánchez Mariano, Zarazúa Medina José Manuel, por hacerme reír estos 5 años y por reírse conmigo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer una metodología directa para la detección y corrección de fallas en los motores de gasolina con inyección electrónica tipo Magneti Marelli; esto debido a que se encuentra en automóviles económicamente accesible en el mercado mexicano, por lo cual, está en el gusto de las personas en el país; se puede encontrar en Pointer y Polo, los cuales (sobre todo el Pointer) son utilizados frecuentemente como taxis o en servicio de mensajería, lo que implica un uso rudo al motor.

Debido a esto es necesario establecer una alternativa que sea fácil de entender a la gente que utiliza este tipo de motores y poder realizar en un momento dado un diagnóstico rápido de la posible falla, y corregir el desperfecto.

## **OBJETIVO PARTICULAR**

### **SALVADOR**

Considero que una parte importante de poseer un automóvil es el conocer los componentes y funcionamiento en conjunto de los mismos así como también saber cómo actuar en algún momento cuando se presente un problema, ya que es responsabilidad del conductor no solo saber manejar sino también saber qué hacer en caso de que el automóvil falle.

## ÍNDICE:

<b>INTRODUCCION</b>	<b>III</b>
1. PRINCIPIOS BASICOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA DE GASOLINA	
1.1 DEFINICIONES	2
1.2 PRINCIPIOS QUÍMICOS	3
1.3 PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS	6
1.4 CICLO OTTO DE 4 TIEMPOS	14
1.5 PRINCIPIOS MECÁNICOS	23
1.6 PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA	26
2. PRINCIPIOS DE LA INYECCION ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE	
2.1 INTRODUCCIÓN	31
2.2 COMPONENTES	32
2.3 TIPOS DE INYECCIÓN	36
3. COMPONENTES DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA APLICADO AL SISTEMA MAGNETI MARELLI	
3.1 MAGNETI MARELLI	44
3.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	44
3.3 COMPONENTES	48
4. SENSORES Y ACTUADORES	
4.1 SENSORES	57
4.2 ACTUADORES	70
5. FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN ELECTRONICA MAGNETI MARELLI	
5.1 ANTECEDENTES	72
5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA	72
5.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES	73
5.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE	75
5.5 SISTEMA DE AIRE	81
5.6 SISTEMA DE ENCENDIDO	86
5.7 CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE 1.8	88

6.	PRUEBAS A LOS DIFERENTES COMPONENTES DEL SISTEMA	
6.1	PRUEBAS	92
6.2	VARIFICACIÓN ELÉCTRICA	104
6.3	DIAGRAMAS	106
7.	PRINCIPALES FALLAS	
7.1	VÁLVULA ESTABILIZADORA RALENTÍ	115
7.2	SEÑAL INDICADOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	115
7.3	POTENCIÓMETRO DE LA MARIPOSA (G69)	116
7.4	TRANSMISIÓN DE PRESIÓN DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (G71)	116
7.5	TRANSMISIÓN TEMPERATURA LÍQUIDO REFRIGERANTE (G62)	117
7.6	TRANSMISOR TEMPERATURA AIRE DE ADMISIÓN (G42)	117
7.7	SENSOR DE DETONACIÓN (G61)	118
7.8	SONDA LAMBDA (G39)	118
7.9	REFERENCIAS Y COMPORTAMIENTOS	110
7.10	TRANSMISOR HALL (G40)	118
7.11	TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	119
7.12	REGULACIÓN LAMBDA	119
7.13	ADAPTACIÓN DE LA MEZCLA	120
7.14	MODULO DE IGNICIÓN	120
7.15	TACÓMETRO	120
7.16	RELÉ DE AIRE ACONDICIONADO	121
7.17	VÁLVULA PARA DEPÓSITO DE CARBÓN ACTIVADO (N80)	121
7.18	INYECTOR CILINDRO (N30 N31, N32, N33)	121
7.19	RELÉ DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE	122
7.20	UNIDAD DE CONTROL DEFECTUOSA	122
	CONCLUSIONES.	123
	GLOSARIO.	125
	BIBLIOGRAFÍA.	128

## **INTRODUCCION**

### **Combustibles fósiles**

Los combustibles fósiles consisten en depósitos de organismos fósiles que en una ocasión estuvieron vivos. La materia orgánica se forma durante siglos. Los combustibles fósiles consisten principalmente en uniones de carbón e hidrógeno. Existen tres tipos de combustibles fósiles que pueden usarse para la provisión energética: carbón, petróleo y gas natural. Carbón es un combustible fósil que se ha formado durante millones de años por el depósito y caída a la tierra de material vegetal. Cuando estas capas se compactan y se calientan con el tiempo, los depósitos se transforman en carbón.

El carbón es muy abundante en comparación con otros combustibles fósiles. Los analistas predicen en ocasiones que a nivel mundial el uso del carbón aumentará cuando haya escasez de petróleo. Los suministros actuales de carbón pueden durar del orden de 200 años o más. El carbón generalmente se extrae de las minas. Desde mediados del Siglo XX, el uso del carbón se ha doblado. Desde 1996 su aplicación empieza a disminuir. Muchos países dependen del carbón como fuente energética porque no pueden permitirse la utilización de petróleo o gas natural al ser más costoso. China e India son los mayores usuarios de carbón como fuente energética.

El petróleo es un líquido combustible fósil que se forma por los restos de microorganismos marinos depositados en el fondo del mar. Después de millones de años los depósitos acaban en rocas y sedimentos donde el petróleo es atrapado en ciertos espacios. Se extrae mediante plataformas de explotación. El petróleo es el combustible más usado. El petróleo crudo consiste en muchos compuestos orgánicos diferentes que se transforman en productos en un proceso de refinamiento. Se desarrolla en los coches, jets, carreteras, tejados y muchos otros usos. El petróleo no puede encontrarse de manera constante en cualquier parte de la tierra y consecuentemente es un recurso limitado a ciertas áreas geográficas provocando guerras entre los suministradores de petróleo. Por ejemplo, el caso de la guerra del Golfo Pérsico en 1991.

El gas natural es un recurso fósil gaseado que es muy versátil, abundante y relativamente limpio si se compara con el carbón o petróleo. Al igual que el petróleo su origen procede de los microorganismos marinos depositados. Es una fuente de energía relativamente poco explotada y nueva. En 1999, se utilizaba más carbón que gas natural. Sin embargo, en la actualidad el gas natural empieza a ganar terreno en países desarrollados. De cualquier manera, la gente teme que al igual que el petróleo también el gas natural desaparecerá. Algunos científicos han previsto que esto ocurrirá a mediados o finales del siglo XXI. El gas natural consiste fundamentalmente en metano ( $\text{CH}_4$ ). Se comprime en volúmenes pequeños en grandes profundidades en la tierra. Al igual que el petróleo, se extrae mediante perforación. Las reservas de gas natural están más distribuidas a nivel mundial que el petróleo.

La energía que proviene de la quema de combustibles fósiles se convierte en electricidad y calor en plantas eléctricas. Cuando se queman los fósiles, el carbón e hidrógeno reaccionan con el oxígeno produciendo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Durante esta reacción se produce calor. La electricidad se genera mediante la transformación de energía mecánica (calor) con energía eléctrica por medio de una turbina o generador. Las plantas eléctricas son muy caras de construir, por lo tanto, la inversión inicial es muy grande, pero cuando existe la eficiencia de transformar los combustibles en energía, es muy alta. En la mayoría de las ocasiones se genera más electricidad que la que se necesita, porque la electricidad no se puede almacenar. Las demandas eléctricas varían durante el año, por lo tanto, la provisión debe de estimar cual será la carga máxima prevista, que significa la mayor demanda energética durante el año. Si las demandas exceden significativamente, la capacidad de la planta eléctrica de generar energía puede provocar apagones temporales.

Históricamente, los combustibles fósiles están disponibles en grandes cantidades fácil de obtener y transportar. Sin embargo, existen claros signos en la actualidad que las fuentes de suministro de combustible fósiles son limitadas y se agotan, y su reposición podría tardar varios siglos. Tanto las fuentes como los sumideros de combustibles fósiles son limitados. Las fuentes existen en capas profundas de la tierra y los sumideros, por ejemplo, el aire y el agua, que absorbe los productos residuales de estos combustibles fósiles.

## **Evolución del motor de gasolina**

En el año 1860, Jean Joseph Etienne Lenoir dio a conocer en París el que, sin duda alguna, sería su más famoso invento, un motor de gas de doble acción de combustión. El principio sobre el que se basó la máquina de Lenoir era el de la máquina de vapor de doble acción. Lenoir ideó un motor que trabajaba sin compresión, con una combustión producida alternativamente por encima y por debajo del émbolo. A su vez, el motor disponía de dos entradas distintas de gas y de dos escapes. La entrada y salida del gas era controlada mediante válvulas. La ignición del gas se realizaba mediante un aparato eléctrico de inducción a través de un distribuidor de encendido y de bujías.

En Alemania Siegfried Marcus realiza en 1864 un vehículo de cuatro ruedas equipado con un motor Lenoir y, en 1875, un modelo basado en el anterior con un motor de un solo cilindro, cuyas características esenciales son muy parecidas a las de los actuales automóviles, entre ellas la introducción del encendido eléctrico. El triciclo de Karl Benz, de 1885, representa también un progreso considerable.

Gottlieb Daimler construyó en 1855 un vehículo de dos ruedas dotado de un motor de gasolina. Este motor, perfeccionado por el mismo Daimler fue utilizado por los franceses Panhard y Levassor, que entre 1890 y 1895 construyeron varios modelos de automóviles. Otros constructores, los hermanos Renault, introdujeron en sus modelos la transmisión por árbol.

En los EE.UU. el vehículo automóvil sufrió un retraso considerable debido a las largas distancias y el pésimo estado de las carreteras. También hay que contar con la hostilidad del público. En 1893 Charles y Fran Duryea habían probado en Springfield un modelo de automóvil previsto de un motor de combustión interna. Al año siguiente Elwood G. Haynes diseñó un modelo que construyeron Elmer y Edgar Apperson y John Dixon Maxwell. Éstos serían los orígenes de una de las industrias automovilísticas más potentes del mundo. Nacieron entonces las firmas Oldsmobile, Haynes-Apperson y Stanley, que siguieron fabricando automóviles de vapor. En 1896 se crearon las fábricas Ford, que en 1908 lanzarían el famoso modelo T, que se fabricó durante 19 años. Su precio bajaría de 950 dólares en 1908 a 190 dólares en 1927. Cuando terminó su fabricación el 31 de mayo de 1927, se había lanzado al mercado 15.456.868 vehículos de estas características.

Sin embargo, hasta el período de entre guerras, fue en Francia donde la industria automovilística tuvo una mayor importancia. Durante la etapa deportiva del desarrollo del automóvil, que se inicia en 1894 con la carrera París-Ruán, aparecen una serie de nombres, que ostentan los primeros puestos en las competiciones y que quedan después como los mayores constructores de automóviles de turismo. Tales competiciones tuvieron un valor incalculable para el desarrollo técnico del automóvil. Por otra parte, demostraron al gran público que el automóvil era un vehículo útil, capaz de realizar grandes desplazamientos en un corto tiempo. Citroën introdujo en Europa los métodos de fabricación en serie que en América había desarrollado Henry Ford, y basó su política de producción en un coche económico susceptible de una duración muy larga. Esto le permitió extender sobre un periodo dilatado la amortización de los gastos de creación del modelo. La experiencia confirmó sus previsiones.

En Alemania Wilhelm Maybach construye en 1889 el Stahlaradwagen, verdadero modelo de automóvil moderno, pero no lo explotó comercialmente. Los fabricantes Theodor Bergmann y Joseph Vollmanx realizaron, sin embargo, una producción regular de automóviles, y algo más tarde empezaron a construir modelos de serie.

Pero no fue hasta la 1ª Guerra Mundial, donde el inmenso esfuerzo de los dos bloques contendientes desarrollarían en sus respectivas industrias de guerra la base sobre la cual se asentaría el automóvil moderno. Al finalizar la contienda, el automóvil adquirió en EE.UU. y algunos países europeos el carácter que tiene en la actualidad de ser una de las industrias motrices de la economía, gracias a la introducción sistemática de las técnicas de producción en serie y a una demanda masiva que lo convertirían en el principal bien de consumo duradero.

También, sería decisiva la construcción de grandes vías, especialmente proyectadas para el tráfico automovilístico. En el aspecto tecnológico, el vehículo que inicialmente se adapta al tipo de producción masiva es de diseño sencillo: motor policilíndrico (en un solo bloque, generalmente) de 2, 4, 6 hasta 8 cilindros, sin silenciadores, de gran ligereza y confort, características que puedan suministrar un servicio duradero con un costo pequeño. El modelo T de Ford, fabricado desde 1908 hasta 1927, y el modelo 10 H. P. de Citroën, fabricado

desde 1919 hasta 1926, son los primeros vehículos producidos en serie, que se entregan a punto de ser usados, o sea carrozados, pintados y montados ya sobre neumáticos.

# **CAPÍTULO**

## **I**

# **“PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GASOLINA”**

# **“PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GASOLINA”**

## **1.1 DEFINICIONES**

### **Motores de Combustión Interna de Gasolina**

Son los que usan comúnmente los automóviles. Se llaman también motores de explosión.

Estos nombres les fueron asignados debido a que la adición de calor, el proceso de combustión se produce en el interior del motor y no es un dispositivo externo a él. La energía química del combustible se convierte en energía térmica, la cual se convierte a su vez en energía mecánica o de trabajo. El trabajo efectuado por unidad de tiempo es la potencia motriz que impulsa a otra máquina o a un auto. El combustible utilizado es una mezcla de hidrocarburos como es diesel alcohol, gas o gasolina.

### **Punto Muerto Superior e Inferior.**

Punto muerto inferior (PMI): Es el punto más cercano al cigüeñal que alcanza el pistón en su movimiento alternativo dentro del cilindro. Antes de llegar a ese punto, el pistón reduce su velocidad, se para, e inicia un nuevo recorrido en sentido contrario en constante aceleración hasta que alcanza su velocidad lineal máxima. Esta velocidad lineal máxima de cada carrera (la velocidad máxima absoluta depende del régimen de giro del motor) se alcanza generalmente algo después de superar la mitad de la distancia que separa el punto muerto inferior del punto muerto superior. En el recorrido alternativo del pistón, el punto muerto inferior es el más alejado de la culata.

Punto muerto superior (PMS): Es el punto más cercano a la culata que alcanza el pistón en su movimiento alternativo dentro del cilindro. Antes de llegar a ese punto, el pistón reduce su velocidad, se para, e inicia un nuevo recorrido en sentido contrario en constante aceleración hasta que alcanza su velocidad lineal máxima. Esta velocidad lineal máxima de cada carrera (la velocidad máxima absoluta depende del régimen de giro del motor) se alcanza generalmente algo después de superar la mitad de la distancia que separa el punto muerto superior

del punto muerto inferior. En el recorrido alternativo del pistón, el punto muerto inferior es el más alejado del cigüeñal.

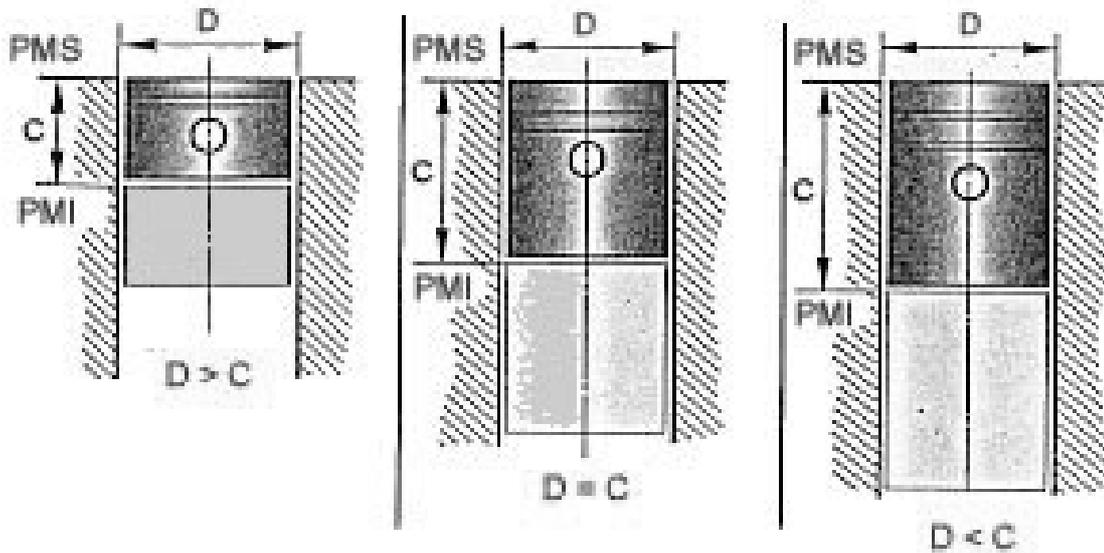


Figura 1. Punto Muerto Superior e Inferior

## Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza, el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales
- Rotatorios<sup>1</sup>

## 1.2 PRINCIPIOS QUÍMICOS

### Fabricación de la Gasolina Comercial

A principios del siglo pasado, la obtención de gasolina de calidad era cuestión de suerte. La naturaleza proporcionaba los ingredientes, casi siempre parafinas (hidrocarburos lineales y cíclicos), pero diluidos con otros componentes

contenidos en el petróleo crudo. En la actualidad, la gasolina es un producto hecho por el hombre, o sea, que es sintética. Las principales razones son:

1. Los crudos tienen un máximo de 25-30% de gasolina natural con índices de octano de 40 a 60 el cual es el índice de detonación que tienen, los cuales son demasiado bajos para usarse en los motores modernos de combustión interna. Esto se debe a la estructura molecular de los hidrocarburos que la constituyen.
2. La cantidad de gasolina primaria o natural contenida en los crudos es insuficiente para satisfacer la gran demanda provocada por los cientos de millones de vehículos que circulan diariamente por las carreteras y calles del mundo entero.

Las dos razones aquí mencionadas crearon el reto para los científicos: cómo remodelar las moléculas para producir más y mejores gasolinas.

### **Procesos para hacer Gasolina**

El sentido común nos dice que si tenemos moléculas con más átomos de carbono de los que necesitamos, hay que romper las cadenas que unen los átomos de carbono para obtener moléculas más chicas, cuyo número de carbono sea de cinco a nueve.

Pero si las moléculas tienen menos átomos de carbono de los que buscamos, entonces es necesario unir dos, tres o más de ellas entre sí, para agrandarlas hasta conseguir el tamaño deseado.

Los procesos usados en las refinerías para hacer más y mejores gasolinas son los procesos de desintegración térmica y los de desintegración catalítica.

### **Desintegración Térmica**

Utiliza básicamente temperatura y presión alta para romper las moléculas. Los hidrocarburos que produce se caracterizan por tener dobles ligaduras en sus moléculas, a las cuales se les llama olefinas, pero tienen el inconveniente de ser muy reactivas; al polimerizarse, forman gomas que perjudican los motores.

## **Desintegración Catalítica**

Los procesos de desintegración catalítica son el medio por el cual se aumenta o disminuye la velocidad de una reacción química, los cuales también usan temperaturas y presión para romper las moléculas, pero son menores gracias a ciertos compuestos químicos llamados catalizadores. No sólo permiten que el proceso trabaje a temperaturas y presiones inferiores sino que también aumentan la velocidad de la reacción.

Además actúan como "directores" haciendo que las moléculas se rompan de cierta manera; los pedazos se unen y forman preferencialmente un determinado tipo de hidrocarburos.

Las olefinas gaseosas antes mencionadas forman la materia prima para hacer más gasolina. Como tienen dos, tres y cuatro átomos de carbono, está claro que para obtener productos de cinco a nueve carbonos será necesario unir las moléculas.

En las refinerías existen dos tipos de procesos para llevar a cabo este tipo de reacciones. Uno es la polimerización: Este proceso también usa catalizadores para la obtención de gasolina. Al combustible que resulta se le llama gasolina polimerizada.

El otro proceso es el llamado proceso de alquilación: Es una reacción química de una olefina con una parafina ramificada, en presencia de un catalizador. El producto resultante tendrá también ramificaciones; es decir, los carbonos no estarán en una sola línea.

## **Octanaje de Gasolina**

Hace 50 años se llegó a descubrir que, de todos los compuestos que forman la gasolina, el heptano normal (un hidrocarburo con siete átomos de carbón formando una cadena lineal) es el que provoca la peor detonación. Por lo tanto, se le asignó un valor de cero en la escala correspondiente.

El compuesto que detonaba menos era de ocho átomos de carbono, formando una cadena ramificada llamada isoctano. Se le dio un valor de 100, y así nacieron los índices de octano u octanajes de las gasolinas.

Pero ¿cómo se determinan prácticamente los octanajes de las gasolinas?

Existen aparatos especiales para medir las detonaciones que provocan. El resultado se compara con mezclas de heptano e isooctano hasta encontrar aquella que produzca un efecto semejante.

Así, por ejemplo, si cierta gasolina tiene características detonantes parecidas a las de una mezcla en 90% de isooctano y 10% de heptano normal, entonces se le asigna un índice de octano de 90<sup>2</sup>.

### **1.3 PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS**

#### **Sistema Termodinámico**

Un sistema termodinámico es una región del espacio tridimensional o una cantidad de materia, delimitada por una superficie arbitraria. La frontera puede ser real o imaginaria, puede hallarse en reposo o en movimiento, y puede variar de tamaño y de forma. La región del espacio físico que queda fuera de las fronteras recibe el nombre de entorno o medio ambiente. Los tipos más comunes de sistemas que se conocen son el sistema abierto y el sistema cerrado.

El sistema abierto es aquel en el que tanto la masa como la energía pueden atravesar las fronteras elegidas.

El sistema cerrado es en el que la masa no atraviesa la frontera. Aunque la cantidad de materia es fija en un sistema cerrado, la energía puede atravesar sus fronteras, también puede cambiar la composición química de la materia dentro de las fronteras.

#### **Primera Ley de la Termodinámica**

Cuando las únicas transferencias de energía permitidas a través de la frontera de un sistema son interacciones de trabajo, se denomina frontera adiabática y el sistema se denomina sistema adiabático. Un proceso adiabático es aquel en el que solo se identifican interacciones de trabajo termodinámico (es una interacción entre un sistema y su entorno, y se realiza sobre el entorno mismo).

Tomando como base lo anterior, el postulado denominado como primera ley de la termodinámica establece lo siguiente:

“Cuando un sistema cerrado se altera adiabáticamente, el trabajo neto asociado con el cambio de estado es el mismo para todos los procesos posibles entre los dos estados de equilibrio dados”.

El valor del trabajo neto realizado sobre o por un sistema cerrado adiabático depende únicamente de los estados inicial y final del proceso. La transferencia neta de trabajo es la misma para todos los procesos adiabáticos entre dos estados de equilibrio en un sistema cerrado.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = W_{\text{net}}$$

### **Transferencia de calor en un sistema cerrado**

Considérese el cambio de estado asociado con la agitación de un fluido dentro de un depósito adiabático y rígido (volumen constante), el calor y el trabajo son los únicos mecanismos mediante los cuales se puede transferir energía a través de la frontera de un sistema.

$$Q_{\text{net}} = (E_2 - E_1) - W_{\text{net}}$$

### **Conservación de la energía**

La ecuación mencionada anteriormente se utiliza para definir la transferencia de calor, contiene toda la información necesaria para establecer la ecuación de la conservación de la energía.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = Q_{\text{net}} + W_{\text{net}}$$

### **Trabajo de expansión y compresión**

Siempre que cambia el volumen de un sistema (cerrado o abierto) se transfiere energía mediante una interacción de trabajo denominada trabajo PdV, por la diferencia de volumen en los 2 estados. La evaluación del trabajo PdV requiere considerar el trabajo mecánico realizado por el movimiento de una fuerza en la frontera del sistema. El prototipo para el sistema cerrado para este tipo de trabajo es el dispositivo cilindro-émbolo y la representación

gráfica es un área bajo la curva en un diagrama P-V. Utilizando la mecánica básica, la expresión del trabajo diferencial realizado en este sistema viene dada por la siguiente ecuación.

$$W_{\text{com/exp}} = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

El camino de muchos procesos de expansión y compresión puede modelarse como un proceso politrópico. En este proceso la presión del sistema y el volumen específico están relacionados mediante la relación politrópica

$$Pv^k = C$$

Donde “C” es una constante y el parámetro “k” se conoce como constante politrópica. Aunque “k” puede tener cualquier valor, la relación es especialmente útil cuando  $1 \leq n \leq 5/3$ . Más específicamente el proceso de compresión y expansión es isentrópico, o sea, a entropía constante.

## **Segunda Ley de la Termodinámica**

### **Motores térmicos.**

Un motor térmico se define como un sistema cerrado en el que un fluido de trabajo lo realiza un ciclo periódico dentro de un único dispositivo o pasa continuamente por un circuito cerrado de un conjunto en régimen estacionario. El trabajo neto de salida del ciclo se mide mediante la variación de la energía potencial gravitatoria de los pesos, además, se transfiere calor entre el sistema y dos regiones a diferentes temperaturas. En cualquier parte del ciclo el balance energético con respecto al tiempo en un ciclo se llega a  $\Delta E = Q_{\text{neto}} + W_{\text{neto}}$ . Como el proceso es cíclico  $\Delta E=0$ . Por lo tanto, el balance energético para el ciclo es  $W_{\text{neto}} = -Q_{\text{neto}}$ . el parámetro utilizado para medir la actuación de un motor térmico se llama rendimiento térmico. El resultado deseado es el trabajo neto de salida y el suministro exigido de calor transferido al fluido de trabajo.

$$\eta = W_{\text{net}}/Q_{\text{ent}}$$

## **Enunciado de Kelvin-Planck**

El rendimiento térmico de los motores térmicos reales normalmente varía entre el 10% y 40%. Por tanto, una parte importante del calor suministrado desde la fuente de alta temperatura, en la práctica se cede siempre al sumidero a baja temperatura. Una pregunta básica es si los motores térmicos podrían funcionar al 100%, por lo que el enunciado de kelvin-Planck menciona lo siguiente:

“No es posible que un dispositivo que funcione cíclicamente reciba energía mediante transferencia de calor sólo desde una fuente térmica y entregue una cantidad equivalente de energía en forma de trabajo al entorno”<sup>3</sup>.

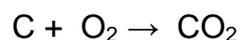
## **Combustión**

Cuando se oye hablar de una combustión se sabe que se trata por lo común de la quema u oxidación de los hidrocarburos. La transformación de energía química en energía calorífica se presenta en los dispositivos térmicos productores de energía motriz. No obstante, los principios a describir se aplican en algunas reacciones químicas propias de la oxidación de los alimentos que ocurre en los organismos vivos. La primera y la segunda ley de la Termodinámica, así como la ley de la conservación de la masa, constituyen los medios del siguiente análisis.

### **Proceso de Combustión**

Consiste en la oxidación de los constituyentes del combustible, y es posible formular una ecuación para distribuir dicho proceso reactivo. Durante el proceso de la combustión, la masa total permanece inalterada, del modo que el balanceo de las ecuaciones de reacción se aplica la ley de conservación de la masa.

Si se considera primero la oxidación completa del carbono, y al hacerlo, se definirán los términos que suelen emplearse en el análisis de reacción de combustión.



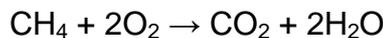
En esta reacción el carbono y el oxígeno son las sustancias iniciales, los reactivos experimentan una reacción química dando por resultado dióxido de carbono, que es la sustancia final o producto. Además, si



Y como hay 12 kg/kgmol para el carbono, 32 kg/kgmol para el oxígeno y 44 kg/kgmol para el dióxido de carbono, entonces



Cuando un combustible hidrocarbónico se oxida por completo, los productos resultantes son dióxido de carbono y agua. Ejemplo: si se considera que el combustible es metano entonces:



El agua puede existir en forma sólida, líquida o gaseosa, lo cual depende de la presión y la temperatura finales del producto. En el proceso de oxidación se producen muchas reacciones antes de la formación de los productos finales vista en la ecuación anterior.

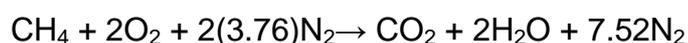
### **Combustión con Aire**

La mayoría de los procesos de combustión se da con aire y no con oxígeno puro. El aire está formado por varios elementos, en particular oxígeno, nitrógeno y argón, así como algunos otros gases inertes; su combustión volumétrica es de aproximadamente 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% de argón. Puesto que el nitrógeno y el argón no intervienen en el proceso se considerará que las proporciones volumétricas son de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno; por lo tanto para 100 moles de aire hay 21 moles de oxígeno y 79 de nitrógeno.

$$79/21 = 3.766 \text{ moles de nitrógeno/mol de oxígeno}$$

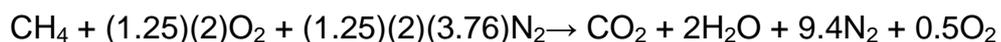
### **Aire Teórico**

Si la combustión del metano en presencia del aire es:



El nitrógeno no interviene en la reacción, pero tiene que ser tomado en cuenta. Existen 3.76 moles de nitrógeno por mol de oxígeno, y puesto que se necesitan 2 moles de oxígeno para efectuar la oxidación del metano. La cantidad mínima de aire que se necesita para oxidar los reactivos se conoce como “aire teórico”. Esto resulta imposible en la práctica, ya que siempre se necesita más oxígeno del teóricamente necesario, para asegurar la oxidación de todas las moléculas del hidrocarburo, esto debido a que una gota de combustible debe hallarse rodeada por un número de moléculas de oxígeno mayor que al necesario. De modo que si empleamos un 25% más del aire que teóricamente habría que utilizar, lo anterior se expresa como “125% de aire teóricamente necesario, o bien 25% de exceso de aire.

Habrà 1.25 veces más aire del que se requiere desde el punto de vista ideal. La combustión del metano con 125% de aire teórico es:



Si el exceso de aire es insuficiente para permitir una combustión completa, entonces no todo el carbono se oxida a la forma de dióxido de carbono. Cuando haya una cantidad considerable menor de aire teórico aparecerán hidrocarburos no quemados en los productos. Esto sucede cuando no se cumplen las siguientes condiciones que se requieren para una combustión completa:

1. Mezcla de combustible y aire debe hallarse a la temperatura de ignición.
2. Tiene que haber oxígeno suficiente para asegurar una oxidación completa.
3. El oxígeno debe encontrarse en contacto íntimo con el combustible

### **Relación entre Aire y Combustible**

Dos conceptos importantes del proceso de combustión indican la proporción entre el aire y el combustible que intervienen; se trata de las llamadas “relación aire-combustible” ( $r_{a/f}$ ), y su recíproco, la relación combustible-aire ( $r_{f/a}$ ). Ambas pueden expresarse en términos de las masas o número de moles del combustible y del aire presente.

$$r_{a/f} = \text{moles de aire/moles comb.} \quad \text{y} \quad r_{f/a} = 1/r_{a/f}$$

### **Productos de la Combustión.**

En plantas de energía y otros equipos en los cuales se utilizan grandes cantidades de combustible, es importante que la quema sea lo más eficaz posible. Incrementos de eficiencia relativamente pequeños pueden ahorrar enormes cantidades de dinero. Un factor importante que afecta la eficiencia de la combustión es la cantidad de exceso de aire. Si no se emplea eficientemente aire, la combustión será incompleta y no se utilizará toda la energía química del combustible. Si se usa demasiado aire, el calor que se libere por la combustión se desperdiciará en calentar el aire excesivo. El objetivo es oxidar completamente el carbón con la menor cantidad de aire. Esto dará la mayor liberación de energía por unidad de masa de aire.

### **Análisis de Orsat**

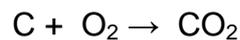
Este análisis realiza la función de analizar los productos de una combustión indicando los productos que se forman midiendo volumétricamente el dióxido de carbono, el monóxido de carbono y el oxígeno. Los gases de las sustancias se hacen pasar por diversas sustancias químicas, las cuales absorben el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  y el  $\text{O}_2$ . La disminución volumétrica del gas de combustión se anota en cada etapa, y dicha reducción se divide entre el volumen inicial, lo que por resultado el porcentaje de cada producto de la combustión. Suponemos que el volumen restante es el del nitrógeno. El aparato de Orsat determina las proporciones volumétricas en base seca; la cantidad de vapor de agua no puede calcularse.

Con el analizador de Orsat no se puede medir los hidrocarburos parcialmente quemados ni tampoco la cantidad de carbono. Estas cantidades son importantes cuando se trabaja con un motor de combustión interna, en el que la combustión no es completa y se trata de analizar las reacciones que se producen antes de la formación de los productos finales. A elevadas temperaturas también se pueden formar óxidos nítricos.

## Entalpía de Formación

En las reacciones químicas, la sustancia del sistema cambia en el transcurso de un proceso, de manera que el empleo caprichoso de normas arbitrarias para cada sustancia, imposibilitaría el análisis energético del proceso. Para salvar esta dificultad, la entalpía de todos los elementos se supone nula en un estado arbitrario de referencia de 25°C y 1atm de presión. La entalpía de formación de un compuesto es su entalpía a tal presión y a tal temperatura.

Considerando un proceso de combustión a estado estable en el cual 1 mol de carbono y 1 mol de oxígeno, en el estado de referencia de 25°C y 1atm, se combinan para producir 1 mol de dióxido de carbono. Hay transferencia de calor, de manera que el dióxido de carbono finalmente existe en el estado de referencia. La ecuación de la relación es:



Sea  $H_R$  la entalpía total de todos los reactivos ( $E_1$ ) y  $H_P$  la entalpía total de todos los productos ( $E_2$ ). La primera ley de la termodinámica que corresponde a este proceso es:

$$Q + H_R = H_P$$

O bien.

$$Q + \sum_R n_i h_i = \sum_P n_j h_j$$

Donde las sumas se efectúan sobre todos los reactivos y para todos los productos, con “n” como número de moles y “h” como la entalpía de cada producto o reactivo.

En general en un proceso de combustión en estado estable habrá transferencia de calor y realización de trabajo. Un balance de energía da como resultado:

$$Q + \sum_R n_i h_i = W + \sum_P n_j h_j$$

## **Temperatura de Combustión Adiabática**

Cuando no existe transferencia de calor, ni trabajo o cambio alguno de energía cinética y potencial, entonces toda la energía química se ha convertido en energía térmica y que es máxima la energía de los productos. Esta temperatura recibe el nombre de "temperatura de combustión adiabática".

Si la combustión es incompleta o se utiliza exceso de aire, la temperatura de la mezcla es menor que la temperatura de combustión adiabática. El exceso de aire se emplea en diseño de maquinas para mantener la computadora dentro de los limites metalúrgicos. Si la combustión es incompleta, solo parte de la energía química se convierte en energía térmica; de manera que la temperatura será menor que la máxima posible. Cuando se usa exceso de aire, la energía térmica, no será igual al máximo. Un tercer factor que reduce la temperatura es la disociación de los productos de combustión. La relación de la disociación es endotérmica; para llevarse a cabo emplea una parte de la energía térmica disponible.

### **1.4 CICLO OTTO DE 4 TIEMPOS**

En 1862, Beau de Rochas estableció los pasos para obtener una máquina eficaz. Sin embargo, correspondió a Nicholas Otto quien desarrolló de manera independiente la teoría, al llevar la idea a la práctica y poder construir un motor operable. El primer motor de combustión interna que funcionó con éxito fue el motor Otto, construido en 1876.

Otro ejemplo de motor de combustión interna es el motor Diesel, inventado por Rudolf Diesel, quien trataba de obtener una maquina motriz que operase con carbón en polvo; el artefacto hizo explosión. No obstante, otros diseños posteriores, en los cuales se alimento la maquina con combustible líquido, si tuvieron algunos resultados.

### **Ciclos Estándares de Aire**

Los motores de ciclo Otto funcionan con base en un ciclo abierto el cual se puede intercambiar materia con el sistema abierto y el exterior, los productos de combustión que salen no pueden ser reutilizados de manera continua

como en un sistema cerrado (en los cuales existe un intercambio de energía), sino que tales máquinas tienen que alimentarse constantemente con aire nuevo. Sin embargo, desde el punto de vista teórico se conocen con el nombre de motores estándares de aire, siendo este fluido la sustancia de trabajo del motor. En vez de quemar el combustible en la máquina, el calor es agregado desde una fuente externa y no se descargan los productos de combustión, sino que se utiliza en resumidero térmico para absorber el calor del aire y regresar éste a su estado original.

### Ciclo Otto Ideal

El ciclo de Otto es un conjunto de procesos usado por los motores de combustión interna (2-tiempos o 4-tiempos). Estos motores a) admiten una mezcla de combustible y aire, b) que es comprimida c) para que ésta pueda reaccionar con eficacia a la adición de calor, así que la energía química de la mezcla se puede transformar en energía térmica, d) y mediante la expansión de los productos de la combustión se produzca movimiento, y posteriormente e) los gases exhaustos de la combustión se expulsan y posteriormente se substituyen por una nueva mezcla de combustible y aire. Los diversos procesos se demuestran en las siguientes figuras.

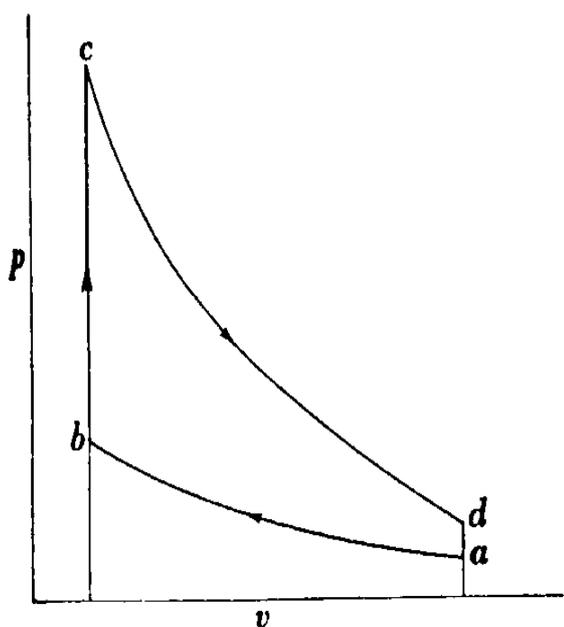


Figura 2. Diagrama P-V.

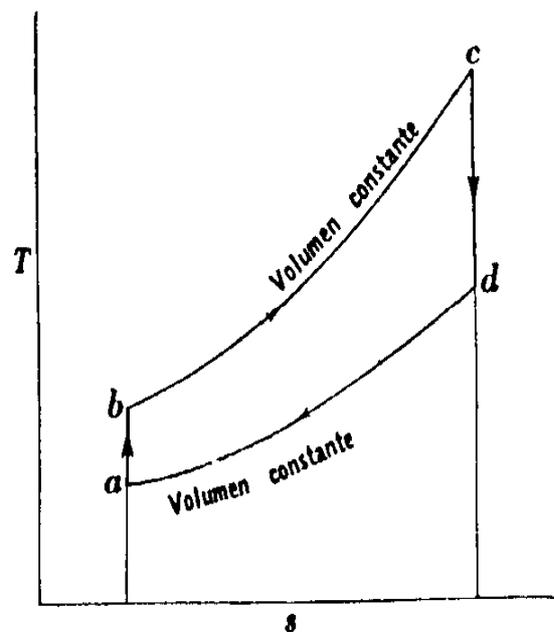


Figura 3. Diagrama T-S

1. Comenzando con el émbolo en el punto muerto inferior, la compresión se efectúa isentrópicamente de a-b
2. Se agrega calor a volumen constante ya que este es un proceso isométrico del punto b-c
3. La expansión se produce isentrópicamente de c-d
4. El calor es cedido a volumen constante como un proceso isométrico de d-a

En el ciclo de Otto, el fluido de trabajo es una mezcla de aire-combustible que experimenta una serie de transformaciones, tales como las reacciones químicas que lo hacen pasar de un estado a otro, en el interior de un cilindro provisto de un pistón el cual es el encargado de comprimir la mezcla.

Las figuras anteriores ilustran los diagramas P-V y T-S correspondientes al ciclo. La masa de aire permanece constante durante todo el ciclo, aunque difiere del que se presenta en los motores de combustión interna reales.

La eficiencia térmica “ $\eta$ ” se define como el trabajo producido dividido entre el calor agregado.

$$\eta = W_{\text{net}}/Q_{\text{ent}} = \Sigma Q / Q_{\text{ent}}$$

Calor de entrada se agrega a volumen constante del estado b-c. Debido a que la masa es constante y siendo cerrado el sistema, la primera ley indica que:

$$Q_{b-c} = mc_v(T_c - T_b)$$

Calor de salida se entrega a volumen constante del estado d-a. una vez mas la primera ley establece que:

$$Q_{d-a} = mc_v(T_a - T_d)$$

Sumatoria de calores

$$\Sigma Q = Q_{b-c} + Q_{d-a}$$

Al sustituir las ecuaciones anteriores en la ecuación de la eficiencia térmica se obtiene:

$$\eta = 1 - \frac{T_d - T_a}{T_c - T_b}$$

$T_c - T_b$

La relación de compresión  $r$ , se define como:

$r = \text{volumen punto muerto inferior} / \text{volumen punto muerto superior}$

$$r = V_a/V_b = V_d/V_c$$

Además, la temperatura se halla relacionada entre los estados 1 y 2 por un proceso isentropico, de modo que:

$$T_b/T_a = T_c/T_d = r^{k-1}$$

El valor de  $k$  no es constante, dado que disminuye con la temperatura, tanto para los gases reales como para los perfectos, se obtendrán varios valores del rendimiento térmico para cada valor de  $r$ . Más aún, se podrá seleccionar para el ciclo un fluido con un valor  $k$  mayor que el del aire.

Como

$$PV^k = C \quad \text{y} \quad r = V_a/V_b$$

Entonces:

$$T_{bod}/T_{aoc} = (V_{aoc}/V_{bod})^{k-1} \quad \text{y} \quad P_{bod}/P_{aoc} = (V_{aoc}/V_{bod})^k$$

Cuando el proceso es isométrico o a volumen constante entonces :

$$P_{coa}/P_{bod} = T_{coa}/T_{bod}$$

El trabajo total realizado durante el ciclo es positivo (ya que éste se recorre en sentido horario). El movimiento del pistón se transmite a la biela y de ésta al cigüeñal. Posteriormente este movimiento se transmite a las ruedas.

De manera que la eficiencia térmica del ciclo Otto únicamente es en función de la relación de compresión. Conforme se incrementa dicha relación, sucede lo mismo con la eficiencia. En un motor real la compresión está limitada por la temperatura del estado b. si tal temperatura fuera demasiado elevada, la mezcla de aire y gasolina se encendería espontáneamente y en el momento impropio.

La eficiencia del ciclo Otto estándar es mucho mayor que la de un motor real. También deben de considerarse los efectos de la disociación molecular antes de que el motor pueda ser modelado, así como consideraciones de funcionamiento no ideal.



Figura 4. Pistón, biela cigüeñal

### **Análisis de Ciclo Abierto**

Al considerara un motor como sistema abierto, puede lograrse mayor exactitud en la determinación del trabajo y la eficiencia de la maquina. Supongamos que un motor de combustión interna tiene un flujo másico de aire " $m_a$ ", una entalpía del aire " $h_a$ ", un flujo másico de combustible " $m_f$ ", una entalpía de combustible " $h_f$ ".  $Q$  es el calor agregado al agua de enfriamiento,  $W$  es la potencia, y " $h_e$ " es la entalpía de los productos de la combustión que salen del motor.

La diferencia entre un ciclo Otto y un ciclo Diesel es el cómo se lleva a cabo la combustión.

Con el fin de calcular la entalpía de salida debemos saber algo acerca de los procesos que conducen a ella. Si se conoce la temperatura y la presión de salida, es posible obtener la entalpía directamente a partir de tablas de propiedades de los productos.

## Ciclo de Otto Real

Considérese ahora ciclo de 4 tiempos, como el de un motor de automóvil. En motor de ignición producido por chispa eléctrica, la mezcla de aire combustible es comprimida en el cilindro, la bujía lanza una descarga eléctrica, y una chispa enciende dicha mezcla, el proceso de combustión es muy rápido y se produce sobre un pequeño cambio de volumen en el cilindro; de manera que el proceso ideal consiste en una adición de calor a volumen constante. La combustión continua conforme el émbolo se desplaza en la carrera de fuerza, y la presión se mantiene constante durante el proceso. Como únicamente hay una carrera de fuerza por cada 2 revoluciones, es necesario conocer bien el ciclo de funcionamiento para calcular la potencia del motor.

En la práctica, ni las transformaciones adiabáticas del ciclo de Otto son adiabáticas, ni las transformaciones isométricas (proceso a volumen constante) tienen lugar a volumen constante.

De acuerdo al diagrama P-V correspondiente a un motor de ignición eléctrica se muestra la superposición de las líneas que corresponden al ciclo Otto. El proceso de compresión de 1 a 2 no es adiabático, de manera que la presión real es menor que la ideal. La ignición se produce antes de que el pistón llegue al punto muerto superior dando un cierto tiempo para que la combustión se lleve a cabo, el proceso de combustión no se efectúa a volumen constante; se produce una pérdida de energía hacia las paredes del cilindro y la cabeza del émbolo, y este último se desplaza hacia abajo. De manera que la presión máxima es menor que la del ciclo ideal. El proceso de expansión no es adiabático y a esto se debe las menores presiones del estado 3 a 4. La apertura de las válvulas de escape se hace antes de que el pistón llegue al punto muerto inferior, y lo anterior reduce la potencia desarrollada. El trabajo que realiza el motor para la expulsión de los gases de escape está representada en los estado 4 a 0, debido a que la válvula de los gases de escape se abre antes de lo esperado hay una reducción de área en cuanto a lo que provoca la pérdida de energía y finalmente la entrada de una nueva carga de mezcla en los estados 5 a 1.

Si la válvula de escape se abriera demasiado tarde, el trabajo necesario para expulsar los gases de escape sería mayor debido a la mayor presión del estado 4.

Al diseñar un motor se busca que las resistencias al movimiento en los sistemas valvulares de admisión y de escape sean lo más pequeñas posibles

### **Análisis del Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna.**

Si se reduce el tiempo de combustión se producirá un incremento en la eficiencia térmica, un método consiste en aumentar la velocidad de la llama. Sin embargo, conforme se eleva dicha velocidad, el motor comienza a funcionar irregularmente, debido a las ondas de presión desequilibradas que llegan a la cabeza del pistón y del émbolo. El desequilibrio que se produce ocasiona que una onda de presión se propague por el cilindro. Si se produce auto ignición localizada dentro de la mezcla, se crearan altos incrementos de presión. Las ondas producidas pueden ser supersónicas, el efecto combinado de la auto ignición y el ruido se denominan detonación o golpeteo.

La formación de las ondas es un proceso irreversible y no podrán ser utilizadas como trabajo, y tendrán un efecto nocivo sobre la eficiencia térmica. Existen sustancias que reducen o eliminan la detonación. El índice de octano es una medida de su resistencia al golpeteo.

En la siguiente figura, se ha representado un esquema del ciclo real de Otto superpuesto con el ideal analizado en las secciones anteriores.

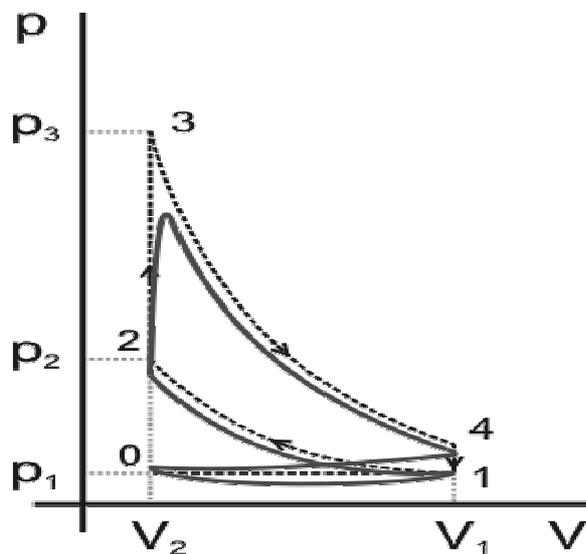


Figura 5. Ciclo Otto real.

En la figura están indicados de forma aproximada los puntos del ciclo donde tienen lugar la explosión y el escape respectivamente.

Las diferencias que existen entre el ciclo real y el ciclo teórico están causadas por:

- Pérdida de calor, las cuales son bastantes en el ciclo real, ya que al estar el cilindro refrigerado, para asegurar un buen funcionamiento del pistón, una cierta parte del calor del fluido se transmite a las paredes, y a las líneas de compresión y expansión no son adiabáticas sino politrópicas.
- Tiempo de apertura y cierre de la válvula de admisión y escape, aunque en el ciclo teórico se supuso que la apertura y cierre de válvulas ocurría instantáneamente, al ser físicamente imposible, esta acción tiene lugar en un tiempo relativamente largo, por lo que, para mejorar el llenado y vaciado del cilindro, las válvulas de admisión y de escape se abren con anticipación lo que provoca una pérdida de trabajo útil.
- Combustión no instantánea, aunque en el ciclo teórico se supone que la combustión se realiza según una transformación isocora instantánea, en el ciclo real la combustión dura un cierto tiempo. Por ello, si el encendido o la inyección tuviese lugar justamente en el punto muerto superior (P. M. S), la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto, con la correspondiente pérdida de trabajo.
- Pérdidas por bombeo, aunque en el ciclo teórico la admisión y escape se realiza a volumen constante, considerando que el fluido circula por los conductos de admisión y de escape sin rozamiento, en el ciclo real aparece una pérdida de carga debido al rozamiento que causa una notable pérdida energética.

Para calcular la relación entre el ciclo teórico y ciclo real se calcula el cociente entre las superficies correspondientes, y dividiendo la superficie del ciclo real por la respectiva del ciclo teórico, con esto se obtiene el denominado “rendimiento indicado”.

El rendimiento indicado es debido al tiempo en que se tarda en quemar la mezcla y a la diferencia de llenado y vaciado de los gases residuales, lo que hace que disminuya la cantidad de mezcla fresca que entra en el cilindro.

Para conseguir que el ciclo indicado se acerque al ciclo teórico, se actúa sobre la distribución adelantando o retrasando el instante de comienzo y finalización de la entrada y salida del flujo operante del cilindro, con el propósito de conseguir un mejor llenado y vaciado de gases.

### **Rendimiento Volumétrico**

De lo expuesto anteriormente se hace evidente que la mezcla entre el combustible y el aire, tienen una relación estricta. Cuanto mayor sea el volumen de aire introducido en el cilindro, tanto mayor resulta la cantidad de combustible que puede quemarse, mayor es la energía que produce el motor.

El rendimiento volumétrico indica el mayor o menor grado de llenado del cilindro. Se define como la relación entre el peso efectivo del aire introducido en el cilindro durante la unidad de tiempo y el peso del volumen de aire que teóricamente debería introducirse al mismo tiempo, calculado a base de la cilindrada unitaria y de las condiciones de temperatura y presión en el cilindro.

Su valor, que oscila entre 0.75 y 0.85, define la calidad del sistema de introducción de fluido operante en el motor.

### **Rendimiento Mecánico**

Es la relación entre el trabajo útil medido en el cigüeñal del motor y el trabajo ofrecido por el ciclo.

Está normalmente comprendido entre 0.80 y 0.90 y depende del rozamiento entre lo componentes móviles, acabado superficial, lubricación, etc.<sup>4</sup>

## 1.5 PRINCIPIOS MECÁNICOS

### Energía Mecánica

La energía mecánica es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las energías potencial, cinética y la elástica de un cuerpo en movimiento. Expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo.

### Energía Cinética

Se define como la energía asociada al movimiento. Ésta energía depende de la masa y de la velocidad según la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Con lo cual un cuerpo de masa **m** que lleva una velocidad **v** posee energía.

### Energía Potencial

Se define como la energía determinada por la posición de los cuerpos. Esta energía depende de la altura y el peso del cuerpo según la ecuación:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = P \cdot h$$

Con lo cual, un cuerpo de masa **m** situado a una altura **h** (se da por hecho que se encuentra en un planeta, por lo que, existe aceleración gravitatoria) posee energía. Debido a que esta energía depende de la posición del cuerpo con respecto al centro del planeta se le llama energía potencial gravitatoria.

Tipos de energía potencial

- Elástica: la que posee un muelle estirado o comprimido.
- Química: la que posee un combustible, capaz de liberar calor.
- Eléctrica: la que posee un condensador cargado, capaz de encender una lámpara.

En algunas ocasiones, un cuerpo puede tener ambas energías, como por ejemplo; la piedra que cae desde un edificio: tiene energía potencial porque tiene

peso y está a una altura y, al pasar los segundos, la irá perdiendo (disminuye la altura); y posee energía cinética porque al caer lleva velocidad, que cada vez irá aumentando gracias a la aceleración de la gravedad.

Las energías cinética y potencial se transforman entre sí, su suma se denomina energía mecánica y en determinadas condiciones permanece constante.<sup>5</sup>

## **Transmisión Mecánica**

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. En la vida diaria se asocian habitualmente las transmisiones con los automóviles.

En general, las transmisiones reducen una rotación inadecuada, de alta velocidad y bajo par o régimen del motor, del eje de salida del impulsor primario a una velocidad más baja con par de giro más alto, o a la inversa.

Muchos sistemas, como las transmisiones empleadas en los automóviles, incluyen la capacidad de seleccionar alguna de varias relaciones diferentes.<sup>5</sup>

## **Estructura y Funcionamiento del Motor de Combustión Interna**

### **Angulo de ignición**

Es el ángulo medido en grados que forma la biela con respecto a la vertical antes de llegar al punto muerto superior, en otras palabras, es el ángulo por el cual se da la detonación de la bujía con respecto al giro del cigüeñal antes de que el pistón toque el punto muerto superior. La inflamación se produce a un ángulo del cigüeñal fijo, aproximadamente  $5^{\circ}$  o  $10^{\circ}$  con respecto a la vertical u  $80^{\circ}$  o  $90^{\circ}$  con respecto a la horizontal, antes del punto muerto superior.

## Cámara de Combustión

Estos motores trabajan en cuatro tiempos, los cuales son: la admisión, la compresión, la explosión y el escape.

En el primer tiempo o admisión, el cigüeñal arrastra hacia abajo el émbolo, la válvula de admisión está abierta, la de escape cerrada, y el émbolo se desplaza hacia abajo aspirando en el cilindro la mezcla carburante que está formada por gasolina y aire procedente del carburador.

En el segundo tiempo o compresión, tanto la válvula de admisión como de escape permanecen cerradas y la mezcla de aire combustible es comprimida. El cigüeñal hace subir el émbolo, el cual comprime fuertemente la mezcla carburante en la cámara de combustión.

La figura 6 ilustra los cuatro tiempos del motor de combustión interna.

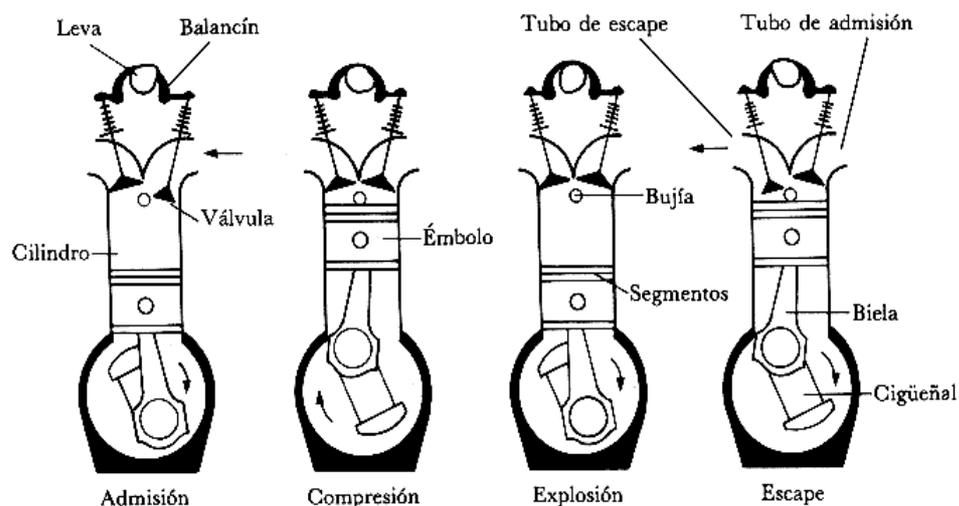


Figura 6. Los cuatro tiempos del motor de combustión interna.

En el tercer tiempo fuerza, se efectúa la explosión  $5^{\circ}$  o  $10^{\circ}$  antes de llegar a los  $90^{\circ}$  con respecto a la vertical y es cuando la chispa que salta entre los electrodos de la bujía inflama la mezcla, las válvulas de admisión y de escape están cerradas y se produce la combustión y la expansión, produciéndose una violenta dilatación de los gases de combustión y empujan el émbolo hacia abajo, el cual produce trabajo mecánico al mover el cigüeñal, que a su vez mueve las llantas del coche y lo hace avanzar.

Por último, en el cuarto tiempo o escape, la válvula de escape se abre, la de admisión está cerrada y el movimiento ascendente del émbolo expulsa los productos de la combustión, saliendo por el mofle del automóvil.

Naturalmente que la apertura de las válvulas de admisión y de escape, así como la producción de la chispa en la cámara de combustión, se obtienen mediante mecanismos sincronizados en el cigüeñal.

De acuerdo a la descripción anterior, comprendemos que si la explosión dentro del cilindro no es suave y genera un tirón irregular, la fuerza explosiva golpea al émbolo demasiado rápido, cuando aún está bajando en el cilindro.

Este efecto de fuerzas intempestivas sacude fuertemente la máquina y puede llegar a destruirla. Cuando esto sucede, se dice que el motor está "detonando" o "cascabeleando", efecto que se hace más notorio al subir alguna pendiente.

Indudablemente que este fenómeno también se observa cuando el automóvil está mal carburado, o sea, que no tiene bien regulada la cantidad de aire que se mezcla con la gasolina.

Sin embargo, cuando éste no es el caso, el cascabeleo se deberá al tipo de gasolina que se está usando, la cual a su vez depende de los compuestos y los aditivos que la constituyen, o sea de su octanaje.<sup>6</sup>

## **1.6 PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA**

### **Variación de Voltaje**

Las variaciones de voltaje son muy comunes en todos lados y ponen en riesgo cualquier componente eléctrico, pero en especial los equipos electrónicos con circuitos digitales como TV's, reproductores DVD, amplificadores, computadoras, escáner, proyectores, etc.<sup>7</sup>

### **Régimen Transitorio**

Se llama régimen transitorio, o solamente "transitorio", a aquella respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo, en contraposición al régimen

permanente, que es la respuesta que permanece constante hasta que se varía bien el circuito o bien la excitación del mismo.<sup>8</sup>

### **Pulso Electromagnético**

Un pulso electromagnético o PEM es un campo electromagnético de alta intensidad y corta duración que puede ser generado por una emisión de energía electromagnética o por una fluctuación intensa de un campo magnético.<sup>9</sup>

### **Efecto Hall**

El efecto Hall es la producción de una diferencia de tensión (la tensión de Hall) a través de un conductor eléctrico, transversal a una corriente eléctrica en el conductor y un campo magnético perpendicular a la corriente. Fue descubierto por Edwin Hall en 1879.

El coeficiente de Hall se define como la relación entre el campo eléctrico inducido al producto de la densidad de corriente y el campo magnético aplicado. Es una característica del material del que está hecho el conductor, ya que su valor depende del tipo, número y características de la carga las compañías que constituyen la corriente.

### **Sensor**

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.<sup>10</sup>

### **Sonda Lambda**

Es un dispositivo capaz de medir la relación Lambda de los gases de escape en función de la cantidad de oxígeno que posean. La medida de la sonda Lambda es una señal de voltaje de entre 0 y 1 v.

La sonda Lambda está formada interiormente por dos electrodos de platino separados por un electrolito de cerámica porosa. Uno de los electrodos está en

8 [http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen\\_transitorio](http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen_transitorio)

9 <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Potentiometer>

10 [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/)

contacto con la atmósfera y el otro con los gases de escape. Además, la sonda está dispuesta de una sonda interna de caldeo para llegar fácilmente a los 300° C, su temperatura óptima de funcionamiento.<sup>11</sup>



Figura 7. Sensor Lambda

### Termistor

Los termistores, o resistores térmicos, son dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias con un coeficiente de temperatura de resistencia alto y generalmente negativo. En algunos casos, la resistencia de un termistor a temperatura ambiente puede disminuir hasta un 6% por cada 1°C que se eleve la temperatura. Dada esta alta sensibilidad al cambio de temperatura hacen al termistor muy conveniente para mediciones, control y compensar con precisión la temperatura.<sup>12</sup>



Figura 8. Termistor

### Potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

<sup>11</sup> <http://www.todomecanica.com/sonda-lambda-y-sensores.html>

<sup>12</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Transistor](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor)

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente.<sup>13</sup>

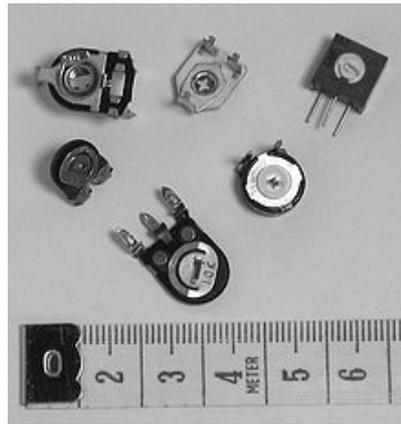


Figura 9. Potenciómetro

### **Transistor**

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término "transistor" es la contracción en inglés de *transfer resistor* ("resistencia de transferencia"). Actualmente se les encuentra prácticamente en todos los aparatos domésticos de uso diario: radios, televisores, grabadoras, reproductores de audio y video, hornos de microondas, lavadoras, automóviles, etc.<sup>14</sup>

### **Sensor Hall**

Un efecto Hall sensor es un transductor que varía su salida de tensión en respuesta a los cambios en el campo magnético. Sensores de efecto Hall se utilizan para la conmutación de la proximidad, el posicionamiento, la detección de velocidad y las aplicaciones actuales de detección.

En su forma más simple, el sensor funciona como un análogo del transductor, directamente devolver un voltaje. Con un campo magnético conocido, su distancia a la placa de Hall se puede determinar. Utilización de grupos de sensores, la posición relativa del imán se puede deducir.

<sup>13</sup> <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Potentiometer>

<sup>14</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Transistor](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor)

# **CAPÍTULO**

## **II**

# **“PRINCIPIOS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE”**

# **“PRINCIPIOS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE”**

## **2.1 INTRODUCCION**

El proceso utilizado para el desarrollo de los automóviles de combustión interna es el proceso del ciclo Otto. En el campo de la industria automotriz ha ido evolucionando a gran paso, por lo que se han inventado varios sistemas que hacen que el automóvil de hoy sea más preciso, uno de estos sistemas es el “Sistema de Inyección Electrónica de Combustible”.

Este proceso se desarrolló al remplazar al sistema del carburador el cual habitualmente consumía más combustible, por lo que, el nuevo sistema pulveriza el combustible en el múltiple de admisión, con la función de suministrar el volumen exacto para los distintos regímenes de trabajo del ciclo y de revolución, ya sea con un exceso o un faltante de aire que se inyecta en la cámara de combustion, para así tener un consumo menor de combustible y mejor desarrollo del automóvil.

El sistema de inyección electrónica de combustible fue desarrollado conjuntamente por Magneti Marelli y Fiat a principios de los años 90 y finalmente industrializado por Bosch. Desde ese momento ha ido incorporándose en diferentes marcas a varios motores debido a la relativa facilidad para su integración y que es muy efectivo en el mismo.<sup>15</sup>

### **Justificación del uso del sistema de Inyección de combustible**

Es el único sistema de combustible que logra cumplir las leyes norteamericanas, de prevención de la contaminación ambiental. Ya que el suministro de gasolina es controlado y solo se utiliza el combustible necesario, éste es un sistema que produce menos contaminación que el sistema de carburador, además, que cuando está operando adecuadamente, consume menos gasolina que el sistema convencional de carburador. Este sistema es tan ventajoso que en U.S.A. muchas personas sustituyen el sistema de carburador por el sistema de inyectores, debido al ahorro de combustible que se puede lograr.

Las cada día más severas normas de homologación de motores exigen un control de emisiones que no es posible superar sin la utilización de convertidores catalíticos y sistemas electrónicos de encendido y suministro de combustible lo suficientemente flexibles, que permitan al fabricante lograr el compromiso más favorable entre prestaciones y legislación.

### **Funcionamiento del sistema de inyección de combustible**

Este sistema es operado por una computadora, llamada Módulo de Control de Potencia o Unidad de Mando como se decidió llamarlo en este trabajo, la cual se encarga de calcular cuánto combustible necesita que se le inyecte al motor, para que el motor responda como se le exige a las condiciones de presión y temperatura dentro del motor.

El carburador dosifica la gasolina de acuerdo a la corriente de aire que pasa por él, lo cual depende de la posición del pedal del acelerador, este sistema no toma en cuenta si existe un exceso de aire dentro de la cámara de combustión y solo inyectaba cierta cantidad de combustible sin tomar en cuenta lo anterior, por lo que muchas veces el motor se ahoga; en el sistema de inyección, ocurre lo siguiente: de acuerdo a distintas señales que la Unidad de Mando de control recibe de varios sensores como : la posición del acelerador, velocidad del vehículo, vacío en el múltiple de admisión y otras. La Unidad de Mando, calcula cuál es la cantidad exacta de gasolina que el motor requiere para responder y mediante los inyectores, inyecta exactamente la cantidad requerida el torrente del aire que entra al motor.

## **2.2 COMPONENTES**

Los componentes fundamentales del sistema de inyección electrónica de combustible son:

### **Sistema de alimentación**

El sistema de alimentación de combustible de un motor Otto consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible, que vaporiza o atomiza el combustible desde el estado líquido, en las

proporciones correctas para poder ser quemado y no crear productos reactivos de mas en el sistema.

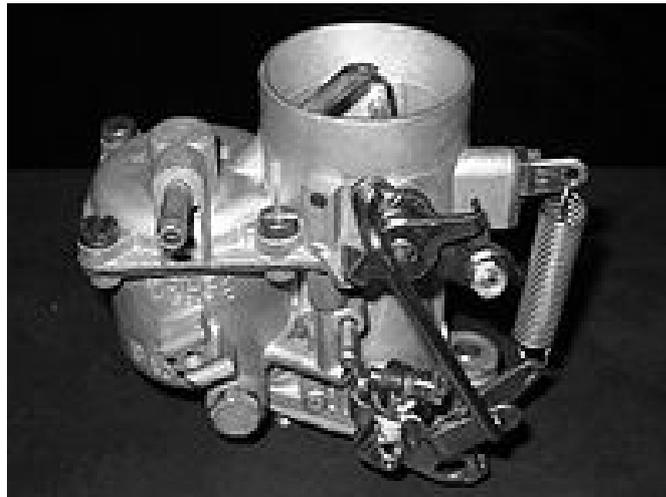


Figura 10. Carburador SOLEX monocuerpo.

#### Sistema de Distribución.

Cada cilindro toma el combustible en la etapa de admisión del ciclo Otto y expulsa los gases en la etapa 4 de expulsión a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas en las etapas de compresión, explosión y expansión, hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la cadena o la correa de distribución.



Figura 11. Válvulas y árbol de levas.

Ha habido otros diversos sistemas de distribución, entre ellos la distribución por camisa corredera la cual consiste en una válvula de camisa corredera que contiene una o más camisas mecanizadas con agujeros o lumbreras en posición

adecuada, que se ubican entre el pistón y la pared del cilindro, donde rotan y/o se deslizan para hacer coincidir sus agujeros con las lumbreras de admisión y escape del cilindro en el momento apropiado del ciclo del motor.

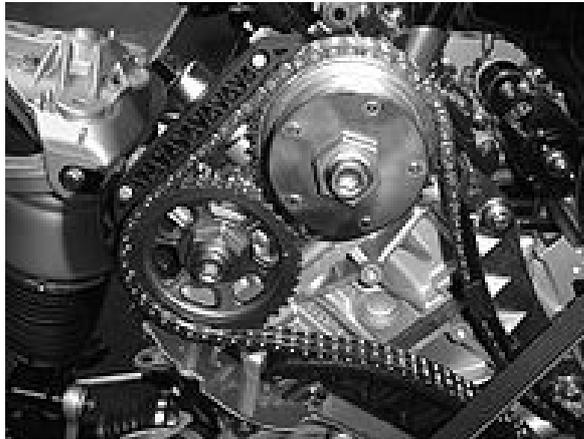


Figura 12. Cadena de distribución.

### Encendido

Los motores necesitan una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro.

En los motores Otto, el sistema de ignición consiste en un componente llamado bobina de encendido, que es un auto-transformador de alto voltaje al que está conectado un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca un impulso eléctrico de alto voltaje en el secundario.

Dicho impulso está sincronizado con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros; el impulso se lleva al cilindro correspondiente (aquel que está comprimido en ese momento) utilizando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía.

El dispositivo que produce la ignición es la bujía que, fijado en cada cilindro, dispone de dos electrodos separados unos milímetros, entre los cuales el impulso eléctrico produce una chispa, que inflama el combustible.

Si la bobina está en mal estado se sobrecalienta; esto produce pérdida de energía, aminora la chispa de las bujías y causa fallas en el sistema de encendido del automóvil ya que la mezcla de aire combustible no es debidamente quemada y los productos de combustión no son los adecuados, además de tener una pérdida de potencia.



Figura 13. Tapa del distribuidor.

### **Sistema de arranque**

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo.

Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal.

Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal. Ciertos motores grandes utilizan iniciadores explosivos que, mediante la explosión de un cartucho mueven una turbina acoplada al motor y proporcionan el oxígeno necesario para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

## **Refrigeración**

Dado que la combustión produce calor, el cual no es posible ser utilizado en su totalidad debido a la transferencia de calor en sus paredes, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fueraborda se refrigeran con aire.

Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador.

Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua. Esto provoca una alta presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua, así como en el radiador; se usa un anticongelante, pues no hierve a la misma temperatura que el agua, sino a más alta temperatura, y que tampoco se congela a temperaturas muy bajas.

Otra razón por la cual se debe usar un anticongelante es que éste no produce sarro ni sedimentos que se adhieran a las paredes del motor y del radiador, formando una capa aislante que disminuirá la capacidad de enfriamiento del sistema. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.<sup>16</sup>

## **2.3 TIPOS DE INYECCIÓN**

Partiendo de la base de que tratamos con sistemas de inyección electrónica. Establecerá una clasificación según la ubicación del inyector, el número de éstos y el modo de inyección:

### **Ubicación del inyector**

La inyección se puede hacer en la propia cámara de combustión, la tan extendida inyección directa en motores diesel y requiere un tipo especial de inyector que

<sup>16</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna)

resista las altas presiones de la cámara. Dada su privilegiada ubicación permite un control óptimo de la combustión, lo que la hace muy indicada para trabajar con mezcla pobre o ultra pobre bajo las que la inyección en colector (a continuación) no conseguiría combustión.



Figura 14: Sistema de inyección directa Audi FSI en cámara de combustión

También es posible inyectar el combustible en el colector de admisión (inyección indirecta) con el inyector situado después de la mariposa de admisión. Dirigiendo el spray de combustible en un ángulo y posición determinados respecto a la corriente de admisión, se consigue una mezcla muy homogénea y alto rendimiento.

Finalmente, también es posible inyectar antes de la mariposa de admisión, llamada comúnmente inyección en ducha. Permite más tiempo para la formación de una mezcla homogénea de aire/combustible y se usa frecuentemente en motores de altas prestaciones (F1, Superbikes) generalmente asociada a la inyección en colector después de la mariposa. Esta clase de inyección permite, para potencias específicas muy altas, utilizar inyectores de pequeño tamaño que atomizan mejor el combustible y cuyo caudal es suficiente para regímenes bajos/medios. A alto régimen, entran en funcionamiento los inyectores en ducha para aportar el caudal extra necesario. Es el tipo de inyección que aplica Honda a su modelo CBR 600RR o Ducati a las 748/998.



Figura 15: Inyectores en ducha de Ducati 998R. Se puede apreciar su ubicación a la entrada de colector, lejos de la mariposa de admisión.

### Número de inyectores

Éste apartado se refiere, al número de inyectores totales del motor en un motor multcilíndrico. Ésta es la base de clasificación de inyecciones monopunto: un solo inyector alimenta un colector que se divide para alimentar de mezcla cada cilindro (ver figura, donde el inyector se señala con 3d); multipunto: cada cilindro dispone de un inyector en colector, aunque la admisión de aire se realice según una mariposa de admisión común.

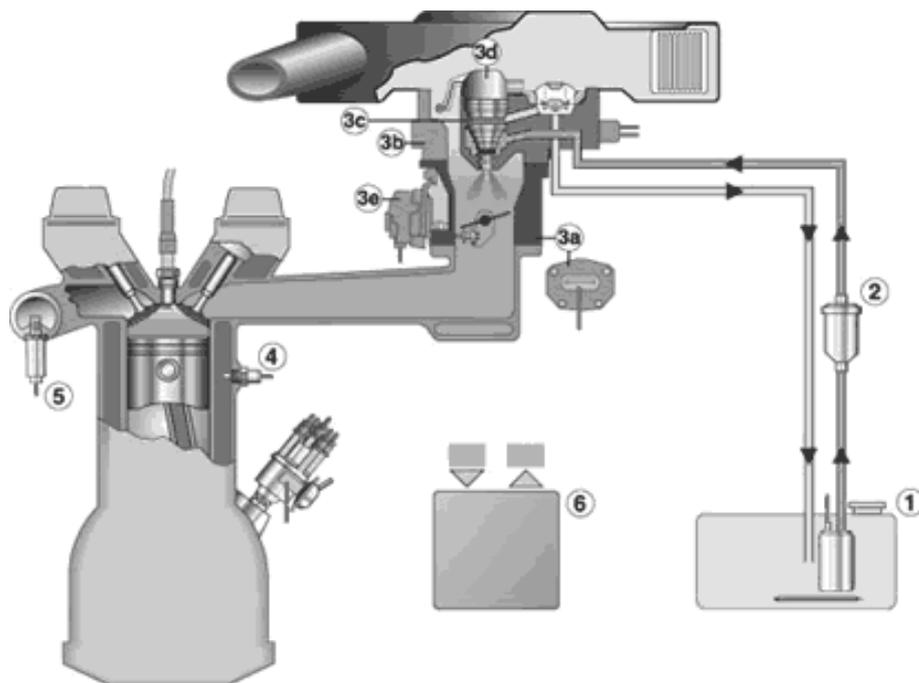


Figura 16: Sistema de inyección monopunto. Inyector único

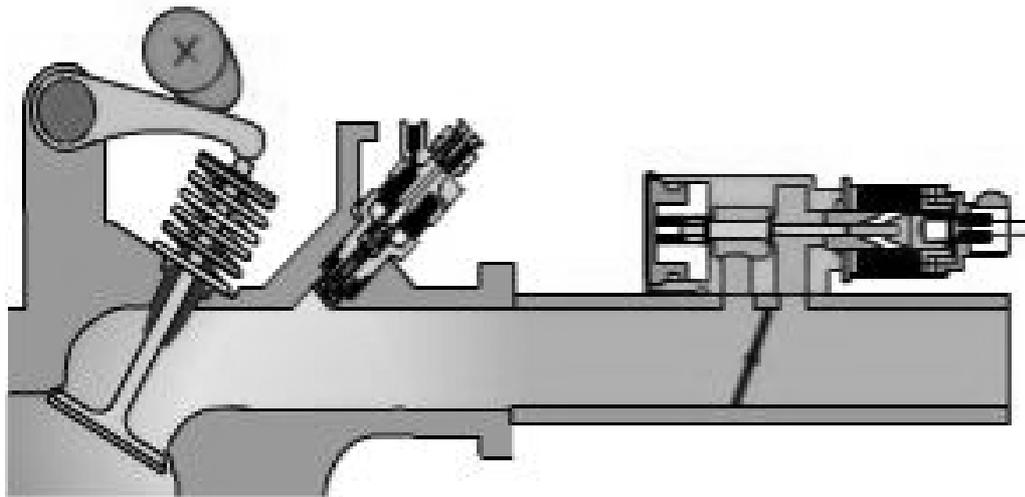


Figura 17: Sistema de inyección multipunto. Un inyector por cilindro

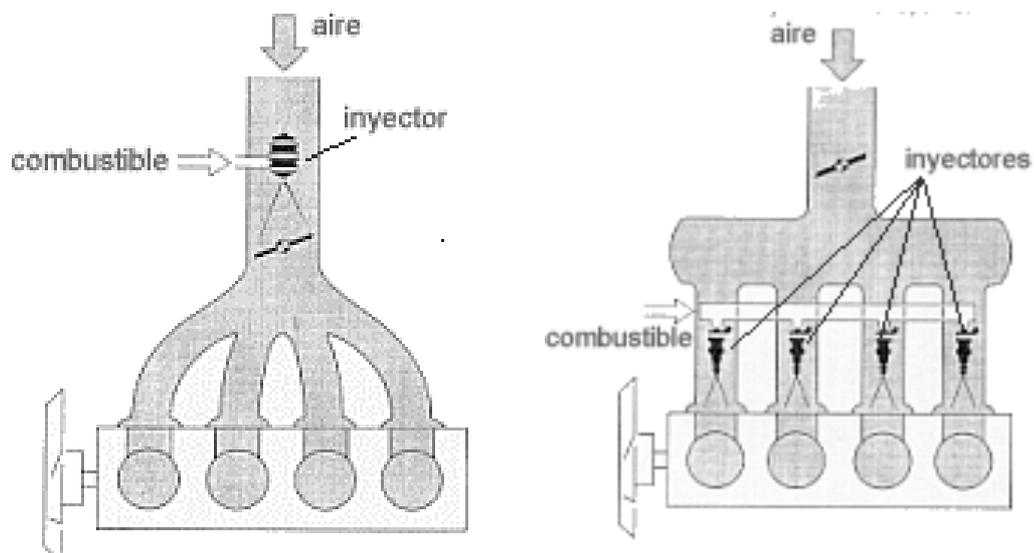


Figura 18: Sistemas de inyección monopunto (izquierda) y multipunto (derecha).

### Modo de inyección

El aporte de combustible se puede hacer de forma continua o intermitente. En general, la Unidad de Mando determina unos momentos de apertura y cierre del inyector (inyección intermitente) que será el tipo que se tratará a continuación por su mayor difusión.

Inyección intermitente simultánea: Los inyectores de todos los cilindros se abren y cierran a la vez sin importar la fase del ciclo de cada cilindro. De esta forma, el

combustible se acumula detrás de la válvula de admisión hasta la apertura de ésta en la fase correspondiente.

Inyección intermitente por bancada o semisecuencia: En este caso, la Unidad de Mando, identifica los cilindros de la misma bancada (típico de motores en V para evitar pulsaciones en la rampa de inyección), o bien, aquéllos que suben y bajan simultáneamente, como en el caso de un 4 cilindros, inyectar al mismo tiempo al 1-4 y 2-3.

Inyección secuencial: La verdad es que éste es un nombre que no convence en absoluto. La inyección desde el momento en que abre y cierra alternativamente (intermitentemente) es ya secuencial. Mejor sería llamarla temporizada, ya que, en realidad, se define perfectamente cuándo abre el inyector y cuándo cierra.

Esto permite que cada cilindro sea alimentado en la fase de admisión y en el momento más apropiado de ésta, definiendo momento de apertura y cierre en grados de cigüeñal. Tomando en cuenta el ángulo de encendido o de arranque que tiene cada cilindro de acuerdo a las condiciones en las que este trabajando.

Estas ventajas reducen considerablemente la adhesión de combustible a las paredes del colector, mejoran la mezcla y, por consiguiente, las emisiones contaminantes.



Figura 19: Sistema de control programable de inyección secuencial HALTECH

Las ventajas de la inyección temporizada son evidentes desde el punto de vista de las emisiones, lo cual puede ser un factor decisivo para algunos, pero también es cierto que los más preocupados por esta cuestión suelen ser técnicos, mecánicos o pilotos vinculados a la competición que desde luego, no lo primero que hacen es eliminar el catalizador de gases de escape (cuando lo permite el reglamento).

Pues queda claro que la inyección secuencial no ofrece ventajas de potencia a pleno gas y/o alto régimen. La explicación es clara: un motor girando a altas rpm dispone de muy poco tiempo para realizar la admisión lo que hace que también sea escaso el disponible para inyectar.

En un sistema secuencial sólo hay dos soluciones, o bien se mantiene el inyector abierto durante mucho tiempo, lo que obliga a abrir muy pronto y cerrar muy tarde, o bien se instalan inyectores de mayor caudal.

En el primer caso, se pierden las ventajas de inyectar en el momento óptimo de establecimiento de corriente de aire y, en el segundo, la calidad de atomización de combustible se pierde porque el inyector aumenta de tamaño. Es decir, se diluyen las ventajas respecto a un sistema que inyecte, por ejemplo, 2 a 2 o por bancada. La potencia empleada será menor que la que se puede generar de forma normal

Además, la inyección secuencial precisa de un sistema de sensores más amplio y complejo. No es suficiente con el sensor de posición y velocidad de cigüeñal, sino que además, la Unidad de Mando debe recibir información del árbol de levas para poder saber en qué fase del ciclo está cada cilindro.

Es decir; con el sensor de cigüeñal, sólo podemos saber que el pistón está arriba o abajo (para simplificar) pero, en un motor de 4 tiempos, estas posiciones pueden corresponder a 2 fases del ciclo. Así, con el pistón en el punto muerto superior, el cilindro puede estar empezando la fase de admisión o a punto de comenzar la de escape. El sensor del árbol de levas elimina esta incertidumbre.



Figura 20: Sensor de posición de árbol de levas Honda C

**CAPÍTULO**

**III**

**“COMPONENTES DEL  
MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA  
APLICADO AL SISTEMA  
MAGNETI MARELLI”**

## **“COMPONENTES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA APLICADO AL SISTEMA MAGNETI MARELLI”**

### **3.1 MAGNETI MARELLI**

Es una compañía internacional comandada al desarrollo y producción del sistema de alta tecnología y componentes del sector automotriz con sede en Italia.

Con un cambio brusco de 5.4 millones de Euros en 2008, sobre 33000 empleos, 67 sitios de producción (80 unidades de producción), 10 centros de R&D (*Robotics and Digital Technology*) y 28 centros de aplicación, el grupo tiene presencia en 16 países (Italia, Francia, Alemania; España, México, Estados Unidos, Japón, China, entre otros).

Magneti Marelli cuenta con una división de sistemas electrónicos con sede en Milán que distribuye sistemas electrónicos automotrices, así como un sector dedicado a ingeniar componentes de transmisión de automóviles, manufactura y técnicas de ventas de software y hardware aplicados a los componentes de inyección de los automóviles.<sup>18</sup>

### **3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN**

Este sistema de inyección posee tecnología “Speed Density” para el cálculo de la masa de aire, de la inyección secuencial, del funcionamiento en “Close Loop”, de la estrategia autoadaptativa, del control de detonación y de la estrategia “Go Home”.

#### **Sistema: “Speed Density” (Rotación-Densidad)**

La unidad de mando, a cada 180° de giro del cigüeña l, y ya sea la posición del pistón en el punto muerto superior o inferior, utiliza para calcular la masa de aire admitida las informaciones de rotación del motor, la presión absoluta en el colector de admisión y la temperatura del aire, por eso el término de “Speed Density” (Rotación-Densidad).

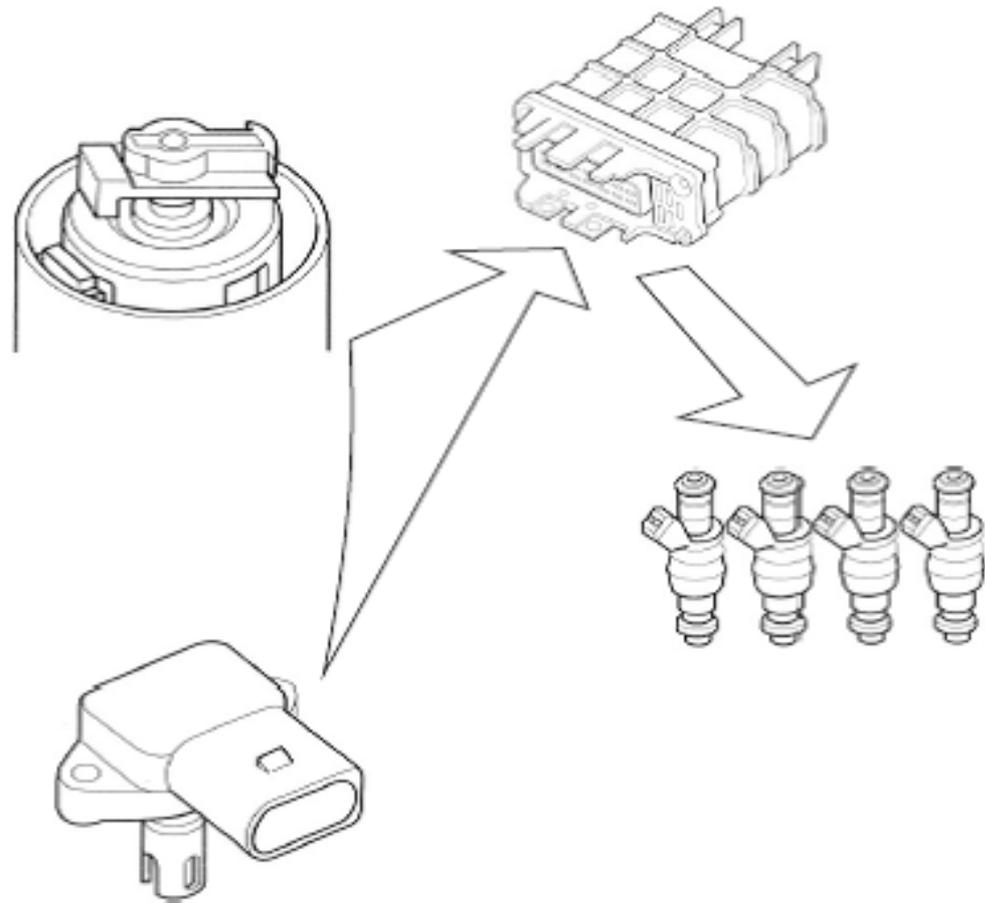


Figura 21. Armado del sistema "Speed Density"

A partir de este cálculo, la unidad determina la masa de combustible que será inyectada basándose en los campos característicos para una relación estequiométrica ideal.

### **Inyección Secuencial**

El sistema de inyección, además de ser multipunto, es dirigido para actuar secuencialmente en el tiempo de admisión de cada cilindro, siguiendo el orden de ignición del motor. Esta característica no permite que haya condensación de combustible en el colector de admisión, además de garantizar la mejor homogeneización y formación de la mezcla.

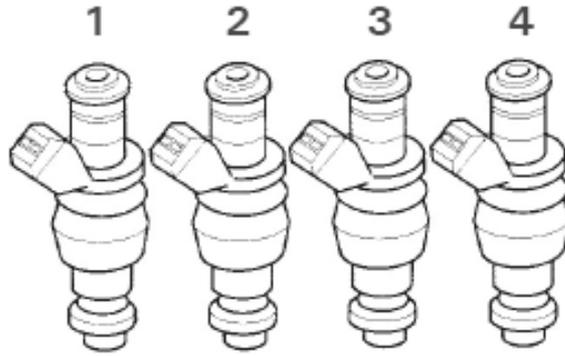


Figura 22. Inyectores de combustible.

### **Funcionamiento en “Close Loop” (Circuito Cerrado)**

A través del monitoreo de los gases de escape por la sonda lambda, la unidad es informada constantemente sobre la calidad de la mezcla y los productos de la combustión que salen del motor, y a través de esta información, establece las constantes correcciones de los tiempos de inyección procurando mantener el estrecho límite de lambda 1.

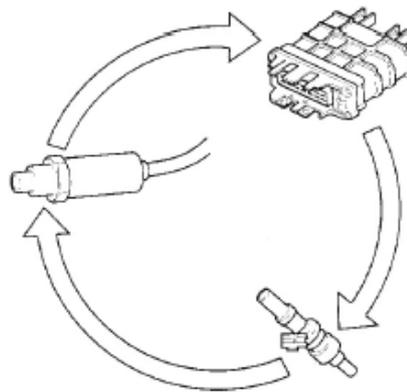


Figura 23. Circuito cerrado

### **Autoadaptación**

También llamada de aprendizaje, ella le permite la corrección automática de los principales parámetros de funcionamiento del motor como el avance del momento de encendido, el tiempo de inyección, etc.; procurando adecuar el sistema al

envejecimiento de los componentes del propio motor y/o variaciones en la calidad del combustible.

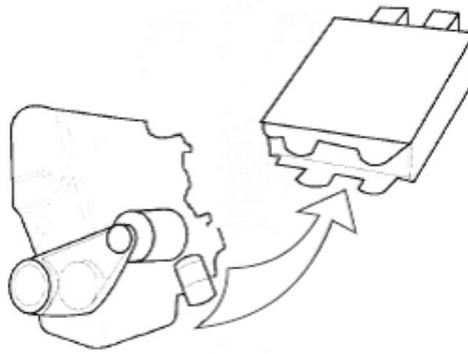


Figura 24. Modo de autoadaptación

### Control de Picado

La unidad de mando está calibrada con campos característicos (curvas de avance) para cada régimen de trabajo del motor. Si hay alguna señal de detonación, esa información será enviada a la unidad permitiendo con esto, que el motor trabaje con el máximo de avance y dentro de los límites de seguridad. Esto permite el control de detonación por cilindro, el avance adecuado a las variaciones de combustible y también, que el motor tenga una relación de compresión más elevada.

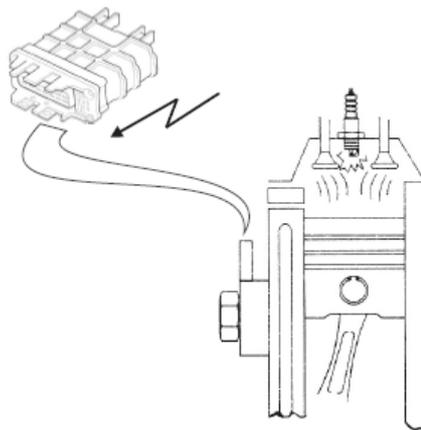


Figura 25. Posición del control de picado

### Programa “Go Home” (regreso a casa)

En caso de que exista una falla en algún sensor o actuador del sistema (excepto en el sensor de RPM'S), la unidad compensará la irregularidad a través de otro sensor/actuador o adoptará valores fijos de trabajo que se encuentran

almacenados en su memoria. Esta acción asegura el funcionamiento del motor, posibilitando el desplazamiento del vehículo por un tiempo.

El funcionamiento del sistema se basa en el procesamiento, por la unidad de mando, de las señales de entrada emitidas por los sensores que definen las condiciones de trabajo del motor.

### 3.3 COMPONENTES

#### Unidad de Mando (J382)

El sistema de inyección utiliza una unidad de mando para el motor, de tipo digital con programa de inyección secuencial, misma que forma la mezcla en el momento exacto de admisión de cada cilindro y controla la ignición por cilindro (ángulo de arranque), adecuándola a cada régimen de trabajo del motor.

Estas características de trabajo del sistema, unido al monitoreo "close loop", resulta en una elevada eficiencia de combustión y en excelente rendimiento con reducida emisión de contaminantes. Su localización en el vehículo varía en función de cada familia o modelos.

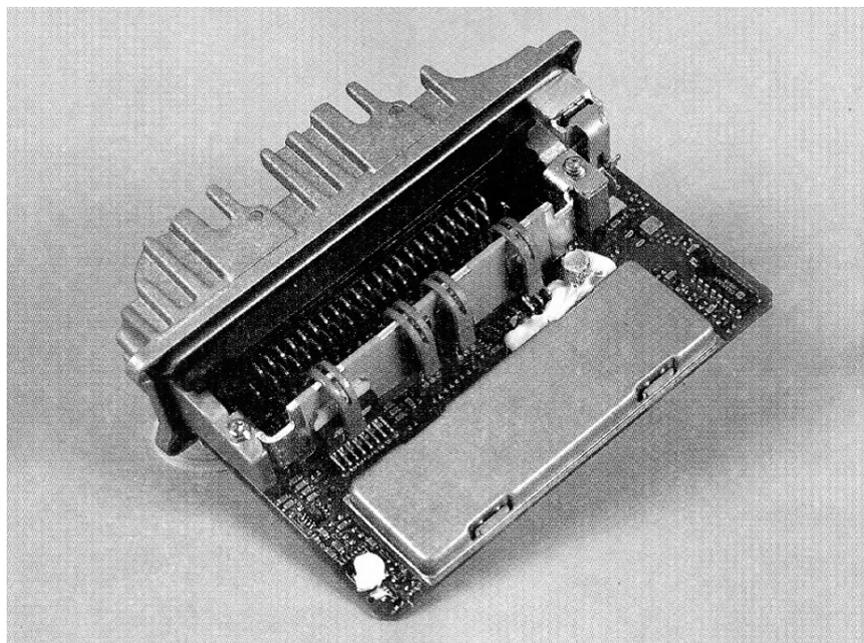


Figura 26. Unidad de mando.

Su memoria de diagnósticos tipo EPROM (Memoria no volátil) representa una importante evolución tecnológica, ya que no se apaga cuando hay interrupción en el abastecimiento de la energía eléctrica.

### **Alimentación Eléctrica de la Unidad**

Las unidades de mando poseen 45 pines y campos característicos que varían en función de la cilindrada del motor, combustible utilizado y características del vehículo como motorización transversal o longitudinal, peso, deportividad, etc. Su distribución de pines se puede ver en el dibujo siguiente.

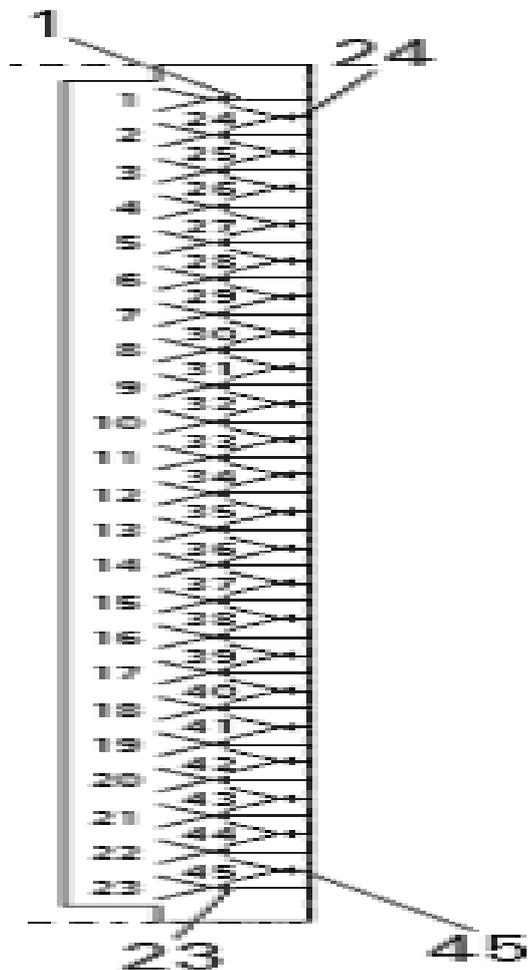


Figura 27. Distribución de pines y campos.

### **Sensores.**

Los sensores utilizados en los programas y unidades antes mencionados son:

Sensor Combinado, Sensor de carga en el Múltiple de Admisión (G71),  
Temperatura del Aire (G42)

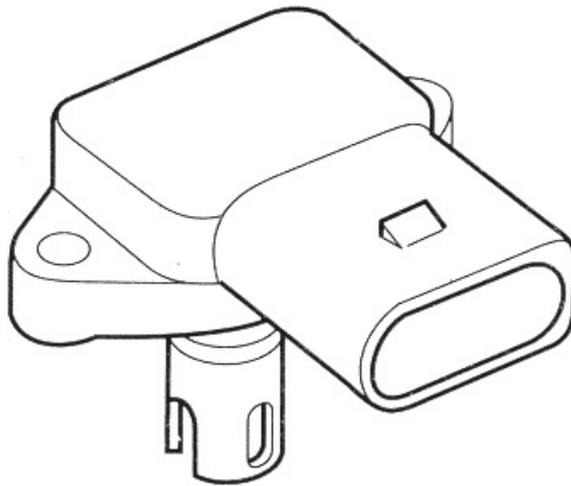


Figura 28. Sensor combinado

Sensor Hall de Rotación y Posición del Cigüeñal (G40).

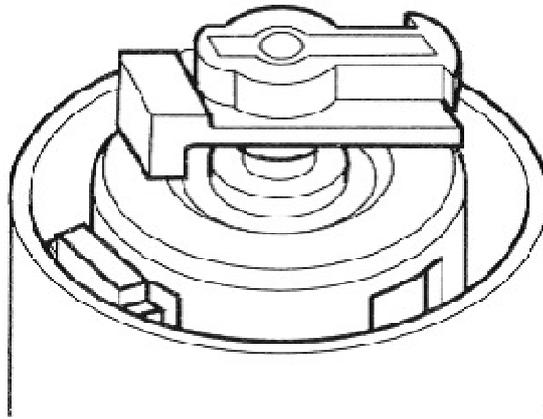


Figura 29. Sensor Hall

Sensor lambda (G39).

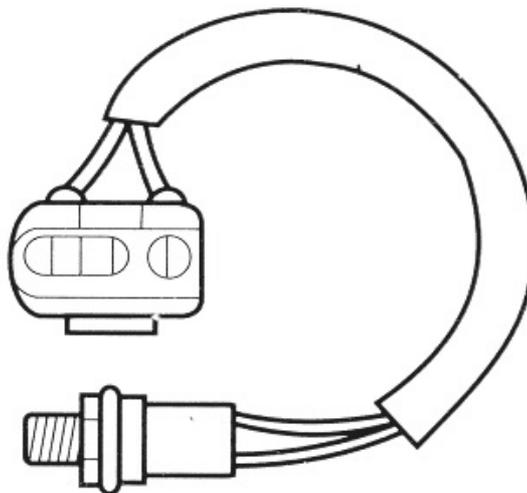


Figura 30. Sensor Lambda

Sensor de Picado (G61).

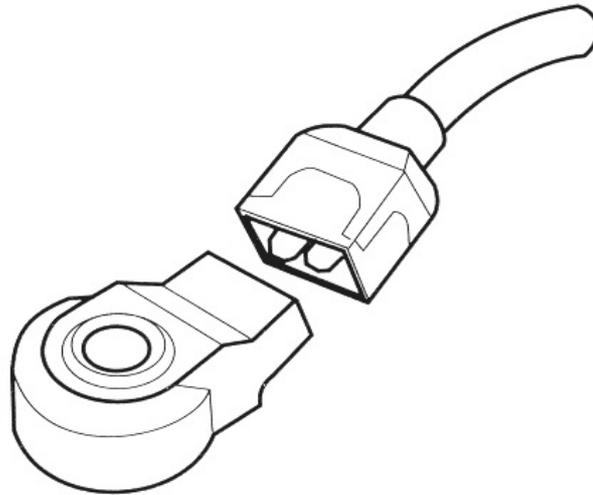


Figura 31. Sensor de Picado.

Sensor de la Temperatura del Motor (G62).

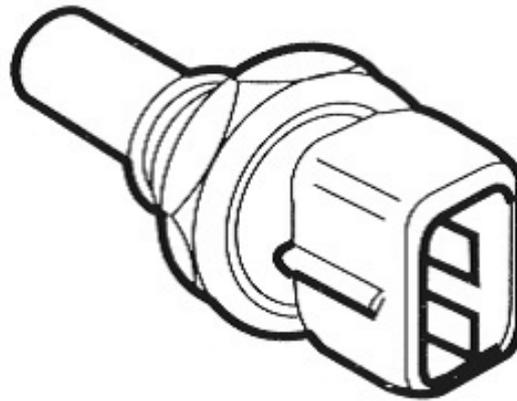


Figura 32. Sensor de la Temperatura

Potenci6metro de la Mariposa (G69).

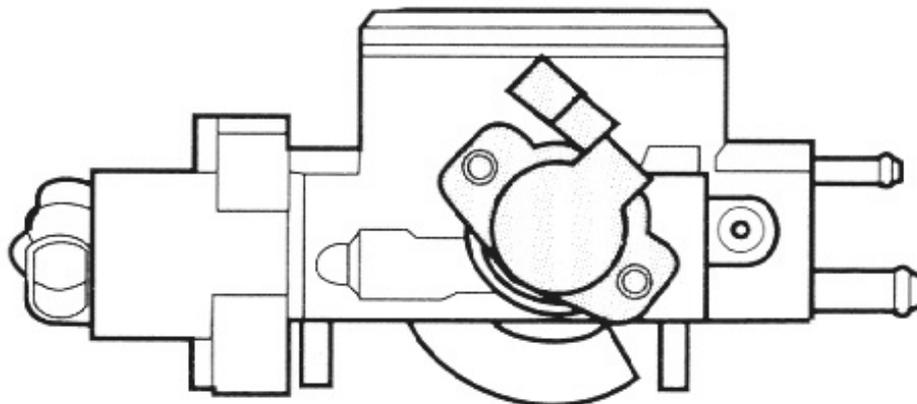


Figura 33. Potenci6metro de la Mariposa

Señal del Aire Acondicionado



Figura 34. Señal.

### Actuadores

Transformador de Encendido (N152)

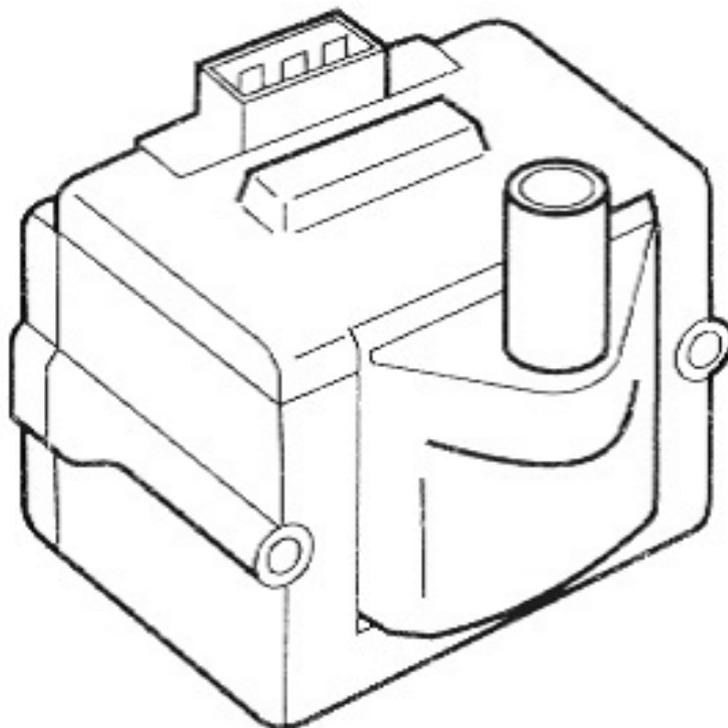


Figura 35. Transformador.

Inyectores de Combustible N30, N31, N32, N33.

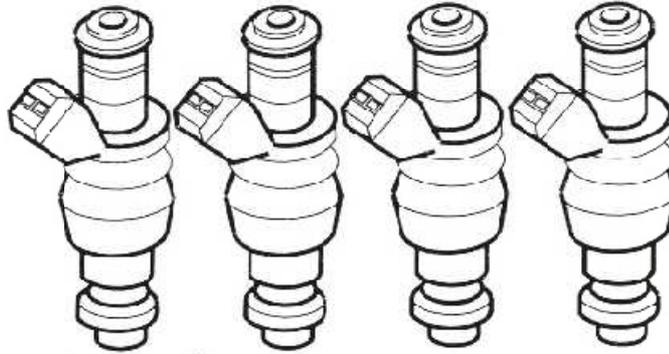


Figura 36. Inyectores.

Relé de la Bomba de Combustible (J17).

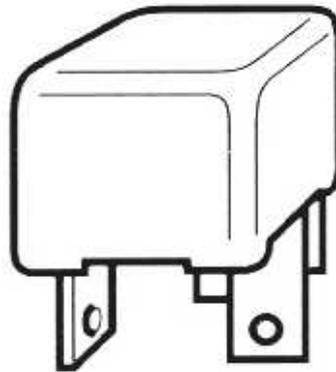


Figura 37. Relé.

Bomba de Combustible (G6).

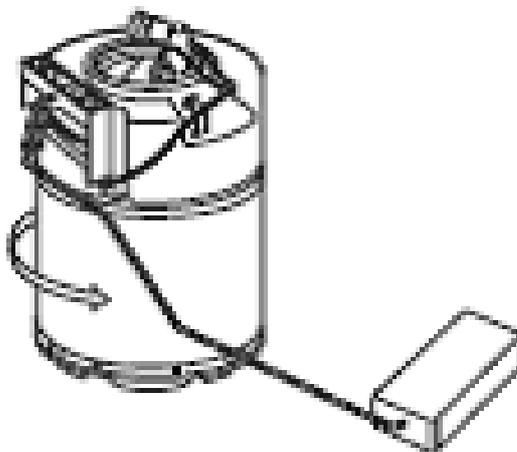


Figura 38. Bomba.

Válvula de Purga del Filtro de Carbón Activado (NSO).

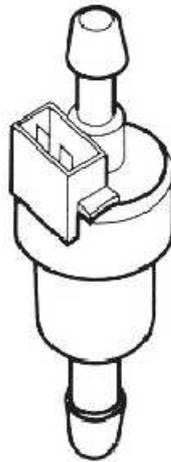


Figura 39. Válvula de Purga.

Motor de paso V60 Estabilizador Ralentí.

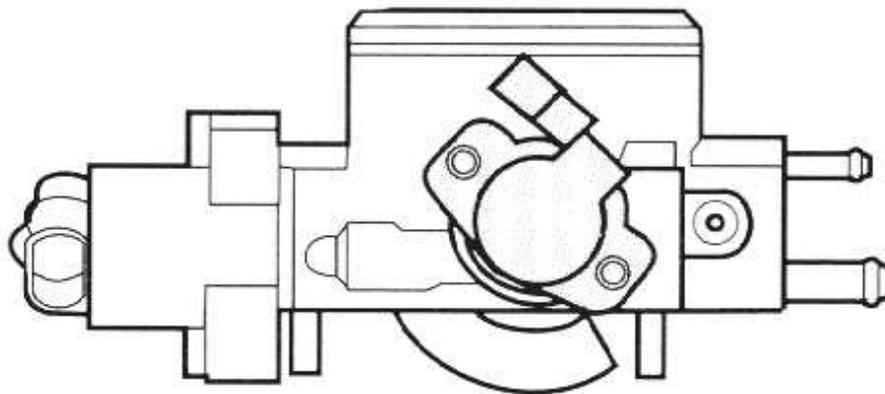


Figura 40. Motor de Paso.

Relé de Plena Potencia (Alimentación).

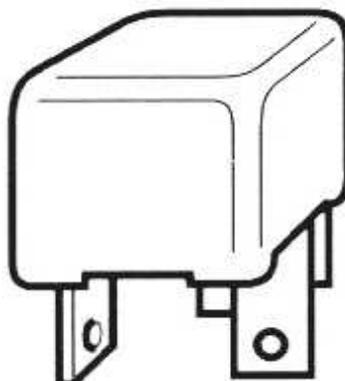


Figura 41. Relé.

## Compresor del Aire Acondicionado

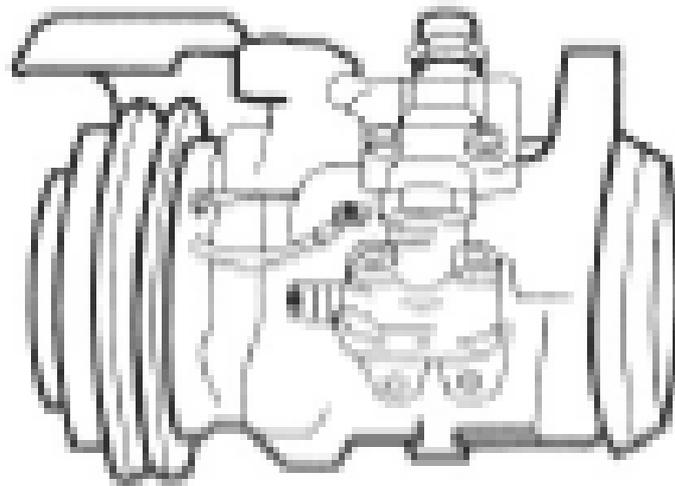


Figura 42. Compresor.<sup>19</sup>

El funcionamiento de los sensores y actuadores mencionados se verán en el capítulo IV.

**CAPÍTULO**  
**IV**  
**“SENSORES Y**  
**ACTUADORES”**

## “SENSORES Y ACTUADORES”

### 4.1 SENSORES

#### Sensor Hall de Rotación y Posición del cigüeñal

Este sensor, que forma parte del propio distribuidor de encendido, envía señales a la unidad de mando para calcular la rotación del motor e identificar la posición del primer cilindro para sincronizar la inyección secuencial y el control por cilindro. El sensor se encuentra formado de un imán permanente, de un circuito integrado Hall el cual funciona por medio del efecto hall y de un rotor metálico con cuatro ventanas fijado directamente al árbol del distribuidor.

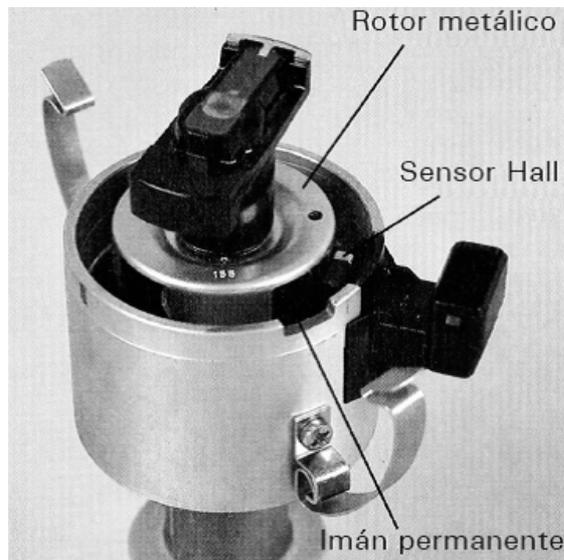


Figura 43. Distribución de componentes en el distribuidor

El sensor Hall es energizado directamente por la unidad de mando del sistema, y su funcionamiento se basa en emisión de señales negativas que generan, internamente en la unidad, una tensión de 12V.

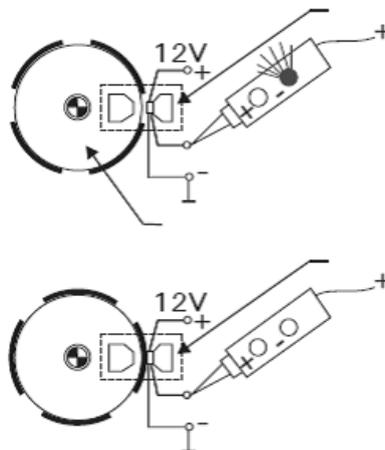


Figura 44. Energización del sensor Hall.

Cuando la ventana del rotor metálico esté entre el imán permanente y el sensor, el campo magnético del imán consigue llegar hasta el sensor. En esta condición la señal negativa producida genera en la unidad una diferencia de potencial de 5 V. Cuando la ventana esté cerrada por el rotor metálico, el campo magnético no llega hasta el sensor. En esta condición la señal generada es de 0V.

Para calcular la velocidad del motor, la Unidad de Mando hace un conteo del tiempo de la variación entre 0 y 5V. Con este tiempo la Unidad de Mando consigue saber la frecuencia y, consecuentemente, las RPM del motor.

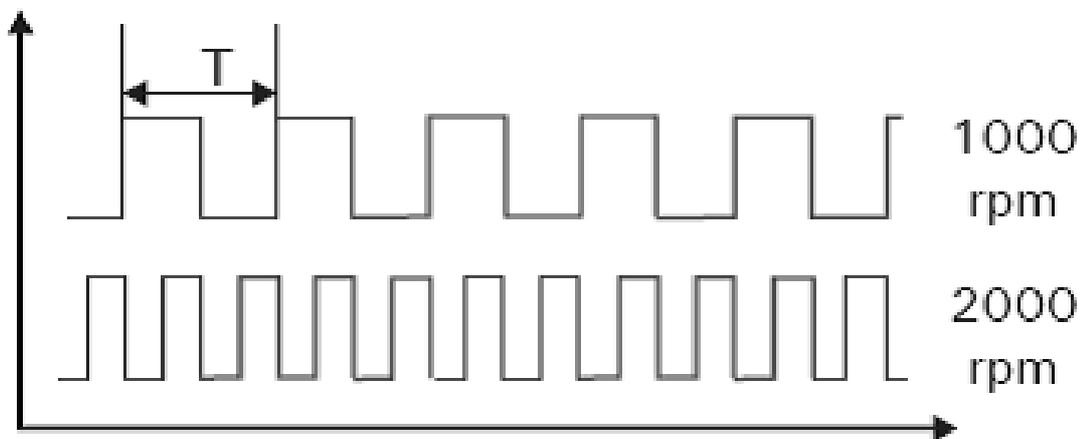


Figura 45. Variación de voltaje en relación a las rpm del motor

La identificación del primer cilindro es realizada por una ventana mayor del rotor metálico. Esta ventana, cuando se encuentra expuesta el sensor Hall, corresponde al cigüeñal a  $72^\circ$  APMS (antes del punto muerto superior).

En cuanto a las ventanas de los demás cilindros, cuando ellas se encuentren expuestas también corresponden a  $72^\circ$  APMS, sin embargo su exposición se encierra pasados los  $66^\circ$ , faltando con esto  $6^\circ$  para que el pistón alcance el PMS ya que sus ventanas son menores. Estos ángulos son independientes del ángulo de arranque de cada cilindro.

Con esta variación, la unidad de mando obtiene también informaciones de la posición angular del cigüeñal.

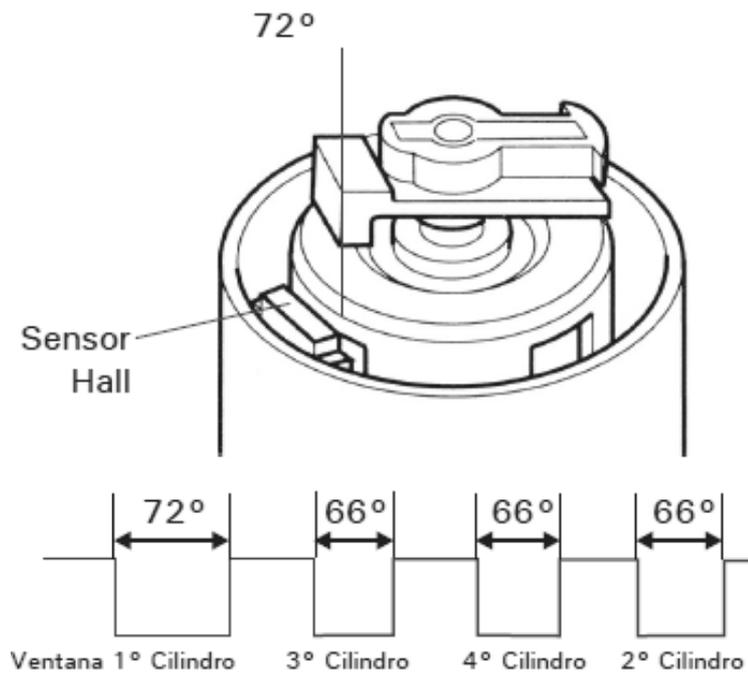


Figura 46. Ángulos de cada cilindro

La ventana correspondiente a la posición de PMS (punto muerto superior) en la fase de combustión del primer cilindro es 6° mayor de lo que las ventanas de los demás cilindros. De esta forma, la señal Hall será generada al detectarse la apertura de las ventanas del rotor metálico produciéndose 72° antes del PMS en todos los cilindros. En los cilindros 3, 4 y 2, cuando la señal Hall sea interrumpida, faltarán 6° para que estos cilindros entren en PMS.

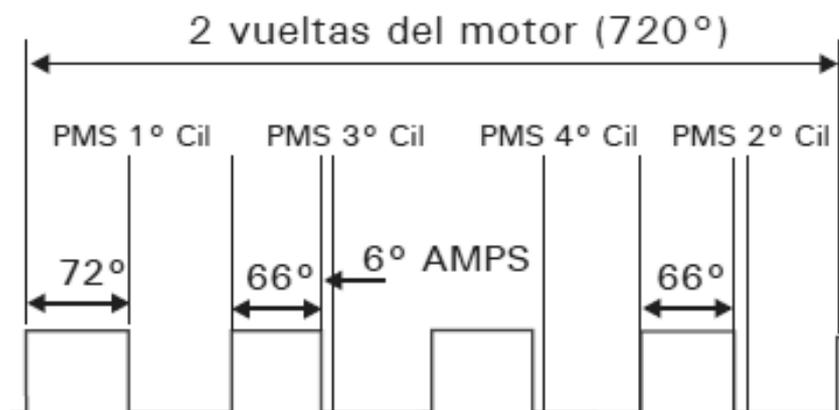


Figura 47. Comportamiento de los cilindros a 2 vueltas

La alimentación eléctrica del sensor Hall se realiza por la propia unidad que provee una tensión de 12V a través del pin 29, que provee el positivo, y del pin, 5, que es el negativo de los sensores. La señal Hall es enviada a la unidad a través del pin 16.

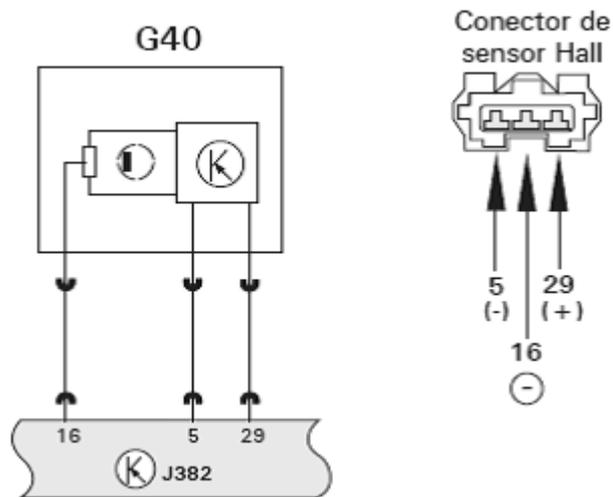


Figura 48. Conexión del sensor a la central

### Sensor de Carga en el Múltiple (G71) y de la Temperatura del Aire (G42)

En este sistema estos sensores actúan de forma combinada en un único componente fijado al propio múltiple de admisión. Su función es informar a la unidad de mando la presión en el múltiple y de la temperatura del aire para que, junto con la información de RPM del motor, la unidad pueda calcular el tiempo de inyección (Sistema Speed Density) y el momento de encendido adecuado.



Figura 49. Colocación del sensor.

El sensor de carga está compuesto por una membrana sometida a la presión existente en el colector y por un elemento piezoeléctrico que registra la modificación de la forma de esta membrana. Así mismo, esta variación mecánica es transformada en señal eléctrica para la unidad de mando. Su voltaje de referencia es de 5V y de acuerdo a como es aplicada la carga con el acelerador

(Variación de presión múltiple) la respuesta para la UM puede variar entre 0.25 y 4.8V.

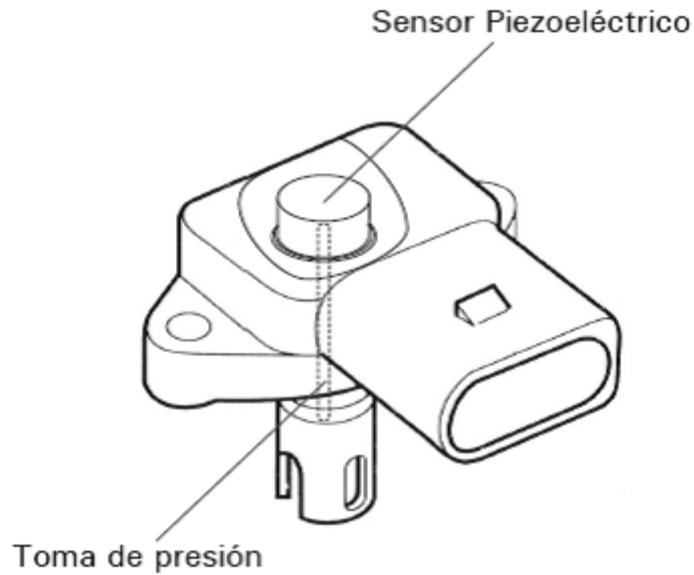


Figura 50. Componentes del sensor.

De esta forma la variación de la tensión de señal para la unidad de mando ocurre conforme a la gráfica, de acuerdo a los siguientes valores:

Valores de presión	Voltaje
5 cmHg	2.5 V
10 cmHg	2.3 V
15 cmHg	2.2 V
20 cmHg	1.9 V
25 cmHg	1.6 V
30 cmHg	1.3 V
35 cmHg	0.9 V
40 cmHg	0.7 V
45 cmHg	0.5 V
50 cmHg	0.25 V
55 cmHg	0.12 V

Tabla 5. Valores de presión y voltaje

El sensor de la temperatura del aire (G42) es una resistencia con coeficiente negativo, es decir, cuando aumenta la temperatura del aire, su resistencia eléctrica disminuye.

La temperatura del aire es necesaria para que la unidad pueda calcular la masa de aire que está siendo admitida por el motor.

La variación de la resistencia en función de la temperatura, ocurre conforme a la gráfica, de acuerdo con los siguientes valores de la tabla y gráfica:

Temperatura +/- 1° C	Resistencia kΩ
10	3.24-4.39
25	1.74-2.35
40	0.35-0.46
85	0.24-0.27
100	0.16-0.18

Tabla 6. Valores de resistencia con respecto a temperatura

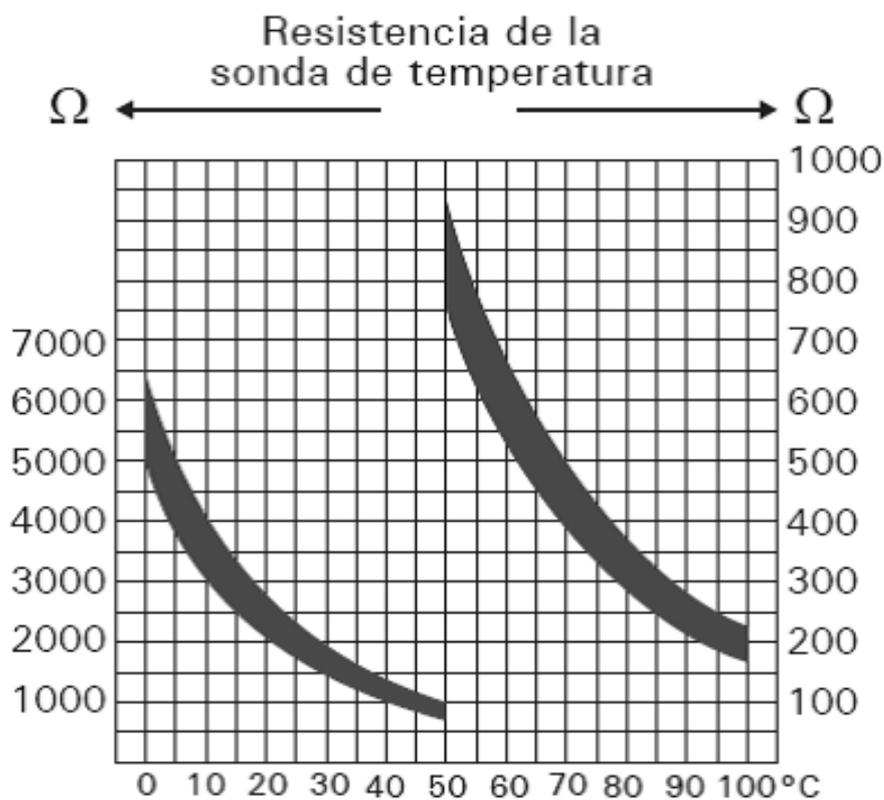


Figura 51. Gráfica Resistencia-Temperatura

La alimentación eléctrica de este sensor combinado con la unidad sucede de la siguiente forma: -La unidad alimenta los sensores con una tensión de 5V por los pines 8 (positivo) y 5 (negativo). La señal de la presión en el colector es enviada para la unidad a través del pin 17 y la señal de la temperatura del aire es enviada para la unidad por el pin 39.

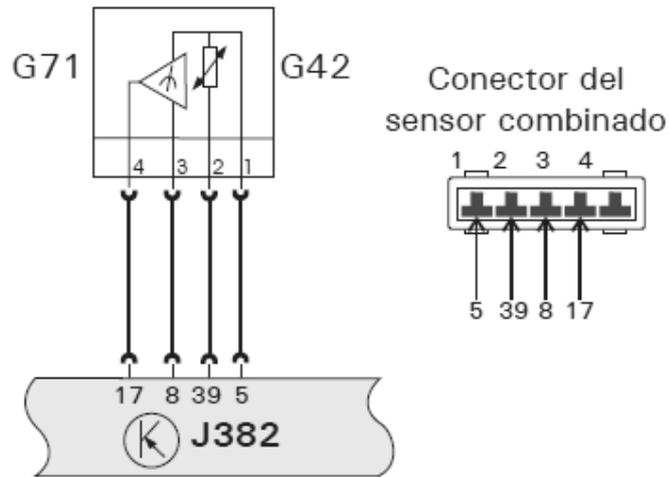


Figura 52. Conexión del sensor a la U. M.

### Potenciómetro de la Mariposa (G69)

Este sensor se encuentra constituido por un potenciómetro cuya parte móvil se encuentra conectada directamente con el eje de la mariposa. Su función es informar a la unidad de mando sobre la posición angular de la mariposa del acelerador y también sobre la velocidad con que la mariposa es accionada.

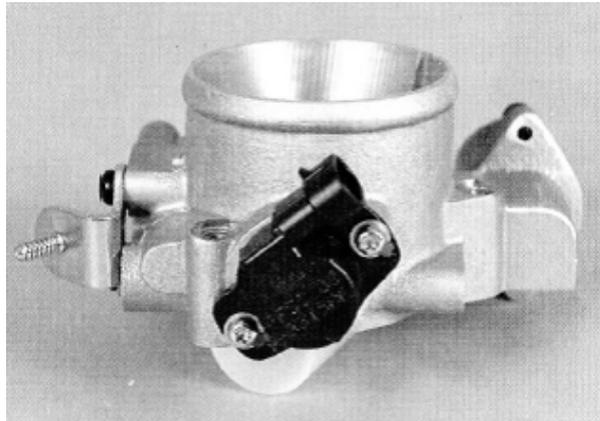


Figura 53. Localización del potenciómetro en la mariposa

Este sensor es alimentado por la unidad con una tensión de 5V y, de acuerdo con el movimiento de rotación del eje, ocurre la variación de su resistencia eléctrica. La tensión obtenida por esa variación de la resistencia eléctrica es enviada a la unidad como la señal de la posición de la mariposa del acelerador.

Estos programas son adoptados de la siguiente manera:

-Con la mariposa totalmente cerrada, el contacto del sensor está posicionado en su resistencia máxima, produciendo como señal para la unidad, un valor mínimo

de tensión. La unidad, con esta señal, hace el monitoreo de la velocidad del motor cuando éste está caliente.

-Al iniciar la aceleración, la variación progresiva de la tensión, generada por el sensor, hace que la unidad efectúe el tiempo de encendido el enriquecimiento de aceleración y avance de acuerdo con la carga de presión y RPM exigida. Estas reacciones de la unidad de mando varían de acuerdo a la velocidad con que se pisa el acelerador.

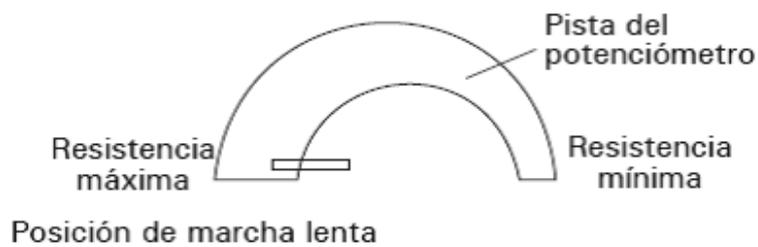


Figura 54. Recorrido del potenciómetro

-En régimen de desaceleración (o sea, estando la mariposa cerrada y las RPM del motor elevada con alto vacío en el múltiple), la unidad ejecuta el programa "cut-off" cortando la alimentación de combustible durante esta etapa.

-En un régimen de aceleración por encima del 70% la unidad desactiva mediante un relé, (de plena potencia) el embrague del compresor de aire acondicionado para aprovechar la potencia del motor.

-En caso de falla en este sensor la unidad adoptará 2 valores fijos: la señal de mariposa cerrada para dirigir la marcha-lenta y la señal de mariposa abierta para asumir la referencia máxima.

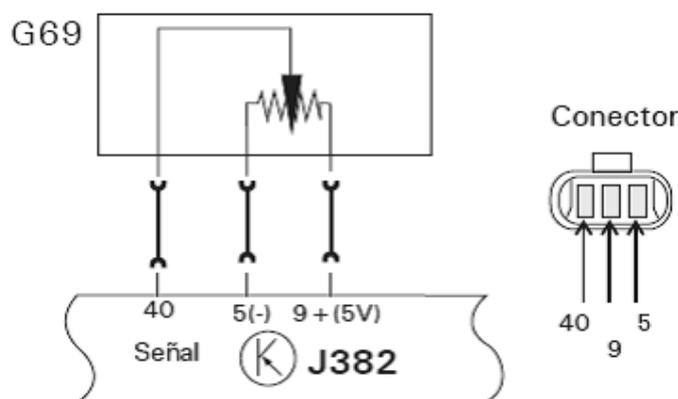


Figura 56. Conexión del sensor a la central

Resistencia entre los pines 5 y 9	Apertura de la mariposa	Tensión
960 a 1440 $\Omega$	Marcha-lenta	0.45 a 1.04 v
	Potencia plena	4.18 a 5.0 v

Tabla 7. Características de los pines

## Sensor de Temperatura del Motor (G62)

Fijado en la culata, este sensor está constituido por un resistor NTC (negative temperatura coefficient) o coeficiente negativo de temperaturas. Su función es informar a la unidad sobre la temperatura del líquido de enfriamiento para que ésta pueda ejecutar programas de arranque en frío, motor en calentamiento y a temperatura normal de trabajo.

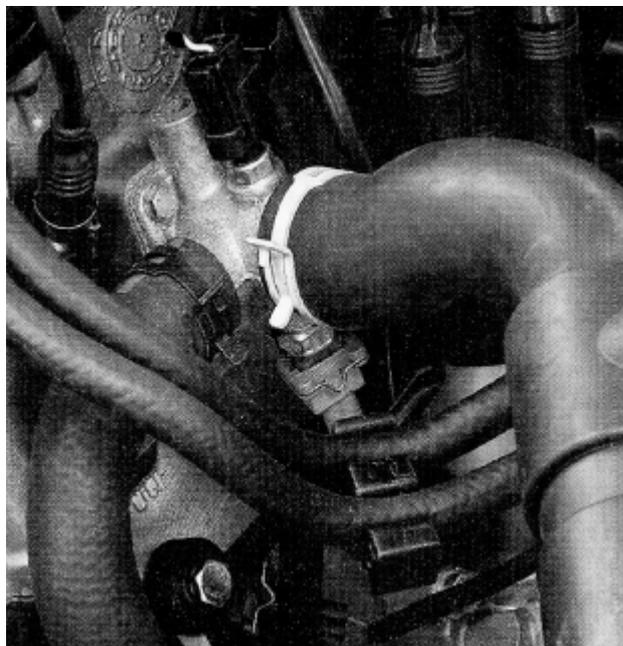


Figura 57. Localización del sensor

Alimentado con 5V por la unidad a través de los pines 38(+) y 5 (-), el resistor tiene una variación de resistencia en función de la temperatura. Cuanto más baja sea la temperatura, mayor será el valor de la resistencia. Luego, con la tensión de trabajo variando en función de la resistencia, la unidad hace cambios en el tiempo de inyección de forma que pueda adecuar las condiciones instantáneas de trabajo del motor.

Cuando también haya falla en el sensor de la temperatura del aire simultáneamente con el sensor de la temperatura del motor, la unidad adoptará

como valor inicial de funcionamiento la temperatura de 10° C e irá creciendo, de 1° C en 1° C hasta llegar a los 80° C.

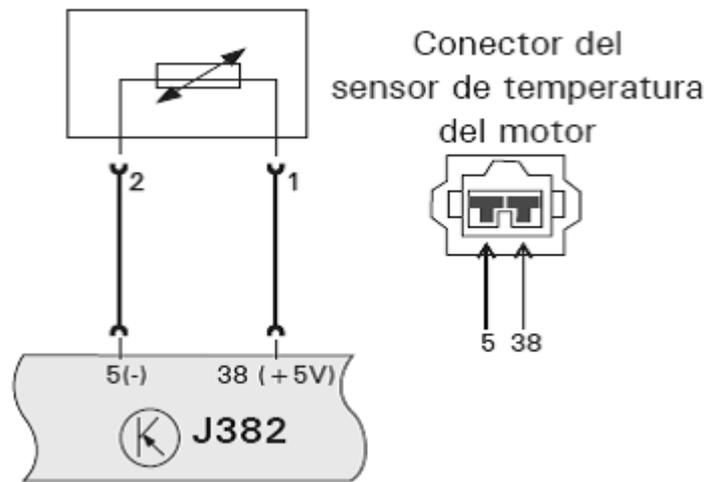


Figura 58. Conexión del sensor a la central

En la falla de este sensor la unidad entrará en el programa “Go Home” adoptando la última temperatura obtenida como parámetro de trabajo. Por ejemplo: Si la última temperatura obtenida fue 80° C éste será el parámetro de trabajo en la situación “Go Home”. Con el motor apagado llega su enfriamiento. Con el motor encendido, la unidad hace la lectura de la temperatura del aire y, gradualmente, va elevando la temperatura adoptada como referencia hasta llegar a los 80° C.

Resistencia entre los pines	Temperatura ° C	Valor KΩ
38 a 5	25	285-315
	40	151-167
	80	0.35-0.38
	100	0.19-0.21

Tabla 8. Características de los pines

### Sensor de Picado (G61)

Este sensor se encuentra fijado lateralmente sobre el block del motor y tiene como función el detectar la existencia de la vibración en la cámara de combustión para que la unidad pueda eliminarla retrasando el avance del tiempo de encendido (ángulo de arranque).

Este sensor cuenta con un cristal con capacidad piezoeléctrica, es decir, cuando el sensor sufre alguna vibración, el sensor produce una tensión con una intensidad equivalente a la vibración sufrida.

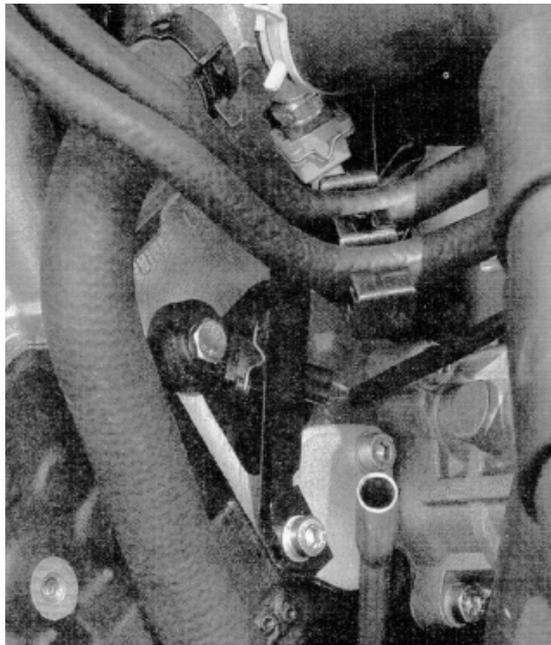


Figura 59. Localización del sensor

Esta vibración es entonces recibida por la Unidad de Mando y, cuando la señal rebase el límite que indica un inicio de cascabeleo, la unidad de mando retrasa el avance del encendido entre  $1^\circ$  y  $1.5^\circ$  en todos los cilindros e identifica al cilindro con cascabeleo. En seguida la Unidad de Mando establece que la próxima ignición en el cilindro cascabeleando sea retrasada entre  $1^\circ$  y  $1.5^\circ$  con respecto al ángulo de arranque que son  $5^\circ$  o  $10^\circ$  con respecto a la vertical. Esta medida será tomada en cuanto haya un cascabeleo en el cilindro estando limitado a  $150^\circ$  de atraso máximo en el avance del encendido.

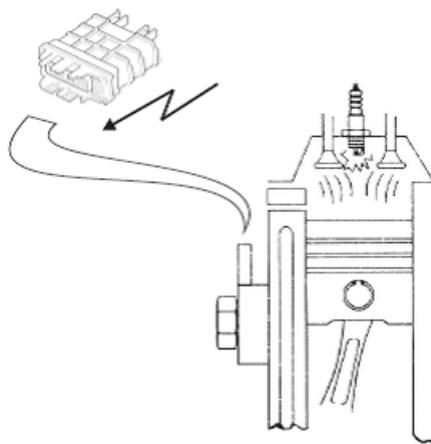


Figura 60. Funcionamiento con respecto al cilindro en vibración

Habiendo una eliminación de la vibración, la unidad efectúa la recuperación del avance del encendido en  $0.5^\circ$  a cada 30 o 40 puntos muertos superiores realizados por el cilindro en vibración.

Este sensor está unido a la unidad de mando a través de los pines 42 y 43 que son por donde ella recibe la señal y la conexión malla metálica del apantallado.

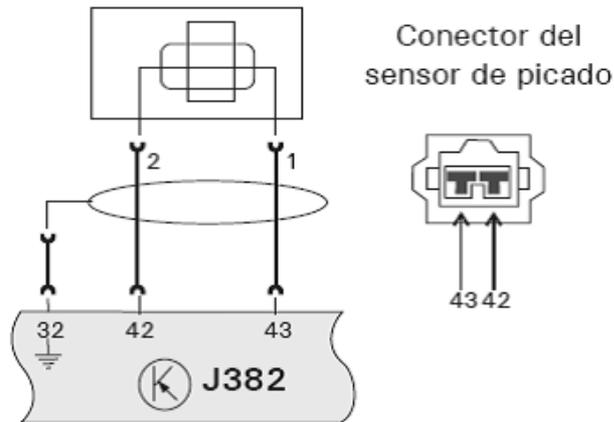


Figura 61. Conexión del sensor a la central

### Sonda de oxígeno o sonda Lambda (G39)

Localizada en el primer tubo del sistema de escape, este sensor, compuesto de óxido de circonio, tiene la finalidad de informar la cantidad de oxígeno residual en los gases de escape. Basándose en esta señal, la unidad corrige el tiempo básico de inyección con el objetivo de mantener la composición de la mezcla  $\lambda=1$ . Para eso la sonda lambda genera una tensión que varía de acuerdo con la presencia de oxígeno en los gases de escape, comparando con la cantidad de oxígeno existente en el aire ambiente que es conducido a la sonda, a través de sus hilos, por el espacio existente entre los conductores y el aislante.

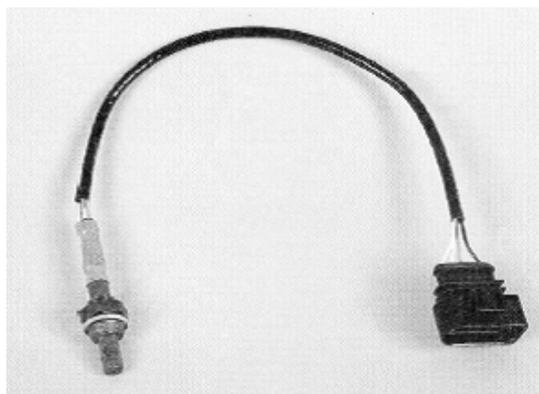


Figura 62. Sensor Lambda

Para que este sensor tenga plena condición de trabajo necesita aproximadamente de 300°C de temperatura en su punta cerámica. Mientras esta temperatura no sea alcanzada, la sonda lambda estará indicando continuamente una mezcla pobre. En esta condición, la unidad de mando no considera su información adoptando

tiempos de inyección básicos de acuerdo con sus cálculos. A la primera señal de mezcla rica enviada por la sonda, la unidad pasa a hacer correcciones en los tiempos de inyección comandados en el sentido de empobrecer o enriquecer la mezcla. Al programa se le da el nombre de “Close Loop” (circuito cerrado).

En aceleraciones por encima del 70%, la unidad deja de considerar las informaciones de lambda y procede a trabajar en “open loop” (circuito abierto), pues son condiciones de plena potencia donde las mezclas ligeramente ricas son más adecuadas a éste régimen de trabajo.

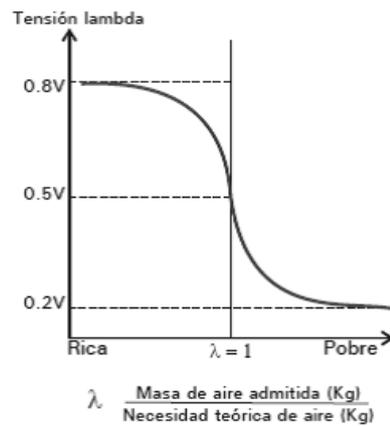


Figura 63. Gráfica mezcla vs Tensión

Este sensor posee un sistema de calefacción interna que cuyo objetivo es reducir el tiempo de calentamiento que sería necesario utilizándose solamente los gases de escape. Este sistema está constituido por el resistor PTC que es alimentado por el relé de la bomba de combustible.

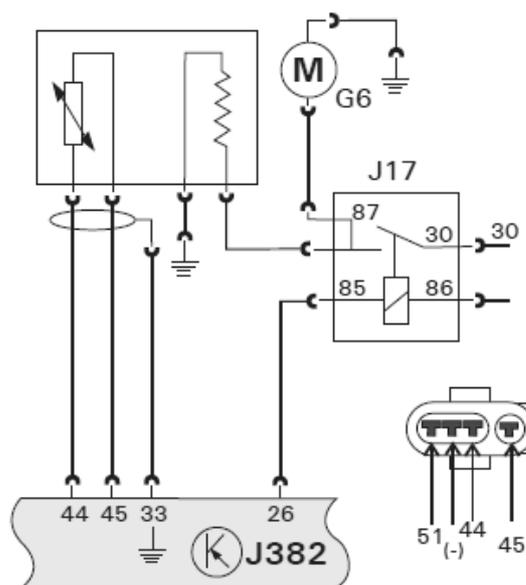


Figura 64. Conexión del sensor a la central

## 4.2 ACTUADORES

Como se vio en el capítulo III, el control del motor en el sistema se basa en una Unidad de Mando micro controlada. Esta recibe una serie de señales provenientes de los sensores del sistema donde esas informaciones son procesadas y la unidad envía sus comandos a sus actuadores.<sup>20</sup>

**CAPÍTULO**  
**V**  
**“FUNCIONAMIENTO DE**  
**LA INYECCIÓN**  
**ELECTRONICA MAGNETI**  
**MARELLI”**

# FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCION ELECTRONICA MAGNETI MARELLI

## 5.1 ANTECEDENTES

Como se vio en el capítulo III: “las Unidades de Mando poseen 45 pines que varían en función de la cilindrada, combustible utilizado y características del vehículo (motorización transversal o longitudinal, peso, deportividad)”. Esta distribución de pines se puede observar en el siguiente circuito acorde al tipo de motor que se está utilizando.

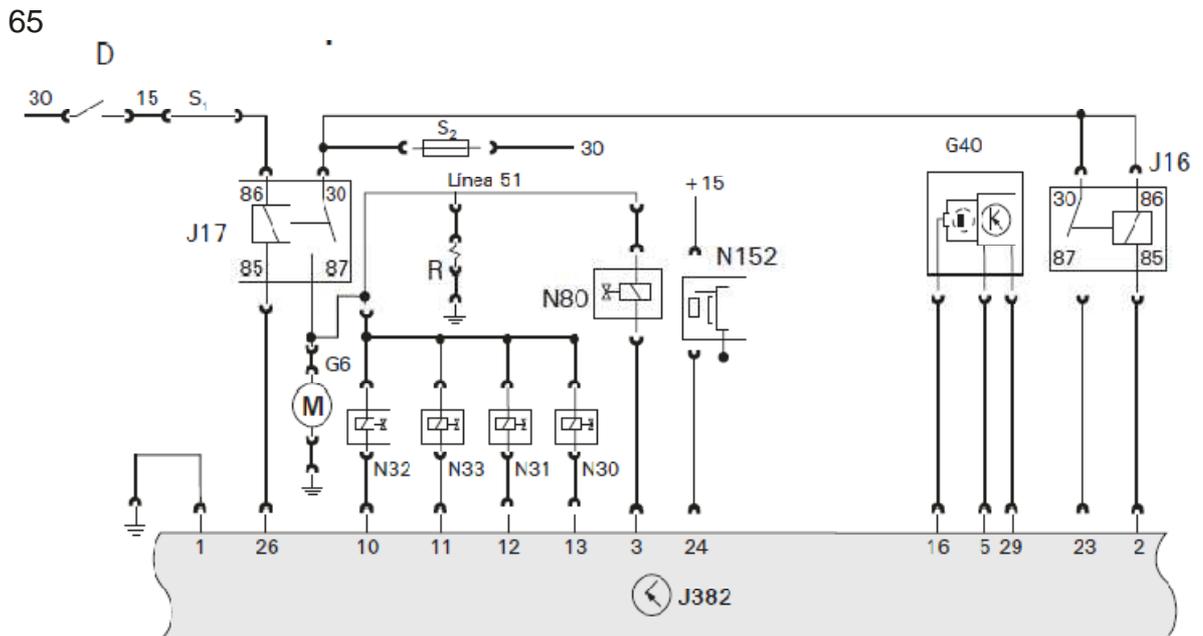


Figura 65. Esquema eléctrico de activación.

## 5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

- D ..... Llave de Ignición y Partida
- J16 ..... Relé de alimentación de la unidad de mando
- J17 ..... Relé de la Bomba de Combustible
- J382 ..... Unidad de Mando
- R ..... Resistencia de calefacción de la Sonda Lambda
- N30 a N33 inyectores
- N80..... Válvula de purga del Filtro de carbón activado (AKF)
- N152..... Transformador de Encendido
- G40 ..... Emisor de Impulsos Hall
- Corriente 87 ..... Alimentación Positiva de los actuadores
- S1..... Fusible

S2..... Fusible

### 5.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES

En el diagrama anterior, se puede observar que la alimentación de negativo de la unidad sucede a través del pin 1. Su alimentación de positivo sucede en las siguientes condiciones a algunas estrategias de trabajo a saber:

Al encender el switch de encendido: En esta condición, la línea 15 pasa corriente por el Solenoide del relé de la bomba de combustible (J17), entrando como la señal de switch de encendido conectado y energizando la unidad (J382) por el pin 26.

Con esta señal la unidad alimenta por el pin 2 al relé del sistema de inyección (J16) con negativo, energizando su línea de mando. De esta forma, el relé del sistema de inyección alimentará a la unidad con positivo por el pin 23.

Con la entrada de positivo por el pin 23, la unidad alimentará el relé de la bomba de combustible (J17) con negativo a través de su pin 26, energizando la línea 87 por aproximadamente 3 segundos. Esta acción procura elevar la presión de la línea de combustible del sistema preparando el arranque del motor. Simultáneamente ocurre la alimentación del sensor Hall (G40) a través de los pines 29 (+) y 5(-).

Al encender el motor: Con el sensor Hall (G40) energizado, al accionar el motor de arranque, habrá una señal de rotación en el pin 16 de la unidad, manteniendo la masa constante en el pin 26. En esta condición, la unidad dirige a través de un reloj interno a los inyectores para que funcionen simultáneamente (todas pulverizando combustible). Esta condición se mantiene algunos segundos después del arranque, la unidad identifica al primer cilindro a través del sensor Hall, apaga su reloj interno y hace que la inyección pase a tener un funcionamiento secuencial.

Al apagar el motor: Al interrumpirse la alimentación del relé de la bomba (J17), se deja de alimentar a la línea 51 (positivo 12V de los actuadores). Inmediatamente, además de este corte de funcionamiento, la unidad comanda una estrategia de

trabajo denominada “Power Latch”. Esta estrategia consiste en una temporización, por 10 minutos, de la alimentación positiva de la unidad por el pin 23. La unidad mantiene para esto, por espacio de estos 10 minutos, la alimentación negativa del relé del sistema de inyección por el pin 2, procurando monitorear las temperaturas del motor y del aire manteniendo al sistema, a través de correcciones en el motor de paso, en condiciones de entrar en funcionamiento inmediato en el encendido en caliente.

Nota: Cuando la unidad esté en “Power Latch”, al volver a encender la ignición, no habrá funcionamiento temporizado de la bomba de combustible por espacio de 3 segundos pues el sistema ya se encontrará presurizado. La bomba sólo será reactivada cuando hay una señal Hall en la unidad.

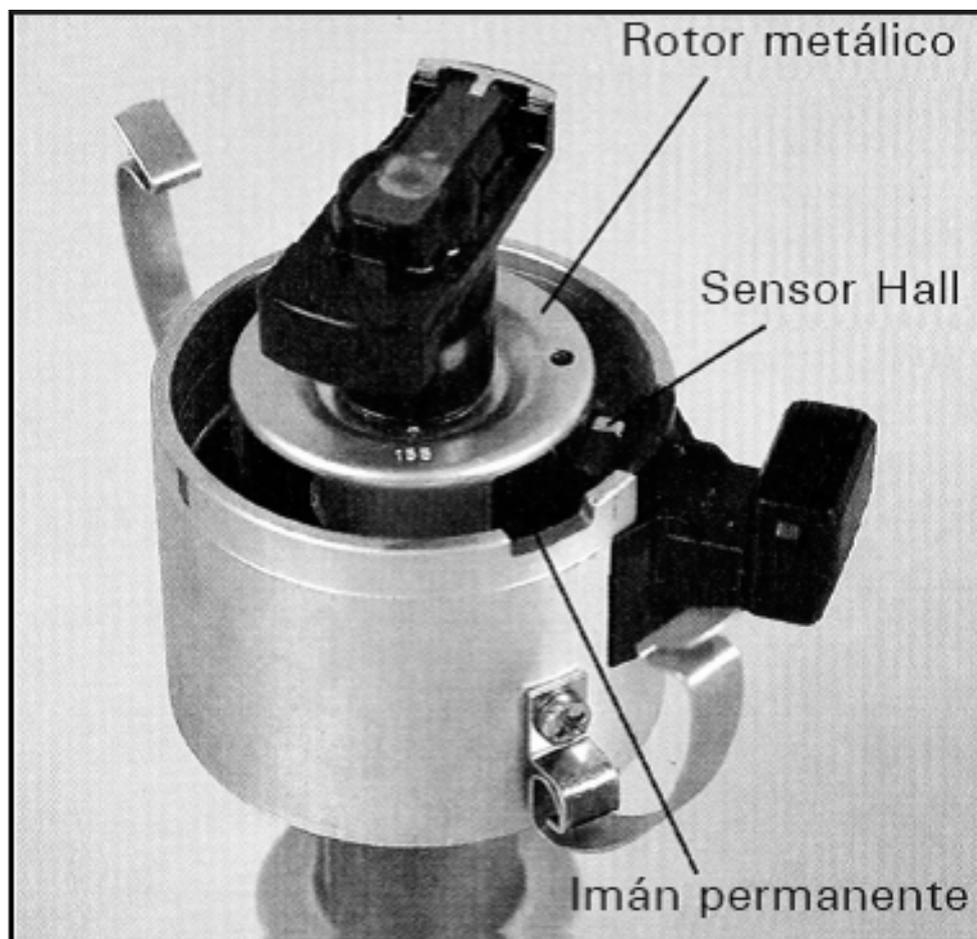


Figura 66.Sensor Hall.

Una vez que se han conocido los componentes del sistema en general de la inyección Magneti Marelli, ahora se pueden analizar los diferentes sistemas por separado.

#### 5.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Para control del tiempo de inyección ( $t_i$ ), la unidad de mando calcula la masa del aire admitida existente en el colector de admisión a cada  $180^\circ$  de giro del motor.

Estos actuadores intervienen directamente en los sistemas que controlan los tres elementos básicos necesarios para la combustión: el combustible, el aire y el calor (ignición). Por eso, para poder entender mejor este funcionamiento, se dividieron los actuadores en tres sistemas que denominamos: de combustible, de aire y de ignición ó encendido.

La inyección de combustible es proporcional entonces a la masa de aire calculada, tomando como base los valores de presión y vacío determinados por el sistema de combustible.

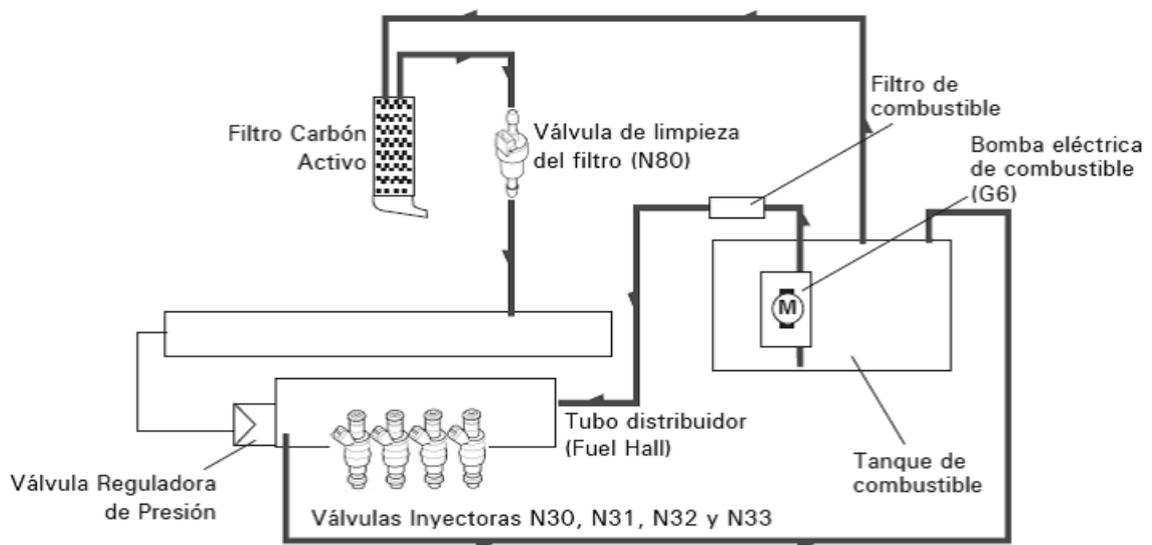


Figura 67. Conexión del sistema de combustible

Este sistema está compuesto por una bomba eléctrica de combustible, por un tubo distribuidor, por una válvula reguladora, por una válvula de purga del filtro de carbón activado y por los inyectores. Estos componentes determinan el caudal de combustible de acuerdo a las necesidades detectadas por la Unidad de Mando, partiendo de un valor conocido de presión (presión del sistema).

Para esto, la bomba presuriza el combustible en el tubo distribuidor, donde a través de un regulador de presión, la presión del trabajo del sistema es garantizada, controlándose el flujo de retorno.

### Bomba de Combustible

Esta bomba de combustible de dos estados (biescalonada) con sensor de nivel incorporado, trabaja fijada por un anillo enroscado inmersa en el depósito plástico de combustible. Posee una cuba de abastecimiento que garantiza la alimentación de la bomba aún cuando el nivel de combustible del depósito se encuentre muy bajo.

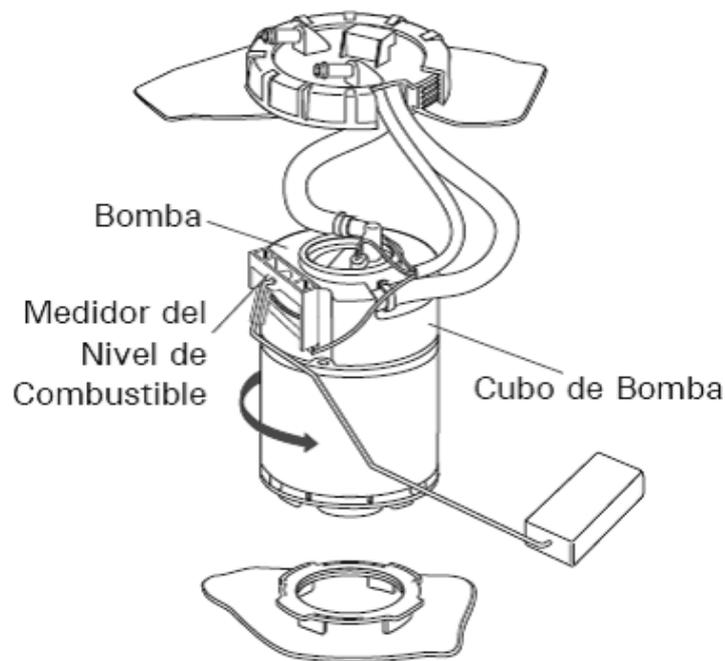


Figura 68. Bomba de combustible.

Posee un caudal elevado que procura permitir la modulación de la presión en cualquier régimen de trabajo del motor así como el enfriamiento de la bomba eléctrica.

Valores para la bomba	Gasolina	
Presión	Máximo 6 bar	
Caudal	Marwall	Bosch
	Min 600cm <sup>3</sup> /80seg	Min 500cm <sup>3</sup> /30seg

Tabla 9. Condiciones de operación en la bomba

Su alimentación eléctrica ocurre por medio del relé de alimentación positiva de los actuadores (línea 87) a través del pin 26.

Combustible	Resistencia de la Bomba	Nivel de potencia del impulsor de combustible	
		Tanque lleno	Tanque vacío
gasolina	0.80k $\Omega$ a 1.0k $\Omega$	38 a 42 $\Omega$	260 a 300 $\Omega$
Valor no valido para bomba Bosch			

Tabla 10. Valores eléctricos en la bomba

Tubo distribuidor de combustible (Riel de inyectores)

El combustible presurizado por la bomba llega hasta el tubo distribuidor. En él, a través del regulador de presión, la presión de trabajo es garantizada para poder atender todos los regímenes de trabajo del motor para alimentar los inyectores.

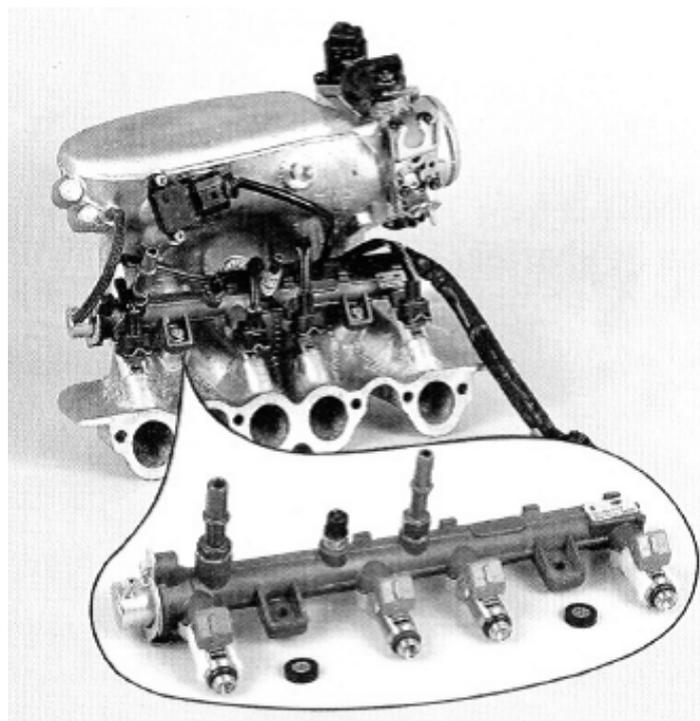


Figura 69. Ubicación del riel

## Regulador de Presión.

Este regulador controla la presión y el caudal del combustible para el tubo distribuidor. Para esto, el regulador posee una conexión de vacío a través de una manguera con el múltiple de admisión que hace que la presión de trabajo de los inyectores se adecúe a la carga exigida del motor.

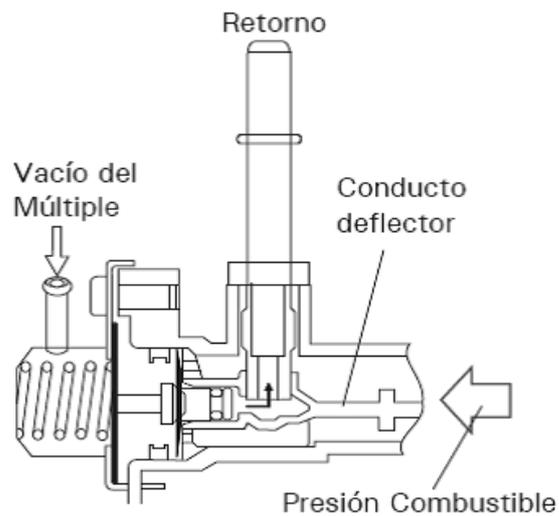


Figura 70. Regulador de presión

Para medir la presión de trabajo del sistema existe, en el tubo distribuidor, una válvula Schrader (tipo pivote) que permite el acoplamiento de la manguera del manómetro.

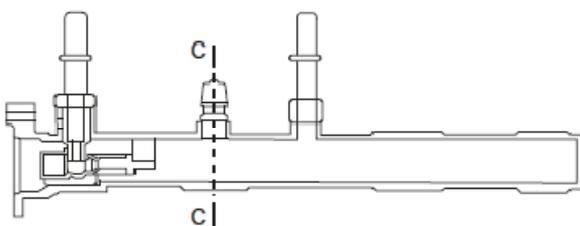


Figura 71. Vista lateral del tubo

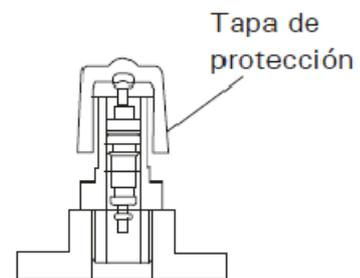


Figura 72. Corte de la válvula

En el tubo distribuidor se manejan los siguientes valores.

Carga aplicada al motor	Presión de trabajo
marcha-lenta	mínimo 2.5 bar
al acelerar rápido	máximo 3.2 bar

Tabla 10. Condiciones de operación dentro del tubo

## Inyectores (N30, 31, 32 y 33)

Se encuentra compuesto de una válvula electromagnética de tipo solenoide “abierto-cerrado”. Las válvulas inyectoras “PICO” son así conocidas por ser más compactas que las convencionales. Esas válvulas son responsables de la dosificación y atomización del combustible en el colector de admisión a través del mando del tiempo de inyección (ti). Estas atomización y dosificación son obtenidas a través de cuatro orificios calibrados existentes en su cono de pulverización que produce un cono de 30°.

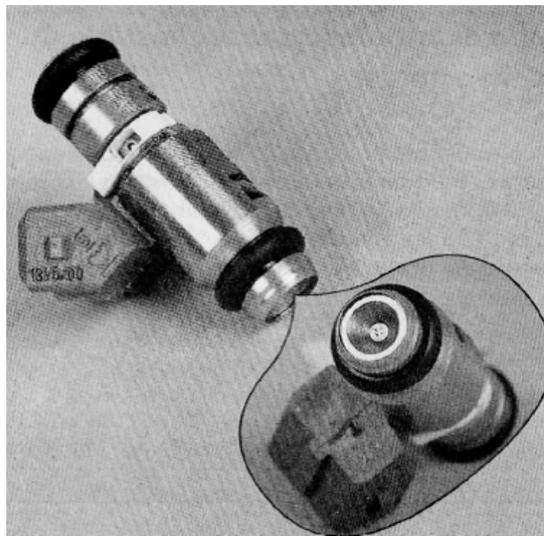


Figura 73. Válvulas inyectoras “pico”

Las válvulas inyectoras del primero y del cuarto cilindro poseen un protector de nylon que tiene la función de actuar como barrera térmica para estos inyectores, impidiendo que el calor, disipado por el colector de escape, los alcance directamente.

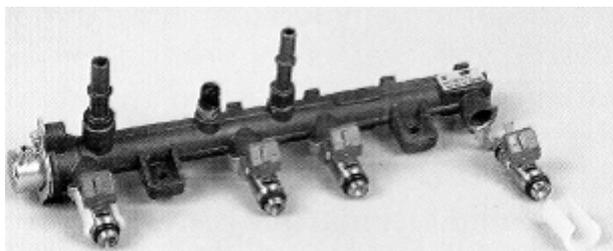


Figura 74. Colocación de aislantes.

Otra función importante de estos protectores es la de actuar también como separadores de los inyectores en relación al tubo distribuidor de combustible garantizando que el hermetizado del sistema sea mantenido por los O'rings.

La alimentación eléctrica de las válvulas inyectoras depende del relé de la bomba de combustible (línea 87) para enviar la línea de positivo y del pulso negativo para formar el tiempo de inyección (ti) que es enviado por la unidad de mando del sistema.

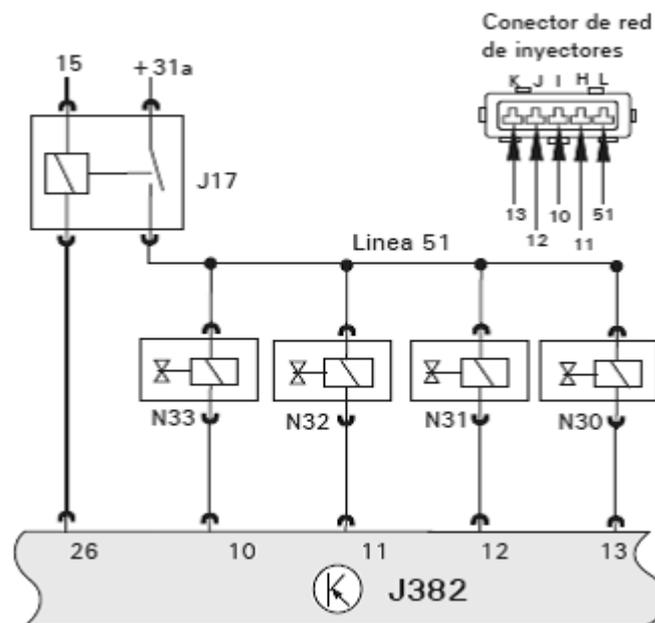


Figura 75. Conexión de inyectores

#### Válvula de purga del filtro de carbón activado (N80)

El filtro de carbón activado (canister) tiene como objeto el absorber los vapores de combustible provenientes del depósito impidiendo su descarga en la atmósfera. Para la limpieza de este filtro fue colocada una válvula solenoide unidireccional que comunica el ambiente del filtro de carbón activado con el ambiente del colector de admisión dirigida por la unidad del sistema de inyección. Su activación ocurrirá siempre que el motor estuviera en marcha- lenta, aceleraciones y con depresión en el múltiple.



Figura 76. Filtro canister

Su tiempo de apertura y cierre puede variar dependiendo del enriquecimiento o empobrecimiento que el proceso de purga del filtro proporcione a la mezcla controlando por la unidad a través del monitoreo realizado por la sonda lambda.

Su conexión eléctrica es hecha a través del relé de la bomba de combustible que la alimenta con positivo, a través del pin 3 la unidad de mando alimenta el negativo determinando su tiempo de apertura.

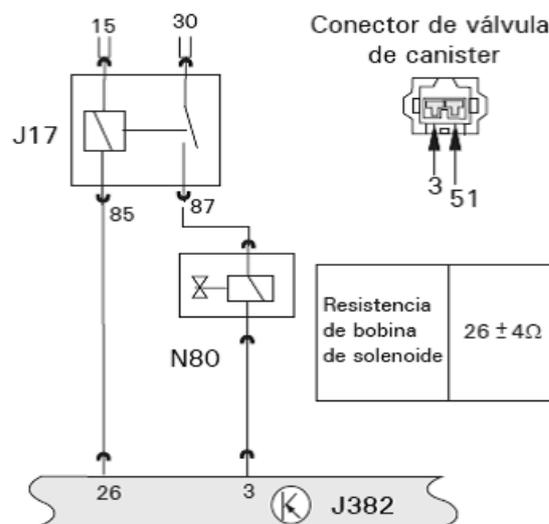


Figura 77. Conexión de la válvula entre la unidad de mando y la bomba

## 5.5 SISTEMA DE AIRE

Compuesto del filtro de aire, del cuerpo de mariposa evolutivo y del múltiple de admisión. El sistema de admisión y distribución de aire, proporciona progresividad en el llenado de los cilindros, curva de toque elevada y plana, debido a la mejor eficiencia volumétrica presentada.

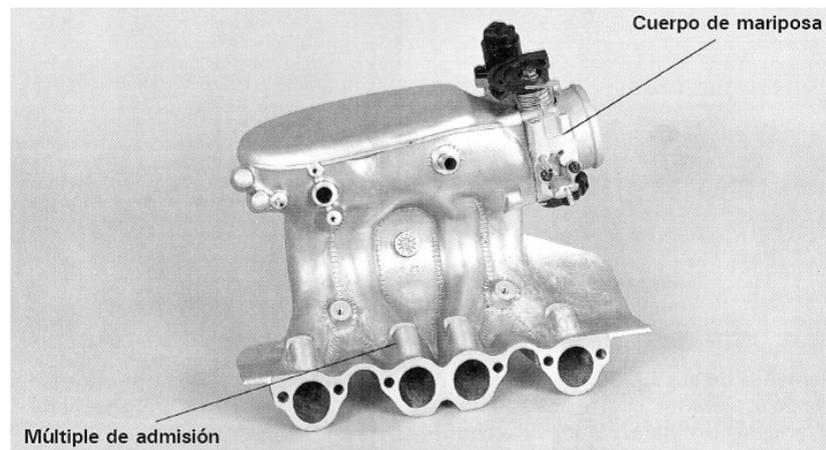


Figura 78. Distribución del sistema

### Múltiple de admisión

Procurando aprovechar las características del sistema de inyección multipunto secuencial, de no necesitar de velocidad elevada de arrastre en el múltiple para homogeneizar la mezcla, ya que éste componente posee mayor área de admisión en los ductos y curvas más suaves; a diferencia de otros sistemas, que contribuyen a proporcionar una menor resistencia aerodinámica y, consecuentemente, mejor eficiencia volumétrica.

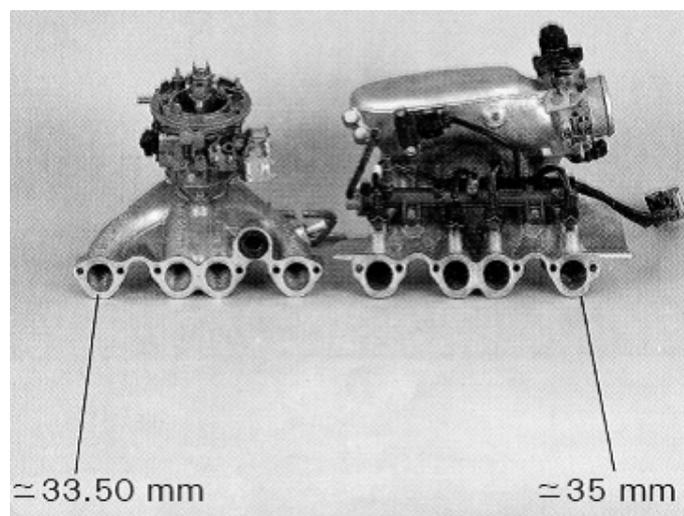


Figura 79. Diferencia de diámetros de admisión

### Cuerpo de mariposa evolutivo

El sistema posee como elemento dosificador de aire un cuerpo de mariposa fundido en aleación ligera de aluminio con mariposa única.

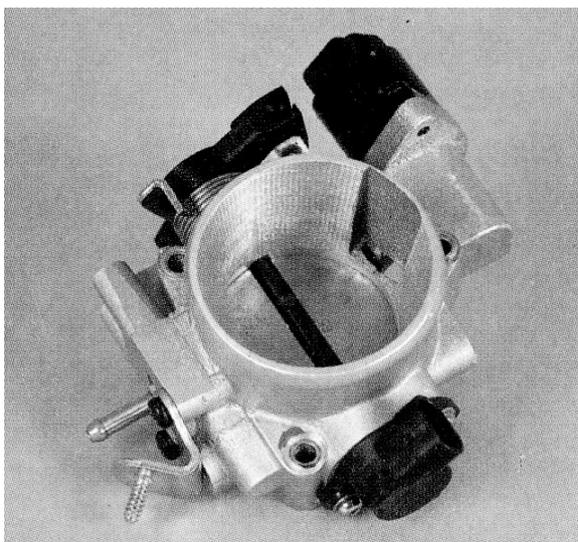


Figura 80. Mariposa

El funcionamiento evolutivo se da a través de la mariposa que actúa progresivamente en función del perfil interno del cuerpo de mariposa.

Hasta los  $43^\circ$  de apertura, progresivamente, se lleva a cabo una entrada mayor de aire por la parte inferior de la mariposa hasta que el flujo total ocurra. Con esta construcción se garantiza mayor progresividad al paso de régimen de trabajo del motor.

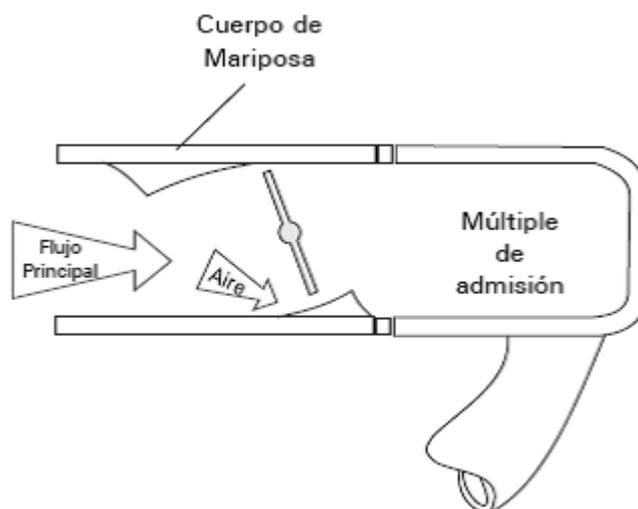


Figura 81. Funcionamiento de mariposa a  $43^\circ$

Al rebasar los  $43^\circ$  de apertura de la mariposa del a celerador, se lleva a cabo la entrada de aire por la periferia de la mariposa conforme la configuración esférica del flujo principal del cuerpo.

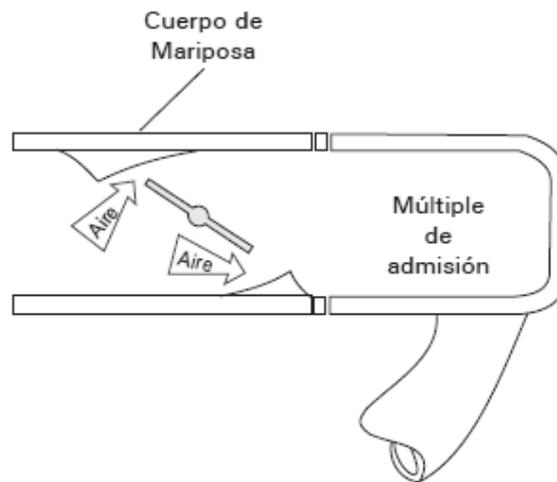


Figura 82. Funcionamiento de mariposa rebasando los 43°

Los cuerpos de mariposa, a pesar de las semejanzas físicas entre los diversos motores, poseen diferencias de calibración que varían de acuerdo con la cilindrada y tipo de combustible.

#### Motor de paso

Como actuador responsable para el control de la marcha-lenta, el sistema cuenta con un motor de paso que controla, a través de un obturador, el flujo de aire que ocurre por el "By-Pass" existente en el cuerpo de la mariposa. Para esto, el motor de paso tiene dos bobinas que forman su estator, un rotor de imán permanente que mueve axialmente el obturador a través de un vástago enroscado, con un recorrido total de 8.9 mm en 214 pasos.

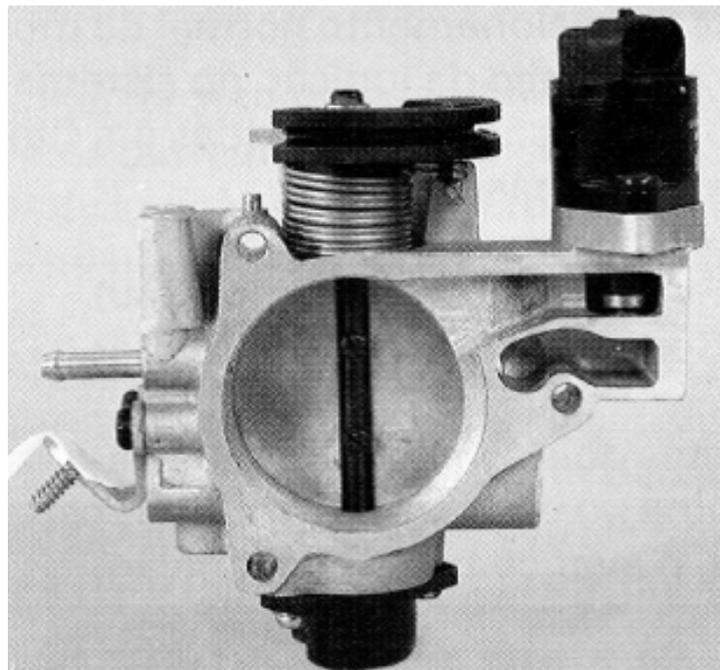


Figura 83. Localización del motor de paso (parte superior)

Controlado por la unidad del sistema de inyección su programa de trabajo es diseñado para garantizar la estabilidad del ralentí con el motor caliente, frío o sometido a cargas como aire acondicionado o dirección hidráulica. Al elevar el ralentí, el vástago del motor de paso es contraído proporcionando un gran caudal a través de flujo de aire por el "By Pass".

Al someter al motor a la desaceleración, la unidad identifica la posición de la mariposa cerrada, la gran depresión en el múltiple y las elevadas R.P.M., de esta forma la Unidad de Mando origina el cierre del obturador proporcionando una desaceleración progresiva con emisiones reducidas. (Dash-Pot).

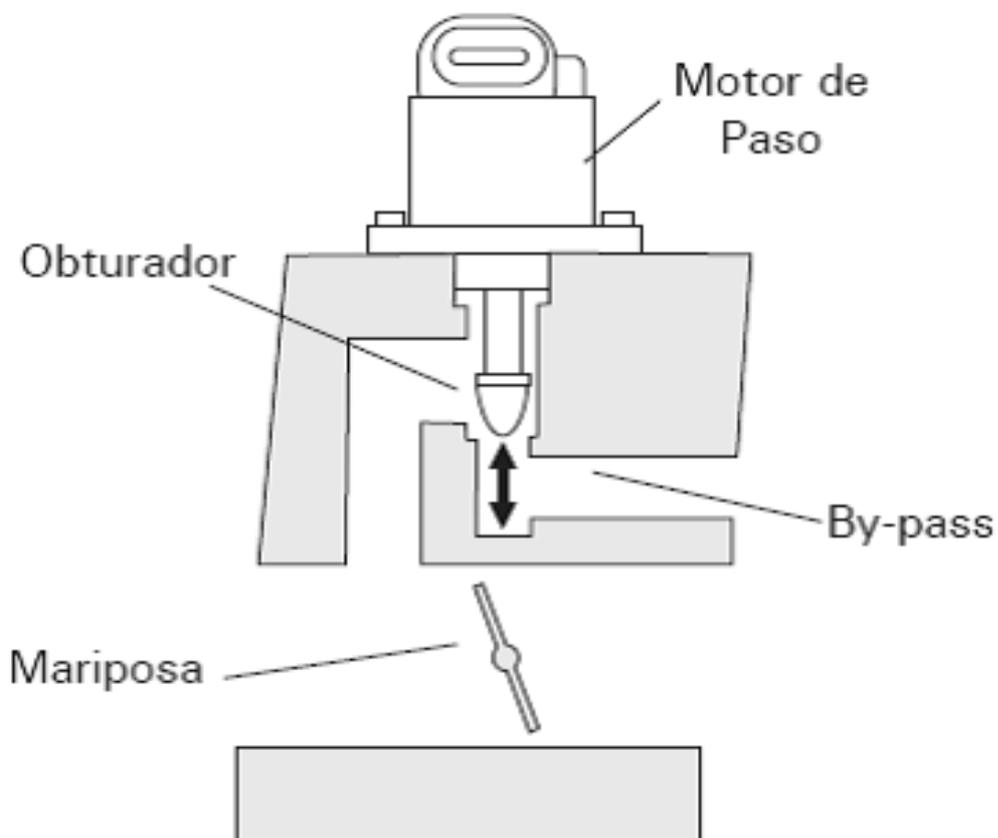


Figura 84. Distribución de los componentes

La unidad de sistema de inyección dirige el motor de paso a través de los pines 18 y 19 (bobina 1) y 21 y 22 (bobina 2), cuyas resistencias van de 45 a 65 ohms respectivamente.

Motor de  
paso

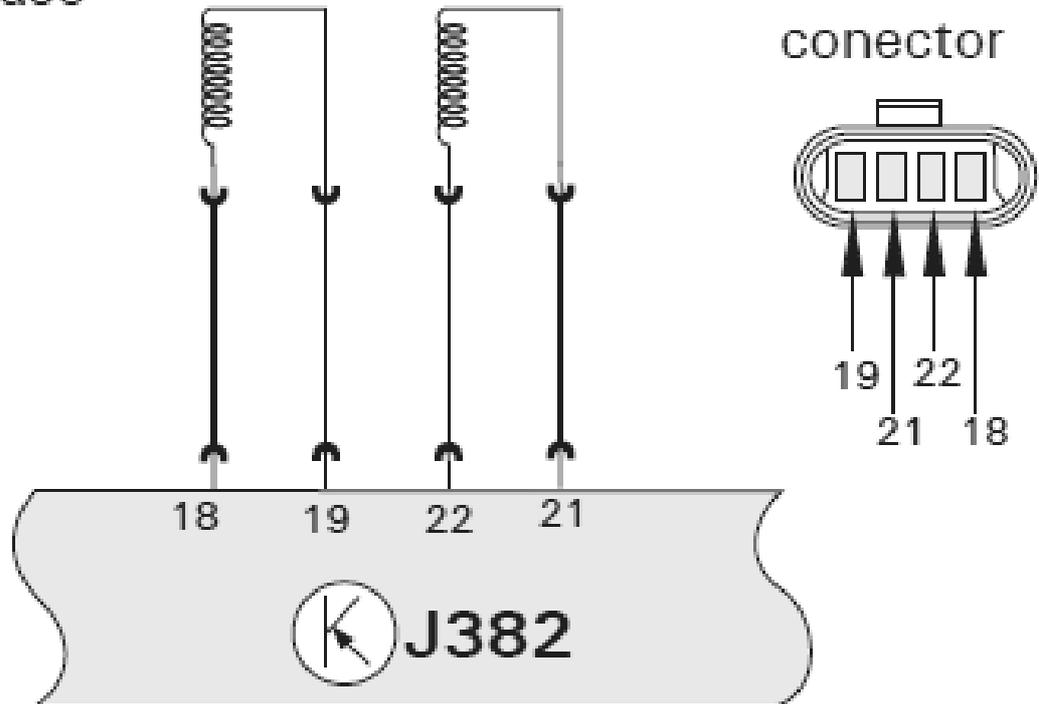


Figura 85. Conexión de las bobinas

## 5.6 SISTEMA DE ENCENDIDO

Sistema de ignición

Durante el funcionamiento normal del motor las curvas de avance de la ignición en el sistema de inyección son determinadas en función de dos señales básicas:

- Sensor Hall de RPM (G40)
- Sensor de presión en el colector (G71) (Sensor de Carga)

Con estas dos señales, la unidad de mando calcula en su campo de curvas características, el tiempo inicial de encendido.

Este valor será corregido posteriormente en función del régimen de trabajo del motor, a través de las señales de temperatura del aire, del líquido de enfriamiento, del sensor de la posición de la mariposa, de picado y de la marcha- lenta.

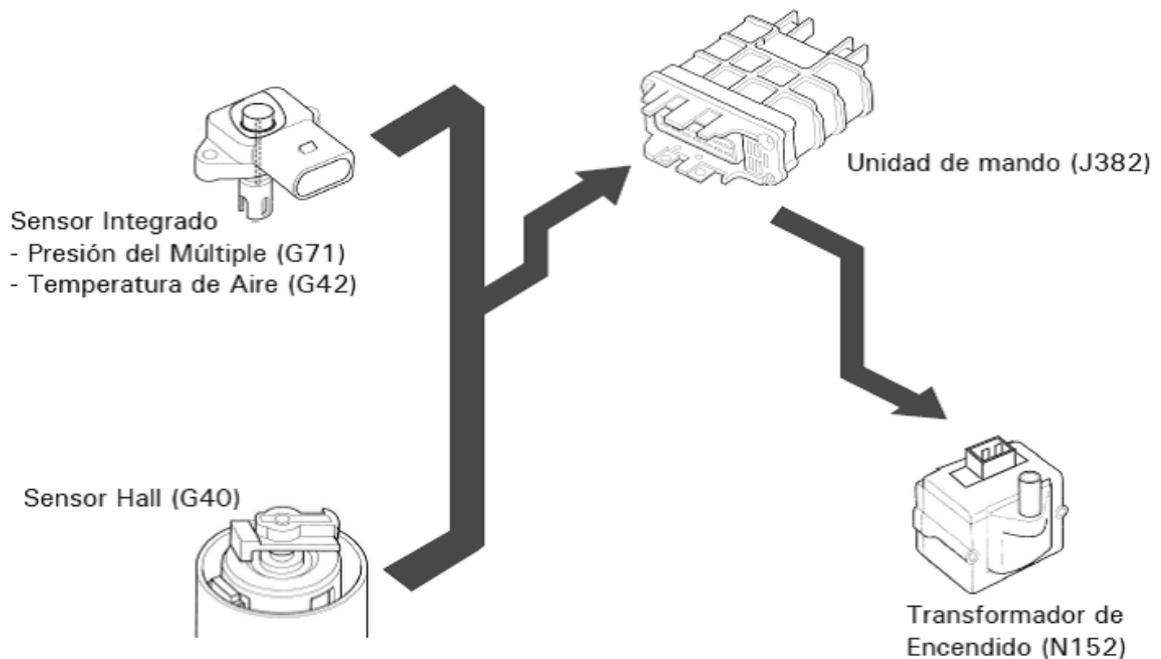


Figura 86. Componentes del sistema de ignición.

#### Programa durante el arranque

En este régimen, la etapa final de potencia de la ignición es una simple repetición de la señal Hall del distribuidor "A", o sea, en el primer cilindro, el ángulo de contacto para transformador será de  $72^\circ$  porque su ventana es la mayor. En esta condición, el ángulo de avance de la ignición es de  $0^\circ$  (PMS). Independientes del ángulo de arranque.

Para los otros cilindros, (3-4-2) el ángulo de contacto actuante será de  $66^\circ$  correspondiendo a un avance inicial de ignición de  $6^\circ$  APMS.

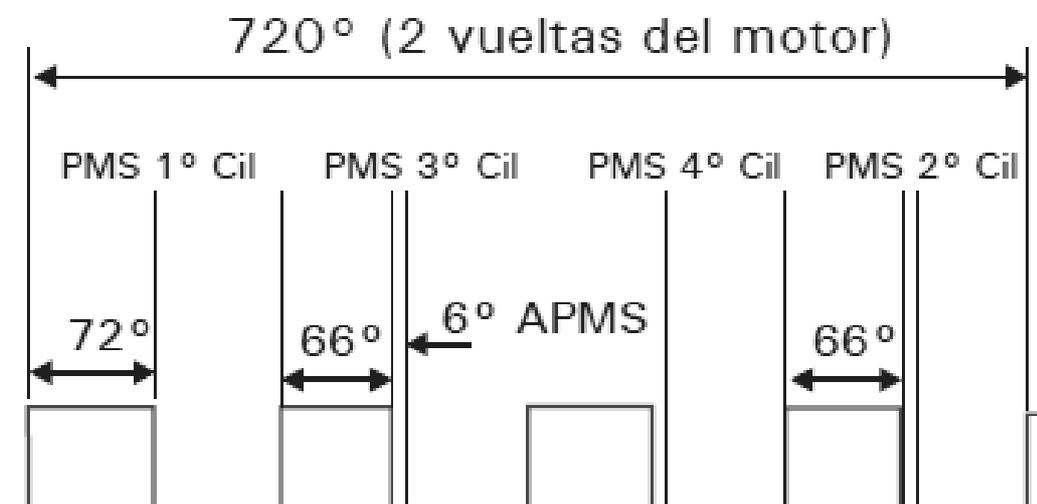


Figura 87. Ángulos de los cilindros.

Programa durante la fase de calentamiento

Esta condición de trabajo del motor exige mezclas más ricas y también ángulos de avance más adelantados debido al mayor tiempo necesario para que ocurra la combustión. De esta forma la unidad de mando, en función de la señal del sensor de la temperatura del motor, adelanta el ángulo de avance de la ignición, retrasándolo a medida que el motor se aproxima de su temperatura normal de funcionamiento.

Control del ángulo de contacto

La unidad de mando también regula el ángulo de contacto para que el transformador de ignición N152 obtenga siempre un tiempo ideal de saturación en cualquier régimen de giro del motor.

Esta función lleva en consideración la rotación del motor y la tensión de alimentación procurando que aunque la batería esté con carga baja, se asegure un ángulo de contacto mínimo para garantizar la existencia de la chispa en la bujía de ignición.

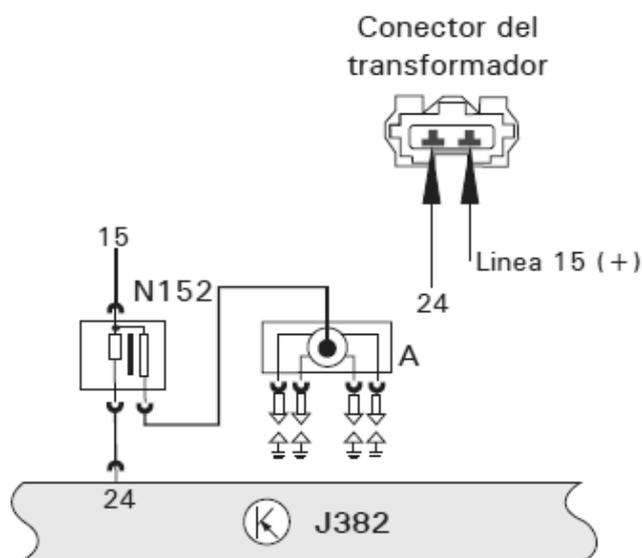


Figura 88. Conexión de la unidad de mando con el distribuidor y transformador<sup>21</sup>

## 5.7 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR 1.8

El motor de 1.8 consta de bloque fundido de hierro gris, doble árbol de levas a la cabeza, cuatro cilindros en línea y un diseño de baja fricción. El cigüeñal está

soportado por cinco puntos de apoyo y el juego longitudinal está controlado por el cojinete de empuje.

Una banda dentada hace la función de cadena de sincronización y transmite el movimiento del cigüeñal al árbol de levas. Un tensor cargado por resorte mantiene la tensión de la banda.<sup>22</sup>

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Número de cilindros	4 cilindros en línea
Diámetro y Carrera	55x3,6 mm
Relación de compresión	10:1
Dirección de rotación (cilindros)	1-3-4-2
Distribución	derecha
Presión de aceite	294-392 Kpa (43-57 PSI) a 3000 rpm
Cojinete de árbol de levas	4 cojinetes de apoyo
Ángulo de asiento de válvulas	50 grados
Diámetro de válvulas Admisión (cabeza y vástago) Escape	38mm cabeza y 8mm vástago 8mm
Tubos de admisión.	33mmx30mm
Velocidad de marcha lenta	200 rpm
Bujías.	Bosch: WR8 LTC NGK: BUR 5 ETB-10

Tabla 11. Especificaciones generales del motor de 1.8.<sup>23</sup>

## Características

Bloque de cilindros.

Hierro gris con 4 cilindros en línea. Las nervaduras de refuerzo del bloque son más robustas en el área de las bancadas del cigüeñal con el fin de incrementar la resistencia y la rigidez, reduciendo así la vibración del motor. El incremento del espesor del riel de montaje del cárter contribuye también a incrementar la rigidez

El motor de 1.8 utiliza un cárter de fundición de aluminio que se atornilla directamente al bloque. Esta configuración reduce la cantidad de ruido y vibración del motor y el tren motriz.

Cigüeñal. Los cojinetes del cigüeñal son de acero rolado en frío con un recubrimiento de aleación de aluminio, el cojinete superior tiene una ranura para lubricación, cinco tapas de bancaba mantienen el cigüeñal en su posición. El cigüeñal esta hecho de acero forjado y lleva perforaciones transversales para mejorar el flujo de lubricante.

El cigüeñal contiene también ocho contrapesos para reducir la vibración del motor, los cojinetes de empuje se localizan en el punto de apoyo numero 4 y controlan el juego libre. Para mejorar la rigidez todos los radios están endurecidos; si los cojinetes van a ser utilizados de nuevo, deberán ser instalados en su posición original.

Bielas y pistones. Las bielas no se encuentran numeradas, las toberas de lubricación se encuentran montadas debajo de la pared del cilindro. Los rociadores disparan aceite para enfriar la cabeza del pistón y lubricar el perno de la biela. Los pistones son de fundición de aleación de aluminio.

Cabeza de cilindros.

Es de fundición de aluminio y diseño con doble árbol a la cabeza, 4 válvulas por cilindro forman la configuración valvular del motor (las 2 de admisión son de mayor diámetro).

Válvulas y resortes. La longitud y diámetro de las válvulas de admisión y de escape son muy distintos y por lo tanto no son intercambiables. Con este motor existen 2 tipos de retenes cónicos de válvulas, se utilizan también retenes y resortes estándar.<sup>24</sup>

**CAPÍTULO**  
**VI**  
**“PRUEBAS A LOS**  
**DIFERENTES**  
**COMPONENTES”**

## “PRUEBAS A LOS DIFERENTES COMPONENTES”

### 6.1 Pruebas

Las pruebas se realizaron con la finalidad de mostrar cuáles son las características de los diferentes componentes a diferentes condiciones, ya sea que el vehículo esté encendido o apagado, utilizando como instrumentos principales el multímetro, caimanos y un probador de led. Las características principales que se deben de revisar son: la tensión de alimentación de cada componente así como la resistencia, la continuidad y el tipo de señal que se envía a la unidad de mando (positiva o negativa). Todos los sensores y actuadores se encuentran en la parte derecha del motor del lado del copiloto, ya que las partes importantes de los diferentes sistemas se localizan en esta parte.



Figura 89. Ubicación de todos los sensores

### **Inyectores**

La prueba se realiza desconectando las 4 alimentaciones de los inyectores que van al tubo de distribución con la finalidad de conectarlos a un probador de led, estos componentes cuentan con únicamente 2 entradas, de la cual la primera recibe la alimentación de la bomba de alimentación positiva y, la otra envía la señal a la unidad de mando como pulso negativo para formar el tiempo de inyección (capítulo V).

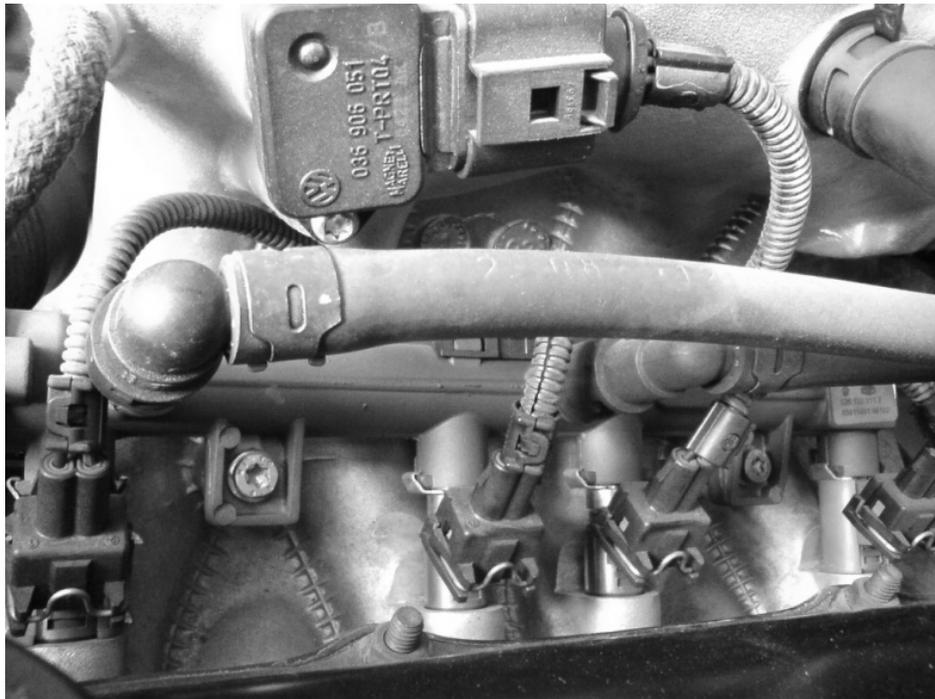


Figura 90. Ubicación de los conectores de cada inyector

Cuando los inyectores se encuentran en alimentación y estando el vehículo en marcha el led parpadea, si está encendido el vehículo pero led está apagado el conector no funciona. La resistencia de cada uno de ellos debe ser entre 15-20k $\Omega$  conectando en serie el multímetro y un voltaje de 12v, los cuales se verifican con el multímetro conectando las puntas en los pines de conexión.

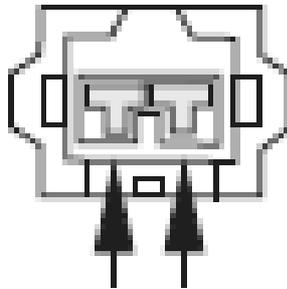


Figura 91. Pines de alimentación del inyector.

## Bujías

Para las bujías se debe de utilizar el probador de chispas, el cual se conecta en el lugar del conector de alimentación y a una tierra física. La parte superior va conectada a la bujía y la parte inferior es la que muestra la chispa y la tierra física se conecta de un pequeño gancho que se encuentra a un costado de la parte exterior del lado donde se muestra la chispa.



Figura 92. Probador de bujías

Si al encender el vehículo el probador muestra chispas en uno de sus extremos, la bujía funciona de forma normal, en caso contrario debe cambiarse, ya que no produce chispa y eso provoca un mal funcionamiento en el vehículo, como puede ser una vibración excesiva del motor provocada por el discontinuo proceso que provoca el dejar de funcionar una bujía en la cámara de combustión mientras el vehículo está en marcha, o el motor simplemente no arranca.



Figura 93. Bujías conectadas a la cámara de combustión.

## Bobina del sistema de inyección

Ubicada en la parte posterior del motor (al lado del depósito de la dirección hidráulica), esta prueba se realiza desconectando el conector de alimentación y revisando con el multímetro el voltaje y la resistencia, los cuales deben ser de 12v en el conector y entre 45-65 K $\Omega$  en la salida de la bobina.



Figura 94. Bobina de sistema de inyección.

También se verifica que se produzca una alimentación de la bobina al distribuidor de encendido con el probador de chispas, el cual debe funcionar y conectarse de la misma forma como se probaron las bujías con los mismos resultados.

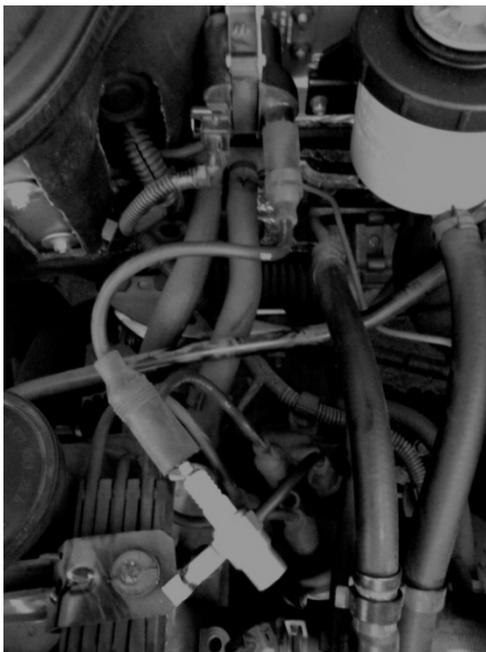


Figura 95. Prueba a un conector del distribuidor de encendido alimentado por la bobina

### Sensor G71 y G42 (sensor combinado)

La conexión de alimentación debe ser en las entradas 1+3 (5 y 8) con un voltaje de alimentación de 5v y una resistencia de  $2K\Omega$  cuando el vehículo está frío o  $200\Omega$  caliente (recordando que posee un resistor de temperatura y un elemento piezoeléctrico). El trabajo del sensor se da a diferentes condiciones en cuanto a presión, voltaje y rpm (capítulo V). La prueba se debe realizar con el motor encendido para poder revisar la disminución de voltaje conforme aumente la presión (G71) y la disminución de la resistencia conforme aumente la temperatura (G42).

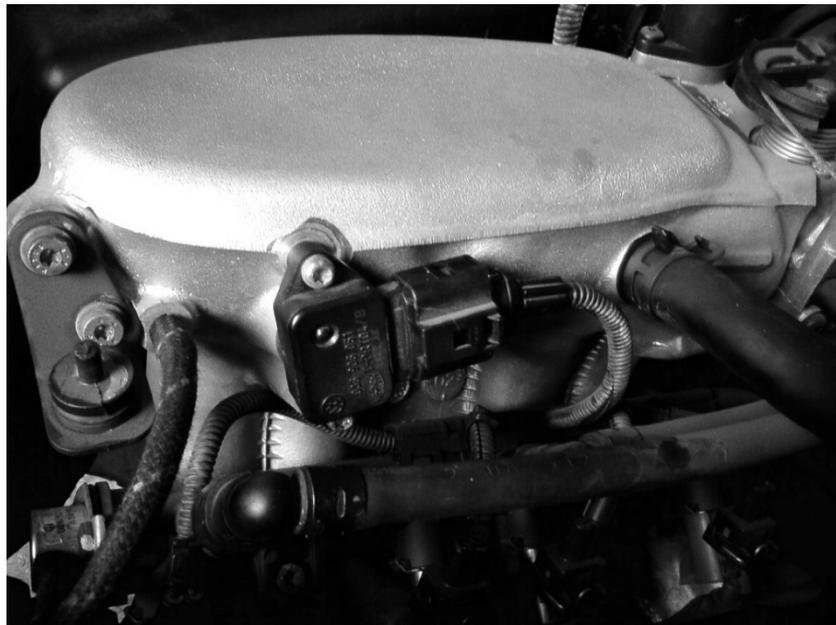


Figura 96. Sensor combinado.

La forma más práctica de realizar la prueba es conectando el sensor a la alimentación por medio de caimanes para poder conectar el multímetro a la salida de cualquiera de las señales y a una tierra física, la cual nos dará el valor del voltaje conforme a los patrones de la siguiente tabla.

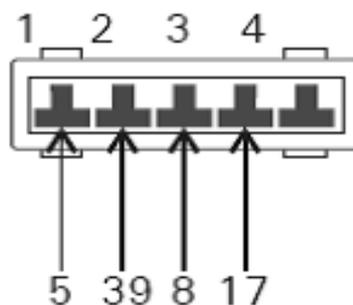


Figura 97. Pines de alimentación.

La prueba de resistencia se hará en serie con la conexión que da la señal del sensor a la unidad de mando, el cual marcará el valor de acuerdo a las condiciones en las que esté trabajando el vehículo, como los que se muestran en la siguiente tabla.

Valores medidos a 2200m sobre el nivel del mar	
presión	Voltaje
15 cm. Hg	2.2V
25 cm. Hg	1.6V
40 cm. Hg	0.7V
Los valores pueden cambiar dependiendo la altura	

Tabla 12. Condiciones de trabajo del sensor G71

### Válvula estabilizadora ralentí (V60)

Ubicado en la parte superior del sistema alimentación de aire, cuando se enciende el motor las conexiones de alimentación son:

1+4 (19 y 18) y 2+3 (21 y 22), enumerados de izquierda a derecha, con un voltaje de 12v y una resistencia entre 3-5k $\Omega$  que se debe señalar en cada conexión.

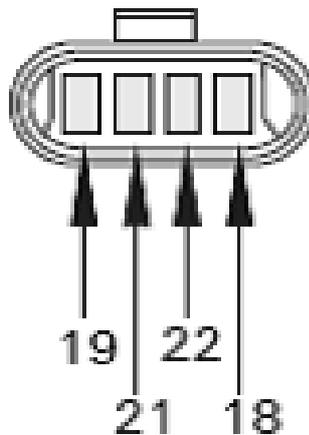


Figura 98. Pines de alimentación.

La prueba se realiza con el probador de led y multímetro con el motor trabajando. El probador conectado en 1+4 y luego 2+3, debe parpadear alternativamente si está funcionando, si no parpadea, entonces no recibe tensión de alimentación; el multímetro se conecta en paralelo entre los pines de alimentación para verificar los valores de voltaje y, en serie, para verificar los valores de la resistencia, que estén dentro de los parámetros ya establecidos.

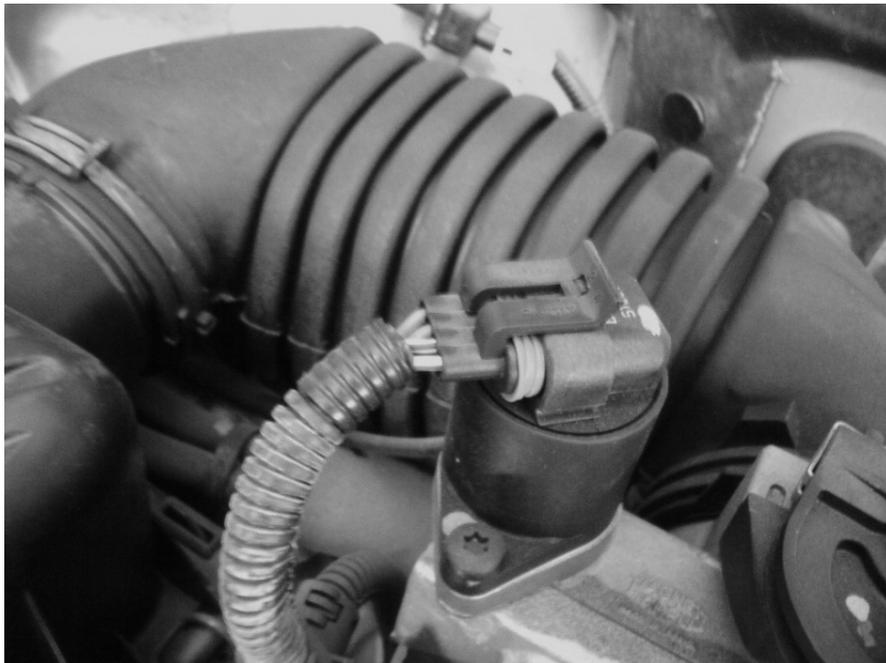


Figura 99. Válvula estabilizadora Ralentí.

### Sensor de temperatura del motor (G62)

Fijado a la culata, este sensor solo cuenta con 2 pines de conexión (5 y 38) donde el voltaje de alimentación es de 5v y la resistencia debe obedecer a los valores de la tabla 7 (capítulo V).

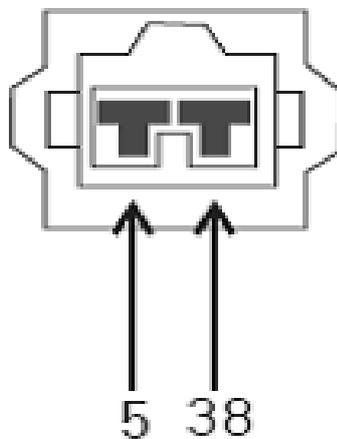


Figura 100. Pines de conexión.

Pero se puede tomar en cuenta que oscila entre los  $2K\Omega$ , aproximadamente, si el vehículo está frío y a  $200\Omega$ , aproximadamente si está caliente, ya que también posee un resistor de temperatura.



Figura 101. Sensor de temperatura del motor

La conexión del multímetro es la misma, en serie para la resistencia y en paralelo para el voltaje.



Figura 102. Modo de conexión para la prueba

## Sensor del Impulsor Hall (G40)

Ubicado en el distribuidor de encendido, la conexión de alimentación es 1+3 (5 y 29), enumerados de izquierda a derecha, conectando el sensor a la alimentación por medio de caimanes y darle marcha para poder medir el voltaje y la resistencia, los cuales deben ser de 10v mínimo y una resistencia de 1.5k $\Omega$ .

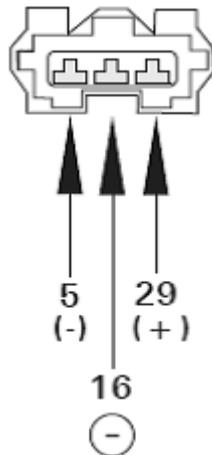


Figura 103. Pines de conexión.

Para verificar si existe señal negativa de forma rápida, se conectan las entradas 2+ tierra física con el probador de led, si hay señal el led parpadea, pero si se desea medir el voltaje de la señal de salida se debe conectar el multímetro en los pines 2+3 (16 y 29).



Figura 104. Sensor Hall.

Debido a cómo funciona el distribuidor de encendido por medio de ventanas que conecta e interrumpe la alimentación conforme gira el distribuidor el voltaje debe aumentar y disminuir de forma continua, pero a la velocidad a la que gira el distribuidor solo es apenas perceptible en el multímetro.



Figura 105. Prueba de voltaje del sensor.

### **Potenciómetro de la mariposa (G69)**

Se encuentra conectado directamente con el eje de la mariposa. La alimentación es en 2+3 (9 y 5) con un voltaje de 5v aproximadamente, acelerado a fondo y en el pin 1, el voltaje varía entre 0.7 - 1.04 v en ralentí (marcha mínima). El procedimiento de conexión es el mismo pero cabe mencionar que aunque solo recibe alimentación de 2 pines necesita cerrar todo el circuito para entregar la señal a la unidad de mando, ya que de lo contrario, el vehículo no encenderá y no se generará nada.

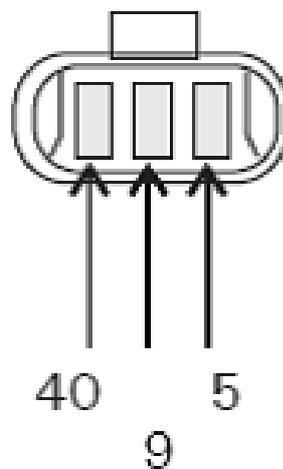


Figura 106. Pines de conexión.

### Sonda Lambda (G39)

Localizada en el primer tubo del sistema de escape cuenta con 4 pines, los pines de alimentación son 3+4 (44 y 45) con una resistencia de 1.5 k $\Omega$ . y los pines 1+2 con una tensión de 12v en la alimentación. La conexión se realiza con caimanas para conectar el multímetro y revisar los valores mencionados anteriormente.

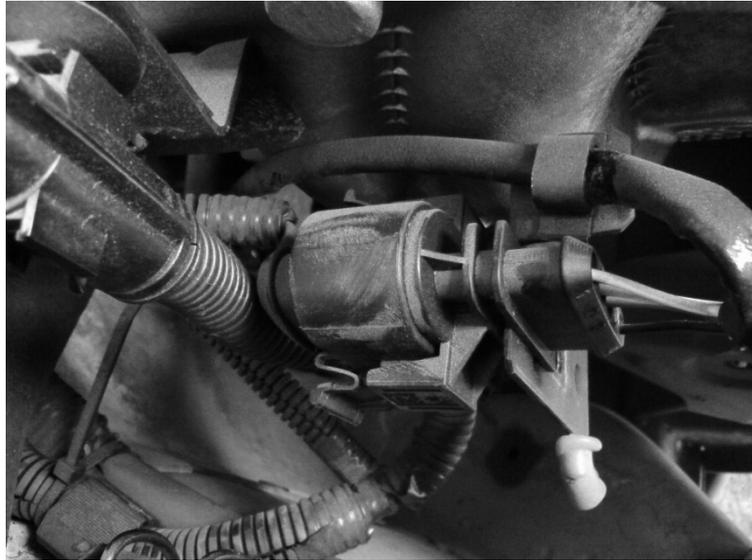


Figura 107. Sensor Lambda.

El voltaje Lambda se conecta de 4+tierra física y oscila entre 0- 1v, que es la que va a ayudar a la unidad de mando si la mezcla es rica en aire o en combustible y así poder agregar o quitar algún excedente de cualquiera de estos dos componentes de los que se compone la mezcla



Figura 108. Pines de conexión iniciando su numeración de izquierda a derecha



Figura 109. Prueba de voltaje al sensor Lambda

### **Sensor de Picado (G61)**

Se localiza a un lado de la cámara de combustión (bloque de motor) con solamente 2 pines de conexión 1+2 (3 y 51); los valores de voltaje y resistencia son de 5v y 26 k $\Omega$ , aproximadamente.

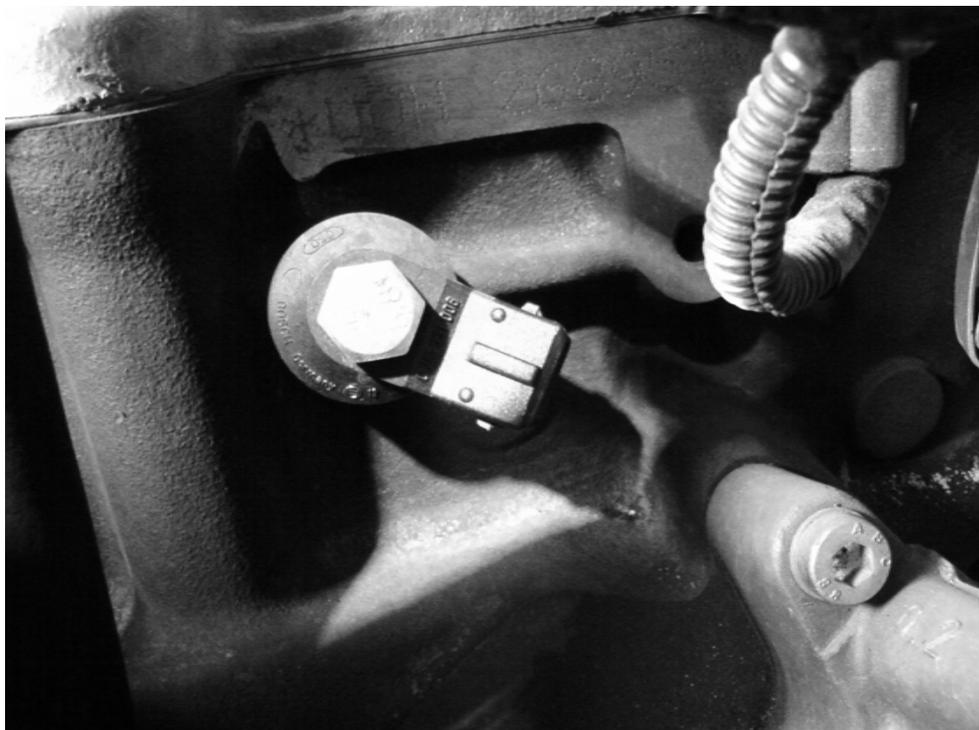


Figura 110. Sensor de Picado.

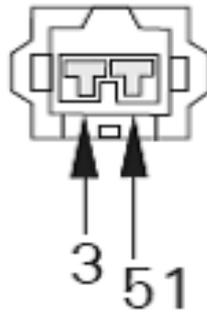


Figura 111. Pines de conexión.

### Válvula de Filtro (Canister)

Esta válvula se encuentra fijado lateralmente a la salpicadera izquierda, el único valor que se debe buscar en este sensor es la tensión de 5v que requiere para funcionar, ya que solo cuenta con 2 pines 1+2 (43 y 42).

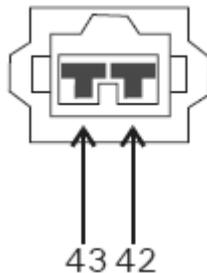


Figura 112. Pines de conexión.

## 6.2 VERIFICACIÓN ELÉCTRICA

Voltaje: La siguiente tabla muestra otras formas de hacer pruebas a otros componentes y los valores que deben de tener cada uno. Existen componentes que no fueron revisados, ya que solo debe de hacerse cuando las pruebas anteriores salen positivas y sigue surgiendo un problema en el vehículo, también se debió a que el vehículo utilizado no cuenta con algunos componentes como el compresor de aire acondicionado. Pero se toman en cuenta por si alguien requiere de estas pruebas para su comprobación. Las terminales que se manejan son las que van de la unidad de mando, en caso de repetirse los pines es debido a que hay componentes que son alimentados por otros.

Terminales	verificar	Condiciones	valor
1+2	Alimentación UM	Sin encender	12v
1+23	Alimentación UM	Sin encender Puentear	12v
1+3	Alimentación N80	Sin encender Puentear	12v
1+26	Alimentación UM	Encendido	12v

1+26 puentear	Función de bomba, iny. Calefacción $\lambda$	Encendido	Las bombas deben funcionar
1+24	Bobina	Encendido	12v
1+26 puentear	Alimentación $\lambda$	Encendido Puentear 1+2 en $\lambda$	12v
1+20 solo con A/C cambio de serie	Alimentación Relé A/C	1+2 puentear	12v

Tabla 13. Pruebas del voltaje

Resistencia: La siguiente tabla muestra otras formas de hacer pruebas a otros componentes y los valores que deben de tener cada uno. Existen componentes que no fueron revisados, ya que solo debe de hacerse cuando las pruebas anteriores salen positivas y sigue surgiendo un problema en el vehículo, también se debió a que el vehículo utilizado no cuenta con algunos componentes como el compresor de aire acondicionado. Pero se toman en cuenta por si alguien requiere de estas pruebas para su comprobación. Las terminales que se manejan son las de entrada y salida de los sensores.

Terminales	Verificar	Condiciones	Valor
T 5/5 + T 5/1	inyector	En conector negro	13.5 a 15.5 k $\Omega$
T 5/5 + T 5/2	inyector	En conector negro	13.5 a 15.5
T 5/5 + T 5/3	inyector	En conector negro	13.5 a 15.5
T 5/5 + T 5/4	inyector	En conector negro	13.5 a 15.5
18+19	Válvula estabilizadora		45 a 65 k $\Omega$
21+22	Válvula estabilizadora		45 a 65 k $\Omega$
16+29	Cableado al sensor Hall	Puentear 2+3 del sensor	Max. 1.5 k $\Omega$
5+29	Cableado al sensor Hall	Puentear 1+3 del sensor	Max. 1.5 k $\Omega$
8+17	Cableado G71	Puentear 3+4	Max. 1.5 k $\Omega$
5+29	NTC 1	Según la grafica	$\Omega$
5+9	Potenciómetro G69	No variar al acelerar	1.3
5+40	Potenciómetro		1.4 k $\Omega$ aumenta al acelerar
9+40	Potenciómetro		2.5 k $\Omega$ disminuye al acelerar
5+38	NTC 2		Según la grafica
42+43	Cascabeleo G61	Puentear 1+2 del sensor	Max. 1.5 k $\Omega$
44+45	Sonda $\lambda$	Puentear 3+4 del sensor	Max. 1.5 k $\Omega$
1+30	S. P	S. P conectado	1.5 k $\Omega$

Tabla 14. Pruebas de resistencia.

### 6.3 DIAGRAMAS

Los siguientes diagramas tienen la finalidad de mostrar cómo se debe conectar el multímetro en un circuito para las diferentes pruebas.

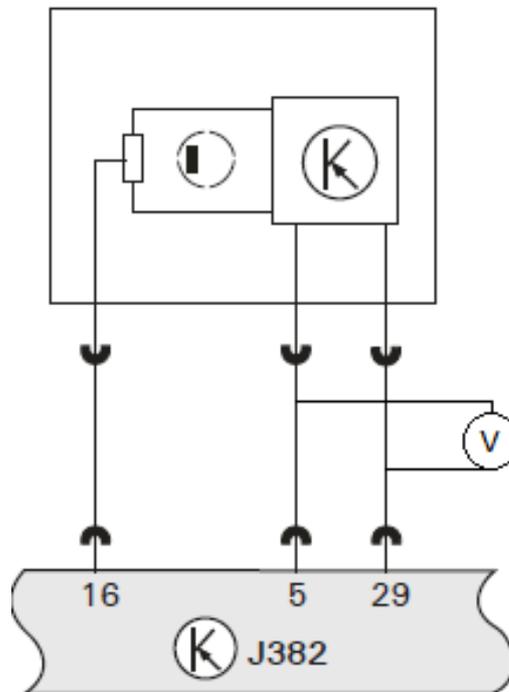


Figura 113. Prueba de voltaje.



Figura 114. Conexión real en voltaje.

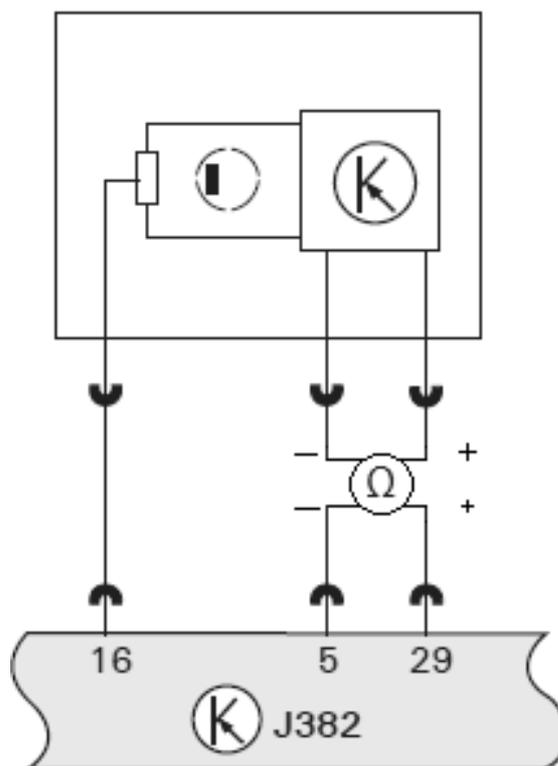


Figura 115. Prueba de resistencias



Figura 116. Conexión real en resistencia.

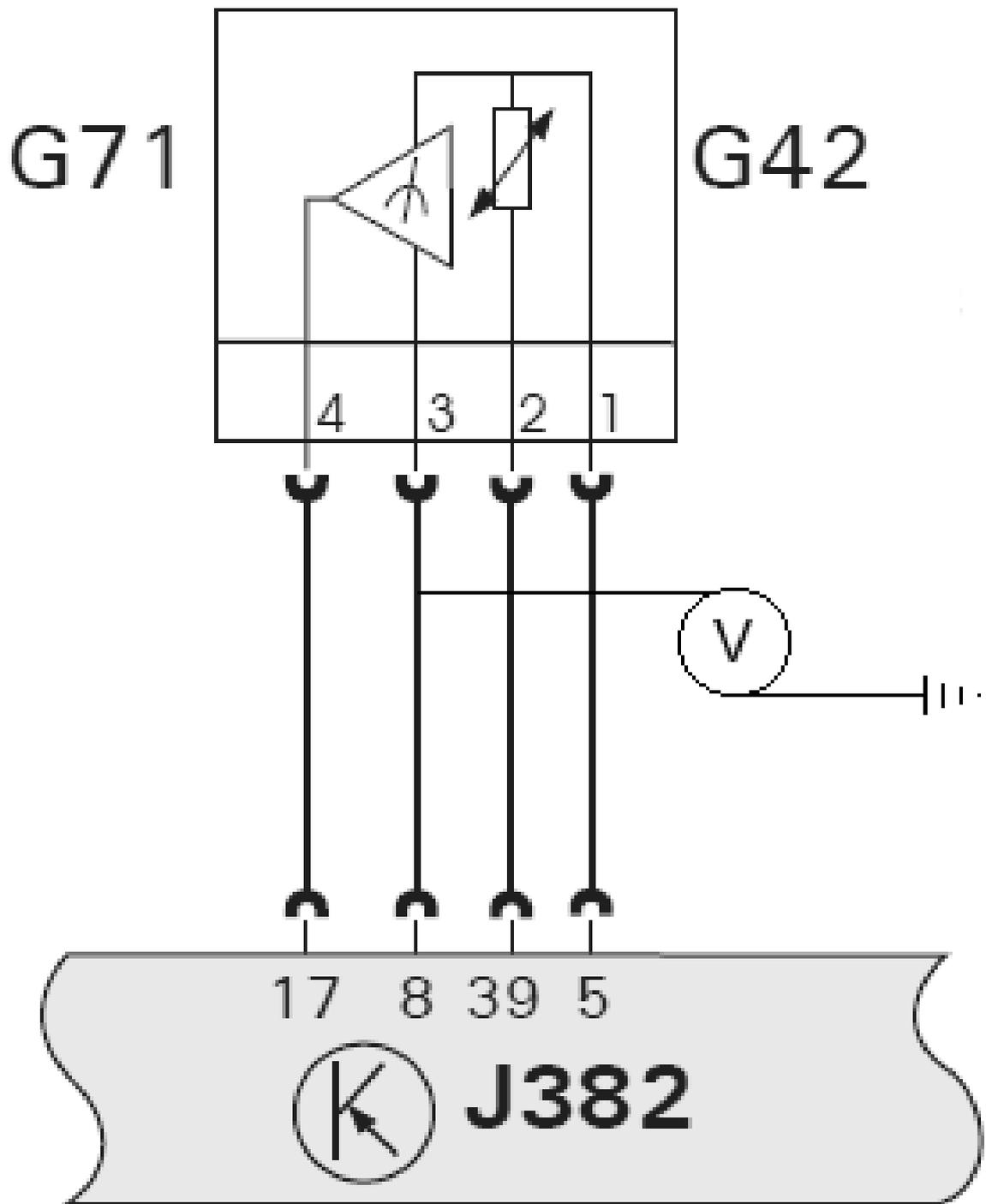


Figura 117. Prueba a tierra física.

**CAPÍTULO**  
**VII**  
**“PRINCIPALES FALLAS”**

## **“PRINCIPALES FALLAS”**

### **7.1 REFERENCIAS Y COMPORTAMIENTOS**

Como todo sistema éste se encuentra expuesto a diferentes fallas en sus diferentes componentes, ya sea por el paso del tiempo, o un posible mal mantenimiento, por eso se dedicará este capítulo a mencionar las fallas más comunes en los diferentes componentes del sistema y su posible solución. Primero se mencionaran algunas referencias que servirán de base para revisar los componentes adecuados, y luego a partir del punto 7.2 se mencionaran las fallas más comunes de cada componente.

Reconocer las fallas a simple vista puede ser muy complicado o casi imposible, sin embargo, hay referencias o comportamientos del vehículo que pueden ayudar a detectar el posible origen de la falla. Las referencias que nos ayudaran a detectar la causa de las fallas son:

- El motor no arranca: revisar inyectores, estado de bujías, alimentación de la bobina de arranque, sensor hall (G40), potenciómetro de mariposa (G69), válvula estabilizadora ralentí, relé de bomba de combustible, bomba de combustible o cambiar batería. Si la falla a ocurrido con el motor en marcha la unidad de mando dará una señal que se mandara al tablero para hacer notar al usuario del vehículo que es necesaria una revisión del motor; esta luz no se apagara hasta haber arreglado la falla.
- El motor enciende con dificultad: revisar inyectores, bujías, sensor de carga del múltiple (G71), o batería en caso de ser ya una batería muy vieja. Normalmente no existe un riesgo inmediato al presentar este fallo, pero si es conveniente hacer el mantenimiento adecuado para así evitar que el fallo sea más grave.
- Entrando en programa “Go Home”: revisar los sensores de temperatura del motor (G42) y de temperatura del aire (G62), potenciómetro de mariposa (G69), sensor de carga del múltiple (G71), bomba de combustible. Cuando pasa esto el vehículo solo camina en marcha lenta y no desarrolla potencia.
- Cascabeleo excesivo: revisar inyectores, bujías sensor de picado (G61), sensor Lambda (G39), regulación Lambda.

- Calentamiento excesivo: la unidad de mando da la señal al tablero, los sensores a revisar son los de temperatura, tanto del motor (G42) y de aire (G62), o revisar la bomba de agua, sonda o sensor (G39) Lambda.

También es necesario recordar que se debe verificar el diagrama de conexión por las características ya mencionadas de los diferentes modelos de los vehículos para establecer los pines correctos de alimentación.

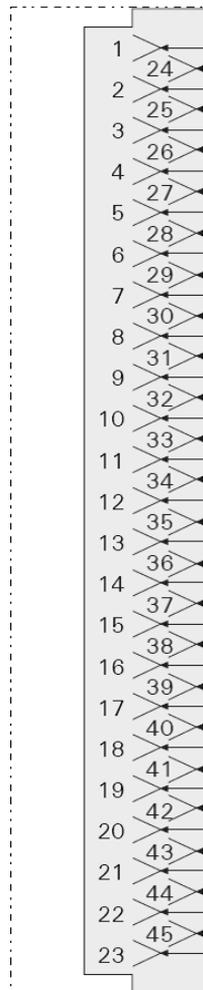


Figura 118. Distribución de pines de conexión.

La conexión de los componentes es la siguiente, iniciando con el numero de pin y mencionando el elemento que va en este punto.

- 1 Masa de la Unidad de mando (J382)
- 2 Negativo del Relé de inyección (J 16) y función Power Latch
- 3 Negativo pulsante de la Válvula de filtro de carbón activado (N80)
- 4 Vacío
- 5 Masa de sensores

- 6 vacío
- 7 vacío
- 8 Positivo 5V del sensor de la presión en el colector (G71) (Sensor de carga)
- 9 Positivo 5V del sensor de la posición de la mariposa (G69) (Pot. de mariposa)
- 10-13 Masa electrónica de inyectores No.3, No.4, No.2, No.1
- 14 Salida de señal para el Tacómetro
- 15 Línea K de comunicación 1551/1552
- 16 Entrada de la señal Hall
- 17 Señal del sensor de carga en el colector (G71)
- 18 Salida para el motor de paso (estabilizador de ralentí)
- 19 Salida para el motor de paso (estabilizador de ralentí)
- 20 Negativo de salida para el relé de plena potencia
- 21 Salida para el motor de paso (válvula estabilizadora de ralentí)
- 22 Salida para el motor de paso (válvula estabilizadora de ralentí)
- 23 Positivo de alimentación a la unidad (J382)
- 24 Masa para el transformador de encendido (N152)
- 25 vacío
- 26 Negativo para el relé de la bomba de combustible (J17)
- 27 vacío
- 28 vacío
- 29 Positivo 12V Para el sensor Hall (G40)
- 30 Señal negativa del Shorting Plug
- 31 vacío
- 32 Apantallado (-) del sensor de detonación (G61)
- 33 Apantallado(-) de la sonda lambda (G39)
- 34-37 vacío
- 38 Señal del sensor de temperatura del motor (G62)
- 39 Señal del sensor de temperatura del aire (G42)
- 40 Señal de la posición de la mariposa (G69)
- 41 Positivo de la señal del aire acondicionado
- 42 Señal del sensor de picado (G61)
- 43 Señal del sensor de picado (G61)
- 44 Señal de la sonda lambda (G39) tierra
- 45 Señal de la sonda lambda (G39)

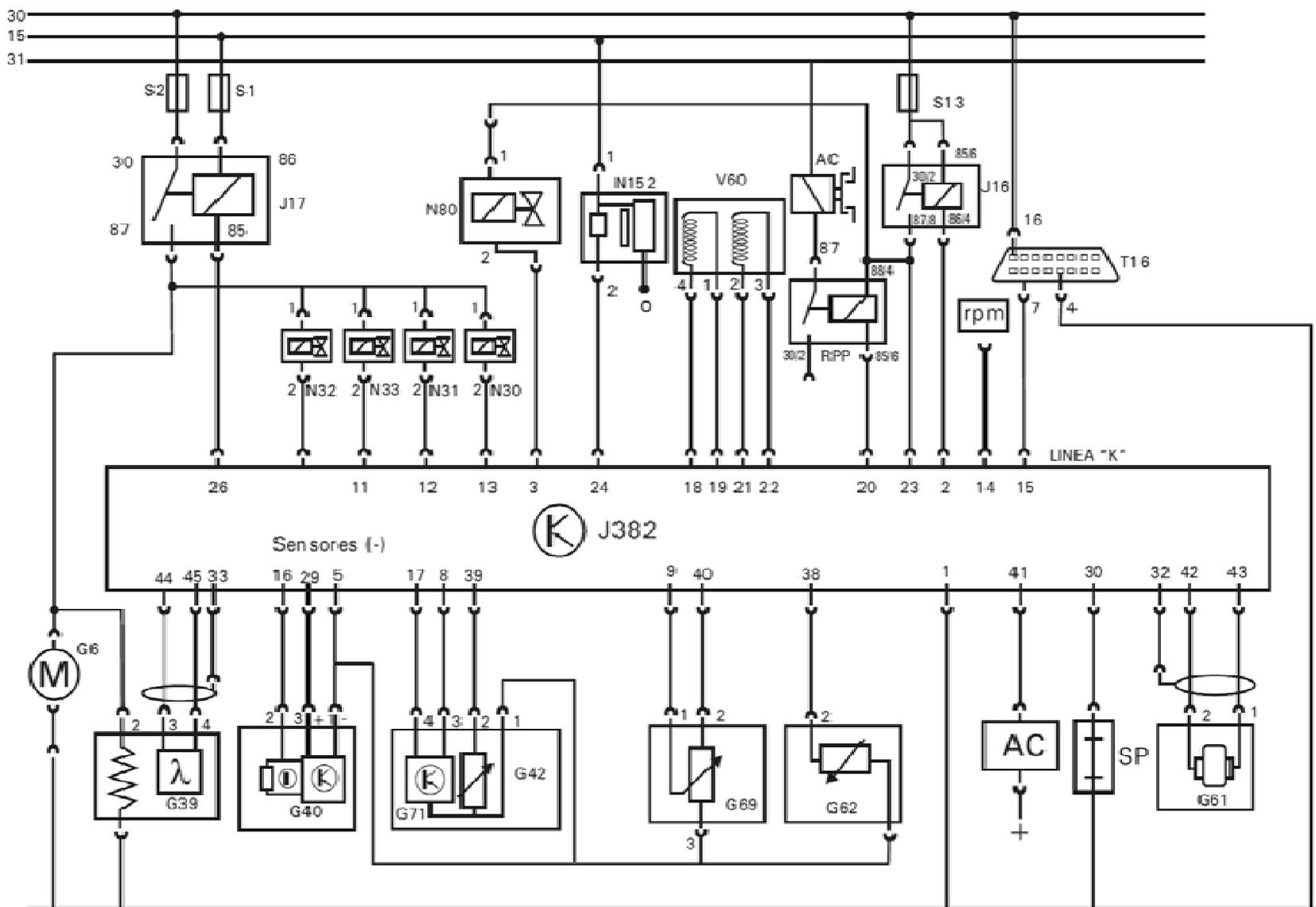


Figura 119. Diagrama de conexión.

## LEYENDA:

G6 - Bomba de combustible

G40 - Sensor Hall

G71 - Sensor de la presión en el colector (sensor de carga)

G69 - Sensor de la posición de la mariposa del acelerador

G62 - Sensor de la temperatura del motor

G61 - Sensor de detonación

G39 - Sonda lambda

G42 - Sensor de la temperatura del aire

J16 - Relé de sistema de inyección

J17 - Relé de la bomba de combustible

J382 - Unidad de mando del sistema

N30 - Válvula inyectora primer cilindro

N31 - Válvula inyectora segundo cilindro

N32 - Válvula inyectora tercer cilindro

N33 - Válvula inyectora cuarto cilindro

N80 - Válvula de limpieza del filtro de carbón activado

N152 - Transformador de encendido

S1 - Fusible del relé de la bomba

S2 - Fusible del sistema de inyección

AC - Entrada de la señal de aire acondicionado

SP - Shorting Plug

T16 - Conector de diagnósticos

RPM - Tacómetro

MP - Estabilizadora de ralenti (V60)

RPP - Relé de la plena potencia

## 7.2 VÁLVULA ESTABILIZADORA DE RALENTÍ

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
La salida no actúa	-El o los cables hacia el motor tienen corto circuito en tierra	<p>Verificar que el sensor esté en operación en sus respectivos pines de conexión, así como en los pines 24 del transformador N152 por si no encienden las bujías, y 26 del relé de la bomba de combustible por si el vehículo no arranque, y detectar los cables que estén haciendo el posible corto circuito</p> <p>Si el modelo es diferente se debe revisar el diagrama ya que por ejemplo un modelo 1999 tiene la alimentación en el pin 36.</p>
Salida no actúa	-El o los cables hacia el motor tienen corto circuito con positivo batería - Interrupción de cable(s)	
Cortocircuito	-Puede haber un corto circuito entre cables hacia el motor - Corto circuito en motor	

Las fallas en esta válvula pueden causar la pérdida de la misma, donde incluso puede suceder que si ocurre la falla cuando el vehículo está en movimiento puede hasta detenerse por completo el motor.

Un defecto mecánico que puede presentarse es un vástago torcido o trabado, lo que impide el paso adecuado del aire hacia la mariposa de forma controlada.

## 7.3 SEÑAL INDICADOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito a positivo	El cable tiene corto circuito con positivo	- Verificar contactos de conectores - Verificar continuidad en el mazo
Interrupción	El cable tiene corto circuito en tierra	

Cuando el defecto tiene como condición de falla un corto circuito, un código de falla es grabado en la unidad de mando, lo que provoca que la aguja no marque el combustible que se está gastando durante la marcha.

#### 7.4 POTENCIÓMETRO DE LA MARIPOSA-G69

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-El cable tiene un corto circuito en tierra - G69 defectuoso	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 40-9  O revisar pines dependiendo el modelo
Corto circuito en positivo	- Interrupción en cable de tierra -El cable tiene un corto circuito en positivo - G69 defectuoso	

Cuando el defecto tiene como condición de falla un corto circuito, un código de falla es grabado en la unidad de mando, lo que genera un estado de emergencia (Go Home) y presentar una operación defectuosa del motor como un movimiento oscilante o una marcha lenta irregular.

Si la falla es distinta, el motor presenta una marcha lenta en función de marcha lenta o falta de potencia por excesiva circulación de gases de escape.

Una falla mecánica puede ser la descompostura de la mariposa, por lo que el motor entrara en velocidad lenta al no poder inyectar aire al acelerar el vehículo

#### 7.5 TRANSMISIÓN DE PRESIÓN DEL COLECTOR DE ADMISIÓN G71

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-El cable tiene un corto circuito en tierra - G71 defectuoso	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 18, 5 y la señal en el pin 17  - Sustituir G71
Corto circuito en positivo	- Interrupción en cable de masa -El cable tiene un corto circuito en positivo - G71 defectuoso	

Es recomendable también revisar el transformador de encendido N152.

Las fallas en el sensor afectan directamente el cálculo de masa de aire admitido, y con esto, la cantidad de combustible inyectado; de este modo, la mezcla puede ser enriquecida o empobrecida con efectos sobre la marcha lenta.

Cuando la falla se presenta por un corto circuito, la falla es grabada en la unidad de mando, lo que genera un estado de emergencia (Go Home), así como una marcha irregular, oscilación del vehículo por la mala mezcla con la que se está trabajando.

Si la falla es otra, el vehículo tiene una marcha irregular únicamente.

### **7.6 TRANSMISIÓN TEMPERATURA LÍQUIDO REFRIGERANTE G62**

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-El cable tiene un corto circuito en tierra - G62 defectuoso	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 38 y 5
Corto circuito en positivo	- Interrupción en cable de tierra -El cable tiene un corto circuito con positivo - G62 defectuoso	

Si se debe cambiar un sensor se debe verificar el modelo y tipo de vehículo, nunca se debe hacer un cambio con el sistema de enfriamiento caliente

Hacer el mantenimiento preventivo del motor cada 30000 Km.

### **7.7 TRANSMISOR TEMPERATURA AIRE DE ADMISIÓN G42**

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-El cable tiene un corto circuito en tierra - G42 defectuoso	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 5 y 8 de alimentación y 39 que manda la señal.
Corto circuito en positivo	- Interrupción en cable de tierra -El cable tiene un corto circuito con positivo - G42 defectuoso	

Si se debe cambiar un sensor se debe verificar el modelo y tipo de vehículo, nunca se debe hacer un cambio con el sistema de enfriamiento caliente

Hacer el mantenimiento preventivo del motor cada 30000 Km.

## 7.8 SENSOR DE DETONACIÓN G61

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Interruptor con corto circuito en tierra	-El cable tiene un corto circuito en tierra  - G42 defectuoso	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 42, 43 y 32

Cuando la falla se presenta por un corto circuito, un código de falla es grabado en la unidad de mando, lo que genera que el motor tenga un avance reducido para evitar daños en el mismo.

## 7.9 SONDA LAMBDA G39

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
No hay señal	- Interrupción de cable - G39 defectuoso	- Verificar sonda lambda y regulación lambda en conectores de operación 44, 45 de alimentación así como la resistencia conectada al relé de la bomba de combustible en los pines 1 y 2 del sensor  - En caso necesario sustituir
Corto circuito en tierra	- Cable tiene corto circuito en tierra - G 39 defectuoso	
Corto circuito en positivo	- Cable tiene corto circuito en positivo - G39 defectuoso	

Si el sensor presenta fallas por corto circuito, puede ocasionar no originar la señal necesaria a la unidad de mando, la cual no genere nuevas instrucciones a los demás sensores y puede ocasionar que se empiece a realizar una mezcla no deseada.

Sí el sensor ha sido contaminado no existe un método de limpieza que puede recuperarlo, por lo que, es en estos casos donde se debe cambiar.

## 7.10 TRANSMISOR HALL G40

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
No hay señal.	-El interruptor o el cable tienen un corto circuito en tierra	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 29 y 5 de alimentación y 16 que da la señal.

## 7.11 TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Señal demasiado alta	- Tensión de batería superior a 16V	- Verificar alternador
Señal demasiado baja	- Tensión de batería inferior a 10 V	- Verificar el estado de carga de la batería

## 7.12 REGULACIÓN LAMBDA

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Límite de regulación sobrepasado	- Sistema de escape inestable entre tapa de cilindros y catalizador	Verificar sistema de escape
	Fallas de encendido	Verificar componentes de la unidad de encendido en conectores 24-1-2-26
	-Inyector(es) (N30) defectuoso(s)	Verificar N30 en conectores de operación en la línea 87 y las salidas 10, 11, 12, 13
	- Presión de combustible, insuficiente	- Verificar regulador de presión de combustible y conectores de operación de la bomba que va de la línea de encendido y el relé de bomba
	- Falta combustible en depósito	Cargar combustible
	- Sistema de admisión inestable	- Verificar la cantidad de aire penetrado indebidamente en el colector del múltiple de admisión, potenciómetro de mariposa y la válvula ralentí.
	-Válvula electromagnética 1 para depósito de carbón activo (N80), trabaja (siempre abierta)	- Realizar ajuste básico de operación en los conectores 01-línea 87 del relé de la bomba de combustible
- Sonda lambda (G39) defectuosa	-Verificar sonda y regulación Lambda en conectores 44, 45 y 33	

Límite de regulación no alcanzado	Presión de combustible excesiva	Verificar regulador de presión de combustible y conectores de operación de la bomba que va de la línea de encendido y el relé de bomba
	Inyectores (N30...N33) inestables, defectuoso(s)	Verificar N30 en conectores de operación en la línea 87 y las salidas 10, 11, 12, 13
	Sonda lambda (G39) defectuosa	Verificar sonda y regulación Lambda en conectores 44, 45, 33

Las anomalías de la regulación lambda se detectan en el caso de un incidente breve ocurrido en el sistema; por ejemplo: el desprendimiento de un tubo flexible de depresión.

Si la regulación no es la adecuada se puede provocar un consumo exagerado de combustible, pérdida de fuerza, dañar el sistema de inyección, generar un alto índice de hidrocarburo, dañar el convertidor catalítico.

La causa que genera las fallas en el sistema es por haber soldadura sobre las conexiones.

### 7.13 ADAPTACIÓN DE LA MEZCLA

Las anomalías de la adaptación de la mezcla se detectan a través de alteraciones de larga duración; por ejemplo: el desgaste de ciertos componentes.

### 7.14 MÓDULO DE IGNICIÓN

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Salida abierta	Interrupción de cable hacia la unidad de control	Verificar mazo de bobina  - Verificar resistencia de primario y secundario de bobina
Corto circuito en positivo	Cable en cortocircuito a positivo	
Corto circuito en tierra	Cable en cortocircuito en tierra	

### 7.15 TACÓMETRO

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
	-Cable en corto circuito en tierra	- Verificar su conexión en el mazo
	-No hay contacto en	Verificar el mazo de

Corto circuito en tierra	tierra	conexión, cambiar el tacómetro, revisar conector de operación 14
--------------------------	--------	--

### 7.16 RELÉ DE AIRE ACONDICIONADO

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en positivo	-Cable en corto circuito en positivo  -No hay contacto en tierra	- Verificar relé de aire acondicionado, su conexión en el conector de alimentación del relé de la inyección J16 y conector 20 de la unidad de mando.

### 7.17 VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA 1 PARA DEPÓSITO DE CARBÓN ACTIVADO N80

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-Cable en corto circuito en tierra	Verificar N80
Corto circuito en positivo	-N80 defectuoso  -Cortocircuito a positivo  - N80 defectuoso	Verificar conectores de operación línea 51 y pin 3

Si existe un corto circuito habrá una acumulación de vapores en el depósito, los cuales serán arrojados a la atmósfera por la válvula de seguridad.

### 7.18 INYECTOR CILINDRO N30 N31, N32, N33

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en tierra	-Cable hacia la unidad de control tiene un corto circuito en tierra	Verificar N30, N31, N32, N33
Corto circuito en positivo	-El cable hacia la unidad de control tiene, corto circuito a positivo, batería  - Inyector defectuoso	Verificar conectores de operación línea 51 y pines 10, 11, 12, 13

En caso de presentarse alguna de las fallas, el motor funcionará de forma irregular sin aceleración y con un exceso de emisiones o tendrá exceso de vibraciones

### 7.19 RELÉ BOMBA DE COMBUSTIBLE J17

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Corto circuito en positivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cable en corto circuito en positivo de batería</li> <li>-No hay indicación de corto circuito en tierra</li> <li>- No hay indicación de error para las condiciones de circuito abierto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar su conexión</li> <li>-Verificar su resistencia interna</li> <li>cambiar el relé bomba interna,</li> <li>-Verificar su conexión en los conectores de operación 01, línea 15-26 y los fusibles S1 y S2</li> </ul>

### 7.20 UNIDAD DE CONTROL DEFECTUOSA

Falla	Posible causa	Eliminación de la falla
Unidad de control defectuosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Defecto interno</li> <li>-Intento de manipulación indebido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir unidad de control de los pines de operación 24-9 01-02-26</li> </ul>

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de la inyección electrónica ha venido a cambiar para bien el proceso de combustión dentro de los motores de gasolina de 4 tiempos y así mejorar el rendimiento en cuanto a consumo de combustible, retirando los carburadores y poniendo en su lugar una unidad de mando electrónica, la cual realiza de forma sincronizada con todos los componentes mecánicos del motor el desarrollo del motor.

También los procesos para reducir el octanaje en las gasolinas ayuda a reducir los índices de dióxido de carbono los cuales son producto del proceso de combustión.

Al mismo tiempo, hacer un proceso menos contaminante al medio ambiente; sin embargo, como todo lo creado por el hombre requiere mantenimiento y revisión con cierta frecuencia de tiempo.

El funcionamiento de la unidad de mando junto con los componentes que se encuentran conectados en los diferentes sistemas ya sean los sensores o actuadores, ayudan a realizar un proceso de combustión mucho más efectivo en cuanto a la concentración de la mezcla aire-combustible que ingresa al sistema, y evitar diversos problemas como crear más carbón por exceso de combustible o provocar que el motor se ahogue por exceso de aire.

De igual forma, los sensores de temperatura y presión nos ayudan a tener un sistema de enfriamiento accionado en el momento requerido, sin permitir que el vehículo se sobrecaliente y deje de funcionar en plena marcha o revienten las mangueras de agua o anticongelante por la presión excesiva producida por el motor.

La realización de las pruebas a los diferentes sensores y actuadores muestra que los manuales convencionales se encuentran con fallas de redacción y los datos manejados no son del todo creíbles, porque no manejan de manera adecuada las unidades de medición, así como su poca descripción en la realización de las mismas y la forma poco clara en describir los sistemas, pruebas y fallas.

También se ha desarrollado una forma simple de cómo evitar utilizar aparatos costosos en la realización de las pruebas utilizando únicamente caimanes,

multímetro y probador de led con la finalidad de encontrar desperfectos en forma rápida.

En definitiva, este trabajo deja de la forma más clara posible el cómo funciona un motor con inyección electrónica Magneti Marelli así como la realización de forma simple, rápida y eficiente de las pruebas con la finalidad de buscar posibles fallas dentro del sistema y de esta manera evitar el costo excesivo que cuesta realizar este trabajo, y dejar de depender en cierta medida de las grandes gerencias que se dedican a realizar estos trabajos.

## GLOSARIO

**Campo magnético:** El campo magnético es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor que se desplaza a una velocidad.

**Carrera:** Es la distancia que recorre en forma lineal un objeto de un punto a otro en un tiempo determinado.

**Carga eléctrica:** La carga eléctrica es una propiedad de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante atracciones y repulsiones que determinan las interacciones electromagnéticas entre ellas.

**Catalizador:** Se denominan catalizadores a la sustancia, sea un compuesto o elemento, que tiene la posibilidad de acelerar o retardar una reacción química, con la particularidad de que estos catalizadores permanecen sin alteraciones.

**Colector:** un colector es un método de hacer una conexión eléctrica a través de un ensamblaje rotativo. Los colectores también son llamados anillos rotatorios, anillos deslizantes, interfaces eléctricas rotativas, conectores eléctricos rotativos o junta eléctrica rotativa, son comúnmente hallados en maquinas eléctricas de corriente alterna como generadores, alternadores, turbinas de viento, en las cuales conecta las corriente de campo o excitación con el bobinado del rotor.

**Conmutador:** Un conmutador es un dispositivo eléctrico o electrónico que permite modificar el camino que deben seguir los electrones. Son típicos los manuales, como los utilizados en las viviendas y en dispositivos eléctricos, y los que poseen algunos componentes eléctricos o electrónicos como el relé. Se asemejan a los interruptores en su forma exterior, pero los conmutadores a la vez que desconectan un circuito, conectan otro. Seguidamente se describen los tipos de conmutadores más usuales.

**Convertidor catalítico o Catalizador:** Es un componente del motor de combustión interna alternativo y Wankel que sirve para el control y reducción de los gases nocivos expulsados por el motor de combustión interna. Consiste en una malla cerámica de canales longitudinales revestidos de materiales nobles como Platino, Rodio, etc, situado en el escape.

**Efecto Hall:** El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético. A este campo eléctrico se le llama campo Hall. Llamado efecto Hall en honor a su descubridor Edwin Herbert Hall.

**Electrodo:** Un electrodo es una placa de membrana rugosa de metal, un conductor utilizado para hacer contacto con una parte *no metálica* de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito

**Energía calorífica:** Es la energía aprovechada del movimiento de las moléculas a muy alta velocidad.

**Energía química:** La energía química es una forma de energía potencial, es la energía involucrada en el lazo formado entre dos átomos. Cuando uno de estos lazos se rompe, ocurre una reacción química y es cuando se usa energía química.

**EPROM:** Son las siglas de Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente.

**Hidrocarburos:** Los hidrocarburos son compuestos de carbono e hidrógeno que, atendiendo a la naturaleza de los enlaces, pueden clasificarse como aromáticos y alifáticos, donde los alifáticos se clasifican en saturados e insaturados, los saturados contienen enlaces simples llamados alcanos, mientras que los insaturados contiene enlaces dobles llamados alquenos, y enlaces triples denominados alquinos.

**Isoctano:** Es un alcano ramificado que tiene una cadena principal de pentano.

**Leva:** Es un elemento mecánico hecho de algún material (madera, metal, plástico, etc.) que va sujeto a un eje y tiene un contorno con forma especial. De este modo, el giro del eje hace que el perfil o contorno de la leva toque, mueva, empuje o conecte una pieza conocida como *seguidor*. Existen dos tipos de seguidores, de traslación y de rotación.

**Olefinas:** Una olefina es un compuesto que presenta al menos un doble enlace Carbono-Carbono.

**Oxidación:** La oxidación es una reacción química donde un metal o un no metal cede electrones, y por tanto aumenta su estado de oxidación. La reacción química opuesta a la oxidación se conoce como reducción.

**Parafina:** Parafina es el nombre común de un grupo de hidrocarburos alcanos de fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , donde  $n$  es el número de átomos de carbono. La molécula simple de la parafina proviene del metano,  $CH_4$ , un gas a temperatura ambiente; en cambio, los miembros más pesados de la serie, como el octano  $C_8H_{18}$ , se presentan como líquidos.

**Piezoeléctrico:** Es una propiedad que se presenta en determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

**Polimerización:** La polimerización es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional.

**Régimen de giro:** El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión.

**Relé:** El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- BURGHARDT, M. D.  
Ingeniería Termodinámica  
Edit. Mc. Graw Hill,  
México 1984.
- WARK, RICHARDS.  
Termodinámica  
Edit. Mc. Graw Hill,  
Sexta edición México 2001.
- RUIZ Vassallo, Francisco  
Electrónica Industrial: Componentes y Circuitos Básicos  
Enciclopedia CEAC de Electricidad,  
España 1988.
- VILDÓSOLA C Eugenio  
Actuadores  
Soltex  
Chile S.A. 2002
- Informaciones Técnicas Parte A  
Test Thomson,  
2005.
- VALDEZ Andrés  
Sistema de Inyección Electrónica de Combustible  
Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería Electrónica,  
Cuenca Ecuador. 1998.
- GARCÍA Camilo Alejandro  
Transmisión de Potencia en Vehículos Automotores,  
Mecánica Virtual Ltda.
- Inyección Electrónica 1.8 Turbo Descripción Técnica y Funcionamiento,  
Escuela de Servicio Entrenamiento a la Red VW,  
España 2000.
- Pointer 2000 Sistemas Electrónicos  
Entrenamiento a la Red VW,  
España 2000.
- Pointer 2000 Características Técnicas y Constructivas  
Entrenamiento a la Red VW,  
España 2000.
- Inyección Electrónica Magneti Marelli Descripción Técnica y Funcionamiento  
Entrenamiento a la Red VW,  
España 2000.

## **MESOGRAFÍA**

- Ingeniería de la Velocidad ©2005, Inyección Electrónica, disponible en <http://www.pro-1performance.com/inyeccionelectronica/inyeccion.htm>
- Monografías, Trabajos pdf-4, inyección electrónica, disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/sistema-inyeccion-electronica-combustible/sistema-inyeccion-electronica-combustible.pdf>
- Automotriz. Net, Técnica, Fuel Inyection, disponible en <http://www.automotriz.net/tecnicafuel-injection.html>
- Magneti Marelli, Electronic Sistem, disponible en [www.magnetimarelli.com/](http://www.magnetimarelli.com/)
- Todo Mecánica, Sistemas de Inyección a Gasolina, disponible en <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyecciasolina/pagina-5-3.html>
- Biblioteca Digital, ILCE, Sites, Ciencia, disponible en [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec\\_11.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_11.html)
- Biblioteca Digital, ILCE, Sites, Ciencia, disponible en [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec\\_10.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_10.html)
- Wikipedia, Motor de Combustión Interna, disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor de combusti%C3%B3n interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna)
- CIE, UNAM, Publicaciones, Termodinámica, disponible en <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Termodinamica/node45.html>
- Kilometro 77, Glosario, Punto Muerto Superior e Inferior, disponible en <http://www.km77.com/glosario/p/puntmuer.asp>
- Todo Mecánica, sonda Lambda, disponible en <http://www.todomecanica.com/sonda-lambda-y-sensores.html>
- Wikipedia, transistor, disponible en [es.wikipedia.org/wiki/Transistor](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor)
- World Lingo, potentiometer disponible en <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Potentiometer>
- Sensores de temperatura, temas, control, memo, disponible en <http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/memo/MEMO.html>
- World Lingo, voltaje disponible en [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Voltage\\_drop](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Voltage_drop)
- Wikipedia, transistores, disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen transitorio \(electr%C3%B3nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen_transitorio_(electr%C3%B3nica))
- Matemáticas Antonio Pérez Sanz, educación, trabajo, glosario, energía mecánica, disponible en [http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/trabajo\\_glosario/energia\\_mecanica/energia\\_mecanica.htm#1](http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/trabajo_glosario/energia_mecanica/energia_mecanica.htm#1)
- Agencia Internacional de Energía, files, comités, actuadores, disponible en <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>
- Profesor Molina, tecnología, sensores de Transducción, disponible en [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)