

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diagnóstico electrónico de los sensores del Sistema de
Inyección a Gasolina**

Proyecto de investigación

Juan Andrés Luna Pezantes

Electromecánica Automotriz

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del
título de Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 18 de mayo del 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Diagnóstico electrónico de los sensores del Sistema de

Inyección a Gasolina

Juan Andrés Luna Pezantes

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gonzalo Tayupanta, MSc.

Firma del Tutor

Quito, 18 de mayo de 2017

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:	_____
Nombres y apellidos:	Juan Andrés Luna Pezantes
Código:	00106341
Cédula de Identidad:	1714702113
Lugar y fecha:	Quito, 18 de mayo del 2017

RESUMEN

En este proyecto técnico se detalla paso a paso como realizar el diagnóstico electrónico de los sensores del sistema de inyección a gasolina a través del uso de un osciloscopio de aplicación automotriz como una herramienta importante para detectar el funcionamiento y estado de los sensores, para que un técnico de esta área pueda determinar con mayor seguridad si es o no necesario el reemplazo de los sensores o también el tipo correctivos a realizar para que un motor de combustión interna funcione de manera óptima, entregue todo su torque y potencia, así como también mejor rendimiento del combustible y niveles bajos de gases contaminantes en el escape.

ABSTRACT

This technical project details step by step how to perform the electronic diagnosis of gasoline injection system sensors through the use of an automotive application oscilloscope as an important tool to detect the operation and state of the sensors, so that a Technician in this area can determine with greater certainty whether or not it is necessary to replace the sensors or also the corrective type to be performed in order for an internal combustion engine to perform optimally, to deliver all its torque and power, as well as better performance Of fuel and low levels of pollutant gases in the exhaust.

INDICE DE CONTENIDOS

DERECHOS DE AUTOR.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INDICE DE CONTENIDOS.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	8
INTRODUCCION.....	10
CAPITULO I	
SENSORES.....	11
1.1. Sensores de temperatura.....	12
1.1.1. Sensor PTC.....	12
1.1.2. Sensor NTC.....	13
1.1.3. Bimetal.....	15
1.2. Sensores de presión.....	16
1.2.1. Piezorresistivos.....	16
1.2.2. Piezoeléctricos.....	19
1.2.3. Manocontacto.....	22
1.3. Sensores electromagnéticos.....	23
1.3.1. Sensor inductivo.....	24
1.3.2. Sensor Hall.....	26
1.3.3. Sensor Reed.....	29
1.3.4. Sensor capacitivo.....	30
1.3.5. Sensor de posición.....	31
1.3.5.1.Divisor de tensión.....	30
1.3.5.2.Sensor PWM.....	33
1.3.5.3.Interruptor automático.....	34
1.3.6. Sensor de oxígeno.....	35
1.3.7. Sensores ultrasónicos.....	37
1.3.7.1.Sensor de distancia.....	37
1.3.7.2.Sensor volumétrico.....	39
1.3.7.3.Sensor de efecto Karman.....	39
1.3.8. Sensor óptico.....	40
CAPITULO II	
DIAGNOSTICO.....	42
2.1. Necesidades del diagnóstico.....	42

2.2. Historia de las normativas.....	42
2.3. Conector OBD II.....	44
2.4. Equipos de diagnóstico.....	46
2.4.1. Bancos de diagnóstico.....	46
2.4.2. Consola autónoma.....	47
2.4.3. Interfaz PCILT.....	48
2.4.4. Terminales de bolsillo.....	48
2.4.5. Terminales conectados en red.....	49
2.5. Métodos de diagnóstico.....	49
2.5.1. Métodos guiados.....	50
2.5.1.1. Lectura de códigos de error (DTC).....	50
2.5.1.2. Manuales técnicos de reparación.....	52
2.5.1.3. Memorizadores de datos.....	54
2.5.1.4. Circulares de averías.....	55
2.5.2. Métodos no guiados.....	56
2.5.2.1. Valores reales.....	56
2.5.2.2. Conexión en paralelo.....	57
2.5.2.3. Esquemas eléctricos.....	57
CAPITULO III	
DIAGNOSTICO DE LOS SENSORES.....	59
3.1. Sensores de temperatura de tipo NTC.....	59
3.2. Sensores de posición de la mariposa.....	60
3.3. Sensores de presión absoluta por variación de tensión.....	61
3.4. Sensores de presión absoluta por variación de frecuencia.....	61
3.5. Sensores de flujo de aire.....	63
3.6. Sensores de oxígeno.....	64
3.7. Sensores de detonación.....	65
3.8. Sensores del eje de levas.....	66
3.9. Sensores de efecto Hall.....	67
3.10. Sensor de giro del cigüeñal de tipo inductivo.....	68
3.11. Sensor de giro del cigüeñal de tipo optoelectrónico.....	69
3.12. Sensor de giro del cigüeñal de tipo Hall.....	70
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBLOGRAFÍA.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Resistencia en función de la temperatura de un PTC.....	12
Figura 1.2. Resistencia en función de la temperatura de un NTC.....	14
Figura 1.3. Sensor de temperatura de aire aspirado NTC.....	15
Figura 1.4. Constitución interna de un bimetal.....	15
Figura 1.5. Curva característica de la tensión en en función de la presión.....	16
Figura 1.6. Esquema eléctrico de una piezorresistencia.....	17
Figura 1.7. Sensor MAP.....	18
Figura 1.8. Sensor de ocupación del asiento.....	19
Figura 1.9. Efecto piezoeléctrico.....	20
Figura 1.10. Esquema de sensor piezoeléctrico.....	21
Figura 1.11. Sensores de picado de un motor.....	22
Figura 1.17. Sensores de impacto.....	23
Figura 1.18. Interruptor presostático.....	23
Figura 1.19. Esquema de funcionamiento de un sensor inductivo.....	24
Figura 1.20. Curva típica de la corriente inducida.....	25
Figura 1.21. Sensor inductivo.....	26
Figura 1.22. Sensor de efecto Hall.....	28
Figura 1.23. Sensor Hall para la posición del árbol de levas.....	28
Figura 1.24. Esquema de funcionamiento de un sensor Reed.....	29
Figura 1.25. Esquema de funcionamiento de un sensor capacitivo.....	30
Figura 1.26. Esquema de un divisor de tensión.....	31
Figura 1.27. Sensores de posición de chapaletas.....	32
Figura 1.28. Sensor de posición de pedal acelerador.....	32
Figura 1.29. Circuito electrónico de un sensor PWM.....	33
Figura 1.30. Posibles situaciones del circuito electrónico del sensor PWM.....	33
Figura 1.31. Interruptores automáticos.....	34
Figura 1.32. Interruptor automático: el sensor de pedal de freno.....	34
Figura 1.33. Constitución de un sensor de oxígeno.....	36
Figura 1.34. Ondas sonoras contienen zonas de compresión y expansión del aire.....	37
Figura 1.35. Detector de distancia.....	38
Figura 1.36. Zonas de detección de un sensor volumétrico.....	39
Figura 1.37. Medidor de flujo de aire por ultrasonidos.....	40

Figura 1.38. Sensor de detección de suciedad en los faros.....	41
Figura 2.1. Posibilidades de localización del conector OBD-II.....	44
Figura 2.2. Aspecto del conector de diagnóstico estandarizado.....	45
Figura 2.2. Banco de diagnóstico.....	47
Figura 2.3. Consola autónoma.....	47
Figura 2.4. Interfaz AUTOCOM ADP de MIAC.....	48
Figura 2.5. Terminal de bolsillo.....	49
Figura 2.6. Esquema de los componentes del circuito de cierre centralizado.....	53
Figura 2.7. Ejemplo de diagnóstico de averías guiada.....	56
Figura 2.8 Ejemplo de memorizador de datos.....	55
Figura 2.9 Ejemplo de circular de averías.....	55
Figura 2.10. Informe de valores reales ofrecido.....	56
Figura 2.11. Ejemplo de dispositivo para la conexión en paralelo.....	57
Figura 2.11. Ejemplo de visualización de datos técnicos de control.....	58
Figura 2.12. Ejemplo de esquema eléctrico.....	58
Figura 3.1. Variación de la señal enviada por el sensor NTC.....	59
Figura 3.2. Variación de la señal enviada por el sensor TPS.....	60
Figura 3.3. Variación de la señal enviada por el sensor MAP.....	61
Figura 3.4a. Variación de la señal enviada por el sensor MAP por frecuencia.....	62
Figura 3.4b. Valores medidos en el sensor MAP de algunos tipos de vehículos.....	62
Figura 3.5. Variación de la señal enviada por el sensor MAF.....	63
Figura 3.6. Variación de la señal enviada por el sensor de oxígeno.....	64
Figura 3.7. Variación de la señal enviada por el sensor de detonación.....	65
Figura 3.8. Variación de la señal enviada por el sensor de eje de levas.....	66
Figura 3.9. Variación de la señal enviada por el sensor de efecto HALL.....	67
Figura 3.10. Variación de la señal enviada por el sensor del cigüeñal de tipo inductivo.....	68
Figura 3.11. Variación de la señal enviada por el sensor de tipo optoelectrónico.....	69
Figura 3.12. Variación de la señal enviada por el sensor de tipo HALL.....	71

INTRODUCCIÓN

Un diagnóstico es una serie de pruebas que se realizan para poder eliminar componentes particulares que hacen parte de un sistema, como lo es el sistema de inyección de combustible o encendido, como los culpables del problema o avería. En otras palabras, un diagnóstico no es solo un proceso de eliminación y nada más. Suena sencilla la idea pero te dará una gran ventaja saber esto.

Al ir eliminando los componentes dentro del sistema que se esté comprobando, si están funcionando correctamente, se puede llegar al que componente que está con falla y causando el problema, de esta manera se llega a la conclusión correcta en menor tiempo sin tener que “adivinar” y se ahorra mucho tiempo y dinero.

Muchas personas piensan que un diagnóstico se limita únicamente a conectar un escáner de diagnóstico automotriz leer los códigos guardados en la memoria de la unidad de control electrónico, pero el proceso va más allá, pues se establecen una serie de pasos con una secuencia lógica a seguir para realizar un diagnóstico electrónico certero y eficaz. Por eso es de suma importancia el conocer los procedimientos de diagnóstico en detalle, así como el saber manipular adecuadamente los equipo de diagnóstico de uso automotriz, mismos que hoy en día tienen una amplia variedad de aplicaciones, así como versatilidad de uso para vehículos de diferentes marcas y procedencia.

CAPÍTULO I. SENSORES

Los sensores son elementos que tienen como finalidad convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica. Estas señales eléctricas son enviadas a la Unidad de Control Electrónica que realizará el procesamiento de toda esta información y establecerá los valores adecuados que tendrán que tener los actuadores para que el sistema funcione correctamente.

En un automóvil actual puede haber centenares de sensores escondidos bajo todos los rincones del vehículo y que, constantemente, van midiendo todo tipo de magnitudes: temperaturas, presiones, velocidades angulares, flujo de aire que entra al motor, presencia de oxígeno en el tubo de escape, distancia a un obstáculo,...

Clasificación según el principio de funcionamiento

La variedad de sensores que se emplean en automoción es tan extensa que resulta prácticamente imposible realizar una única clasificación que sea completa y exhaustiva. Para empezar a ver la diversidad de tipos de sensores que se puede encontrar, se presenta a continuación una primera clasificación en función del principio físico de funcionamiento:

- Sensores de temperatura:
 - El sensor PTC.
 - El sensor NTC.
 - El bimetal.
- Sensores de presión:
 - La piezorresistencia.
 - El sensor piezoeléctrico.
 - El manocontacto.
- Sensores electromagnéticos
 - El sensor inductivo.
 - El sensor Hall.
 - El sensor Reed.
- El sensor capacitivo.
- Los sensores de posición:
 - Divisor de tensión.
 - El sensor PWM.

- El interruptor automático.
- El sensor de oxígeno.
- Los sensores de ultrasonidos:
 - El sensor volumétrico.
 - El sensor de distancia.

El sensor óptico.

- Las cámaras.
- El sensor de radiofrecuencia.
- Los interruptores.

1.1. Sensores de temperatura

También llamados termistores, los sensores de temperatura son elementos que suministran una señal eléctrica en función de la temperatura a la que están sometidos. En el mundo de la automoción se utilizan tres tipos de sensores de temperatura: el sensor PTC, el sensor NTC y el bimetálico.

1.1.1. El sensor PTC

El sensor PTC (Positive Temperature Coefficient) está compuesto por un material cuya resistencia es directamente proporcional a la temperatura a la que se encuentre (ecuación 1).

$$R = k_p \times t$$

En esta ecuación, **R** es la resistencia del sensor PTC, **K_p** es el coeficiente de temperatura positivo que da nombre al elemento y **t** es la temperatura en grados Kelvin del sensor.

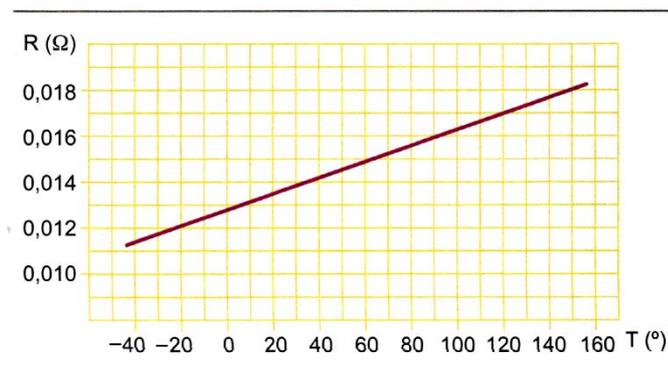


Figura 1.1. Gráfica de la resistencia en función de la temperatura de un PTC.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Concretamente, el tipo de material que tiene esta propiedad de coeficiente de temperatura positivo es el metal. Todos los metales, y solo los metales, son PTC. De hecho, esta propiedad es la que se utiliza científicamente para definir y diferenciar a los metales de los no metales.

Las principales características de los PTC aplicadas al automóvil son:

- Tienen una gran sensibilidad y pueden detectar con facilidad pequeñas variaciones de temperatura (del orden de centésimas de grado).
- Debido a esta gran sensibilidad, los sensores PTC incorporan una electrónica de control muy precisa que amplifica estas variaciones y emite hacia la unidad de control una señal proporcional a la que tiene el PTC.
- La incorporación de esta electrónica de control en el propio sensor hace inviable la comprobación directa de la medición de la resistencia interna del PTC.
- Los sensores PTC se acostumbran a utilizar como medidores de caudal del aire aspirado por el motor: los caudalímetros de hilo caliente montados una década atrás o los caudalímetros de película caliente que todos los vehículos actuales incorporan. En un caudalímetro de lámina caliente se utiliza una lámina de platino que se calienta a una temperatura entre 120 °C y 180 °C por encima de la temperatura ambiente, esta lámina se dispone en el colector de admisión al paso del aire de admisión. Al producirse la aspiración del motor, el aire provoca el enfriamiento de la lámina de platino que disminuye su resistencia y permite así el paso de más intensidad. Un circuito electrónico mide el paso de la intensidad de corriente por la lámina y la intensidad es proporcional a la masa de aire que está circulando por el colector.

1.1.2. El sensor NTC

Un elemento NTC (Negative Temperature Coefficient) es un material (no metal) cuya resistencia es inversamente proporcional a la temperatura a la que se encuentre. Los materiales NTC cumplen la ecuación 2:

$$R = \frac{Kn}{t}$$

En esta ecuación, K_n es la constante de proporcionalidad (coeficiente de temperatura), R es la resistencia del NTC y t es la temperatura.

En la gráfica de la Figura 1.2 se muestra una curva propia de un elemento NTC: al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia en una progresión inversamente proporcional. Los fabricantes acostumbran a facilitar en sus manuales técnicos las gráficas $R-t$ de sus sensores de temperatura para poder realizar la diagnosis con precisión.

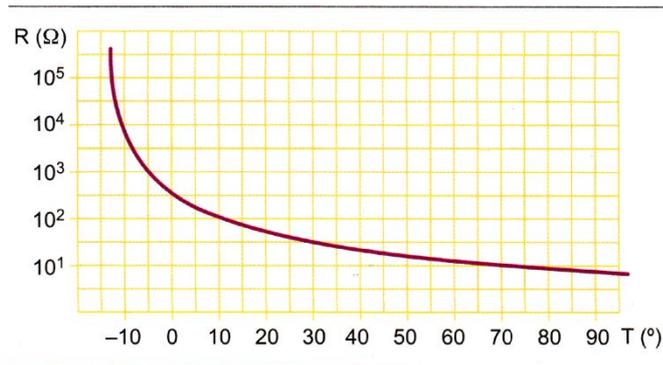


Figura 1.2. Gráfica de la resistencia en función de la temperatura de un NTC.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Los sensores de temperatura (termistencias) son elementos muy utilizados en el mundo del automóvil actual, por ejemplo:

- En el motor se emplean para saber la temperatura del líquido refrigerante del motor antes y después del radiador, la temperatura del aceite de motor, la temperatura del combustible y la temperatura del aire aspirado antes y después del turbo.
- En las transmisiones automáticas para conocer la temperatura del aceite, de los embragues y de los frenos internos.
- En la climatización para medir la temperatura del aire exterior (que se muestra en el habitáculo), del aire mezclado y del interior del habitáculo (si el climatizador tiene diferentes zonas, estos sensores están duplicados o triplicados).
- Pueden haber muchos más sistemas en los cuales se implementen sensores de temperatura para controlar el sobrecalentamiento: frenos, diferenciales automáticos, amplificadores,...



Figura 1.3. Sensor de temperatura de aire aspirado NTC
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.1.3. El bimetálico

Cuando se calienta un material (en especial un metal) se produce una dilatación en su tamaño. Este efecto es muy bien conocido en ingeniería y viene descrito por la siguiente ecuación (3):

$$L_F = L_i \times C_D \times (T_F - T_i)$$

En la ecuación (3) L_F es la longitud final del elemento, L_i es la longitud inicial, T_F es la temperatura final. T_i es la temperatura inicial, siendo, por tanto $(T_F - T_i)$ el incremento (o decremento) de temperatura. La longitud final obtenida está en la misma unidad en que se ha expresado la longitud inicial y las temperaturas se deben expresar en la misma unidad: grados Kelvin o grados centígrados.

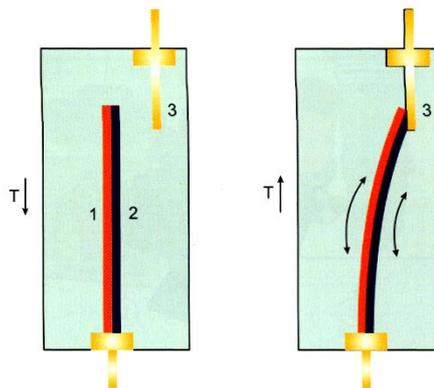


Figura 1.4. Constitución interna de un bimetálico:
1 y 2 son las dos láminas de metales diferentes
y 3 es el contacto de salida.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Este tipo de elemento también recibe el nombre de *termocontacto*, *termorruptor* o *interruptor termostático*, y suelen usarse para activar electro ventiladores de refrigeración y su señal sirve también como sensor de estado de los electroventiladores.

1.2. Sensores de presión

Los sensores de presión son elementos que producen o modifican una señal eléctrica en función de la presión a la que se hallen sometidos. Los sensores de presión más utilizados en el automóvil son:

- La piezorresistencia, también llamada manorresistencia o galga extensiométrica.
- El sensor piezoeléctrico.
- El manocontacto (del griego «mano» = presión), también denominado manorruptor o contactor de presión.

1.2.1. La piezorresistencia

La piezorresistencia es un material dotado de una cierta elasticidad que al ser deformado por la presión exterior varía su resistencia eléctrica. Su construcción puede ser muy variada pero se utilizan con frecuencia láminas de grafito sobre un soporte de silicio.

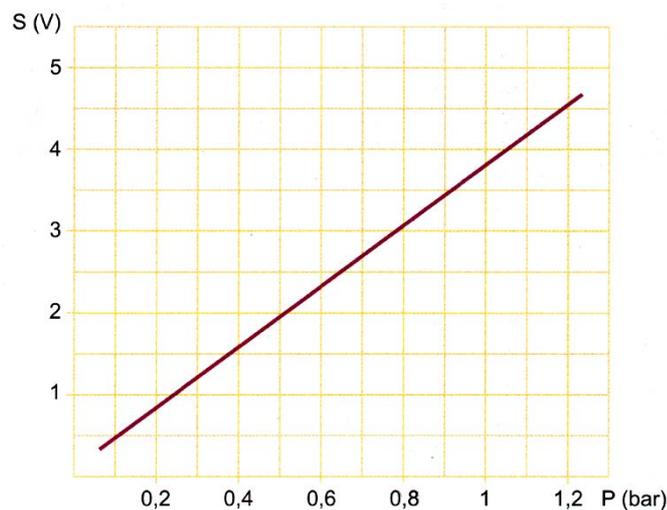


Figura 1.5. Curva característica de la tensión en en función de la presión sobre la piezorresistencia).

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

En el automóvil, los sensores de presión compuestos de piezorresistencias pueden tener típicamente dos tipos de circuito eléctrico: divisor de tensión o puente de Wheatstone.

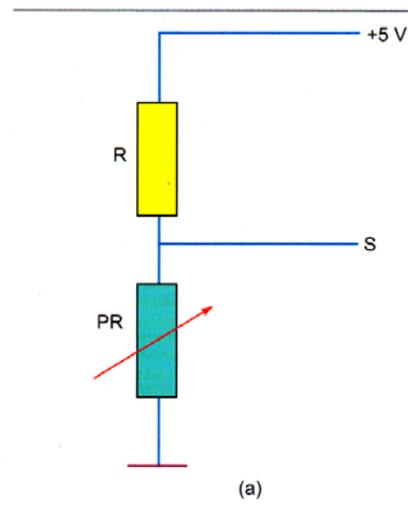


Figura 1.6. Esquema eléctrico de una piezorresistencia (PR) incluida en un divisor de tensión.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Otro montaje muy utilizado es el puente de Wheatstone, que consiste en colocar cuatro resistencias (en este caso piezorresistencias) según la disposición mostrada en la Figura 1.6.

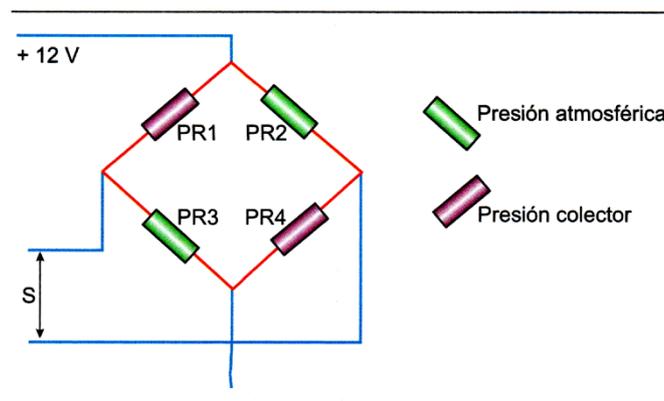


Figura 1.6. Esquema eléctrico de un puente de Wheatstone formado por cuatro piezorresistencias (PR)
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Cuando se utiliza este tipo de montaje es porque se desea tener una medida de presión diferencial, es decir, la diferencia de presión entre un lugar y otro. Concretamente una aplicación muy utilizada por muchos fabricantes es el llamado sensor *MAP* (*Manifold Air Pressure*) o medidor de presión de aire del colector, que suministra una tensión proporcional a la diferencia de presión entre el colector y el aire ambiente.

Si en un sensor de presión de colector (sensor MAP) como el de la Figura 1.6. las piezorresistencias PR1 y PR4 tienen un valor de 60Ω . Y las PR2 y PR3 tienen un valor de 180Ω , entonces, por cada lado, la resistencia total será de:

$$RT = PR_{colector} + PR_{exterior} = 60 \Omega + 180 \Omega = 240 \Omega$$

La intensidad que circulará (despreciando la intensidad de S) por cada brazo será de:

$$I = \frac{V}{RT} = \frac{12V}{240\Omega} = 0,05 A$$

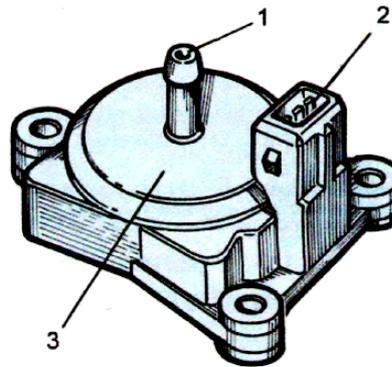
Y la caída de tensión de cada resistencia:

$$\Delta V(R_{colector}) = R \times I = 60 \Omega \times 0,05 A = 3 V$$

$$\Delta V(R_{exterior}) = R \times I = 180 \Omega \times 0,05 A = 9 V$$

Así, que la tensión que se obtendrá en S será de:

$$\Delta V(S) = 9 V - 3 V = 6 V$$



1. Tubo que conecta con el colector de admisión.
 2. Conector eléctrico.
 3. Cápsula que contiene el puente de Wheatstone.
-

Figura 1.7. Sensor MAP
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Los sensores de presión basados en piezorresistencias son muy utilizados en el automóvil, entre otros se pueden destacar:

- **Presión de aire del colector de admisión** (Figura 1.7.), presión del turbocompresor y presión del aire exterior para la corrección de mezcla por altura.
- **Presión del fluido refrigerante** del aire acondicionado, tanto la presión alta como la presión baja del circuito.
- **Presión del combustible**, tanto en baja como en alta presión y tanto en motores de gasolina, diesel, gas o hidrógeno.
- En transmisiones automáticas, **para el control de la presión del aceite de mando de embragues y frenos internos**.
- **Sensores de ocupación de asiento** para la activación de los airbags.



Figura 1.8. Sensor de ocupación del asiento, basado en piezorresistencias
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.2.2. El sensor piezoeléctrico

El sensor piezoeléctrico es un elemento que está basado en una propiedad que presentan algunos materiales como el cuarzo, el bario, el titanio o la turmalina. Esta característica llamada *efecto piezoeléctrico* consiste (Figura 1.9.) en la aparición de una diferencia de potencial entre sus extremos cuando estos materiales son sometidos a una presión externa.

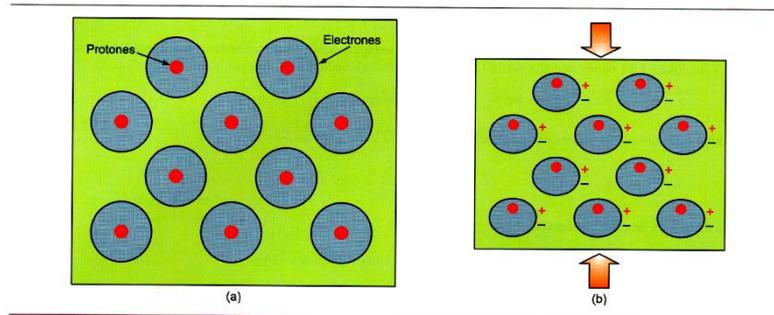


Figura 1.9. Efecto piezoeléctrico:

(a) Representación de las cargas eléctricas (protones y electrones) de cada átomo sin presión externa.

(b) Con una presión exterior aparece una diferencia de potencial en cada átomo.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Cuando los materiales piezoeléctricos no están sometidos a presión externa adoptan una estructura cristalina concreta (Figura 1.9.a) en la cual sus cargas eléctricas positivas (protones) y sus cargas eléctricas negativas se encuentran distribuidas alrededor de un centro de gravedad común y no presentan ninguna manifestación eléctrica.

Cuando estos materiales son sometidos a una presión exterior (Figura 1.9.b), los centros de gravedad de las cargas positivas y negativas tienen un ligero desplazamiento entre sí y esto da lugar a la aparición de una ligera diferencia de potencial eléctrico en cada átomo. Al haber una cantidad ingente de átomos en la materia ($6,022 \times 10^{23}$ átomos/mol) estas ligerísimas diferencias de potencial se suman entre sí (están en serie), manifestándose en el material una diferencia de potencial apreciable (con presiones del orden de decenas de kg/cm se pueden obtener tensiones de cientos de voltios).

En muchas aplicaciones en el automóvil (Figura 1.10.) se coloca un pequeño bloque de material piezoeléctrico (P) situado entre dos bloques metálicos (B y M). En el ejemplo representado en la Figura 1.10. el elemento B podría ser el chasis del vehículo, el elemento M es una masa inercial y el sensor P puede ser el sensor de impacto de los airbags. Cuando se produce un accidente (Figura 5. 15b) las inercias de las masas B y M provocan la aparición de fuertes tensiones en el cristal P que reacciona generando picos de tensión (V) entre sus extremos (S).

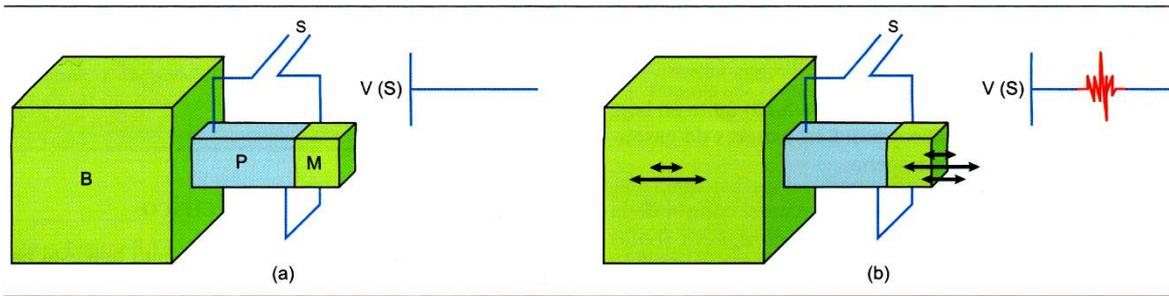


Figura 1.10. Esquema de sensor piezoeléctrico: (a) Sin presiones externas.
(b) Con presiones externas aparece diferencia de potencial.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

La aplicación de este tipo de sensores en el mundo del automóvil es muy variada y como ejemplo:

- **Sensores de picado de biela** (Figura 1.11.), en los que se detecta la aparición de una vibración en el bloque de motor cuando el encendido se produce antes de lo conveniente.

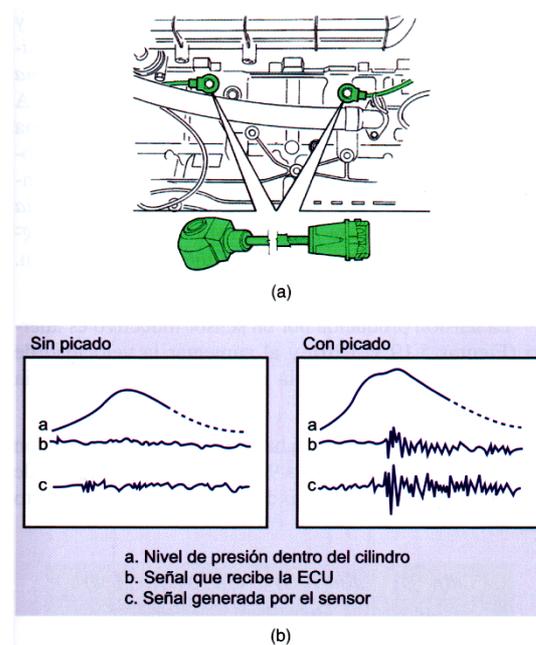


Figura 1.11. (a) Sensores de picado de un motor,
(b) Gráfica de señales del sensor de picado.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- **Presión de inyección**, utilizados para medir con una gran precisión las variaciones de presión que se producen en el combustible cuando se realiza la inyección.

- **Presión del líquido de frenos** en sistemas ABS.

• **Sensores de impacto** (Figura 1.12.), que producen un impulso eléctrico cuando se produce un accidente. Empleados para la activación de todo tipo de airbags: frontales, laterales, de techo,...

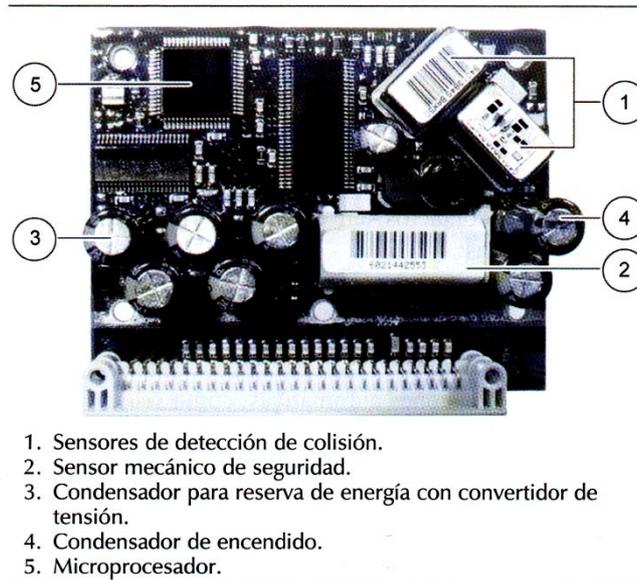


Figura 1.17. Sensores de impacto (1) para la activación de los airbags frontales y/o laterales.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.2.3. El manocontacto

El manocontacto o presostato es un interruptor que se activa o desactiva de forma automática, cuando se alcanza un determinado valor de presión. Hay presostatos que tienen diferentes valores de umbral y se conectan o desconectan al ir pasando por esos umbrales.

El funcionamiento de un interruptor presostático (Figura 1.18a) consta de una lámina (1) que, cuando la presión (P) del líquido (L) es baja, se mantiene alejada de los contactos (C) por la acción del muelle (M). Cuando (Figura 1.1 8b) la presión del líquido alcanza el valor de umbral, se vence la resistencia del muelle y el interruptor cierra el circuito con los contactos. Obsérvese que la fuerza (F) que realiza el líquido será el producto de la presión (P) del líquido por la sección (S) del eje del interruptor:

$$F_{\text{líquido}} = P_{\text{líquido}} \times S_{\text{eje}}$$

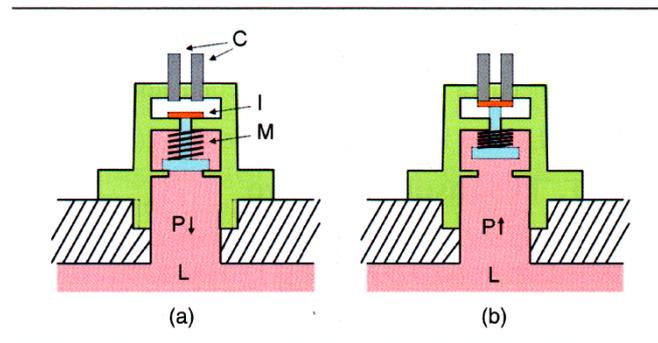


Figura 1.18. Interruptor presostático.
 (a) Presión baja, desconectado. (b) Presión alta, conectado.
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Los manocontactos, en el automóvil, se utilizan en diferentes zonas:

- En el motor, como *sensor de presión de aceite*, para apagar la luz de presión del cuadro y como señal de puesta en marcha de motor.
- En transmisiones automáticas, como *sensor de presión del líquido hidráulico*, para proteger a la caja de cambios de posibles averías. La misma función desempeña en diferenciales hidráulicos.
- En el circuito de aire acondicionado, como *sensor de presión del fluido*, para desconectar el compresor en caso de falta de presión o sobrepresión, y para conectar automáticamente los electroventiladores.

1.3. Sensores electromagnéticos

Los sensores de tipo electromagnético son elementos basan su funcionamiento en la interacción entre el magnetismo y la electricidad. Concretamente los tres sensores clasificados en esta categoría son:

- El sensor inductivo.
- El sensor Hall.
- El sensor Reed.

Y los tres contienen imanes permanentes y utilizan algunas propiedades electromagnéticas para proporcionar una señal eléctrica en función de las condiciones del sistema.

1.3.1. El sensor inductivo

El sensor inductivo provoca una variación de flujo magnético para generar («inducir») una corriente eléctrica en una bobina. Los sensores inductivos pueden adoptar múltiples formas constructivas, en la Figura 5.19 se muestra un ejemplo de sensor inductivo de los más utilizados en el automóvil.

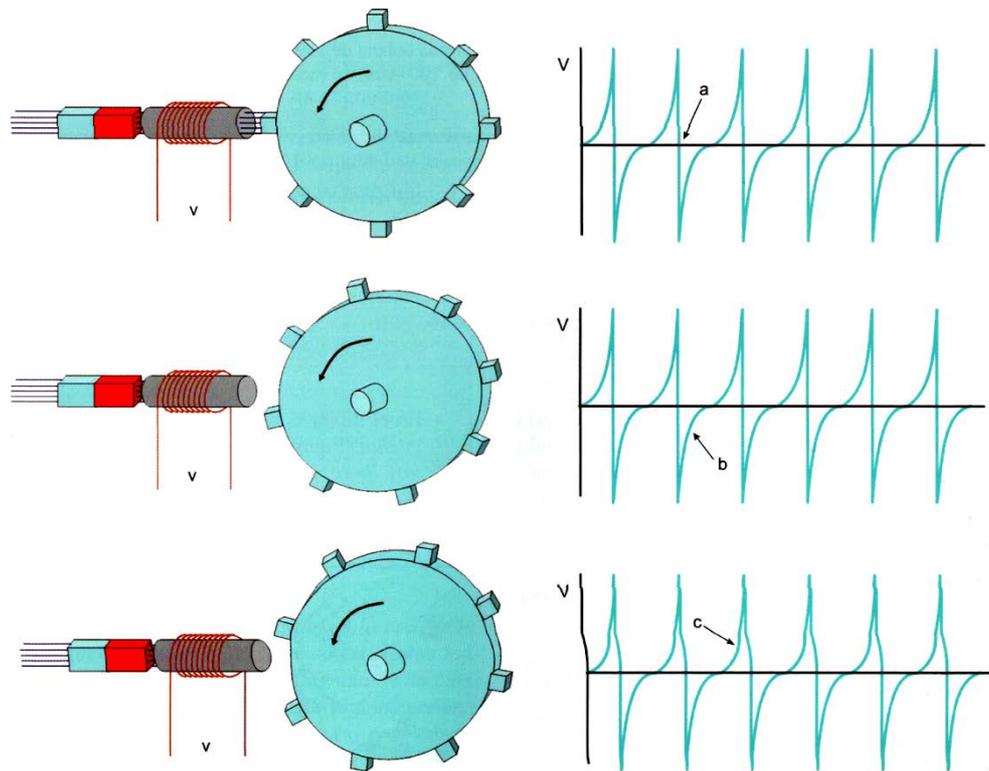


Figura 1.19. Esquema de funcionamiento de un sensor inductivo: izquierda, tres posiciones de rotación, derecha, las respectivas tensiones.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El sensor mostrado, contiene dos elementos móviles y uno fijo:

Elementos fijos

- El imán permanente, mostrado a la izquierda (en color azul y rojo), que es el elemento que produce el campo magnético (líneas azules).
- La bobina situada en el centro (color gris, con el cable rojo), que se encuentra muy próxima o en contacto con el imán permanente.

Elemento móvil

- El volante (azul) de material ferromagnético (normalmente hierro dulce), que contiene unos «dientes» o «almenas» que pasan muy próximas al núcleo de la bobina cuando el volante va rotando.

Debido a que los materiales ferromagnéticos conducen el flujo magnético unas mil veces mejor que el aire, cuando un diente está enfrentado a la bobina (Figura 1.19a) pasará un gran flujo magnético por la bobina y cuando el diente se aleja (Figura 1.19b), el flujo disminuirá drásticamente provocando la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos (y) de la bobina. A continuación, cuando la siguiente almena se aproxima (Figura 1.19c) vuelve a aumentar el flujo magnético sobre la bobina y vuelve a aparecer la inducción de corriente. Es muy importante recordar que se genera diferencia de potencial cuando se produce variación de flujo magnético. En los instantes en que el flujo no varía la f.e.m. es nula.

La tensión producida por un sensor inductivo es alterna (Figuras 1.19 y 1.20), y al aumentar la velocidad de giro va aumentando tanto la tensión como la frecuencia (Figura 1.20).

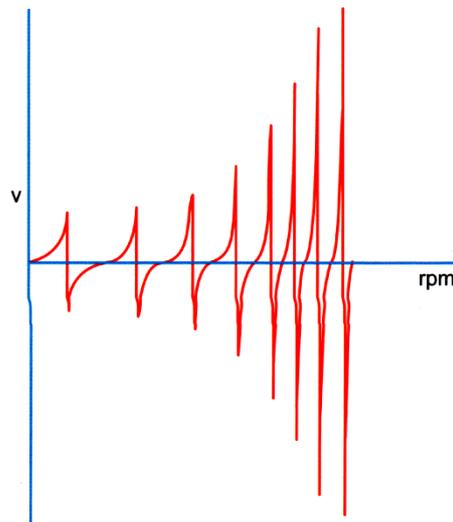


Figura 1.20. Curva típica de la corriente inducida en el sensor inductivo al aumentar la velocidad angular.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El sensor inductivo está basado en la *ley de inducción de Faraday* que adquiere la forma de estas ecuaciones en formato diferencial (ec. 1) y discreto (ec. 2):

$$\epsilon = \frac{d(n \cdot \Phi)}{dt} = \frac{d(n \cdot b \cdot s)}{dt} = \frac{d(n \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot M \cdot s)}{dt} = n \cdot \mu_0 \cdot M \cdot s \frac{d(\mu_r)}{dt}$$

(ec. 1)

$$\epsilon = \frac{\Delta(n \cdot \Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(n \cdot B \cdot S)}{\Delta t} = \frac{\Delta(n \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot M \cdot s)}{\Delta t} = n \cdot \mu_0 \cdot M \cdot s \frac{\Delta(\mu_r)}{\Delta t}$$

(ec. 2)

En estas ecuaciones ϵ es la fuerza electromotriz (en voltios) inducida en la bobina, Φ es el flujo magnético (en Weber), t es el tiempo (en s), B es la densidad de campo magnético (en tesla), s es la sección de la bobina (en m²), n es el número de espiras, M es la magnetización,

μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío (que es una constante) y μ es la permeabilidad magnética relativa. Como se puede apreciar en el desarrollo de las ecuaciones, el número de espiras, la sección de la bobina, la permeabilidad del vacío y la magnetización no varían en el tiempo y por lo tanto al ser constantes, pueden salir de la derivada y del incremento, y el único factor que varía es la permeabilidad magnética relativa que va alternando entre el valor del aire y el valor del material ferromagnético (hierro en la mayoría de los casos) que es unas doscientas veces mayor.

Los sensores inductivos son muy utilizados en el automóvil, casi siempre relacionados con sensores de velocidad angular (sensores de giro) de muchos elementos, algunos ejemplos pueden ser:

- En el motor como *sensor de giro y posición de cigüeñal*, y también como sensores de fase de los árboles de levas.
- En los frenos como *sensor de velocidad de cada rueda*.
- En los embragues pilotados, como *sensor de giro de entrada y de salida del embrague*.
- En las transmisiones automáticas, como *sensor de giro de cada velocidad* (o de cada engranaje).
- Además, son muchos los motores eléctricos y los compresores de todo tipo que contienen *sensores inductivos* para el seguimiento de su rotación.

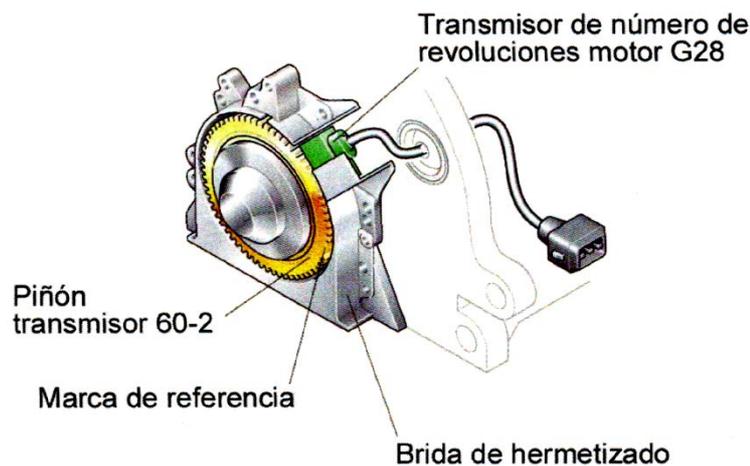


Figura 1.21. Sensor inductivo para medir la velocidad angular en cigüeñal
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.2. El sensor hall

El sensor de efecto Hall está basado en la aparición de una diferencia de potencial eléctrico en ciertos materiales que se encuentran bajo la influencia de un campo magnético y a través

de los cuales fluye una corriente eléctrica. Estos materiales «Hall» tienen las propiedades de ser a la vez conductores y paramagnéticos. Hay muchos materiales con estas propiedades, pero los más utilizados son cristales dopados de silicio o de germanio.

De hecho, el efecto Hall consiste en la aplicación de la fuerza de Lorentz a las cargas eléctricas (electrones) que se mueven a través de un material:

$$F = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Donde la *fuerza* (\mathbf{F}) de *Lorentz* es el resultado de multiplicar la carga eléctrica del electrón por el producto vectorial entre la velocidad (\mathbf{v}) del electrón y el campo magnético (\mathbf{B}). Como resultado del producto vectorial la fuerza apunta perpendicularmente tanto a la dirección de avance del electrón (\mathbf{v}) como a la dirección del campo magnético (\mathbf{B}).

Este efecto se puede ver en la Figura 1.22, donde el cristal H es recorrido por una corriente de electrones (e) representada según el sentido real de la corriente (desde — a +). Cuando el material diamagnético que forma al rotor (R) se interpone (Figura 1.22a) entre el campo magnético procedente del imán (1) y el cristal Hall (H), en el interior del cristal no hay campo magnético y los electrones avanzan en línea recta desde el polo (—) hacia el polo (+). En este caso no hay diferencia de potencial entre los extremos de B.

En cambio, cuando las láminas del rotor no se interponen entre el imán y el cristal (Figura 1.22b), entonces el campo magnético inunda al cristal (que es paramagnético) y afecta a la trayectoria de los electrones que sufrirán una desviación de su trayectoria debido a la *fuerza de Lorentz*.

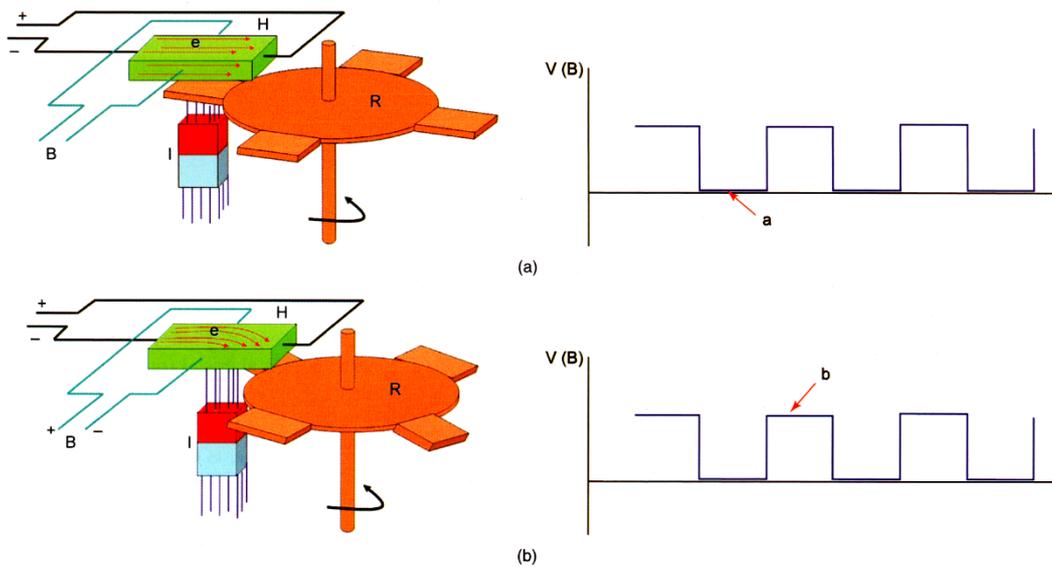


Figura 1.22. (a) y (b) Constitución y funcionamiento de un sensor de efecto Hall.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

La aplicación de los sensores de efecto Hall ha sido y sigue siendo muy amplia y variada:

- Sensores de fase en árboles de levas (Figura 1.23).
- Sensores de giro para cada velocidad en cajas de cambio automáticas.
- Sensores de rueda para frenos ABS.
- Sensores de aceleración para sistemas de control de estabilidad.
- Sensores de giro y posición en motores eléctricos de tracción.
- Y un amplio surtido de aplicaciones en compresores y otros conjuntos con movimiento de rotación.
- Sensores de velocidad angular y posición en motores térmicos.

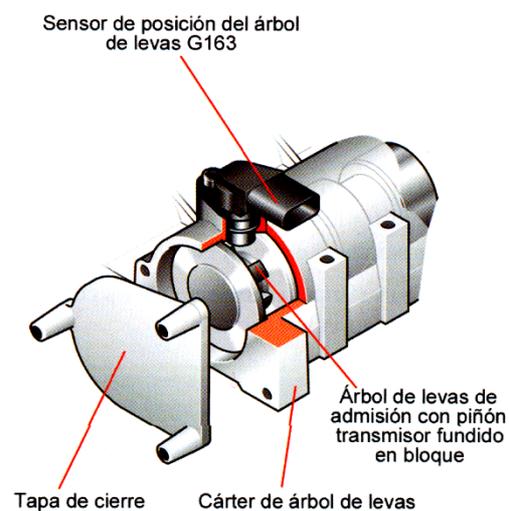


Figura 1.23. Sensor Hall para la posición del árbol de levas
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.3. El sensor reed

El sensor Reed consiste en un interruptor que se cierra en presencia de un campo magnético. Para que ello ocurra es necesario que el interruptor esté fabricado con un material ferromagnético, es decir con un material que se magnetice cuando se encuentre inmerso en un campo magnético. Generalmente los sensores Reed (Figura 1.24) se encuentran protegidos en el interior de una cápsula de vidrio (1) u otro material protector para evitar su oxidación.

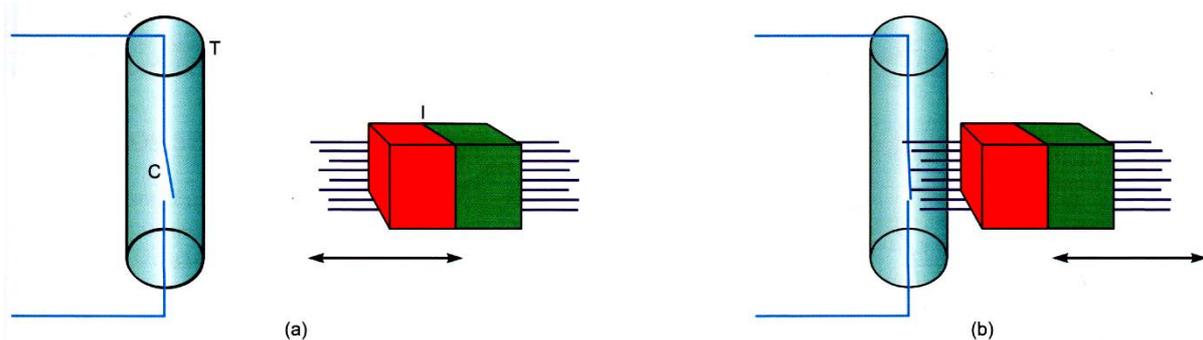


Figura 1.24. Esquema de funcionamiento de un sensor Reed.

(a) Sin la presencia del imán está abierto.

(b) Bajo la presencia de campo magnético está cerrado.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Quizás el funcionamiento de un sensor Reed sea de los más sencillos: el interruptor C debe estar fabricado de forma que cuando está en reposo se mantenga abierto (Figura 1.24a), esto se consigue, en general, sin el uso de resortes ni muelles. Al acercarse un campo magnético (Figura 1.24b) las láminas del interruptor se magnetizan y se unen entre sí cerrando el circuito eléctrico.

Este tipo de sensores, debido a su simplicidad y a su gran longevidad, se han venido utilizando desde hace mucho tiempo en diversos cometidos:

- En el motor como sensores de nivel de aceite.
- En los frenos como sensor de nivel de líquido de frenos.
- En los sistemas de seguridad como sensor de vuelco.
- En transmisiones como sensor de marcha puesta.

1.3.4. El sensor capacitivo

Un sensor capacitivo consiste en un condensador de láminas paralelas, donde el material dieléctrico entre las capas es el elemento del cual se desea medir sus propiedades o características. Para conseguir esto (Figura 1.25), es necesario incorporar el condensador (C) a un circuito eléctrico con una resistencia (R) y una inductancia (L) formando así un circuito RLC. Cuando un circuito RLC es alimentado por una tensión alterna, la frecuencia de la señal depende de los valores de R, L y C. Si el valor de R y L son constantes pero el valor de C no (su dieléctrico varía con el contenido químico del elemento que lo inunde) entonces la señal obtenida dependerá solamente de las características del elemento que se desea analizar. En el ejemplo de la Figura 1.25 se utiliza para detectar la presencia de humedad en el aire que proviene del climatizador, pero puede tener otras muchas aplicaciones.

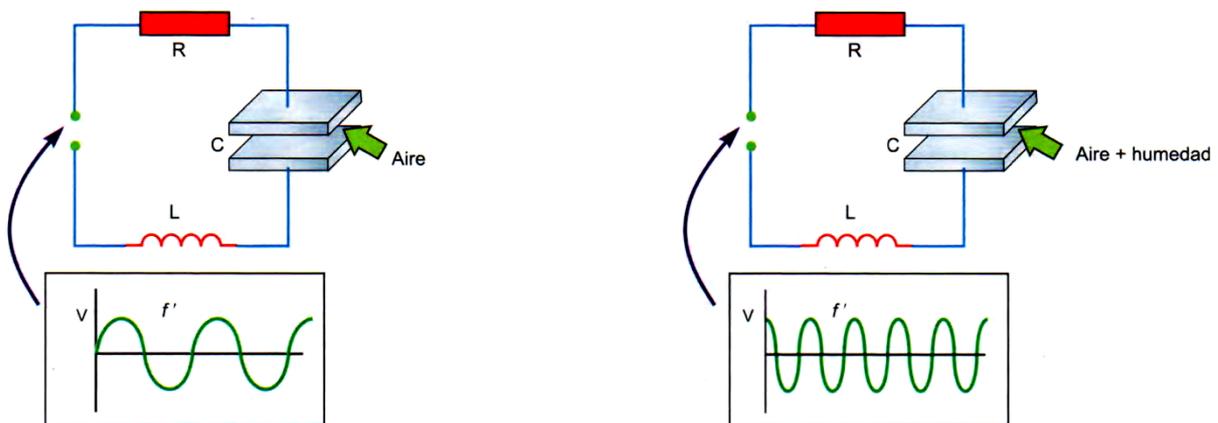


Figura 1.25. Esquema de funcionamiento de un sensor capacitivo
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

La frecuencia de resonancia f_R de un circuito RLC en serie como el de la Figura 1.25 es:

$$f_R = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}}$$

Donde L es el valor de la inductancia y C es la capacidad del condensador de placas paralelas.

Generalmente los sensores capacitivos se utilizan en el automóvil para detectar cambios en la composición química de algún fluido:

- En los climatizadores, se emplean como sensores de humedad y sensores de pureza del aire.
- En los motores, como sensores de calidad del aceite cuando se utiliza aceite de larga vida («*long life oil*»).
- También como sensores de detección del tipo de combustible.

1.3.5. Los sensores de posición

Los sensores de posición son elementos que permiten detectar la posición en la que se encuentra un elemento mecánico. Generalmente están activados automáticamente por el movimiento de una pieza, pero también los hay que están movidos directamente por el conductor. Aunque su principio de funcionamiento está basado en la resistencia variable, hay dos tipos de sensores de posición bien diferenciados:

1.3.5.1. El divisor de tensión

Un divisor de tensión (véase la Figura 1.26a) es una resistencia variable en la que uno de sus extremos está conectado a una tensión V , el otro extremo está conectado a masa ($V = 0$) y al variar la posición del cursor, en este obtenemos una señal S de tensión variable.

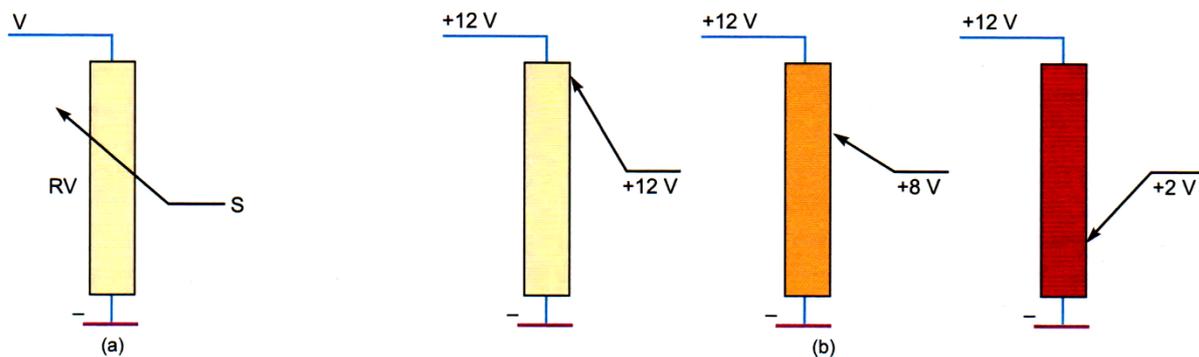


Figura 1.26. (a) Esquema de un divisor de tensión.
 (b) Ejemplo de tensiones obtenidas en un divisor de tensión al mover el cursor.
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El potenciómetro que conforma el divisor de tensión se comporta como la asociación en serie de dos resistencias: una resistencia entre V y S y otra resistencia entre S y ($-$), al variar la posición del cursor, se aumenta el valor de una de esas resistencias a la vez que se disminuye el de la otra.

Este funcionamiento se puede apreciar en la Figura 1.26b, donde se ha conectado un divisor de tensión a 12 V y a masa y en el cursor se puede obtener cualquier valor de tensión comprendido entre 0 y 12 V.

En el ejemplo, se muestran las posiciones correspondientes a 12 V, 8 V y 2 V.

El divisor de tensión es un tipo de sensor que se ha utilizado mucho en el mundo del automóvil, veamos algunos ejemplos:

- En el motor se utiliza como sensor de posición de mariposa, sensor de posición de chapaletas (Figura 1.27), medidores de caudal (actualmente en desuso),...



Figura 1.27. Sensores de posición de chapaletas (color verde)
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- En la climatización como sensores de posición de trampillas para el control del flujo y mezcla de aire.
- En el habitáculo como sensor de posición de acelerador (Figura 1.28), mandos de control para el ajuste de luminosidad, ajuste de frecuencia de barrido de limpiaparabrisas, ajuste de velocidad de ventilador,...
- En sistemas ajustables, en general, para conocer la posición actual del elemento móvil.

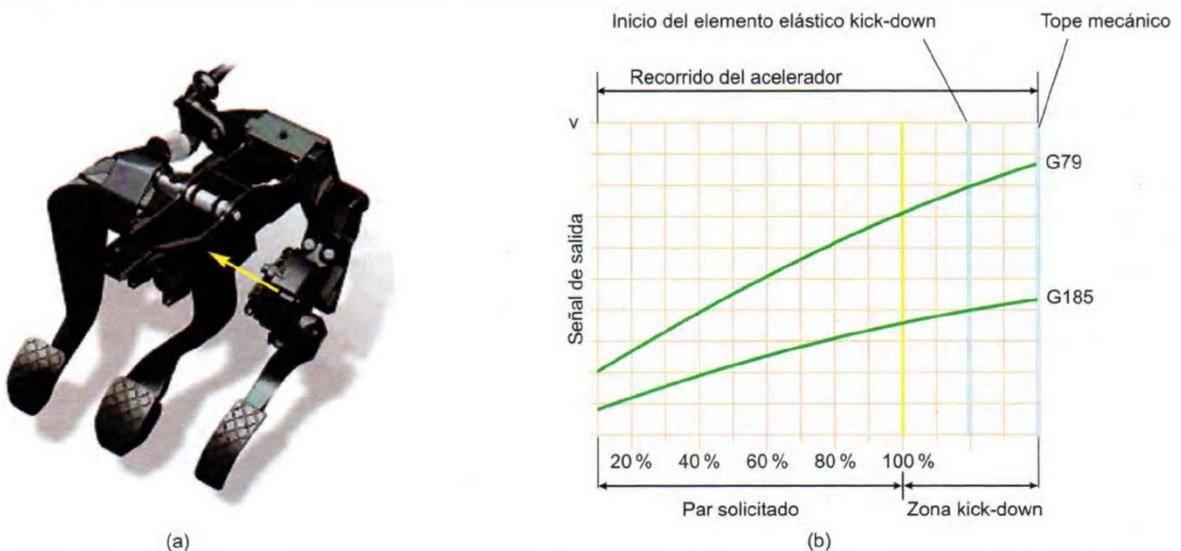


Figura 1.28. Sensor de posición de pedal acelerador con doble divisor de tensión.
(a) Pedalera (la flecha indica el sensor).
(b) Curvas de tensiones obtenidas en los dos divisores de tensión.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.5.2. El sensor PWM

El sensor de modulación de ancho de pulso (*Pulse Width Modulation*) consiste en un circuito electrónico que incluye una resistencia variable y que proporciona una señal de dos valores (binaria) cuya anchura varía con la posición de la resistencia variable (Figura 1.29b). El sensor PWM es la evolución digital del divisor de tensión.

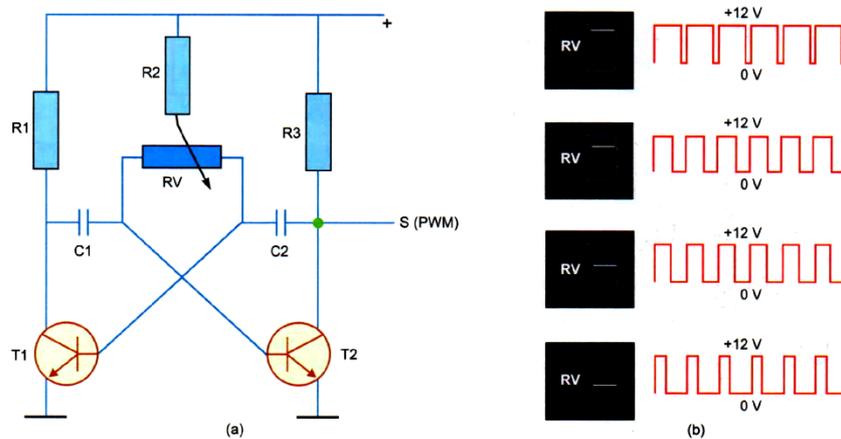


Figura 1.29. (a) Circuito electrónico de un sensor PWM.
(b) Señales obtenidas al modificar la posición de RV
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El circuito electrónico que forma un sensor PWM se puede observar en la Figura 1.29a y consta de tres resistencias ($R1$, $R2$ y $R3$), una resistencia variable (RV), dos condensadores ($C1$ y $C2$) y dos transistores PNP ($T1$ y $T2$).

El circuito electrónico, como se puede apreciar, mantiene una gran simetría en la disposición de sus componentes. Esta simetría le permite mantener dos estados estables (Figuras 1.30a y 1.30b) por lo que también recibe el nombre de oscilador biestable. Cada uno de esos dos estados se corresponde con una tensión de salida en el punto S.

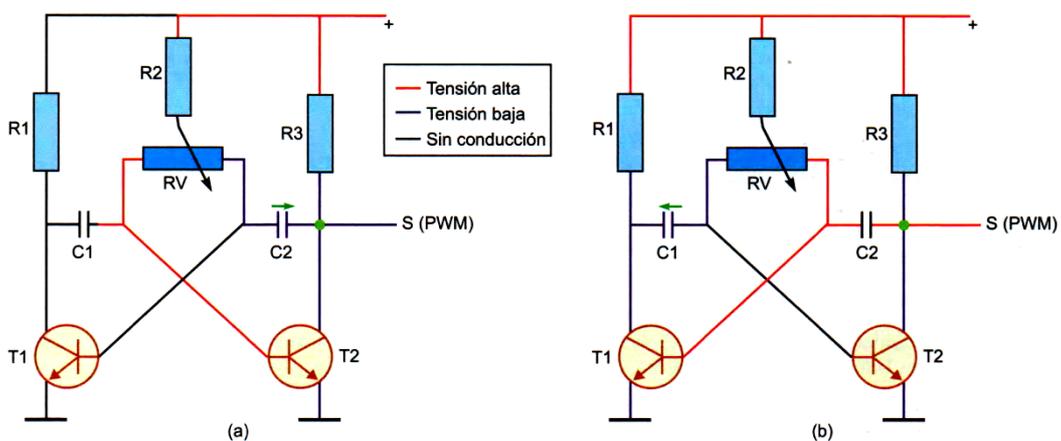


Figura 1.30. Las dos posibles situaciones del circuito electrónico del sensor PWM.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.5.3. El interruptor automático

El interruptor automático consiste en un sensor de posición que detecta el estado activado/desactivado de un sistema mecánico. Son interruptores o microinterruptores que se encuentran integrados (por lo general) en la mecánica del vehículo y no están activados directamente por el conductor.

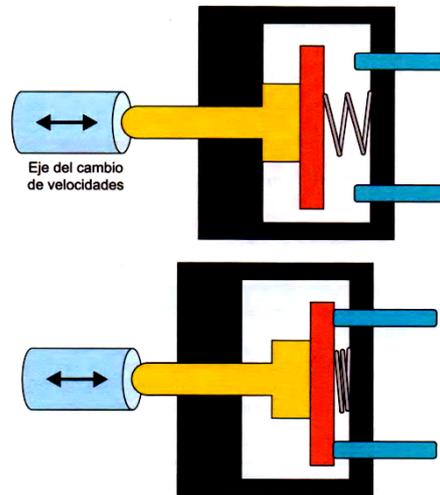


Figura 1.31. Los interruptores automáticos están activados por elementos mecánicos.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Los interruptores automáticos han sido muy utilizados y se siguen empleando de forma asidua para control de múltiples sistemas:

- En el habitáculo, los sensores de puerta, el sensor de pedal de freno (Figura 5.34) y de pedal de embrague, los sensores de posición de la palanca de cambios (cambio automático), etc.
- El maletero y el capó del motor disponen de interruptores automáticos para controlar su cierre.

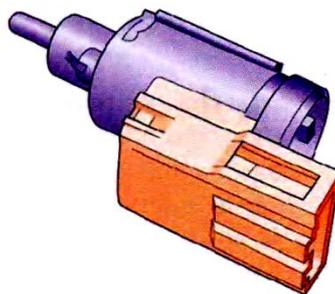


Figura 1.32. Interruptor automático: el sensor de pedal de freno
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- En la caja de cambios automáticos, los sensores de marcha fijada (y marcha preparada en cajas de doble embrague), etc.

- En el ABS sensores de posición de las electroválvulas de mando hidráulico.

1.3.6. El sensor de oxígeno

Un sensor de oxígeno es un generador de tensión que está basado en la diferencia de contenido de oxígeno que hay entre dos fluidos. El oxígeno es un elemento químicamente muy reactivo, por eso cuando hay diferentes concentraciones de oxígeno entre dos medios, aparece una diferencia de potencial eléctrico. El sensor de oxígeno más importante que se utiliza en el automóvil es la sonda lambda que verifica la composición de los gases de escape (el valor lambda es el cociente entre la cantidad de aire aspirado y la cantidad de aire que teóricamente hace falta), por eso, por defecto, siempre se les llama con esa denominación.

$$\lambda = \frac{\textit{Aire aspirado}}{\textit{Aire ideal}}$$

Los sensores de oxígeno para el análisis de los gases de escape son uno de los elementos que más ha evolucionado debido a su gran importancia en el control de las emisiones nocivas. En esta evolución han ido apareciendo diferentes variantes de sondas lambda:

- Según su forma pueden ser cilíndricas o planas (estas últimas más modernas y eficientes).
- Pueden ser calefactadas o no. Las sondas calefactadas alcanzan antes su temperatura óptima de funcionamiento y realizan antes su función de control.
- Pueden ser de banda estrecha o de banda ancha. Las sondas de banda ancha son imprescindibles para el control de mezclas ultrapobres muy utilizadas en motores modernos de gasolina.

El sensor de oxígeno «clásico» (cilíndrico y de banda estrecha) se compone (Figura 1.33) de los siguientes elementos:

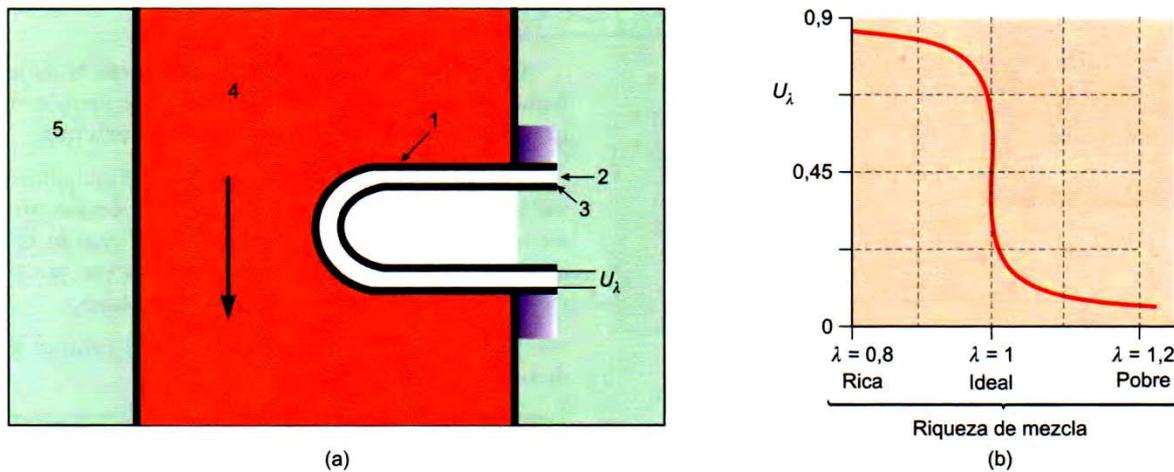


Figura 1.33. (a) Constitución de un sensor de oxígeno (sonda lambda) de banda estrecha.
(b) Tensión obtenida en función de la proporción de oxígeno en el escape.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1. Lámina de metal (rodio o platino) en contacto con los gases de escape.
2. Lámina porosa (material cerámico) que permite el paso de iones de oxígeno.
3. Lámina de metal (rodio o platino) en contacto con el aire exterior.
4. Gases de escape pasando por el tubo de escape.
5. Aire exterior.

U_{λ} , Tensión lambda.

Cuando el motor está funcionando, los gases de escape están formados principalmente por dióxido de carbono y vapor de agua que son los residuos directos de la combustión. En menor medida aparece monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, derivados del azufre y oxígeno.

La presencia de oxígeno en los gases de escape es muy pequeña (en torno a un 1 %) en cambio el aire ambiente está formado por un 23 % (aproximadamente) de oxígeno. Esta diferencia de contenido en oxígeno permite crear un pequeño generador de corriente eléctrica que es el sensor de oxígeno.

Debido a que las láminas 1, 2 y 3 son microporosas, los átomos de oxígeno del aire exterior pueden pasar a través de ellas por difusión para llegar al tubo de escape donde hay una proporción menor de oxígeno. Al pasar por esta zona microporosa deben desprenderse de parte de los electrones de su última capa (el átomo se ioniza). Estos electrones que se han desprendido del átomo deberán pasar por la lámina 3, recorrer el circuito eléctrico exterior (que es la electrónica que controla al sensor lambda) y llegar a la lámina 1 donde vuelven a combinarse con los iones de oxígeno que atraviesan la lámina cerámica (2).

De esta forma, un sensor de oxígeno genera una corriente eléctrica que está basada en la diferente concentración de oxígeno entre dos zonas (en este caso el gas de escape y el aire ambiente). Esta corriente eléctrica se muestra en forma de tensión (fuerza electromotriz) en la gráfica de la Figura 1.33b. Con mezclas pobres (mucho aire y poco hidrocarburo) la composición de los gases de escape es parecida al aire exterior, con lo que la tensión se aproxima a cero.

1.3.7. Los sensores ultrasónicos

Los sensores de ultrasonidos utilizan ondas sonoras de frecuencia no audible (muy alta) para detectar la presencia de objetos o personas.

El sonido consiste en ondas de presión (Figura 1.34) que comprimen y expanden el medio por el que se propagan.

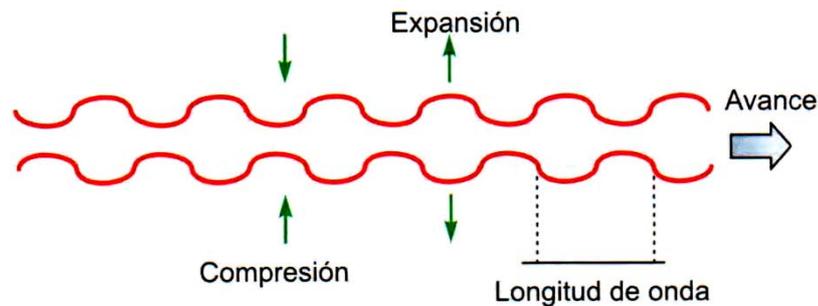


Figura 1.34. Las ondas sonoras contienen zonas de compresión y expansión del aire.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Los sensores de ultrasonidos se han utilizado en el automóvil en diferentes facetas, los usos más importantes que se han dado son:

- Sensor de distancia.
- Sensor volumétrico.
- Sensor de caudal (efecto Karman).

1.3.7.1. El sensor de distancia

El sensor de distancia es un elemento cada vez más utilizado como ayuda al aparcamiento, no solamente evita molestos golpes contra otros vehículos, sino que también es un elemento de seguridad al evitar atropellos cuando se realiza una maniobra.

En la Figura 1.35a se muestra el mecanismo de un sensor de distancia:

- El elemento emisor de ultrasonidos es un pequeño altavoz cerámico alimentado por una tensión alterna que tiene una frecuencia de 40.000 Hz (que es la misma frecuencia de los ultrasonidos que se emitirán).

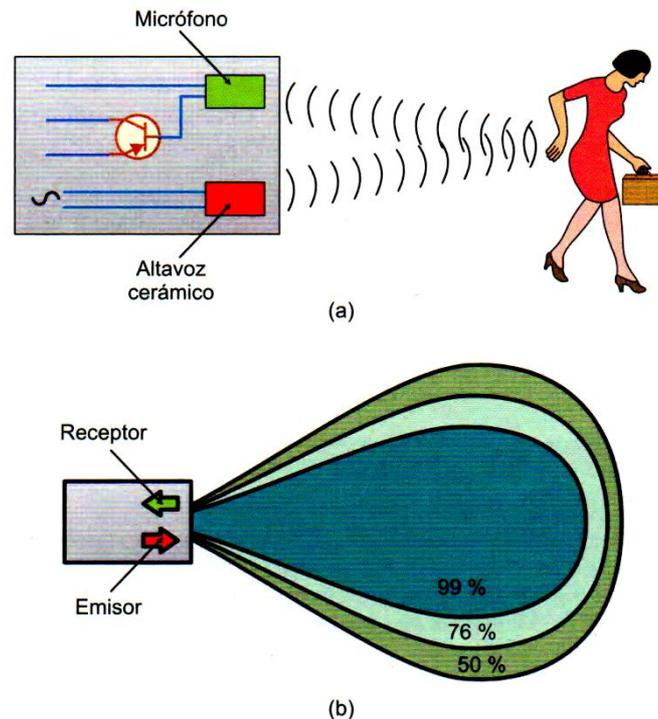


Figura 1.35. Detector de distancia: (a) Componentes y principio de funcionamiento.
 (b) La zona de detección con las probabilidades.
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- El receptor es un pequeño micrófono con un circuito electrónico que está sintonizado a la misma frecuencia de los ultrasonidos.
 - Un circuito electrónico mide el lapso de tiempo desde que el altavoz emite el paquete de ultrasonidos, hasta que se recibe la señal (reflejada en el obstáculo) en el micrófono.
- Dependiendo de la separación entre emisor y receptor y de la frecuencia de las ondas utilizadas, al construir un sensor de distancia (Figura 1.35b), se producen unas zonas de detección llamadas lóbulos. En cada una de estas zonas, hay unos porcentajes de detección, indicados en la figura, para establecer estos porcentajes se utilizan unos cilindros de 10 cm de diámetro.

En un vehículo se acostumbran a colocar cuatro sensores de proximidad, de forma que los lóbulos quedan superpuestos lateralmente y configuran una amplia zona de seguridad de detección.

En el grupo FIAT el sistema se denomina KLG (Key Less GO), y es muy utilizado para el arranque sin llave igual que en HONDA, también se puede utilizar para la apertura de

puertas, como en el TOYOTA PRIUS, que al detectar la proximidad de la llave se abre el seguro de la puerta del conductor, permitiendo su acceso al vehículo.

1.3.7.2. El sensor volumétrico

Los sensores volumétricos sirven para detectar intrusiones en el interior del habitáculo, y en ese caso activar la alarma. Se encuentran situados, por regla general, en las esquinas del compartimento y tienen un aspecto parecido al de pequeños micrófonos.

La configuración de los sensores volumétricos es igual a los sensores de distancia pero con la salvedad de que se generan lóbulos más amplios (Figura 1.36), para cubrir el volumen interior del habitáculo.

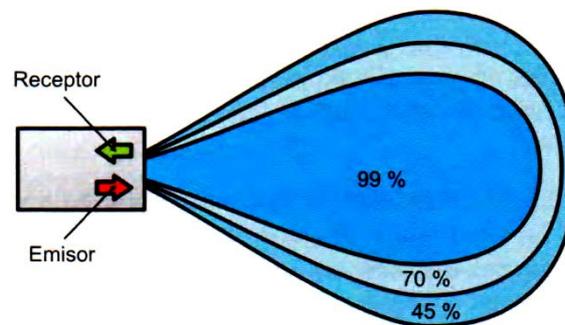


Figura 1.36. Las zonas de detección de un sensor volumétrico.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.7.3. El sensor de efecto Karman

El sensor de efecto Karman es un sensor que mide el retraso que provocan las turbulencias del flujo de aire en el colector sobre un pulso de ultrasonidos.

Debido a que el sonido son ondas de presión que se propagan por el aire, cualquier variación en las condiciones del aire afecta a la velocidad de transmisión de cualquier sonido. Un sensor de efecto Karman (Figura 1.37) está situado en el colector de admisión y se compone de un emisor de ultrasonidos y varios receptores situados a ambos lados del paso de aire. En el centro del paso de aire se coloca un obstáculo (O) para provocar las turbulencias. Cuando circula un flujo pequeño de aire (Figura 1.37a), el flujo de aire es laminar y apenas se producen turbulencias provocadas por el obstáculo (O). Cuando el flujo de aire se hace mayor (Figura 1.37b), las turbulencias aumentan y provocan distorsiones en el paso de los pulsos de ultrasonidos. Estas distorsiones (retrasos) son detectadas por los receptores y por la electrónica de control de todo el sistema.

La utilización de ultrasonidos por efecto Karman se ha circunscrito a medidores de caudal de aire en el colector de admisión, pero pueden aparecer otros sensores que aprovechen este mismo efecto.

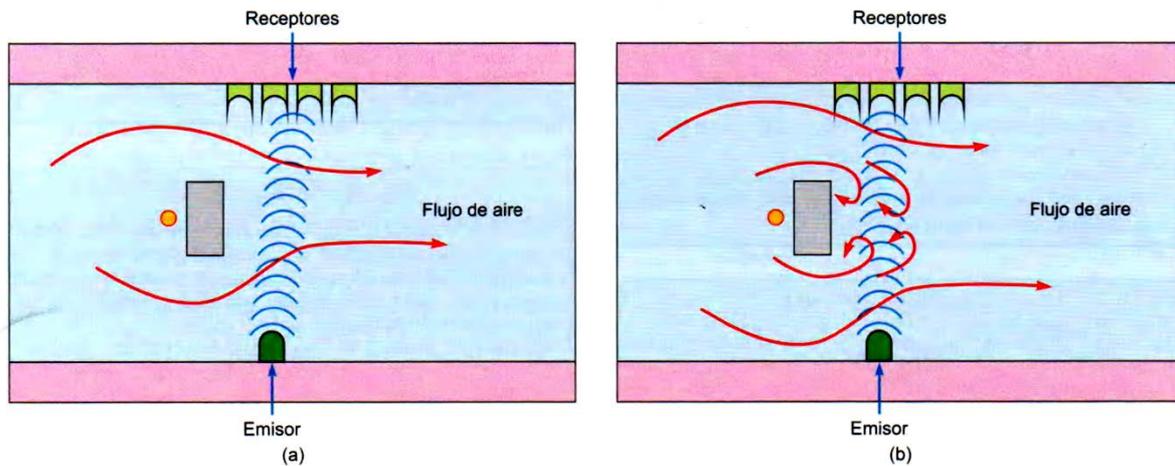


Figura 1.37. Un medidor de flujo de aire por ultrasonidos (efecto Karman):
 (a) Cuando hay poco flujo apenas hay turbulencias.
 (b) Cuando el flujo de aire aumenta aparecen más turbulencias.
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

1.3.8. El sensor óptico

Un sensor óptico utiliza las propiedades de emisión y recepción de la luz para detectar una amplia gama de factores (la mayoría ambientales). El elemento emisor de luz es un diodo LED (ha sido visto en el capítulo anterior) que en la mayoría de casos emite en color rojo (longitud de onda de 650 nm). Los elementos sensores a la luz pueden ser fotorresistencias, fotodiodos, fototransistores.

En la Figura 1.38 se muestra un ejemplo de aplicación directa de este tipo de dispositivo. Consiste en un detector de suciedad montado sobre la superficie interior del protector del faro. Este sensor funciona cuando se conectan las luces de iluminación sobre la calzada (cortas, largas, antiniebla,...) o sea en situaciones de baja luminosidad exterior.

En esas condiciones, si el vidrio (o plástico) protector del faro está limpio, la luz procedente del LED atravesará el protector que es muy transparente y se perderá en el exterior no siendo detectada por el elemento fotosensor.

Cuando el protector tiene suciedad adherida en su parte exterior, parte de la luz procedente del LED reflejará y llegará hasta el sensor de luz que producirá la señal correspondiente.

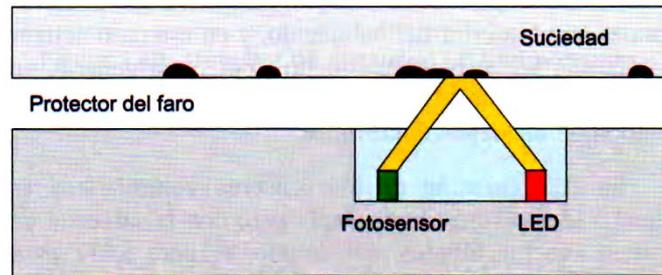


Figura 1.38. Un sensor de detección de suciedad en los faros es un sensor óptico.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El uso de los sensores ópticos en el automóvil data de hace varias décadas y en la actualidad está en pleno aumento:

- En los encendidos para motores Otto se ha empleado como sensor de posición de cigüeñal y sensor de giro de motor.
- En los vehículos que disponen de encendido y apagado automático de luces, se instalan como detectores de luminosidad exterior («electrónica analógica»). Para ajustar la luminosidad de elementos ópticos en el interior del vehículo (pantallas, displays, iluminación de interruptores, etc.) también se dispone de sensores de luminosidad interior.
- En vehículos que disponen de puesta en marcha automática de limpiaparabrisas, los sensores de lluvia son sensores ópticos.

2. CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO

2.1. Necesidad del diagnóstico

Las averías en el mundo del automóvil son inmensamente variadas. es imposible poder describirlas todas, ni tan solo es posible poder explicar ni una pequeña parte. las instalaciones eléctricas del vehículo incorporan sofisticados sistemas que implican principios básicos de la física, campos electromagnéticos, todo tipo de señales eléctricas, electrónica digital, memorias informáticas,... además de toda esta sofisticación tenemos que los sistemas mecánicos también han ido evolucionando: turbos de geometría variable, frenos ABS, suspensiones inteligentes,... y cualquiera de estos elementos puede fallar.

2.2. Historia de las normativas

A continuación se muestra un resumen de la evolución de los sistemas modernos de autodiagnóstico en los vehículos. Esta evolución ha estado fomentada por la publicación de normas de anticontaminación:

- Antes de la introducción de la electrónica en el automóvil, no existían sistemas que permitiesen realizar una autodiagnos de averías.
- No fue hasta 1969 cuando Volkswagen fabricó los primeros modelos con un sistema electrónico de inyección con posibilidad de autodiagnos.
- En las siguientes dos décadas todos los fabricantes van incorporando a sus modelos sistemas electrónicos con la posibilidad de realizar un autodiagnóstico del sistema. Esta diagnóstico automática se realiza mediante destellos luminosos (BC: Blinker code) de una lámpara incorporada o no en el vehículo.
- En 1987, en California, y debido al alto grado de contaminación, el estamento CARB (California Air Resources Board) promulga una normativa que obliga a todos los vehículos, vendidos (en California) a partir de 1988, a incorporar un sistema de diagnóstico de a bordo llamado OBD (On Board Diagnosis). Este sistema consistía en:

- La vigilancia continuada, por parte de la electrónica, de todos los elementos eléctricos (sensores y actuadores) que afectan a la contaminación.
 - La emisión de una señal óptica de emergencia en el cuadro de mandos (Figura 8. 1a). A esta lámpara se la denomina MIL (Malfunction Indicator Lamp).
- En 1996 entra en vigor la especificación OBD-II en todo EEUU. Esta normativa amplía la norma OBD en los siguientes puntos:
 - El control continuado de elementos se amplía a todos los sistemas que puedan afectar a la contaminación.
 - Se unifica el conector: la forma, el tamaño y se unifican algunos pines para la diagnosis. A partir de ese momento a este conector siempre se le ha denominado conector OBD-II (se estudia en el próximo apartado).
 - Se establece la ubicación del conector de diagnosis OBD-II en el interior del habitáculo, a no más de dos pies (unos 60 cm) de distancia del volante y fácilmente accesible.
 - Se unifica (en cierta medida) el protocolo de comunicación.
 - Se realiza un primer listado unificado de códigos de avería. Estos códigos se llaman en inglés DTC (Diagnostic Trouble Code).
 - El objetivo de todas estas medidas es el de poder realizar controles del estado de los vehículos de forma rápida y en cualquier parte.
 - En 1998 la Unión Europea publica la Directiva Europea de Normalización de Emisiones 98/691EC, esta normativa es de obligado cumplimiento para todos los vehículos vendidos en la UE a partir de 2001 para motores de gasolina y a partir de 2004 para motores Diesel y tiene las siguientes características:
 - Mantiene el conector OBD-II a la vez que establece su situación en el interior del vehículo y fácilmente accesible.
 - También obliga a la verificación continuada de todos los elementos y sistemas que puedan afectar a las emisiones y al disparo de la luz MIL en el caso de avería.

- Si se produce una avería se debe poner en funcionamiento un reloj para saber el tiempo que el vehículo ha estado funcionando desde que se produjo la avería.
- Se establece un listado EOBD de códigos de avería (DTC).
- Al igual que la normativa americana, el objetivo es poder controlar de forma rápida y en cualquier lugar el estado de funcionamiento y la contaminación de un vehículo. La entrada en vigor de estas verificaciones se prevé para el 2012.

2.3. El conector OBD II

Este conector está definido por la normativa SAE 11962 y en los manuales técnicos también aparece con este nombre: conector J1962.

En la diagnosis moderna de averías el conector OBDII juega un papel fundamental. Los tiempos de diagnosis se han reducido espectacularmente, la seguridad en la resolución del problema es mucho más elevada y los costes de las reparaciones son más reducidos. Tanto es así que todos los sistemas anteriores empiezan a ser ya anticuados y obsoletos.



Figura 2.1. Posibilidades de localización del conector OBD-II en diferentes marcas y modelos.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

El conector OBD-II siempre lo vamos a encontrar en el interior del habitáculo, en una zona próxima al puesto de conducción, fácilmente accesible y, para acceder a él, no hace falta el uso de herramientas (a lo sumo una pequeña palanca). Su ubicación, dependiendo de

fabricantes, modelos y versiones, es tan amplia que resulta (casi) imposible realizar un listado exhaustivo, en la Figura 2.1. se muestra la ubicación más habitual.

El conector OBD-II que está montado en el vehículo es el conector hembra y tiene el aspecto que se muestra en la Figura 2.2. El conector del aparato de diagnóstico es el conector macho y tiene la forma simétrica.

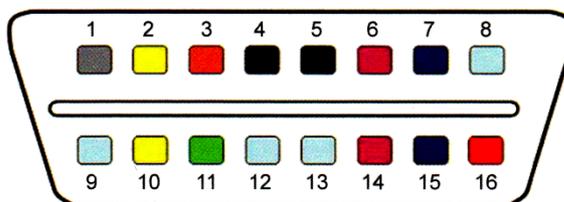


Figura 2.2. Aspecto del conector de diagnóstico estandarizado OBD-II (conector J1962).

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

PIN	Características	Protocolo
1	Estandarizado, lo usa <i>General Motors</i> para la diagnosis de los sistemas GMLAN, SWC y CAN de un cable.	SAE J2411
2	Estandarizado: cable positivo de diagnosis de las normativas USA.	SAE J1850 PWM. SAE J1850 VPW
3	No estandarizado, usado por <i>FORD</i> como cable positivo (DCL+) antes de la normativa OBD-II.	
4	Estandarizado: negativo de chasis (-31).	
5	Estandarizado: negativo de electrónica (-31).	
6	Estandarizado: CAN High.	SAE J2284 ISO 15765-4
7	Estandarizado: línea de diagnosis K (véase el capítulo anterior).	ISO 9141-2 ISO 14230-4
8	No estandarizado.	
9	No estandarizado.	
10	Estandarizado: cable negativo de diagnosis de una normativa USA.	Solo SAE J1850 PWM
11	No estandarizado: usado por <i>FORD</i> como cable negativo (DCL-) antes de la normativa OBD-II.	
12	No estandarizado.	
13	No estandarizado.	
14	Estandarizado: CAN Low.	SAE J2284 ISO 15765-4
15	Estandarizado: línea de diagnosis L.	ISO 9141-2 ISO 14230-4
16	Estandarizado: Positivo directo de batería (+30).	

Tabla 2.1. Correspondencia de cada pm del conector OBD-II.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

2.4. Los equipos de diagnóstico

Desde la aparición de los primeros sistemas de auto- diagnóstico con códigos intermitentes los fabricantes empezaron a fabricar aparatos que incorporaban los conectores adecuados para conectarse fácilmente y además tenían memorizados los DTC, con lo que mostraban rápidamente la descripción de los problemas detectados por la electrónica del vehículo. Estos aparatos, al principio, eran muy costosos y solo estaban al alcance de empresas muy potentes.

Con el paso del tiempo han ido surgiendo una gran variedad de fabricantes de maquinaria de diagnóstico, se han ido abaratando los precios (ahora están al alcance de cualquier presupuesto) y además se han ido haciendo cada vez más potentes en cuanto a modelos y prestaciones a la vez que han ido reduciendo su tamaño. En el mercado hay miles de aparatos de diagnóstico y es muy importante verificar las características, actualizaciones y manejo que más se adapten a nuestras necesidades.

En general, los aparatos de diagnóstico se pueden clasificar en cinco grandes tipos:

- Bancos de diagnóstico.
- La consola autónoma.
- El interfaz de PCILT.
- Terminales de bolsillo.
- Terminales conectados en red (On une).

Y a continuación se describen brevemente y se ilustran con algunos ejemplos.

2.4.1. Bancos de diagnóstico

Fueron los primeros aparatos de diagnóstico, en general tenían un gran volumen, incorporaban un ordenador de sobremesa más o menos camuflado, tienen un gran volumen (Figura 2.2.) por lo cual la diagnosis debe realizarse en el taller. Como gran ventaja estos bancos siempre han incorporado un gran volumen de datos para conectarse con, prácticamente, todos los vehículos y todos los sistemas. Es el tipo de equipo que durante muchos años se ha utilizado en los talleres oficiales de cada marca. Actualmente se están sustituyendo por equipos más reducidos y manejables.

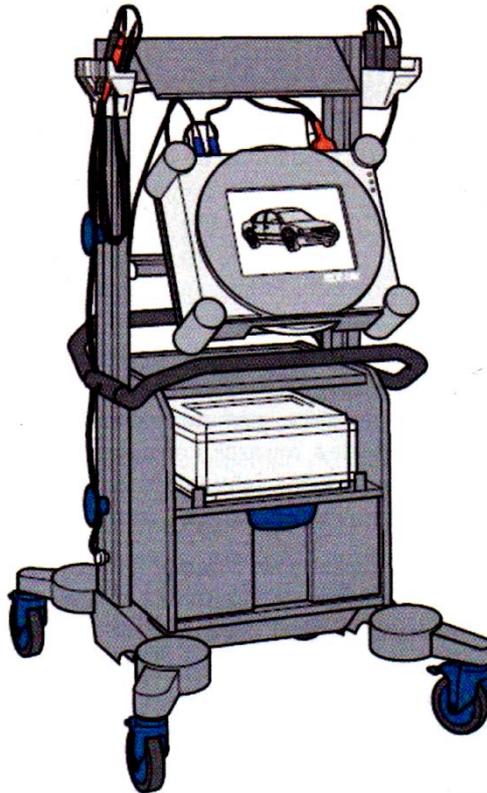


Figura 2.2. Ejemplo de banco de diagnóstico: equipo VAS 5051 del grupo Volkswagen.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

2.4.2. La consola autónoma

Consiste en un aparato que incluye:

- El conector hacia el vehículo (generalmente conector OBD-II).
- El hardware y software necesarios para la diagnosis.
- Una pantalla integrada que muestra las opciones de conexión y los resultados de la diagnosis.

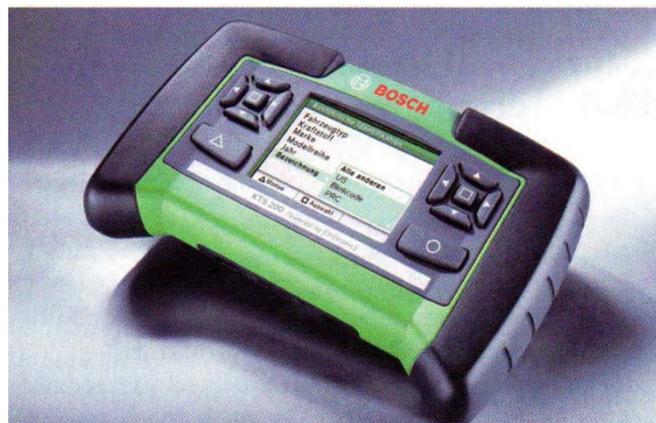


Figura 2.3. Consola autónoma KTS 200 de BOSCH.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Acostumbran a tener un tamaño muy manejable y permiten usarse dentro del vehículo y en prueba en carretera (mientras el conductor va conduciendo un técnico va al lado visualizando los parámetros de diagnosis), esta última opción es muy interesante puesto que muchas averías tienen un carácter temporal, manifestándose dependiendo de las condiciones en ruta.

2.4.3. El interfaz de PCILT

Un sistema utilizado por muchos fabricantes de hardware de diagnosis es el de ofrecer solamente la interfaz (el dispositivo que se conecta entre un ordenador y el vehículo) y el usuario ha de tener un ordenador (es indistinto que sea de sobremesa o portátil) (ver Figura 8.15). De esta forma el precio del aparato de diagnosis es más bajo. En caso de utilizar ordenador portátil (LapTop) es posible realizar pruebas en carretera.

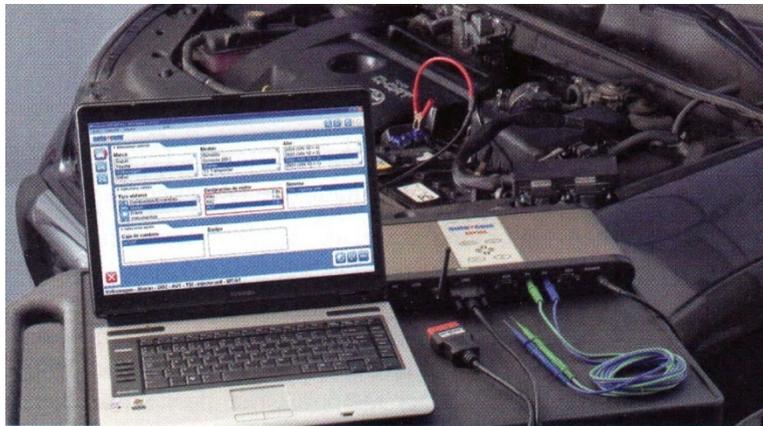


Figura 2.4. Interfaz AUTOCOM ADP de MIAC conectada con ordenador portátil.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

2.4.4. Terminales de bolsillo

Con la unificación de los protocolos de comunicación y con la integración de la electrónica, van apareciendo en el mercado aparatos de diagnosis de un tamaño muy reducido («de bolsillo») y que permiten la conexión a todos los vehículos de última generación. Es posible que este tipo de aparatos tengan un gran desarrollo en un futuro próximo debido a su gran cantidad de ventajas: reducido tamaño, poco peso, facilidad de conexión en cualquier lugar, amplias prestaciones en vehículos con diagnosis unificada (sobre todo CAN),...

Los terminales de bolsillo difícilmente pueden almacenar los datos y prestaciones de otros equipos más voluminosos, pero sus prestaciones van aumentando progresivamente.

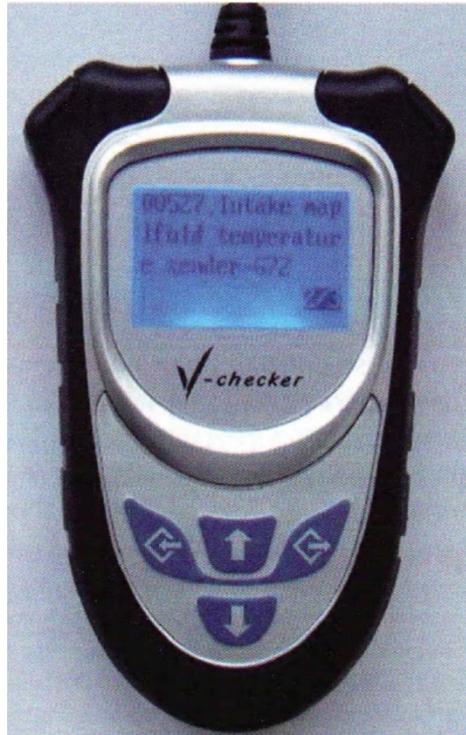


Figura 2.5. Ejemplo de terminal de bolsillo: V-CHECKER.

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

2.4.5. Terminales conectados en red (on line).

Consiste en una modalidad de conexión de diagnóstico donde el programa de diagnóstico y el banco de memoria de datos no está físicamente en el aparato de diagnóstico sino que está todo almacenado en una página web (normalmente propiedad del fabricante y con acceso restringido) situada en cualquier parte del mundo. Esta modalidad es posible gracias a la mejora de las tecnologías de conexión a Internet y al aumento de la velocidad de transferencia de datos que permite realizar todo el proceso sin que se detecten retrasos considerables. A su vez este método permite a los fabricantes controlar mejor el acceso a sus equipos y programas.

2.5. Los métodos de diagnóstico

Se considera como un método de diagnóstico cualquier operación realizada con el objetivo de localizar la causa de la avería. Cada técnico de diagnóstico, con la experiencia, va acumulando técnicas, medidas, pruebas, etc., que le permiten reducir el tiempo de diagnóstico a la vez que le hacen estar seguro del resultado y minimiza los errores.

El ir cambiando piezas «a ver si...» es un mal ejemplo del trabajo de un técnico en diagnóstico. En todo momento debe establecer un proceso, una prueba para discernir procedencia de la avería. El cambio de componentes que no presentan avería es ilegal, encarece las reparaciones y a la larga disminuye el prestigio de un técnico.

Las técnicas de diagnóstico que se verá a continuación son solamente una parte de las posibilidades que se pueden utilizar en un buen taller de diagnóstico pero son, sin duda, un claro ejemplo de las técnicas más utilizadas. Estos métodos de diagnóstico se clasifican de la siguiente forma:

- Métodos guiados:
 - Lectura de códigos de error (DTC).
 - Manuales técnicos de reparación
 - Memorizadores de datos (Data loggers).
 - Las circulares de averías.
- Métodos no guiados:
 - Valores reales/actuación de elementos.
 - Conexión en paralelo.
 - Esquemas eléctricos.

2.5.1. Métodos guiados

Los métodos guiados de diagnóstico son aquellos en los que el técnico deposita su confianza en los fabricantes de automóviles y de aparatos de diagnóstico y sigue los pasos que se le indican hasta llegar al origen del problema.

Son los métodos de diagnóstico más utilizados y que resuelven la gran mayoría de averías eléctricas en el mundo del automóvil.

Todos los fabricantes dedican enormes esfuerzos para preveer el máximo número de disfunciones que se pueden presentar y establecer para cada caso el mejor método de diagnóstico.

2.5.1.1. Lectura de códigos de error (DTC).

Es el método más importante y el primer método que se emplea en la diagnosis moderna de averías en el automóvil. Además resulta el método más cómodo y rápido para el técnico de diagnosis. Consiste en conectar un aparato de diagnosis al vehículo, establecer la

comunicación y acceder al apartado de «lectura de códigos de avería». Es importante reseñar los siguientes puntos:

- Existe una lista estandarizada (SAE-ISO) de códigos de avería que tiene un formato alfanumérico. Estos códigos estandarizados constan de una letra seguida del número «0». La letra inicial es la abreviatura inglesa del sistema que contiene la avería y los cuatro números que van a continuación concretan la avería de que se trata. Las letras iniciales del código significan:
 - *P powertrain*, corresponde a todos los códigos de avería de los sistemas de tracción como son el/los motor/es, la caja de cambios y el diferencial.
 - *B = body* (traducido por carrocería), hace referencia a los sistemas de seguridad y confort: airbags, sistemas de puerta, climatizador,...
 - *C chassis*, aglutina todos los códigos de avería de los sistemas que interactúan con el chasis del vehículo: frenos, suspensiones, control de estabilidad,
 - *U network*, que incluye todos los códigos de avería propios de las redes de comunicaciones del vehículo.

DTC	Explicación de la avería
P0111	Señal de avería de temperatura de aire aspirado.
P0135	Calefacción sondas lambda delante del catalizador.
P0141	Calefacción sondas lambda detrás del catalizador.
P0301	Detección de fallos de encendido, cilindro 1.
P0340	Señal transmisor del árbol de levas de escape.
P0505	Activación ajuste de ralentí, bobina de apertura.
P0604	Defecto en UCE, memoria RAM interna.

Tabla 2.1. Ejemplo de códigos de avería normalizados SAE/ISO.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- Paralelamente, los fabricantes incluyen sus propios códigos de avería y estos listados no están unificados. Suelen mostrarse en los aparatos de diagnóstico con un código numérico de cuatro o cinco cifras sin ninguna letra delante o bien utilizando el código unificado con una letra seguida de una cifra diferente de «0»

y tres números más. Es muy importante no confundir un DTC estandarizado con uno propio del fabricante.

DTC	CODE TEXT
P1111	Engine Coolant Temperature Sensor Radiator Outlet Low Input.
P1112	Engine Coolant Temperature Sensor Radiator Outlet High Input.
P1121	Pedal Position Sensor 1 Range/Performance Problem.
P1120	Pedal Position Sensor Circuit.
P1122	Pedal Position Sensor 1 Low Input.

Tabla 2.2. Ejemplo de códigos de avería propios del fabricante (BMW).

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

- Si un código de avería hace referencia a un elemento concreto, por ejemplo sensor de temperatura, hemos de tener en cuenta que la avería puede estar en el propio sensor, en el conector del sensor, en el cableado o en el conector de la UCE. Es muy importante para un técnico realizar todas las pruebas pertinentes antes de proceder a la sustitución.
- Hay fabricantes que, cada vez que se produce una avería, establecen un código denominado «*Readiness*» que consiste en un segundo registro de averías que no se borra al borrar los DTC. De esta forma si se han eliminado los códigos DTC o se ha desconectado la batería o se ha realizado cualquier otra intervención sin reparar correctamente la avería, en el campo de datos *Readiness* queda la constancia de esas intervenciones. En estos casos, *cuando se ha eliminado correctamente una avería se debe actualizar el Readiness del sistema.*

2.5.1.2. Manuales técnicos de reparación

Los manuales de reparación se han convertido en una ayuda imprescindible a la hora de diagnosticar y/o manipular un vehículo moderno. Estos manuales contienen instrucciones precisas sobre el montaje y el desmontaje de todos los elementos de un vehículo y además los fabricantes incluyen unos diagramas (Figura 2.6) que permiten al técnico de diagnosis realizar las comprobaciones precisas para establecer la causa de la avería.

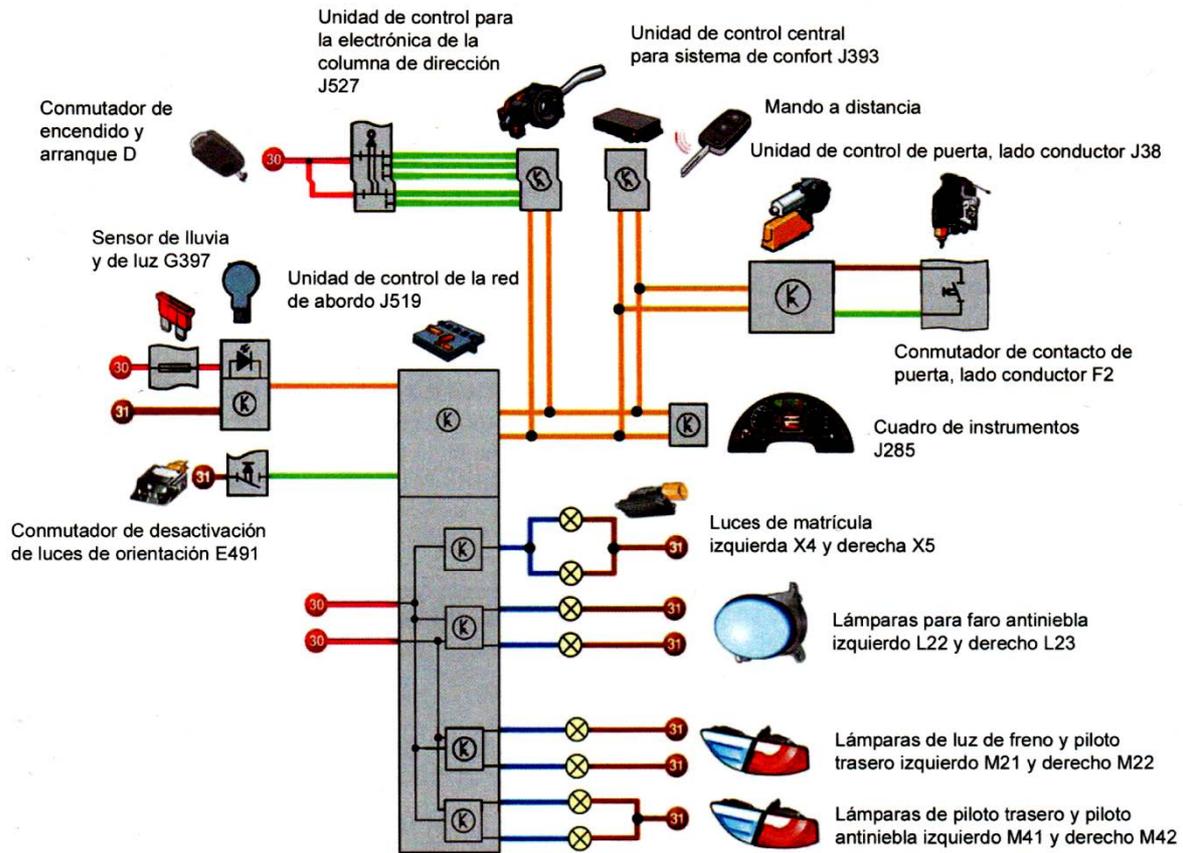


Figura 2.6. Esquema de los componentes del circuito de cierre centralizado (SEAT)
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Gracias a estos diagramas (Figura 2.7), muchas averías se han resuelto con rapidez y precisión. Además estos diagramas sirven de «profesor» experto explicando cuál es la secuencia lógica más directa para realizar las comprobaciones.

Cada fabricante muestra estos esquemas de diagnóstico ordenados según el sistema en el que se encuentra la avería y los síntomas que presenta el vehículo.

Generalmente, cada acción a realizar tiene siempre la misma simbología por lo que el técnico rápidamente aprende la mecánica de funcionamiento y aplica el razonamiento necesario para la reparación, esta técnica ha sido empleada durante mucho tiempo por los fabricantes japoneses y desde hace relativamente pocos años se ha empezado a aplicar en todo el mundo, este sistema evita situaciones de repetición de reparaciones mal ejecutadas.

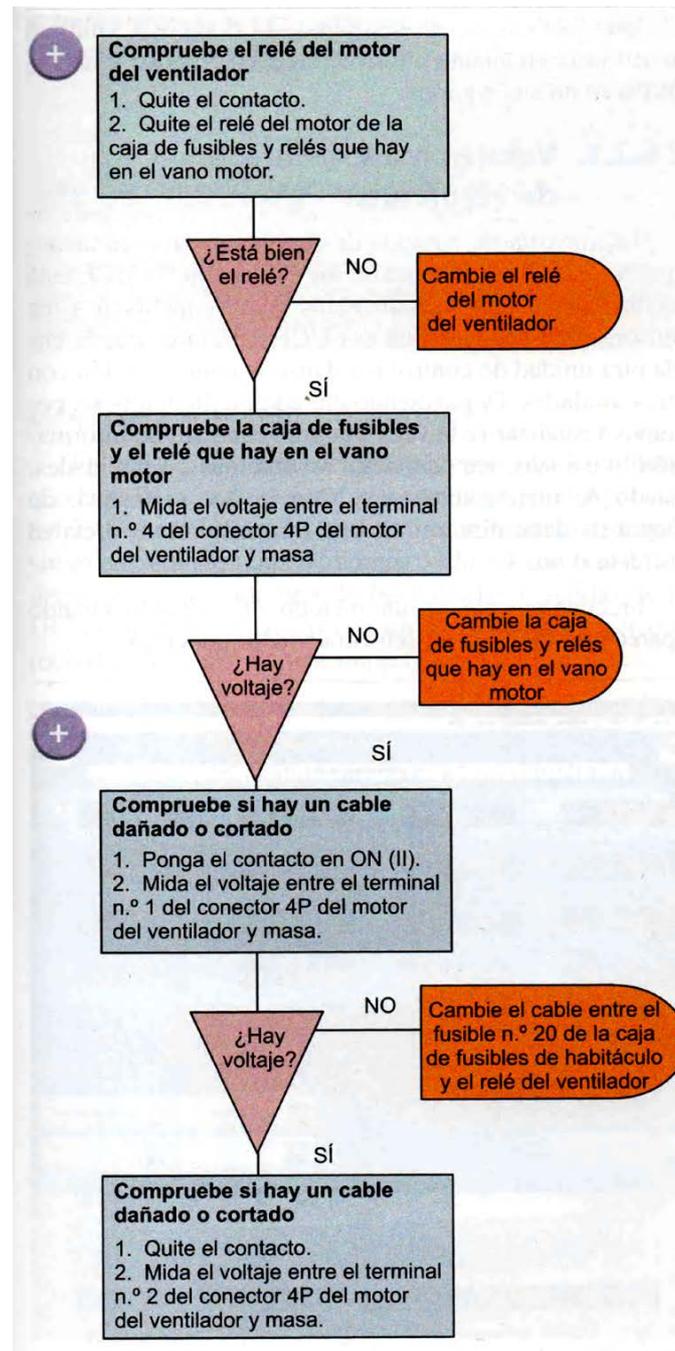


Figura 2.7. Ejemplo de diagnóstico de averías guiada mediante diagrama de flujo (HONDA).

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

2.5.1.3. Memorizadores de datos (data loggers).

Los memorizadores de datos son dispositivos (Figura 2.8) que se conectan directamente al conector OBD-II y contienen una memoria interna de gran capacidad en la cual, mientras que se conduce con normalidad, se van guardando todos los datos que recibe la unidad de control. Una vez finalizado el recorrido de prueba se conecta el Data logger a un ordenador y se

pueden descargar todos los datos, se pueden visualizar en forma gráfica y a partir de ahí (en muchos casos) se puede establecer el elemento defectuoso.

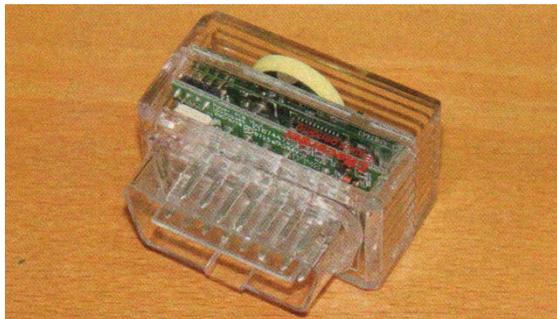


Figura 2.8 Ejemplo de memorizador de datos: CRECORDER (LAUNCH Tech Co.)
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Es un método muy adecuado cuando nos enfrentamos a averías esporádicas que se producen de vez en cuando.

2.5.1.4. Las circulares de averías.

En el presente mundo del automóvil hay demasiados cambios en la tecnología como para pretender conocerlo todo. Los sensores van variando continuamente, las unidades de control evolucionan a un ritmo vertiginoso, las redes de comunicación van aumentando en complejidad y rango de actuación. Por todo ello los fabricantes de automóviles son conscientes que pueden aparecer averías en sus sistemas que no se han podido prever y establecen un sistema de detección de averías «dinámico» aprovechando las comunicaciones internas entre sus servicios técnicos (vía Internet). Cuando se detecta una avería con los mismos síntomas y que se repite en varios vehículos se busca el origen y la solución y se informa mediante una circular interna a todos los técnicos de la compañía. De esta forma si un técnico se encuentra ante estos síntomas, tiene un método de diagnóstico directo para resolver el problema.

Nota técnica:

«Todos los modelos XXXXXX del año 2002, tienen un defecto en el sensor de picado modelo XXXXX que provoca desajustes de motor esporádicos...»

Figura 2.9 Ejemplo de circular de averías.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Este mismo sistema también está siendo adoptado por gremios de talleres independientes o por asociaciones de técnicos de diagnóstico, que, de esta forma, comparten la experiencia colectiva en beneficio de todos ellos.

2.5.2. Métodos no guiados

Los métodos no guiados son todos aquellos métodos de diagnóstico en los que, a priori, no se dispone de un procedimiento o guía a seguir para proceder al diagnóstico. Estos métodos de diagnóstico son muy importantes en la diagnosis moderna del automóvil debido a que hay un gran número de averías que no se resuelven con los métodos guiados: no quedan registradas en forma de DTC, ni se resuelven en los manuales de reparación ni quedan claramente visibles en los Data loggers.

Los fabricantes de máquinas de diagnóstico también tienen muy en cuenta a los métodos no guiados y los incorporan en sus equipos.

2.5.2.1. Valores reales/actuación de elementos.

La mayoría de equipos de diagnóstico incluyen la opción de visualizar en pantalla los valores que la UCE está recibiendo en tiempo real. Estos valores incluyen a los sensores que dependen de esa UCE, a valores que le envía otra unidad de control o a datos de comunicación con otras unidades. Dependiendo del equipo de diagnóstico podemos visualizar (a la vez) una gran cantidad de información: presiones, temperaturas, revoluciones, velocidades, estado de interruptores, etc. Con lo que el técnico de diagnóstico debe discernir si una información concreta es correcta o no.



Figura 2.10. Informe de valores reales ofrecido por el aparato de diagnóstico KTS de BOSCH

Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Frecuentemente es un método de respaldo cuando aparece un DTC de un sensor/actuador concreto.

2.5.2.2. Conexión en paralelo.

Es una de las verificaciones técnicas más completas que hay, pues el método general se conecta el dispositivo en paralelo (caja de bornes o «break out box»), se puede analizar cada una de las entradas y salidas de la UCE con un polímetro o con un osciloscopio y ver con todo detalle si hay alguna imperfección en la señal.



Figura 2.11. Ejemplo de dispositivo para la conexión en paralelo: MIACAUTOCOM.
Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Este método está muy recomendado cuando se tiene la sospecha de interferencias producidas por otros dispositivos, o también cuando hay averías no registradas.

2.5.2.3. Esquemas eléctricos.

Es el método más tradicional y que se ha empleado desde los inicios del automóvil. Consiste en localizar el esquema eléctrico correspondiente al vehículo, marca, modelo y sistema que presenta la avería e ir siguiendo el circuito eléctrico comprobando secuencialmente cada uno de los elementos que conforman el circuito: alimentaciones (fusibles, relés, masas,...), elementos de control (interruptores, termostatos, presostatos, ...), consumidores (lámparas, motores, electroimanes,...), etc.

Junto a los esquemas eléctricos se adjuntan una gran cantidad de datos de control como pueden ser tensiones de referencia, resistencias internas, valores de referencia, etc., de los elementos que forman el circuito eléctrico. (Figuras 2.11 y 2.12).

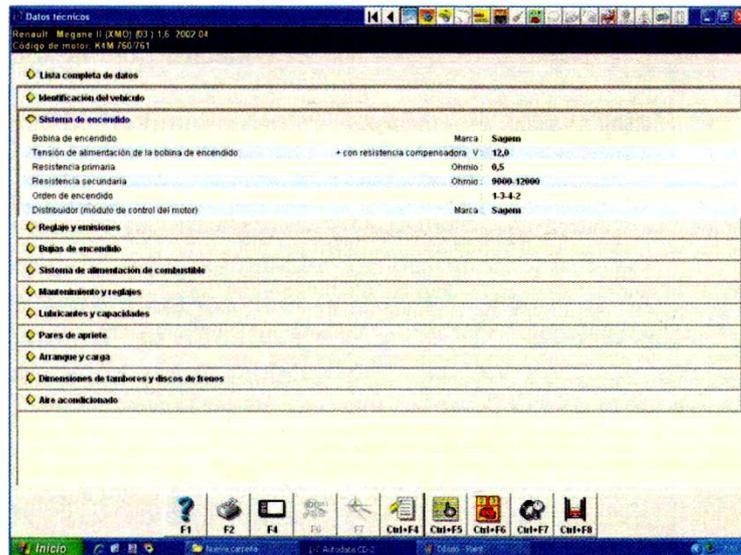


Figura 2.11. Ejemplo de visualización de datos técnicos de control de AUTODATA
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

Asimismo se debe ser muy cuidadoso con las verificaciones y no saltarse ninguna prueba que induzca a error. Una mala verificación de un elemento puede alargar innecesariamente una diagnosis.

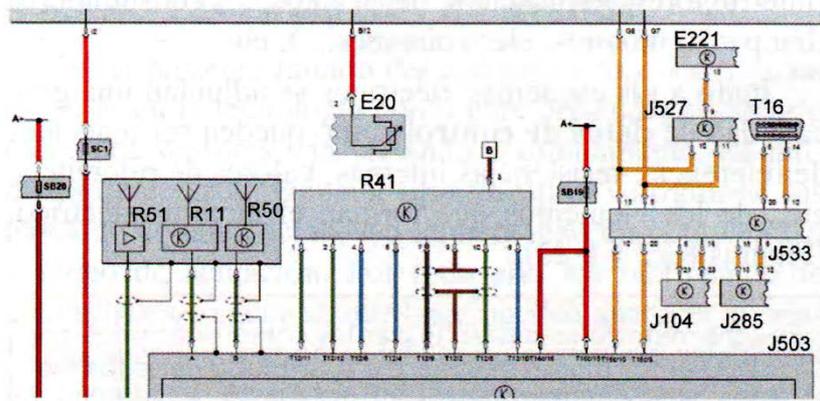


Figura 2.12. Ejemplo de esquema eléctrico
 Fuente: Sistemas Eléctricos y de Seguridad

En este método se deben iniciar las comprobaciones por los elementos más accesibles e ir avanzando hacia los elementos de más difícil acceso.

3. CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DE LOS SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN A GASOLINA

3.1. Sensores de temperatura de tipo NTC

En los automóviles hay por lo menos dos sensores de temperatura: ECT (temperatura de agua) e IAT (temperatura de aire), aunque en algunos sistemas pueden existir otros sensores de temperatura adicionales, como el sensor de temperatura de la culata (CHT) o el sensor de temperatura de la batería, en algunos vehículos la excitación (regulación del voltaje) la realiza el PCM.

Los sensores de temperatura tienen dos cables correspondiendo uno a la señal del sensor y el otro a la masa.

Mediciones de Sensor de Temperatura del Refrigerante:

Primera medición: Resistencia del sensor (a ficha desconectada):

Motor frío: 2500 a 3500 ohm Motor caliente: 200 a 400 ohm.

Segunda medición: De la señal (a ficha conectada):

Motor frío: 2 a 3,5 V Motor caliente: 0.4 a 0.8 V.

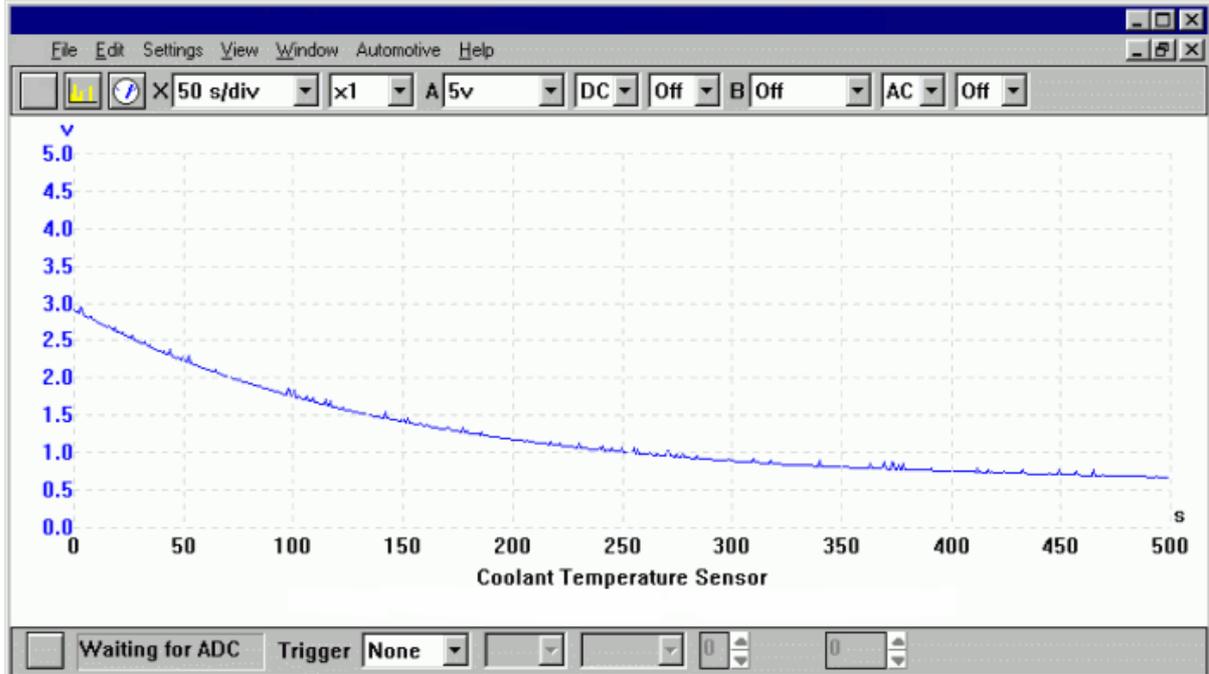


Figura 3.1. Variación de la señal enviada por el sensor NTC en función del tiempo

Fuente: Captura de pantalla del equipo

3.2. Sensor de posición de la mariposa (TPS)

El sensor TPS informa al PCM de la posición de la mariposa de aceleración. Está compuesto por un potenciómetro de tres cables aunque en algunos sistemas se le agrega un cuarto cable correspondiente a un "CUT OFF" o Idle Switch.

La señal del TPS es del tipo analógica y la señal del Idle Switch es de tipo todo o nada (OFF-ON).

La condición de mariposa cerrada se suele representar por un voltaje bajo menor a 1 Volt, mientras que la mariposa totalmente abierta se representa con un voltaje alto normalmente 4,5 Volt.

Los cables del sensor corresponden a:

- Alimentación 5 volt
- Masa
- Señal: 0,5 v a 4,5 v

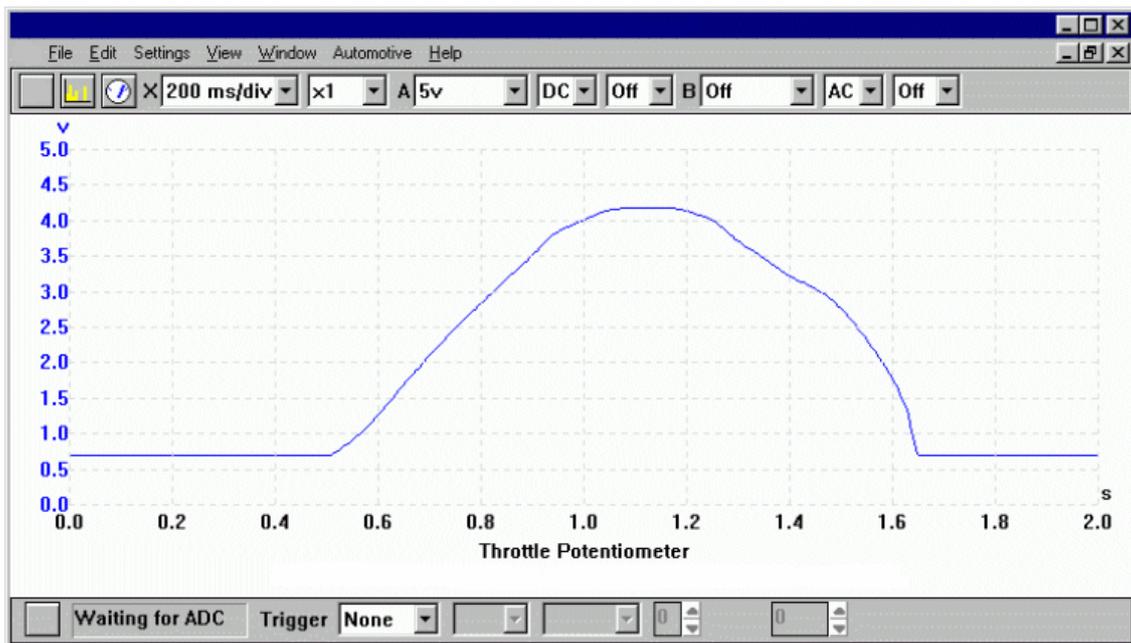


Figura 3.2. Variación de la señal enviada por el sensor TPS en función del tiempo

Fuente: Captura de pantalla del equipo

Mediciones:

1. Verificar la alimentación del sensor
2. Pinchar el cable de señal y abrir lentamente la mariposa observando como aumenta la tensión sin saltos ni pérdidas de señal, según se observa en el oscilograma.

3. Si existe interruptor de ralentí, el mismo debe cambiar de señal a una pequeña abertura de la mariposa. La señal suele ser 0V Mariposa cerrada y 12V mariposa abierta.

3.3. Sensor de presión absoluta (MAP) por variación de tensión

El sensor MAP (Sensor presión absoluta del múltiple) provee al PCM de una señal correspondiente a la presión absoluta que hay en el múltiple de admisión para calcular la carga motor. Si la presión es baja (mucho vacío) la carga del motor es pequeña y el PCM inyectará poco combustible. Si en cambio la presión en el múltiple es alta (presión atmosférica o próxima a ella) el PCM interpretará que la carga al motor es grande e inyectará más combustible.

Los sensores MAP tienen 3 cables de conexión correspondientes a:

- Alimentación: 5v
- Masa señal: entre 0,6v y 4,7v

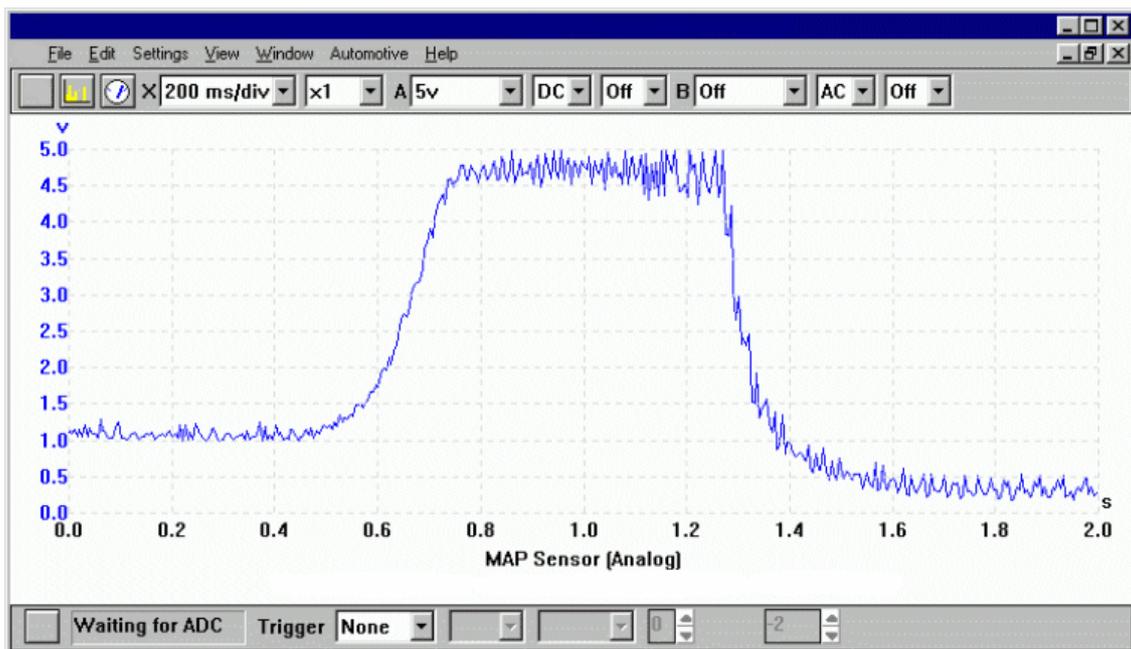


Figura 3.3. Variación de la señal enviada por el sensor MAP en función del tiempo

Fuente: Captura de pantalla del equipo

3.4. Sensor de presión absoluta (MAP) por variación de frecuencia

El MAP por variación de frecuencia es utilizado por algunos vehículos americanos, provee una señal de onda cuadrada de una amplitud de 5V. Mayor presión en el múltiple mayor frecuencia de la señal y viceversa. El rango de trabajo del sensor es de 80Hz a 160Hz.

Estos sensores poseen 3 cables de alimentación:

- Alimentación: 5v
- Masa señal: (a ficha desconectada sobre el cable de señal hay 5v fijos)

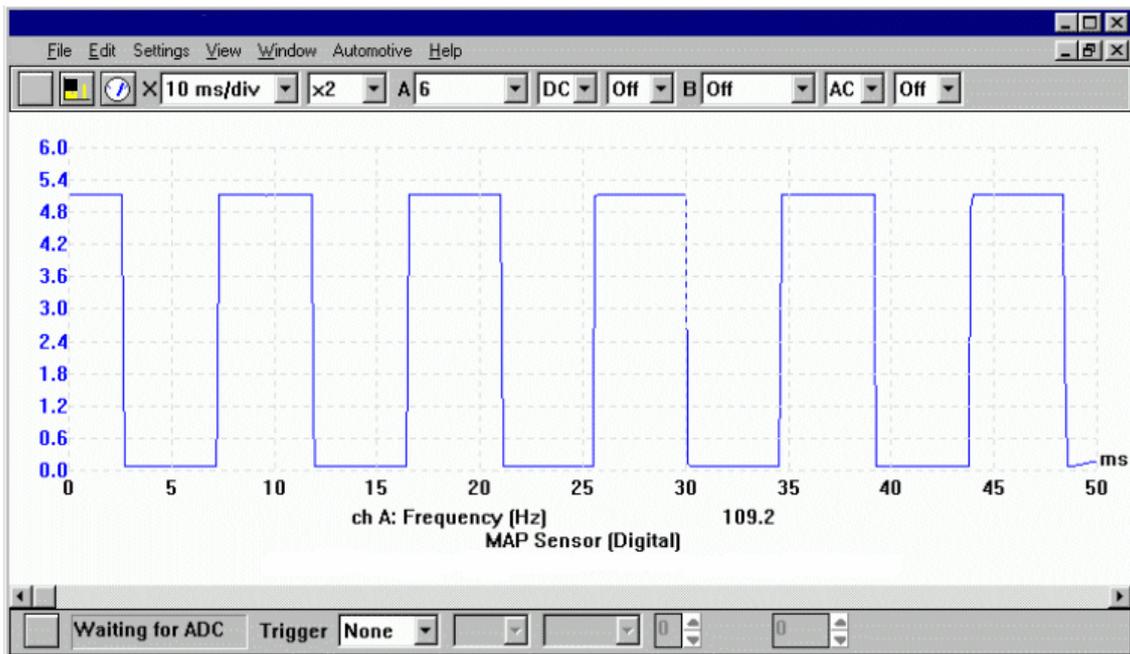


Figura 3.4a. Variación de la señal enviada por el sensor MAP por frecuencia
Fuente: Captura de pantalla del equipo

Valores obtenidos a distintas presiones en distintos tipos de MAP			
Modelo	Peugeot	Renault/GM	Ford
VACIO	Nivel de señal	Nivel de señal	Nivel de señal
En pulg. de Hg	En Voltios	En Voltios	En Hertz
0	4,48	4,74	160
2,5	4,18	4,21	151
5	3,75	3,73	145
7,5	3,31	3,28	138
10	2,84	2,80	131
12,5	2,43	2,32	124
15	2	1,87	118
17,5	1,53	1,38	111
20	1,09	0,88	105

Figura 3.4b. Valores medidos en el sensor MAP de algunos tipos de vehículos
Fuente: El autor

3.5. Sensor de flujo de aire MAF

El sensor MAF o sensor del flujo de aire mide directamente el aire que ingresa por el ducto de admisión. Se encuentra colocado entre el filtro de aire y el cuerpo de la mariposa de aceleración. La salida de la señal del MAF debe ser proporcional a la cantidad de aire ingresada. En el oscilograma se observa la forma de onda correspondiente a una aceleración brusca. El voltaje de la señal en ralentí debe ser de alrededor de 1V mientras que en una aceleración brusca la señal del MAF crecerá hasta 3V o más.

Los sensores MAF suelen tener 4 cables correspondiendo a:

- Alimentación 12V
- Masa de calefacción
- Masa del sensor MAF
- Señal del sensor MAF: 0,7V a 4V

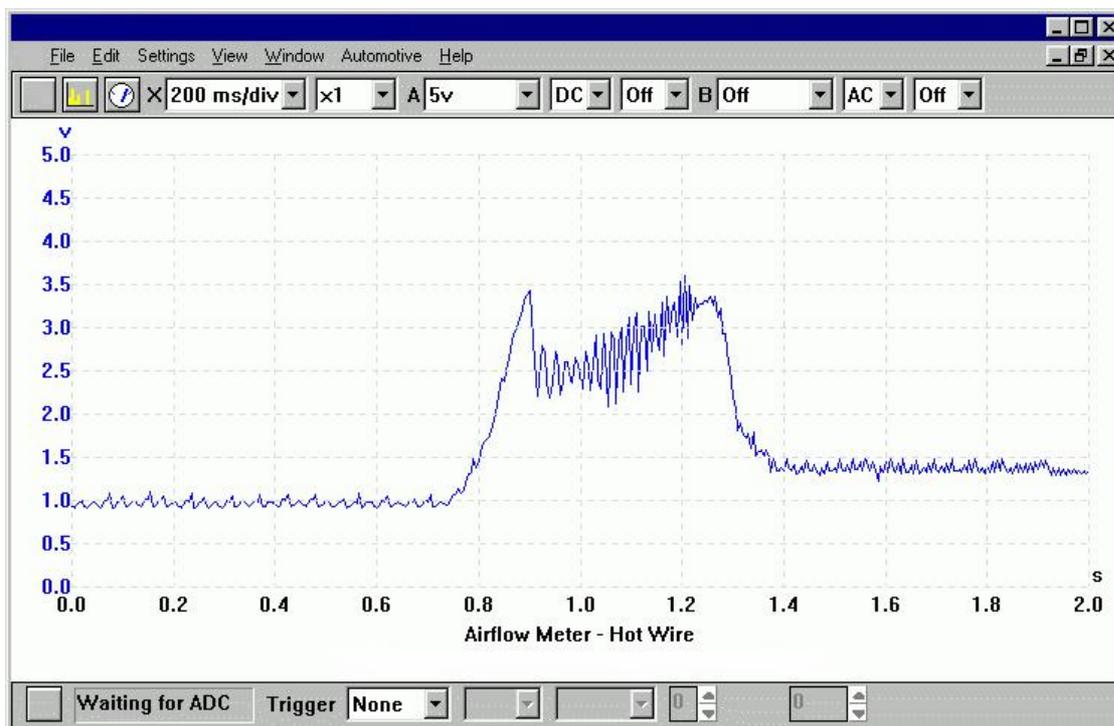


Figura 3.5. Variación de la señal enviada por el sensor MAF
Fuente: Captura de pantalla del equipo

Algunos sensores MAF tienen 5 ó 6 cables pudiendo agregarse una alimentación de 5V y una termistancia de aire (IAT). Otros sensores MAF pueden tener solamente 3 cables (vehículos Asiáticos) en este tipo se han unificado las dos masas.

3.6. Sensor de oxígeno (sonda lambda)

El sensor tendrá conexiones eléctricas que varían y puede tener hasta cuatro cables; reacciona al contenido en oxígeno en el tubo de escape y producirá un voltaje pequeño dependiendo de la mezcla aire/combustible. La gama del voltaje considerada, en la mayoría de los casos, variará entre 0.2 y 0.8 voltios: 0.2 voltios indica que una mezcla pobre y un voltaje de 0.8v demuestra una mezcla rica.

Si el sistema de inyección funciona correctamente y el sensor está en buen estado variara entre 0,1 y 0,9 Volt a una tasa de 6 a 10 veces en diez segundos. Con la información de la sonda lambda el PCM puede controlar el combustible en lazo cerrado, esto es acortando y alargando el tiempo de inyección, en respuesta a la variación de la señal del sensor de oxígeno.

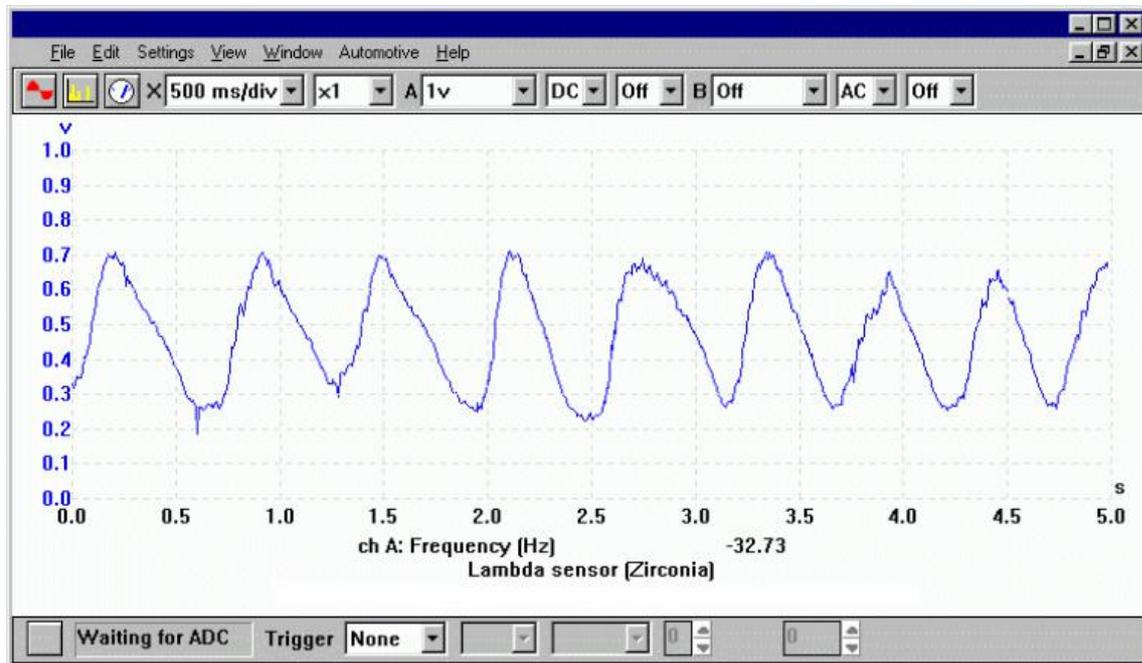


Figura 3.6. Variación de la señal enviada por el sensor de oxígeno
Fuente: Captura de pantalla del equipo

La sonda lambda puede tener un elemento de calefacción para ayudar al sensor a que alcance su temperatura de funcionamiento óptima.

3.7. Sensor de detonación (Knock sensor)

El punto óptimo en la cual la alta tensión (AT) enciende la mezcla aire/combustible será momentos antes del PMS, pero a veces será inevitable que bajo ciertas condiciones ocurra una detonación imprevista.

Un sensor de pistoneo o detonación es un dispositivo piezo-eléctrico pequeño, que junto con el PCM, identifica estas detonaciones. El PCM ante esta circunstancia retrasara el encendido para evitar daños al motor.

La frecuencia de detonación (pistonéo) es aproximadamente 15 KHZ.

Para medir esta señal se utilizara el osciloscopio con un barrido horizontal de 50 ms por división y una amplitud de tensión alterna pico a pico de 2V por división.

La mejor manera de probar un sensor de detonación, es quitar el sensor del motor y golpearlo ligeramente con una llave de tuercas pequeña, la forma de onda resultante debe ser similar al ejemplo demostrado.

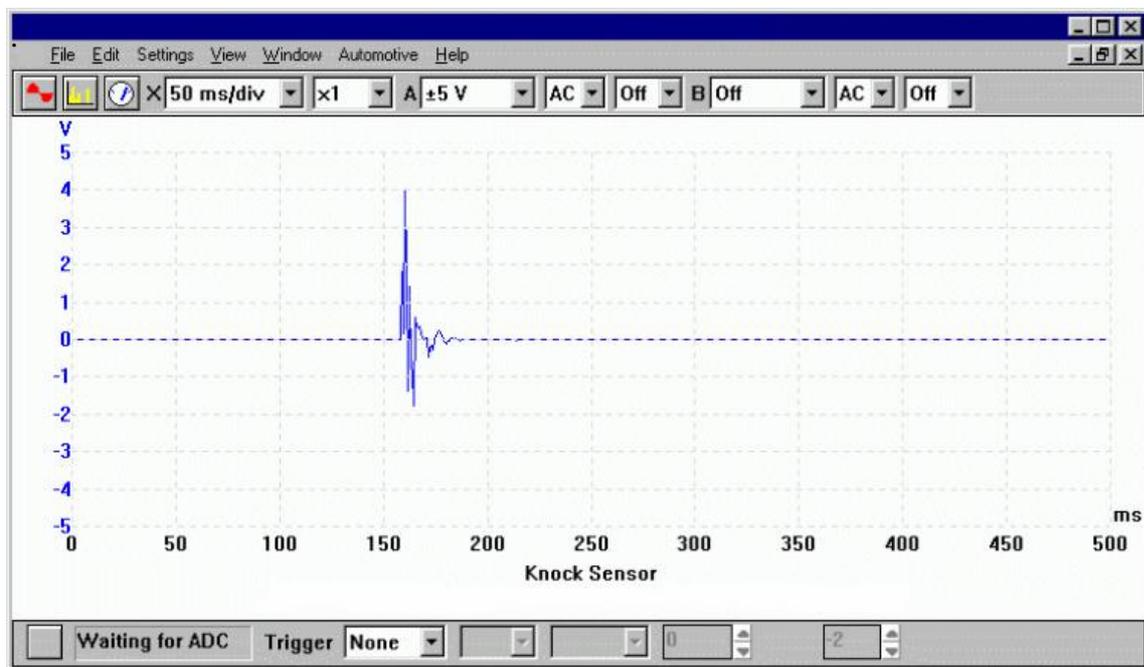


Figura 3.7. Variación de la señal enviada por el sensor de detonación
Fuente: Captura de pantalla del equipo

La comprobación de este sensor es solamente con osciloscopio dado que está construido por un cristal piezo-eléctrico y no se puede medir su resistencia.

3.8. Sensor del eje de levas (CMP) o (CID)

Las características de una buena forma de onda inductiva del sensor del árbol de levas son: una onda alterna que aumenta de magnitud como se aumenta la velocidad del motor y proporciona generalmente una señal por 720° de la rotación del cigüeñal (360° de la rotación del árbol de levas). El voltaje será aproximadamente 0.5 voltio al pico mientras que el motor está encendiéndose, levantándose a alrededor 2.5 voltios de pico al pico en la marcha lenta.

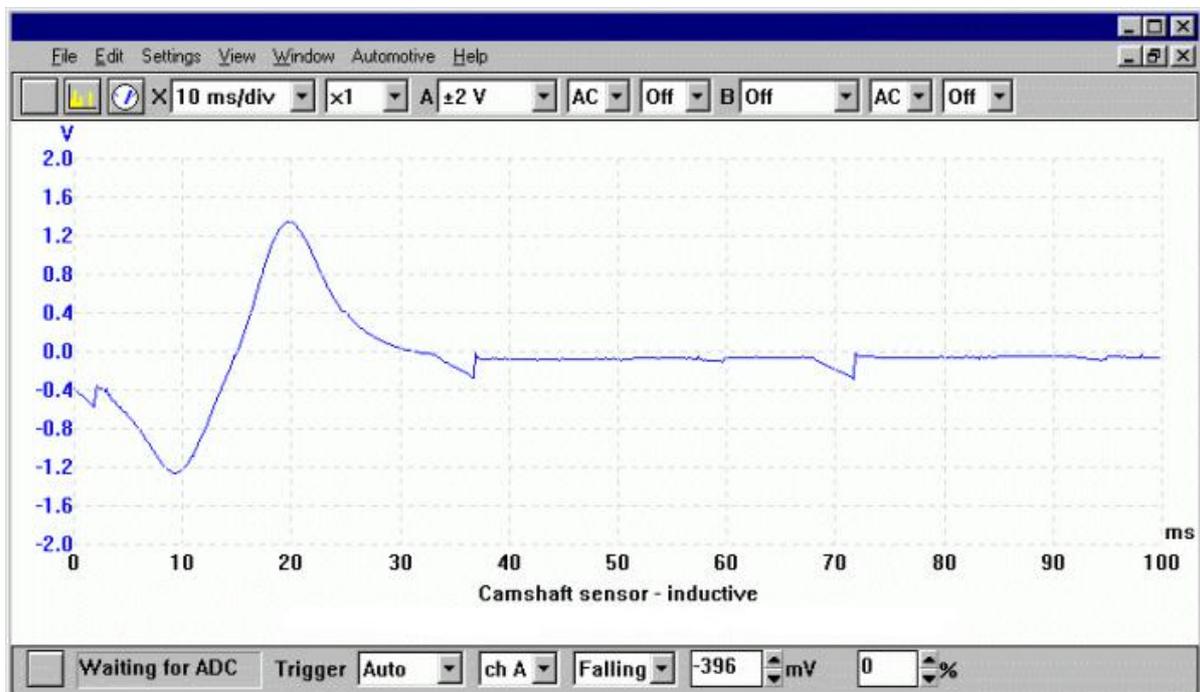


Figura 3.8. Variación de la señal enviada por el sensor de eje de levas
Fuente: Captura de pantalla del equipo

Comprobaciones:

1. Medición de resistencia del sensor y aislamiento a masa. (resistencia típica: 250 a 1500 ohm según marca)
2. Observar la forma de onda generada con Osciloscopio.

3.9. Sensor de efecto HALL

La forma de onda de la señal puede ser en este caso particular del oscilograma una onda tipo cuadrada.

Las características de una buena forma de onda de efecto Hall, son una conmutación limpia.

El sensor tiene tres cables de conexión que son:

- Alimentación del sensor: 12 Volts.
- Masa del sensor.
- Señal del sensor: 0 V – 5 V – 0 V – 5 V

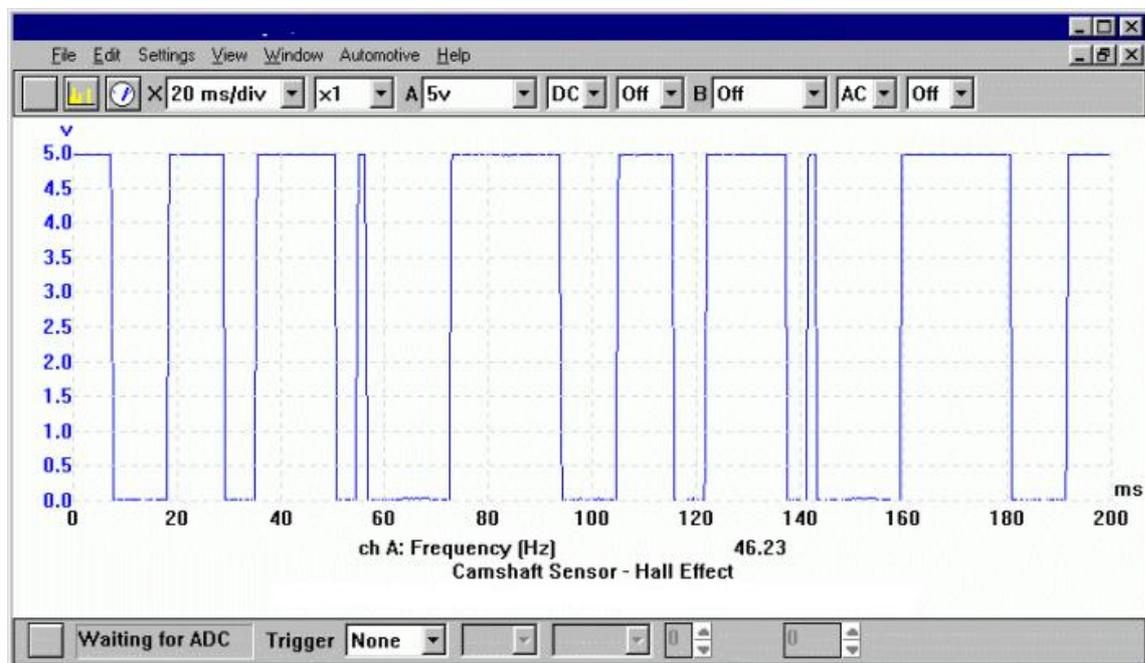


Figura 3.9. Variación de la señal enviada por el sensor de efecto HALL

Fuente: Captura de pantalla del equipo

Comprobaciones:

1. Verificar alimentación y masa del sensor con multímetro.
2. Medición de la forma de onda de la señal con osciloscopio.

En todos los sensores de efecto Hall lo importante en la señal cuadrada es que el piso de la señal llegue a 0 V. (Máximo 0,5 V) y que el pico máximo alcance por lo menos 4,5 V. Esta observación es particularmente importante en motores que no encienden.

3.10. Sensor de giro del cigüeñal (CKP) de tipo inductivo

El sensor CKP de tipo inductivo genera una onda alterna senoidal con una irregularidad cíclica producida por un faltante de dientes sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal.

Consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán enfrentado a la rueda dentada o fónica. Algunos sensores CKP están montados dentro del distribuidor.

Existen dos diseños de ruedas fónicas:

- La mayoría de los sistemas: 60 dientes – 2 dientes = 58 dientes
- En otros casos: 36 dientes – 1 diente = 35 dientes

Los sensores CKP, tiene solo dos pines de conexión correspondientes a los extremos de la bobina del sensor. Algunos CKP tienen 3 cables, siendo el tercero un mallado o blindaje a masa, para evitar interferencias parásitas del encendido.

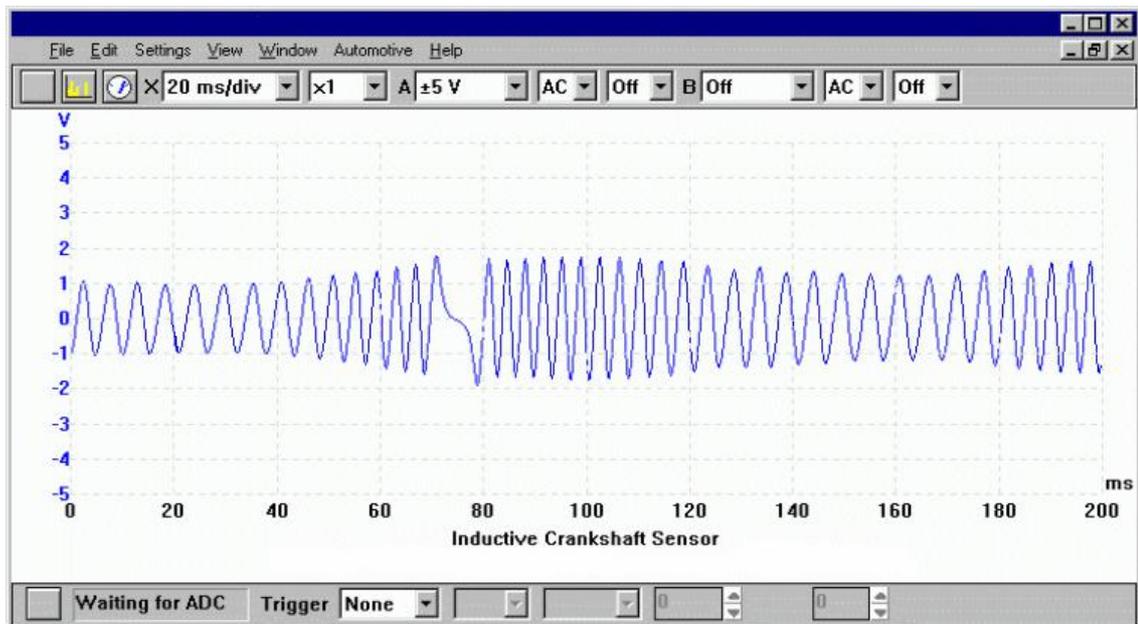


Figura 3.10. Variación de la señal enviada por el sensor de giro del cigüeñal de tipo inductivo

Fuente: Captura de pantalla del equipo

En el oscilograma se observa el corte en la señal producido por el faltante de dientes, que indica una proximidad en grados al PMS del cilindro 1 y 4.

Comprobaciones:

1. Medición de la resistencia: típica 250 Ohm a 1500 Ohm según sistema.
2. Medición de aislamiento a masa: conectar Óhmetro a un pin del sensor y a masa. Debe dar resistencia infinita.
3. Comprobación de la señal con osciloscopio: comparar con el oscilograma mostrado en la figura.

3.11. Sensor de giro del cigüeñal (CKP) y eje de levas (CMP) de tipo optoelectrónico

Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor. Provee al PCM señal de RPM y de punto muerto superior de los cuatro cilindros. Su medición es similar a la de un sensor de efecto Hall. Normalmente tiene 4 cables de conexión correspondiendo a: Alimentación: 5 Volt, masa; señal de RPM de alta resolución (360 pulsos por vuelta de distribuidor) y señal de árbol de levas de baja resolución (4, 6 u 8 pulsos por vuelta de distribuidor).

Mediciones:

1. Comprobar con tester alimentación de 5 Volt y masa del sensor.
2. Con osciloscopio verificar la correcta señal en los dos cables (CKP y CMP) según oscilograma mostrado.

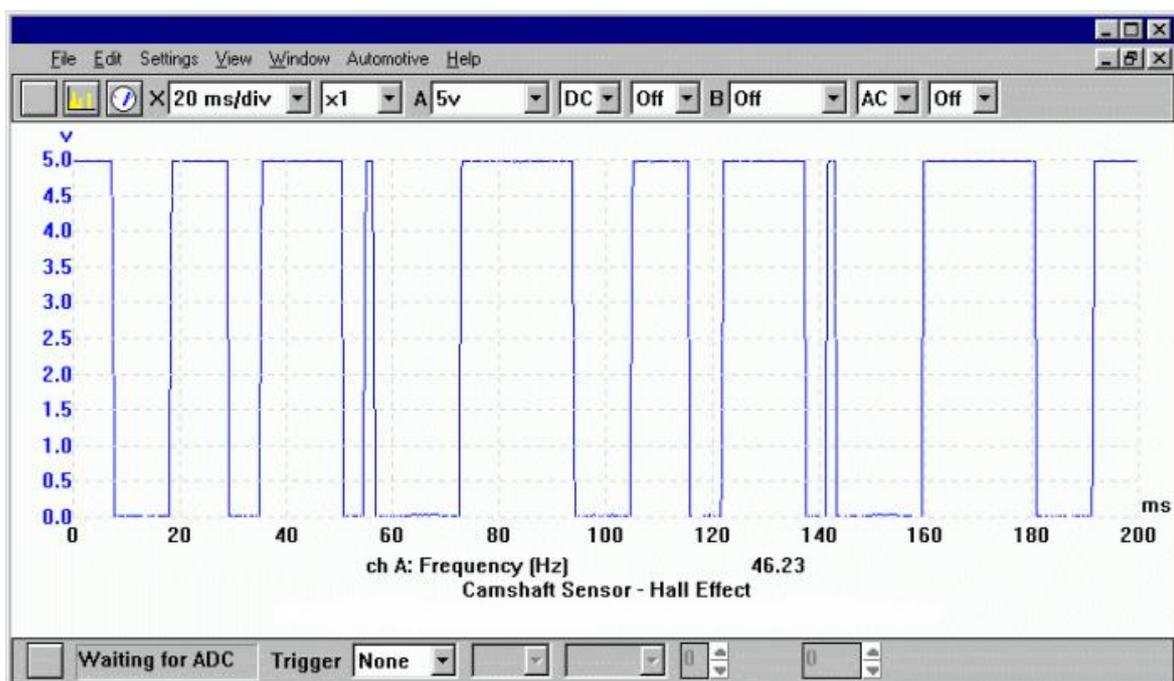


Figura 3.11. Variación de la señal enviada por el sensor de tipo optoelectrónico

Fuente: Captura de pantalla del equipo

Estos vehículos suelen no encenderse si le falta o es errónea alguna de estas dos señales. Observar en el osciloscopio que los picos máximos lleguen a 5 Volt y los picos mínimos bajen a menos de 0,5 Volt.

3.12. Sensor de posición del cigüeñal (CKP) tipo Hall

El sensor de cigüeñal de tipo Hall genera una onda cuadrada con tantas señales como cilindros tenga el motor. En algunos casos una de las señales es más grande que las demás indicando el PMS del cilindro uno cuando el sistema es de inyección secuencial. Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor y se caracteriza por una campana con ventanas.

Hay dos tipos de señales de efecto Hall según su amplitud:

- De 0V a 5V
- De 0V a 12V (como el oscilograma mostrado)

Lo importante en este tipo de onda es que el piso de la señal llegue a 0V (máximo 1V) para que el PCM lo pueda interpretar. La medición de este sensor es particularmente importante cuando el motor no enciende.

Estos sensores tienen 3 cables de conexión:

- Alimentación: 12V
- Masa
- Señal

Comprobaciones:

1. Medir alimentación del sensor con multímetro. (12 V)
2. Comprobar la señal con osciloscopio (Observar que la amplitud de la señal sea normal, que el pico llegue a 10 V por lo menos y el piso menos de 1 V, esto es particularmente importante si el motor no enciende).

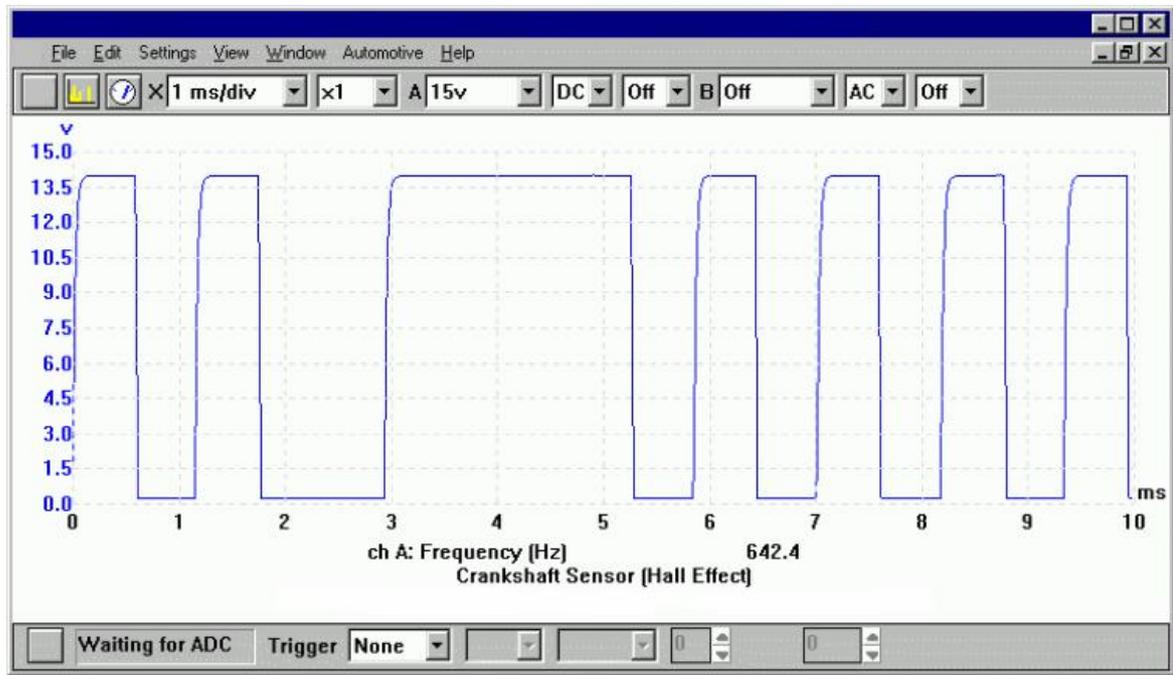


Figura 3.12. Variación de la señal enviada por el sensor de tipo HALL

Fuente: Captura de pantalla del equipo

El sensor es excitado por la rotación de esta campana. En el oscilograma se observa dicha irregularidad como una onda de mayor duración entre los puntos 3 y 5.

CONCLUSIONES

- La tecnología automotriz se encuentra en continuo desarrollo y los distintos sistemas del automóvil no son la excepción, ya que, constantemente han estado cambiando desde su implementación hasta hoy día; por tal motivo, los ingenieros y técnicos que laboran en el área automotriz deben contar con un procedimiento específico para diagnosticar fallas en los sistemas electrónicos del vehículo.
- El uso del osciloscopio en el diagnóstico de problemas de fallo en los sensores que se presentan en el automóvil es un procedimiento básico en la actualidad, por eso es fundamental el conocer el manejo de este equipo para poder realizar un diagnóstico rápido y efectivo.
- Se puede concluir además que es necesario conocer los parámetros de cada uno de los sensores para determinar su estado, ya que con la ayuda del osciloscopio se puede verificar a través de gráficos, las formas de ondas de cada uno de los sensores y su relación voltaje-tiempo.
- En el campo automotriz se puede notar un gran avance en la tecnología en cuanto al funcionamiento de un vehículo, por lo cual es indispensable estar siempre actualizados en cuanto a métodos para conseguir un diagnóstico rápido, preciso y lograr llegar a dar una solución.
- En el mundo automotriz se encuentran hoy en día muchos equipos especializados, los cuales facilitan la labor al momento de hacer un diagnóstico en el vehículo, algunos equipos suelen ser más costosos que otros pero aún siguen siendo igual de necesarios,

por lo que un taller debe conseguir la manera de adquirirlos y de aprender a utilizarlos para el trabajo del día a día.

- Durante las pruebas de funcionamiento de los sensores en el sistema de inyección se puede simular, para posteriormente identificar y poder diagnosticarlos cada una de las averías generadas, a la vez se puede mostrar el sistema con el motor de combustión interna funcionando en forma normal y en modo de falla.
- En la realización de este trabajo se pudo evidenciar que los sistemas de inyección electrónica de combustible son muy amigables para trabajar, la disposición de los sensores y actuadores en el motor nos permite manipular de forma segura los elementos que conforman estos sistemas lo que nos asegura una revisión visual ágil y fácil, además el cableado está distribuido de tal forma que es muy difícil cometer un error al momento volver a conectar los sockets.
- Se puede concluir además que la manipulación directa en un sistema de inyección que esté funcionando, sumado al conocimiento técnico que un estudiante de electromecánica automotriz debe tener, incrementa la habilidad que este necesita para diagnosticar rápida y efectivamente una anomalía generada en un sistema de inyección asegurándole una reparación de calidad en un tiempo más corto optimizando los recursos que se necesitan para realizar estas tareas.

RECOMENDACIONES

- El técnico automotriz debe tener seguridad al momento de la manipulación del osciloscopio, ya que se podría generar algún tipo de inconveniente en el vehículo.
- El éxito de un técnico automotriz está en su capacidad y conocimientos que se tenga de la materia, por lo que de manera permanente debe autoeducarse, investigar y prepararse sobre los nuevos sistemas, elementos y mecanismos de los vehículos.
- El diseño moderno de vehículos exige del técnico automotriz, una constante actualización y capacitación en las áreas de la electricidad y electrónica para poder desempeñarse eficientemente en su trabajo de diagnóstico y corrección de fallas del vehículo.
- Antes de realizar la verificación de algún sensor, han de revisarse las conexiones a masa del motor, comprobando la firmeza de la conexión, así como la ausencia de óxido y suciedad.
- Se debe tener en cuenta que el uso de estos sensores y actuadores, depende de la marca y modelo de vehículo, por ejemplo, no todos los motores usan un sensor de detonación; ni espere encontrar un medidor de flujo de aire solo porque el motor es a inyección electrónica, lo importante es ubicar, identificar y familiarizarse, con todos los componentes, sus funciones, y sus síntomas de falla.
- Se debe verificar los conectores y la instalación eléctrica del sistema, así como la firmeza de las uniones por enchufe, también habrá de comprobarse la ausencia de humedad y suciedad en las mismas y el buen estado de los pines de los conectores.

- Al momento que los sensores indican un exceso en ciertos parámetros, por ejemplo temperatura del motor, entonces la computadora apaga repentinamente en motor para evitar daños mayores del motor, en este caso no tratar de forzar su encendido.
- Cuando se pueda notar indicios de que un sensor esté tomando medidas erróneas, es aconsejable sustituirlo antes de que se complique la situación. no obstante, de los fallos relacionados con este sistema, los más costosos son aquellos que afectan a la unidad de control ya que reemplazarla supone una inversión económica demasiado elevada.
- Se deben verificar los conectores y la instalación eléctrica del sistema, así como la firmeza de las uniones por enchufe. también habrá de comprobarse la ausencia de humedad y suciedad en las mismas y el buen estado de los pines de los conectores de la unidad electrónica de control.
- La mecánica que recomendamos en este campo, es la de prevención. las revisiones de su estado y sus conexiones con la unidad de control, así como las diagnosis completas del sistema de forma periódica son las que nos mantendrán a salvo de graves complicaciones en los sensores y actuadores del motor

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBLOGRAFÍA

- Miguel Angel Pérez Belló, (2011). Sistemas auxiliares del motor (1ra. Edición). Madrid. Editorial Paraninfo. ISBN: 978-84-9732-863-0
- BOSCH, Robert. Manual de la Técnica del Automóvil; 4ta. Edición; Impreso en Alemania 2005; 500 páginas; ISBN 3-934584-82-9.
- Agueda, Gracia, Gómez, Martín, García (2014). Mecánica del vehículo. (1era. Edición). Madrid. Editorial Paraninfo S.A. ISBN: 978-84-283-3585-0.
- Ros Marín, J. A. Barrera Doblado, O. (2011). Sistemas Eléctricos, de Seguridad y Confortabilidad. (3era. Edición). Madrid. Editorial Paraninfo. ISBN: 978-84-9732-890-6.
- <http://globaltech-car.com/detalle.php?idprd=11&idlin=1>
- <http://www.autoavance.co/equipos-diagnostico-automotriz/osciloscopio-automotriz-otc-3840f>
- <http://infoautomotriz.blogspot.com/2007/10/sensor-de-oxigeno-o2-sensor.html>
- http://issuu.com/tutallermecanico/docs/que_es_el_osciloscopio
- <http://www.automecanico.com/auto2027/bbooster12.pdf>
- <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp>
- <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/MAP_sensor