



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE MECATRÓNICA**

**Sensórica Automotriz Y Diagnóstico con  
Escáner Vía Teléfono Celular**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECATRÓNICO  
P R E S E N T A :**

**LUIS FERNANDO MARTÍNEZ MOSQUEIRA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. CARLOS SÁNCHEZ MEJÍA V.**



MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

*DEDICATORIA:*

*A mi madre, Blanca Mosqueira Paredes por ser el motivo y la inspiración para seguir adelante y por apoyarme siempre para realizar mis sueños.*

*A mi hermano, Jorge Rafael Martínez Mosqueira por su amistad y valiosos consejos.*

*A mis tíos Luis, Fernando y Jorge Mosqueira por su gran paciencia, grandes enseñanzas y gran cariño.*

*A Alma Herrera Sokolova por su compañía y afecto.*

*A todos mis maestros de Mecatrónica.*

*A toda mi familia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Dr. Jesús Manuel Dorador González por su entrega constante para hacernos mejores y ser un ejemplo a seguir.**

**A mi tutor Ing. Carlos Sánchez Mejía V. por su apoyo, su disposición y valiosas enseñanzas.**

**A mis compañeros y viejos amigos Tenoch, Jonathan, José Luis, George, Gustavo y Ramiro.**

**A cada una de las personas que me ayudaron e hicieron posible este trabajo.**

## INDICE GENERAL:

---

Pag.

<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO I  SENSÓRICA AUTOMOTRIZ.</b>	<b>9</b>
• <i>Sensores: elementos clave en la seguridad, confort y rendimiento.</i>	11
• <i>El entorno del automóvil.</i>	15
• <i>Características dinámicas de los sensores.</i>	16
• <i>Características estáticas de los sensores.</i>	16
• <i>Clasificación de los sensores automotrices.</i>	17
• <i>Sensores de tren motriz.</i>	17
• <i>Sensores de chasis.</i>	19
• <i>Sensores de carrocería.</i>	20
• <i>Comprensión de los principios de funcionamiento de los sensores automotrices.</i>	21
• <i>Sensores de movimiento rotativo.</i>	21
• <i>Reluctancia variable.</i>	21
• <i>Efecto Wiegand.</i>	22
• <i>Efecto Hall.</i>	23
• <i>Magnetorresistencia MR.</i>	24
• <i>Magnetorresistencia gigante GMR.</i>	24
• <i>Aplicaciones automotrices.</i>	24
• <i>Sensores de presión.</i>	25
• <i>Sensores de presión micromecánicos.</i>	25
• <i>Sensores de presión capacitivos en módulo cerámico.</i>	25
• <i>Sensores de presión de polisilicio en acero.</i>	25
• <i>Aplicaciones automotrices.</i>	26
• <i>Sensores de Posición Lineal y Angular.</i>	26
• <i>Potenciómetros.</i>	26
• <i>Encoder óptico.</i>	27
• <i>Magnetorresistencia anisótropa AMR.</i>	27
• <i>Pulso Magnetostrictivo.</i>	27
• <i>Aplicaciones automotrices.</i>	28
• <i>Sensores de Temperatura.</i>	29
• <i>Circuitos integrados.</i>	29
• <i>Termistor.</i>	29
• <i>Termorresistencias RTD.</i>	29
• <i>Aplicaciones automotrices.</i>	29

**CAPITULO II SENSORES AUTOMOTRICES: FUNCIONAMIENTO, LOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO. ----- 30**

- **Sensor de posición del cigüeñal (CKP, Crankshaft Position Sensor) ----- 30**
  - *Funcionamiento.* ----- 30
  - *Posibles causas de falla* ----- 31
  - *Diagnóstico.* ----- 31
  
- **Sensor de posición del árbol de levas (CMP, Camshaft Position Sensor).----- 32**
  - *Funcionamiento.* ----- 32
  - *Posibles causas de falla* ----- 33
  - *Diagnóstico*----- 33
  
- **Sensor de flujo de masa de aire (MAF, Mass Air Flow)----- 34**
  - *Funcionamiento.* ----- 34
  - *Sensor de flujo de la masa de aire - tipo de alambre caliente.*----- 34
  - *Sensor de flujo de la masa de aire - tipo de lámina caliente.* ----- 35
  - *Posibles causas de falla.*----- 35
  - *Diagnóstico*----- 35
  
- **Sensor de Temperatura del aire del Múltiple (MAT, Manifold Air Temperature).----- 35**
  - *Funcionamiento.* ----- 35
  - *Localización.* ----- 36
  - *Posibles causas de falla.*----- 36
  - *Diagnóstico.* ----- 37
  
- **Sensor de temperatura del refrigerante del motor (CTS, Coolant Temperature Sensor). ----- 37**
  - *Funcionamiento.* ----- 37
  - *Localización*----- 38
  - *Posibles causas de falla.*----- 38
  - *Diagnóstico*----- 38
  
- **Sensor de Posición del Acelerador (TPS, Throttle Position Sensor).----- 38**
  - *Funcionamiento.* ----- 38
  - *Posibles causas de falla* ----- 40
  - *Diagnóstico*----- 40
  
- **Sensor de detonación o de golpe (KS, Knock sensor). ----- 40**
  - *Función.* ----- 40
  - *Localización.* ----- 41
  - *Posibles causas de falla.*----- 41
  - *Diagnóstico..* ----- 42
  
- **Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP, Manifold Absolute Pressure).----- 42**
  - *Funcionamiento.* ----- 42
  - *Localización*----- 43
  - *Posibles causas de falla.*----- 43
  - *Diagnóstico*----- 43
  
- **Sensor de Oxígeno ----- 43**
  - *Localización*----- 44
  - *Funcionamiento* ----- 44
  - *Posibles causas de falla.*----- 45

• <i>Diagnóstico.</i> -----	46
• <i>Sensor de velocidad de rueda</i> -----	46
• <i>Función</i> -----	46
• <i>Posibles causas de falla</i> -----	46
• <i>Diagnóstico</i> -----	46
• <i>Sensor de velocidad del vehículo (VSS, Vehicle Speed Sensor)</i> -----	47
• <i>Función</i> -----	47
• <i>Posibles causas de falla</i> -----	48
• <i>Diagnóstico</i> -----	48
• <i>Sensores de velocidad/ Odómetro</i> -----	48
• <i>Función</i> -----	48
• <i>Posibles causas de falla</i> -----	48
• <i>Diagnóstico</i> -----	49
• <i>Sensores de Nivel.</i> -----	49
• <i>Función</i> -----	49
• <i>Posibles causas de falla</i> -----	49
• <i>Diagnóstico</i> -----	49

### **CAPITULO III COMPROBACIÓN DE SENSORES AUTOMOTRICES CON EL OSCILOSCOPIO. ----- 50**

• <i>Formas de onda</i> -----	51
• <i>Oscilogramas ideales de los sensores automotrices.</i> -----	52
• <i>Interpretación de las formas de onda</i> -----	57
• <i>Tensión</i> -----	58
• <i>Frecuencia</i> -----	58
• <i>Comprobación de sensores con el osciloscopio</i> -----	59
• <i>Sensores inductivos.</i> -----	59
• <i>Sensor de posición del cigueñal.</i> -----	59
• <i>Sensor de posición del árbol de levas.</i> -----	60
• <i>Sensor de oxígeno.</i> -----	61
• <i>Sensor de golpeteo.</i> -----	62
• <i>Sensor de posición del acelerador TPS.</i> -----	63
• <i>Sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT.</i> -----	64

### **CAPITULO IV DIAGNÓSTICOS DE ABORDO----- 66**

• <i>Descripción general del OBD.</i> -----	66
• <i>Protocolos de comunicación.</i> -----	67
• <i>Conector de enlace de diagnóstico DLC.</i> -----	68
• <i>Requerimientos mínimos de una herramienta de diagnóstico OBD II</i> -----	70

<b>CAPITULO V DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INTERFACE VEHÍCULO-TELÉFONO.</b>	<b>71</b>
• <i>Comunicándose con la ECU.</i>	71
• <i>Enviando preguntas a la ECU.</i>	72
• <i>Esquemas y diagramas de conexión.</i>	75
• <i>Compatibilidad de la interface.</i>	78
<b>CAPITULO VI DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO</b>	<b>79</b>
• <i>Plataforma de desarrollo: Symbian S60.</i>	79
• <i>Lenguaje utilizado: MobileVB.</i>	80
• <i>Desarrollo del programa.</i>	81
• <i>Formularios.</i>	81
• <i>Controles Ingots.</i>	81
• <i>Variables globales.</i>	82
• <i>Estableciendo la conexión: Bluetooth.</i>	82
• <i>Escaneando los sensores del vehículo.</i>	83
• <i>Interpretando los códigos de falla del vehículo.</i>	87
• <i>Buscar los códigos de fallas en la base de datos.</i>	88
• <i>Compatibilidad del software de diagnóstico.</i>	92
<b>CAPITULO VII PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO EN VEHÍCULOS.</b>	<b>93</b>
• <i>Pruebas de diagnóstico en un Ford Contour GL Modelo 1996</i>	93
• <i>Pruebas de diagnóstico en un Dodge Neon Modelo 1996.</i>	96
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>102</b>
• <i>Glosario de términos comunes</i>	102
• <i>Iniciales y abreviaturas.</i>	104

## INTRODUCCIÓN.

---

Los sensores son elementos fundamentales en todo automóvil moderno y, como tal, precisan de un estudio adecuado tanto de sus características como de sus aplicaciones.

Hoy en día un automóvil puede incorporar más de 200 sensores los cuales se encargan de la medición de temperaturas, presiones, rotaciones, volúmenes, y multitud de parámetros de funcionamiento. La información que captan los sensores permite que el propio automóvil "*conozca*" su estado.

En la industria automotriz predomina la precisión y sin duda las medidas van a tener que ser exactas, de lo contrario los resultados pueden llegar a ser catastróficos. Es por eso que cada vez se les exige más a los sensores un funcionamiento seguro y fiable ya que sus señales de salida influyen directamente en la potencia y el par motor, en las emisiones contaminantes así como en la seguridad del vehículo.

Partiendo de este enfoque, esta tesis presenta una revisión general de una gama muy amplia de sensores analógicos, digitales y de última generación, con el fin de conocer sus principios básicos de funcionamiento y así poder realizar un diagnóstico oportuno de sus fallas y en algunos casos su reparación.

Actualmente todos los automóviles están equipados con una interface que permite obtener información de diagnóstico a través de un equipo de prueba o "escáner". La información que se transfiere por dicha interface sigue estándares específicos que no son directamente compatibles con las computadoras personales PC.

Una de las mejoras más apasionantes de la industria automotriz, es el sistema de diagnósticos de a bordo (**OBD**, por sus siglas en inglés *On Board Diagnostics*), o dicho en forma más sencilla, la computadora que activa la luz "*Check Engine*" del vehículo para advertir al conductor sobre algún malfuncionamiento y establece un Código de Diagnóstico de Falla (**DTC**, por sus siglas en inglés *Diagnostic Trouble Code*) para identificar dónde ocurrió el problema. Para acceder al sistema **OBD** y recuperar estos códigos, se requiere de un escáner de diagnóstico automotriz que generalmente suele ser muy costoso, probablemente mucho más de lo que un propietario común estaría dispuesto a pagar para diagnosticar su propio automóvil, sin embargo la tecnología con que se dispone hoy en día, es posible diseñar y desarrollar una interface de bajo costo que nos permita acceder a dicho sistema y enviar la información a un teléfono celular, con lo que podríamos diagnosticar y monitorear nuestro vehículo en cualquier momento.

Una interface *vehículo-teléfono celular* resultaría muy útil para determinar oportunamente cuando se debe mandar al servicio el vehículo o simplemente para saber cuál es su estado actual. Además, la información de diagnóstico podría ser enviada a un centro de servicio remoto en forma de mensaje para su análisis y evaluación por especialistas.

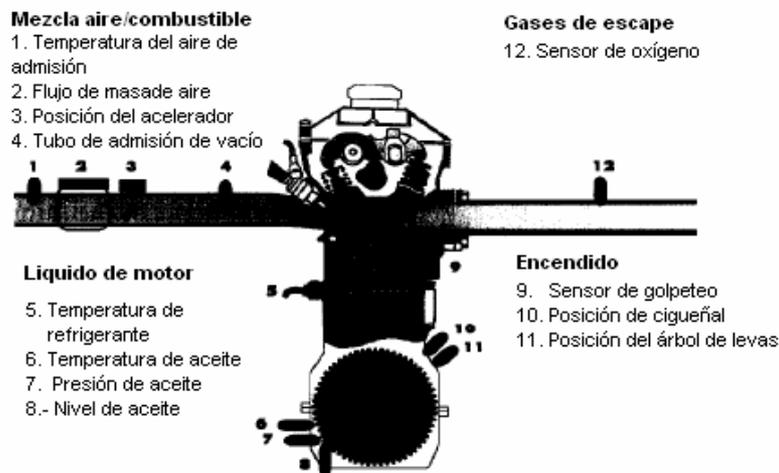
## CAPITULO I SENSÓRICA AUTOMOTRIZ.

---

Los automóviles modernos son más económicos, confiables y seguros. Además de contaminar menos el medio ambiente y ofrecer un rendimiento nunca antes visto. Gran parte de este progreso se debe al uso de sensores y sistemas electrónicos de control [1]. Un sensor puede ser definido como [2] *“un dispositivo empleado para convertir una magnitud física como la aceleración o la presión, en una señal generalmente eléctrica que sirve como entrada a los sistemas de control”*. Sin embargo, el uso de sensores en la industria automotriz, no es nuevo, durante décadas se han introducido como parte del equipo estándar de los automóviles, por ejemplo para medir la presión del aceite, el nivel de combustible, la temperatura de refrigerante, etc. A principios de los años 70s, los únicos componentes electrónicos estándar en la mayoría de los automóviles eran diodos y reguladores de voltaje utilizados en el alternador. Los motores de los carros prácticamente no contenían ningún tipo de sensor. A mediados de aquella década, esta situación cambió radicalmente, pues se comenzó a incorporar electrónica en los automóviles, se añadieron los primeros sensores como el **MAP** (sensor de presión absoluta del múltiple) y el **CKP** (sensor de posición de cigüeñal) junto con unidades de control de motor o **ECU** (Engine Control Unit). El objetivo inicial de estos elementos electrónicos era el control de las emisiones de gases contaminantes y facilitar el diagnóstico de averías. Se ha estimado que el valor total de los sensores en un vehículo común era de unos 12 dólares a principios de los años 70s y de 300 dólares en el año 2000[3].

Una característica importante de los sensores es su exactitud en las mediciones así como su rapidez de respuesta. Los sensores son el intermediario que hay entre los distintos elementos del vehículo como son los sistemas de frenado, estabilidad del motor, etc. y las unidades de control del sistema. Cada vez más se les exige a los sensores que cumplan con unas determinadas características de exactitud ya que sus señales de salida influyen directamente en la potencia y par del motor, en las emisiones y en el comportamiento de marcha así como en la seguridad del vehículo. Actualmente los automóviles utilizan cerca de 100 sensores, con tendencia a aumentar, por ejemplo en aplicaciones para el control del motor (**Fig.1**), el número de sensores usados incrementará de aproximadamente 10 en 1995, a más de 30 en el 2010[4]. Por otro lado los sensores se llevan aproximadamente el 15 % del costo total de los sistemas electrónicos automotrices.

Desde el punto de vista de los especialistas en sensores, el motor de un vehículo representa uno de los retos más interesantes en términos de tecnología y economía. Departamentos de investigación y desarrollo así como científicos, siguen desarrollando y/o perfeccionando nuevos principios de operación para el uso de sensores automotrices. Los ingenieros automotrices son desafiados por las numerosas y rigurosas exigencias que los sensores requieren. Por ejemplo, los sensores automotrices comunes deben tener un error total/combinado menor al 3% sobre sus rangos enteros de operación de temperatura incluyendo todos los errores de medición debidos a la no linealidad e histéresis [5].



**Fig. 1** Sensores utilizados para el control del motor.

Un desarrollo importante en la sensórica automotriz es la tecnología **MEMS** (Sistemas Micro-Electro-Mecánicos) estos dispositivos pueden integrar en un mismo chip sensores, actuadores y la electrónica para procesar la señal generada por el sensor, además de estructuras mecánicas en miniatura (micropuentes, espiras, diafragmas, membranas, etc.) La fabricación de sensores automotrices con **MEMS** comenzó en 1981 con los sensores de presión para el control del motor, posteriormente a principios de los años 90 con acelerómetros usados en el sistema de seguridad del *airbag* y en años recientes se han desarrollado sensores de inercia para mantener la estabilidad del vehículo [6]. Actualmente muchos de los sensores que se están fabricando son mediante la tecnología **MEMS** (Tabla 1) debido a importantes ventajas que puede ofrecer como el tamaño y su costo.

APLICACIONES	TECNOLOGÍAS ACTUALES	
	NO MEMS	MEMS
Posición Lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivo</li> <li>• Resistivo</li> <li>• CI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto Hall</li> </ul>
Posición Angular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto Hall</li> </ul>
Sensores de Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistivo</li> <li>• Ultrasónico(emergente)</li> <li>• Fibra Óptica (emergente)</li> </ul>	
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reluctancia variable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto Hall</li> </ul>
Giro (Yaw)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto Coriolis</li> </ul>
Torque y Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetostrictivo</li> <li>• Piezoresistivo</li> </ul>
Acelerómetros		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitivo</li> <li>• Piezoresistivo</li> </ul>
Presión		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitivo</li> <li>• Piezoresistivo</li> </ul>
Flujo Másico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Térmico</li> </ul>	
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RTD</li> <li>• Termopar</li> </ul>	
Inclinómetros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa Pendular</li> </ul>

**Tabla 1.** Aplicaciones de la tecnología **MEMS** en los sensores automotrices.

### ✦ **Sensores: elementos clave en la seguridad, confort y rendimiento.**

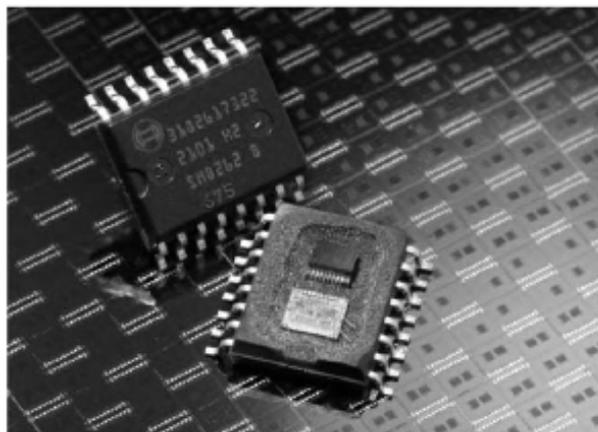
Al momento de conducir numerosos factores afectan a la seguridad del automóvil, siendo los principales: las condiciones del vehículo (nivel de equipamiento, neumáticos, componentes, etc.), las condiciones atmosféricas, el estado de la carretera y las características del conductor, definidas por su habilidad y su estado físico-mental [1].

Para contribuir a la mejora del nivel de seguridad de los vehículos existen los llamados sistemas de seguridad *activos* y *pasivos*. Los sistemas de seguridad *activos* son sistemas que contribuyen a la prevención de accidentes, es decir, evitan que estos ocurran ayudando activamente a una conducción segura. Como ejemplos de sistemas activos de seguridad tenemos:

- Sistema de Frenos Antibloqueo **ABS** (Antilock Braking System)
- Control Automático de Estabilidad **ASR** (Automatic Stability Control)
- Programa de Estabilidad Electrónico **ESP** (Electronic Stability Program)

Estos sistemas de seguridad contribuyen a mantener la estabilidad del vehículo y controlar su respuesta en situaciones críticas. Por otro lado, los sistemas de seguridad pasivos están diseñados para proteger a los ocupantes del vehículo una vez que ya ha ocurrido el accidente con el fin de reducir el riesgo de lesiones y disminuir en todo lo posible las consecuencias del impacto. Un ejemplo de sistema pasivo es el *airbag*, que protege a los ocupantes en el momento de un accidente el cual no se pudo evitar por medio de los sistemas activos.

El futuro de la industria automotriz se inclina hacia el desarrollo de sensores que integren tanto sistemas de seguridad *pasivos* como *activos*, esto con el objeto de reducir el número de accidentes. Recientes encuestas de consumo realizadas en América han mostrado que la seguridad es un factor primordial al momento de adquirir un nuevo vehículo. En efecto, casi el 90% de los encuestados expresaron un gran interés por los sistemas de protección de impacto como el *airbag*. Esta tecnología en particular, ha estimulado toda clase de desarrollos en cuanto a sensores se refiere, y es también la responsable del crecimiento explosivo del mercado del acelerómetro de silicio (**Fig.2**). Un sistema de disparo de airbag enfocado a la protección de impactos laterales, coloca sensores de presión en las puertas del automóvil los cuales disparan la bolsa cuando un impacto es detectado.



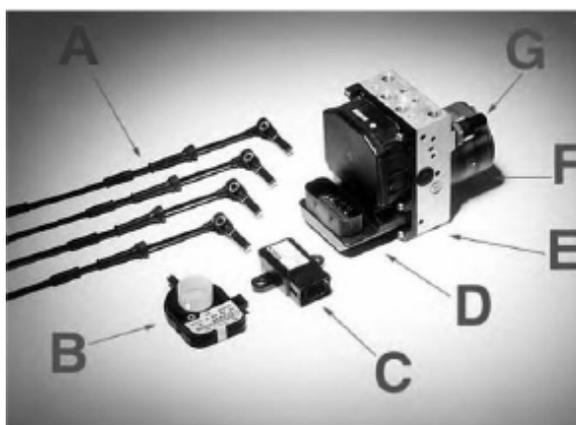
**Fig.2** Acelerómetro de silicio.

Aunque la tecnología del *airbag* es relativamente madura, los ingenieros continúan innovándola, por ejemplo, *Siemens VDO Automotive* desarrolló un sistema que controla el disparo del *airbag* según el peso del pasajero. Este sistema se utiliza actualmente en el *Mercedes-Benz S-Class* el cual utiliza 4 sensores empotrados en el asiento del conductor para medir su peso, las señales pasan a la unidad de control del *airbag* donde el software analiza el peso medido y lo clasifica en cinco categorías, en un rango que va desde un niño pequeño hasta un adulto pesado. En caso de un accidente, el tiempo y la fuerza de disparo del *airbag* se ajustan automáticamente de acuerdo al peso de cada pasajero. Otro desarrollo similar es el Sistema de Detección de Ocupante Pasivo (**PODS**, por sus siglas en inglés *Passive Occupant Detection System*) de *Delphi*, el cual consiste en un sensor de presión montado bajo el cojín del asiento del copiloto (**Fig.3**). El sistema permite al vehículo determinar si activa o neutraliza el *airbag* del pasajero basándose en la clasificación de su peso. Al contrario de los sistemas de activación y neutralización manual del *airbag*, el sistema de detección de ocupante pasivo no requiere la interacción ni la participación del conductor o del copiloto para tomar la decisión adecuada de disparo. El peso es sólo un factor que gobierna el despliegue seguro de un *airbag*; la posición del ocupante es otro, varias compañías desarrollan sistemas que pueden reconocer ésta y ya se han intentado diversas técnicas de detección con cámaras de video, rayos infrarrojos e imágenes de campo eléctrico. Un concepto más futurista que implica biometrías está siendo investigado por la *Bone Scanning for Occupant Safety (BOSCOS)* con la participación del *Cranfield Impact Centre (CIC)* en el Reino Unido, y el *Nissan Technical Centre Europe*. Este proyecto se basa en el hecho de que la resistencia ósea de cada persona es distinta y de ella depende la gravedad de las lesiones ocasionadas en un accidente por la apertura del *airbag* o la tensión del cinturón de seguridad. Se está desarrollado un escáner que puede determinar la densidad de los huesos para calcular su resistencia, por medio de un pulso ultrasónico que pasa por el dedo del ocupante. Esta información podría ser enviada a la unidad de procesamiento donde sería analizada para realizar los ajustes apropiados tanto del *airbag* como de los cinturones de seguridad.



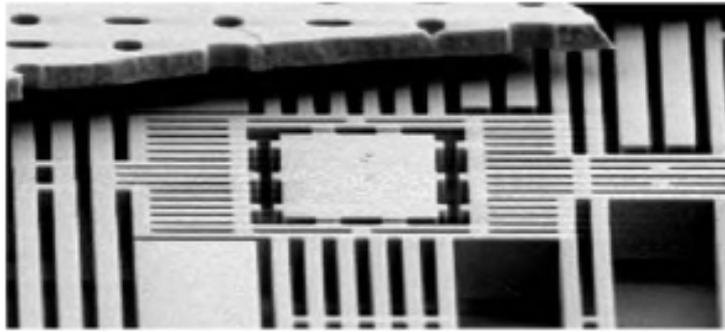
**Fig.3** Sistema de Detección de Ocupante Pasivo.

Por otro lado, los sensores también juegan un papel importante en la estabilidad del vehículo. El Sistema de Frenos Antibloqueo (**ABS**, por sus siglas en inglés *Antilock Braking System*), introducido por *Bosch*, marcó el inicio de los sistemas de control de estabilidad en los vehículos. Algunas veces se confunde la tecnología de Control Automático de Estabilidad (**ASR**, por sus siglas en inglés *Automatic Stability Control*) con el sistema **ABS**, sin embargo funcionan de diferente manera. Mientras el sistema **ABS** trata de eliminar el amarre de las ruedas durante un frenado brusco, el **ASR** regula el giro de la rueda en una aceleración difícil. En tales casos, el **ASR** monitorea la velocidad de las ruedas y disminuye el poder del motor o aplica los frenos para optimizar el contacto entre las llantas y el suelo. Actualmente existe el Programa de Estabilidad Electrónica (**ESP**, por sus siglas en inglés *Electronic Stability Program*) el cual apareció por primera vez en el *Mercedes-Benz Clase-S* en 1995. Este sistema mejora la estabilidad del vehículo si éste tiende a colear y se basa en las tecnologías **ABS** y **ASR**. El **ESP** emplea una combinación de sensores de velocidad de rueda, presión y aceleración. Además de contar con un complejo sensor de velocidad de giro (*yaw angular rate*) y un sensor de ángulo de dirección (*steering speed sensor*) como se muestra en la **Fig. 4**. Los sensores de velocidad de rueda miden la velocidad de giro de las mismas y el sensor de ángulo de dirección registra de manera continua el deseo de giro del conductor. Al mismo tiempo, el sensor de velocidad de giro capta el giro del vehículo alrededor de su eje. El **ESP** actúa 25 veces por segundo, un microprocesador compara si el deseo del conductor y la dirección real del vehículo coinciden. En el caso de existir una diferencia, el sistema reacciona en milésimas de segundos y gracias a una frenada selectiva de las ruedas, el vehículo se estabiliza y se mantiene bajo control. Mientras que el **ABS** y **ASR** influyen en la dinámica vertical del vehículo, el **ESP** mejora además la dinámica diagonal y se encarga de la estabilidad en todas las direcciones. El sensor de velocidad de giro consiste en una compleja estructura de **MEMS** de silicio (**Fig.5**) y basa su principio de funcionamiento en el efecto de Coriolis [1][10].



- (A) Sensores de velocidad de rueda
- (B) Sensor de ángulo de dirección
- (C) Sensor de colear/ módulo del acelerómetro
- (D) Unidad de control electrónico
- (E) Motor
- (F) Sensor de presión
- (G) Unidad hidráulica

**Fig.4** Componentes del sistema **ESP** de Bosch.



**Fig. 5** Micrografía de un sensor de velocidad de giro **MEMS**.

Los neumáticos son otro factor importante para la seguridad del automóvil, ya que son el elemento de contacto entre el vehículo y la superficie de la carretera. Aproximadamente el 85% de las fallas de los neumáticos se debe a su pérdida gradual de presión. La baja presión en los neumáticos es una causa frecuente del aumento en el consumo de combustible y del desgaste de los neumáticos. Cuando no hay suficiente aire en los neumáticos se producen mayores dobleces que sobrecalientan la goma, factor que puede provocar un reventón. Los defectos y la falta de mantenimiento son unas de las causas más frecuentes de rotura. Actualmente existe un sistema de monitoreo de presión el cual detecta si alguno de los neumáticos del vehículo esta por debajo de la presión recomendada, se han desarrollado ingeniosos sistemas “indirectos” que utilizan el sensor de velocidad de rueda del sistema **ABS** para evaluar las velocidades diferenciales de las ruedas y por medio de complicados algoritmos calcular los cambios de presión en los neumáticos. Si la velocidad diferencial relativa de una rueda es muy grande comparada con las restantes, el sistema asume que el neumático ha perdido presión e inmediatamente activa una alarma. Otros sistemas más “directos” emplean una combinación de sensores de presión-temperatura y con el fin de reducir su peso, costo y tamaño, se han desarrollado sistemas inalámbricos los cuales envían su señal a distancia por una antena ubicada en el rin de la rueda.

Al igual que los neumáticos, la condición del suelo es otro factor importante que afecta directamente al agarre y tracción, a pesar de que la mayoría de los vehículos presentan advertencias de uso para diferentes condiciones de terreno por ejemplo con hielo, *Audi* ha desarrollado un *sistema de visión de camino* implementado en su modelo *Allroad Quattro*, este combina tecnología láser con un espectroscopio infrarrojo para explorar el camino. Utiliza LED's de frecuencia optimizada en los faros que sirven como fuente de luz infrarroja y sensores detrás del parabrisas para monitorean la luz reflejada del camino. Este sistema no solo distingue entre caminos mojados, secos y helados sino también reconoce superficies del camino con diferentes características de agarre como concreto, y varios tipos de asfalto o grava. Además de advertir al conductor, el sistema interactúa con el sistema de control de estabilidad, para ajustar la conducción o la fuerza de frenado antes de que el vehículo se vuelva inestable.

Evitar los accidentes ha sido el tema principal de desarrollo en los sistemas de seguridad activos, este ha llevado a los ingenieros ha desarrollar sistemas que permiten al vehículo detectar la presencia de otros. Esta capacidad es en particular importante en el contexto del *cambio de carril*, más del 30 % de accidentes en Europa y los EE. UU es causado por cambios de carril repentinos o por la salida involuntaria de éste. Los fabricantes de sistemas exploran varias tecnologías que incluyen la representación del camino basada en cámara de

vídeo, radar y láseres infrarrojos aplicando el principio de Detección de Luz y Rango (**LIDAR**, por sus siglas en inglés *Light Detection Ranging*). Mientras estos sistemas intentan detectar y en ocasiones supervisar la distancia y la velocidad de vehículos cercanos para posteriormente advertir al conductor del peligro inminente, existe otra tecnología llamada *Control de Crucero Adaptable* que realmente modifica la velocidad de un vehículo según las condiciones del tráfico. Un sistema desarrollado por *Bosch* usa cuatro lóbulos de radar que se superponen para explorar el camino hasta 200 m delante del vehículo. Emitiendo frecuencias moduladas específicas en combinación con algoritmos de evaluación, el sistema es capaz de calcular la velocidad de los vehículos explorados y la distancia a la que se éstos se encuentran. En consecuencia se mantiene una distancia segura por medio del freno activo y control de motor, una vez que no haya ningún vehículo dentro de la zona de exploración, el sistema permite que el auto acelere a la velocidad preseleccionada.

#### ✦ *El entorno del automóvil.*

Como hemos visto los sensores juegan un papel crítico en los sistemas de control automotriz, asimismo deben ser sometidos directamente a condiciones extremas de operación (por ejemplo: el sensor de oxígeno trabaja continuamente a 350° C aprox.)[6][7].

Por otro lado, además de estar expuestos a altas temperaturas y sustancias corrosivas, deben soportar choques térmicos, interferencias electromagnéticas (**EMI**, por sus siglas en inglés *Electromagnetic Interferente*), y vibraciones mecánicas ( $\approx 10,000 \text{ m/s}^2$ ) [4]. En la **Tabla 2** se muestra una lista de temperaturas y aceleraciones de vibración de diferentes partes del motor.

	➤ Temperatura	➤ Vibraciones
Compartimiento del motor	-40 a +120 ° C	10 g entre 10 y 200 Hz (10g= 98.1 m/s <sup>2</sup> )
Múltiple de admisión	-40 a +120 ° C	40 g entre 10 y 500 Hz
Motor	-40 a +140 ° C	50 g entre 10 y 2000 Hz
Múltiple de escape	-40 a +650 ° C	arriba de 130 g y abajo de 5000 Hz

**Tabla 2.** Temperatura y aceleración de vibración de diferentes partes del motor.

Los sensores deben ser resistentes al polvo, suciedad, combustible, líquido de frenos, petróleo, agua, etc. Además, el exceso de humedad y un bajo punto de rocío<sup>1</sup> pueden afectar su fiabilidad. Al momento de evaluar los sensores, se les debe exigir una serie de características (**Tablas 3 y 4**).

► **Características dinámicas de los sensores.**

Son las obtenidas cuando el sensor se somete a señales variables con el tiempo.

► Error dinámico	La diferencia entre el valor indicado y el valor exacto de la variable medida debe ser mínima.
► Velocidad de respuesta	La rapidez con que el sensor responde a los cambios en la variable de entrada debe ser mínima.

**Tabla 3.** Características dinámicas de un sensor.

► **Características estáticas de los sensores.**

Se llaman características estáticas de un sensor a aquellas propiedades que se derivan de su comportamiento frente a señales o excitaciones externas que son constantes con el tiempo.

Exactitud	Diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida (valor verdadero). Se suele dar en valor absoluto o relativo.
Precisión	Capacidad de obtener la misma salida cuando se realizan varias lecturas de la misma entrada y en las mismas condiciones.
Offset	Es el valor de salida del sensor cuando la magnitud medida es cero. La lectura en cero suele cambiar por razones asociadas al uso del sensor .
Fiabilidad	El sensor debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento
Saturación	No linealidad producida por disminución de sensibilidad típicamente al principio o al final del rango.
Histéresis	Diferencia entre valores de salida correspondientes a la misma entrada, según la trayectoria seguida por el sensor.
Rango de funcionamiento	Rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.
Resolución	Mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir.
Sensibilidad	Variación de la salida producida por una variación de entrada. Pendiente de la curva de calibración. Cuanto mayor, mejor.
Linealidad	Cercanía de la curva característica a una recta especificada. Linealidad equivale a sensibilidad cte.

**Tabla 4.** Características estáticas de un sensor

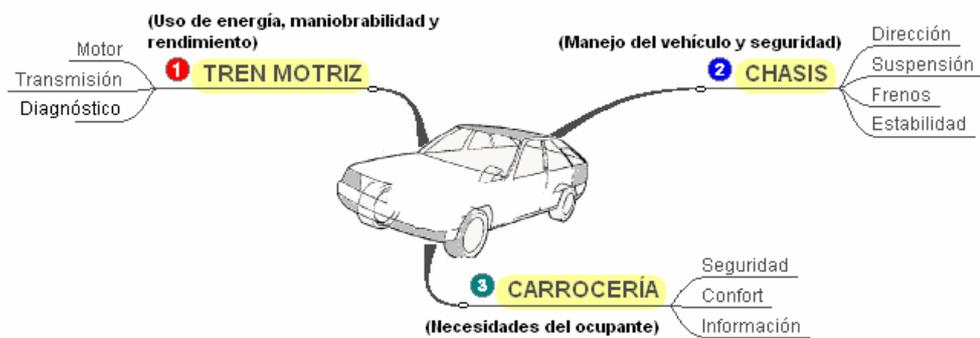
1 El Punto de Rocío es el valor al que debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente comience a condensarse.

Satisfacer todos estos aspectos no es fácil, se requiere de un diseño cuidadoso, mucha experimentación y sobre todo de un buen entendimiento del entorno automotriz.

### ✦ *Clasificación de los sensores automotrices.*

Las áreas de mayor aplicación para los sensores automotrices son en *el tren motriz, el chasis y la carrocería*. En éste esquema de clasificación, cualquier sensor que no pertenezca al tren motriz o al chasis será incluido como un sistema de aplicación de la carrocería. La **Fig. 6** identifica las funciones principales de control para cada área de aplicación y los elementos relacionados al vehículo.

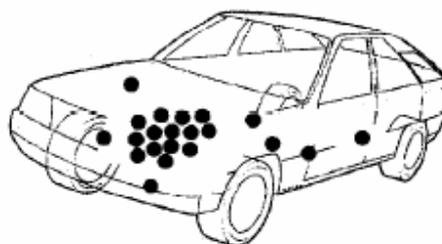
Las **Tablas 5-7** muestran en detalle el tipo de sensores usados en las aplicaciones automotrices. Si los sensores son usados universalmente en las aplicaciones automotrices, se denotarán con un estado “*mayor*” de producción, si son usados sólo en algunos modelos de automóviles serán denotados con un estado “*limitado*” de producción, y por último, algunos sensores prometedores cercanos a la producción se denotarán en estado de “*investigación y desarrollo*”[4].



**Fig. 6** Áreas de aplicación de los sensores automotrices.

### ▀ *Sensores de tren motriz.*

La **Tabla 5** muestra el tipo de sensores que predominan en el tren motriz: sensores de presión, temperatura y movimiento rotativo. Recientemente se han desarrollado nuevos tipos de sensores de tren motriz, como son el sensor de presión de cilindro, sensor de posición de rotación de pedal/acelerador, y el sensor de calidad de aceite.



**Fig. 7** La mayoría de los sensores del tren motriz son utilizados usados para controlar el motor.

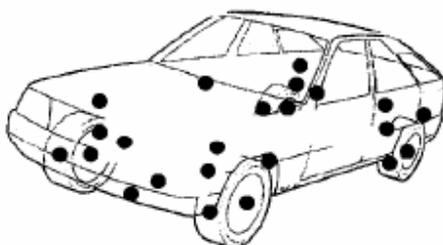
FUNCIÓN	SENSOR DE TREN MOTRIZ	ESTADO DE PRODUCCIÓN*
➤ CONTROL DE MOTOR		
Cilindro	Presión	Limitado
	Corriente iónica de gas de combustión (Combustion-Gas Ion Current)	Limitado
Múltiple	Presión	Mayor
	Temperatura	Mayor
Turbo Boost	Presión	Mayor
Golpeteo/cascabeleo de motor ( <i>Engine Knock</i> )	Vibración	Limitado
	Corriente iónica de gas de combustión	Limitado
Admisión de aire	Flujo de masa	Limitado
	Tasa de flujo de volumen	Limitado
Torque de motor	Magnetostricción	Inv. y Des.
Mezcla aire-combustible	Sensor de oxígeno: Sonda calentada	Mayor
	Sonda no calentada	Mayor
	Corriente iónica de gas de combustión	Inv. y Des.
Escape de NOx		Limitado
Recirculación de los gases de escape (EGR)	Presión	Limitado
	Posición de válvula	
Posición del cigüeñal	Movimiento rotativo	Mayor
Árbol de levas	Movimiento rotativo	Mayor
Pedal del acelerador	Posición rotativa	Mayor
Inyección de combustible	Presión	Limitado
➤ DIAGNÓSTICO DE MOTOR		
Fallas del sistema de ignición ( <i>Engine misfire</i> )	Posición del cigüeñal	Mayor
	Corriente iónica de gas de combustión	Limitado
Catalizador/Escape	Temperatura	Mayor
	Actividad catalítica	Mayor
Aceite de motor	Presión	Mayor
	Nivel	Limitado
	Calidad	Limitado
Refrigerante	Temperatura	Mayor
	Nivel	Limitado
Tanque de gasolina	Nivel	Mayor

\* Estado de producción basado en Fleming: *Overview of Automotive Sensors* [4]

**Tabla 5.** Sensores usados en el tren motriz.

► **Sensores de chasis.**

La **Tabla 6** muestra el tipo de sensores que predominan en el chasis: sensores de presión, temperatura, inercia y movimiento rotativo. También se han introducido nuevos tipos de sensores para aplicaciones de chasis, como son el sensor de velocidad de giro (*yaw rate sensor*) y el sensor de posición angular del volante de dirección (*steering wheel angular position*).



**Fig. 8** En el chasis se utilizan principalmente sensores de velocidad para las ruedas y sensores de presión para los frenos.

FUNCIÓN	SENSOR DE CHASIS	ESTADO DE PRODUCCIÓN*
► FRENADO		
Sistema de frenos	Presión	Mayor
	Nivel de fluido	Limitado
Sistema de frenos antibloqueo (ABS)	Velocidad de rueda	Mayor
	Presión	Mayor
Brake-By-Wire	Fuerza del pedal/ángulo de depresión	Inv. y Des.
► DIRECCIÓN		
Steer-By-Wire	Ángulo del volante de dirección	Limitado
	Torque del volante de dirección	Limitado
► VEHÍCULO		
Estabilidad del vehículo	Velocidad de rueda	Mayor
	Aceleración lateral	Limitado
	Velocidad de giro vertical	Limitado
	Ángulo del volante de dirección	Limitado
Suspensión activa	Desplazamiento del amortiguador	Mayor
	Aceleración de la carrocería:	
	Vertical	Mayor
	Lateral	Mayor
	Longitudinal	Mayor
	Velocidad de giro	Limitado
	Presión hidráulica del amortiguador	Limitado
Presión de neumáticos	Ángulo del volante de dirección	Limitado
	Velocidad de rueda	Mayor
Temp. de neumáticos	<i>On-Wheel-Sensor, Wireless</i>	Limitado
	<i>On-Wheel-Sensor, Wireless</i>	Limitado

\* Estado de producción basado en Fleming: *Overview of Automotive Sensors* [4]

**Tabla 6.** Sensores usados en el chasis.

► **Sensores de carrocería.**

En la **Tabla 7** se listan los sensores utilizados en la carrocería, a diferencia del tren motriz y del chasis, los sensores de carrocería son muy diversos y no predomina ninguno en especial. Algunos ejemplos de nuevos sensores desarrollados para la carrocería son el sensor de visión nocturna (*night vision*), la alerta de desviación de carril (*lane departure warning*) y el arreglo ultrasónico de asistencia de marcha atrás (*ultrasonic array reversing aid*).



**Fig. 9** La carrocería utiliza sensores especiales para confort y seguridad.

FUNCIÓN	SENSOR DE CARROCERÍA	ESTADO DE PRODUCCIÓN*
► SEGURIDAD DEL PASAJERO		
Airbag	Desaceleración de impacto	Mayor
	Presión	Limitado
Cinturón de seguridad	Desaceleración de vehículo	Mayor
Asiento del ocupante	Presión del cojín del asiento	Inv. y Des.
	Deflexión del asiento	Inv. y Des.
Presencia/posición del ocupante	Imagen ultrasónica	Inv. y Des.
	Imagen infrarroja	Inv. y Des.
	Visión	Inv. y Des.
► TRANSPORTACIÓN INTELIGENTE		
Cambio de Carril	Visión	Limitado
	Magnetómetros	Limitado
Control de Crucero Adaptable	Radار de ondas milimétricas	Limitado
	Radار de láser infrarrojo	Limitado
	Ángulo del volante de dirección	Limitado
► NAVEGACIÓN		
Posición Absoluta	Posición global	Limitado
Navegación Autónoma	Movimiento de rueda	Limitado
	Velocidad de giro del vehículo	Limitado
► COMODIDAD Y CONVENIENCIA		
A/C	Presión	Mayor
	Temperatura	Mayor
Conveniencia	Ajuste de espejos	Mayor
	Crepúsculo	Mayor
Clima	Temperatura	Mayor
	Radiación Solar	Mayor

\* Estado de producción basado en *Fleming: Overview of Automotive Sensors* [4]

**Tabla 7.** Sensores usados en la carrocería.

## ⊕ *Comprensión de los principios de funcionamiento de los sensores automotrices.*

---

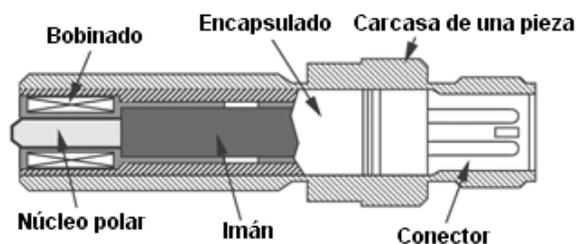
En las **Tablas 5-7** se presentaron los sensores más representativos en la mayoría de las aplicaciones automotrices. Profundizar en los detalles de todos estos sensores, está más allá del tamaño y alcance de esta tesis, por lo que se prestará mayor atención a los sensores usados en los sistemas de mayor producción automotriz, por otra parte, muchas veces un sensor puede estar construido en base a diversas clases de tecnologías, por ejemplo los sensores de movimiento rotativo utilizan alguno de los siguientes principios de operación: reluctancia variable, efecto Hall, magnetorresistencia, etc. Por lo tanto primero se analizarán dichos principios de funcionamiento y posteriormente se explicarán sus aplicaciones automotrices [4], [8].

### ▀ *Sensores de movimiento rotativo.*

Los sensores de movimiento rotativo se utilizan para medir velocidades de rotación o detectar la posición angular de un determinado elemento. En Norteamérica, este tipo de sensores se llevan la mayor parte de ventas por unidad, en 1999 tenían ligeramente más del 20% de los ingresos de ventas brutas de todos los sensores automotrices, con ventas por unidad de 89 millones de sensores [3], [5].

#### ⊕ *Reluctancia variable.*

Estos sensores — también llamados sensores inductivos — consisten en una bobina devanada sobre un imán permanente, ambos insertos en un receptáculo o cápsula de soporte **Fig.10**. Si se coloca el núcleo del sensor en proximidad de un material ferromagnético, se produce un cambio en la posición de las líneas de flujo del imán permanente. En condiciones estáticas, no hay movimiento en las líneas de flujo y, por tanto, no se induce corriente en la bobina. Sin embargo, cuando un objeto ferromagnético ingresa en el campo del imán y/o lo abandona, el cambio que resulta en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud y forma son proporcionales a la velocidad de cambio del flujo. La tensión que se mide sobre la bobina varía como función de la velocidad a la que se introduce el material ferromagnético en el campo del imán.



**Fig.10** Esquema de un sensor inductivo que consiste en una bobina devanada sobre un imán permanente, ambos insertos en un receptáculo o cápsula de soporte.

El sensor se monta directamente al frente de una rueda transmisora ferromagnética también llamada "*rueda fónica*", el imán junto con la bobina crean un campo magnético que penetra entre los dientes de la rueda fónica. El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda fónica. Un diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina. Un hueco, en cambio, debilita este flujo magnético. Si la rueda transmisora esta girando, estos cambios del flujo magnético inducen en la bobina una tensión de salida sinusoidal, proporcional a la velocidad de cambio de diente-hueco.

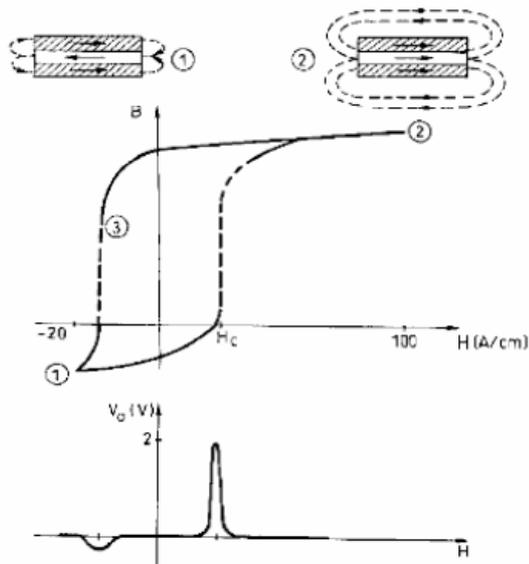
La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones, mínimo de 30 vueltas por minuto. El hueco entre dientes especialmente grande es una marca de referencia y esta en correspondencia por ejemplo con una posición definida del cigüeñal, generalmente para definir el cilindro "1" y sirve para la sincronización de la unidad de control. El diente y la geometría polar tienen que estar adaptados entre sí: El circuito evaluador en la unidad de control convierte la señal sinusoidal de amplitud muy variable a una tensión rectangular con amplitud constante.

Entre las ventajas de los sensores de reluctancia variable se pueden nombrar: su bajo costo; no necesitan alimentación ya que generan su propio voltaje; la ausencia de contacto debido a su principio magnético de funcionamiento; no son sensible a factores ambientales como la humedad, el polvo, el calor lo cual los hace muy apropiado para medios inflamables y explosivos.

Por otro lado, su desventaja principal es que no puede funcionar a baja velocidad, ya que por principio de funcionamiento requiere de la variación de flujo para que haya voltaje inducido en la bobina.

#### ✦ *Efecto Wiegand.*

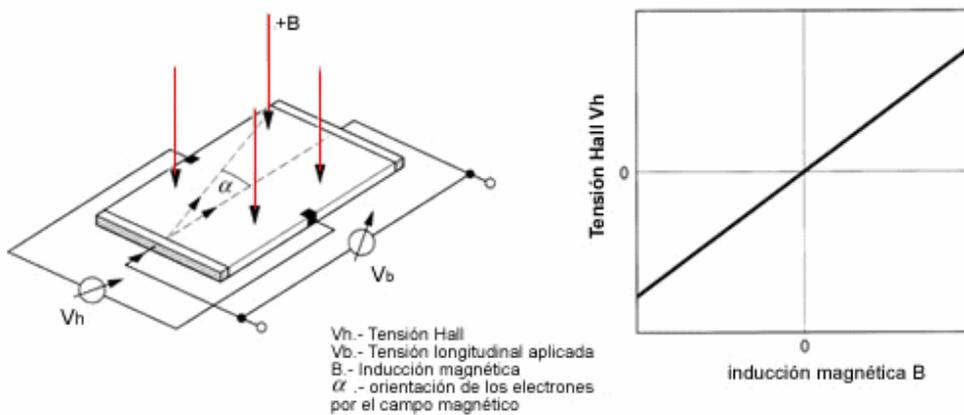
El efecto Wiegand es un fenómeno que genera un pulso eléctrico en un alambre de aleación especial denominada Vicalloy ( $\text{Co}_{52}\text{Fe}_{38}\text{V}_{10}$ ). Ese pulso se procesa de manera tal que se crean dos regiones magnéticas distintas en el mismo alambre, a las que se les conoce como la capa exterior (*shell*) y el núcleo (*core*). Estas dos regiones magnéticas reaccionan de forma diferente ante cualquier campo magnético aplicado. La capa exterior necesita un campo magnético fuerte para invertir su polaridad magnética, mientras que el núcleo invierte la polaridad bajo campos magnéticos más débiles. Cuando la parte exterior y el núcleo se conmutan a polaridades diferentes, se genera el pulso Wiegand que es sentido por una bobina. Una ventaja importante del sensor Wiegand es que genera una tensión alta sin necesidad de alimentación, además dicha tensión es independiente de la velocidad de variación del campo magnético, por otro lado una limitación de estos sensores es que su sensibilidad decrece al aumentar la temperatura. Este tipo de sensores se aplican a la detección sin contactos de campos magnéticos y magnitudes que los pueden hacer variar, como son los movimientos y la posición. Se utilizan, por ejemplo, para detectar la posición del cigüeñal, donde el elemento móvil es un hilo de Wiegand y el cabezal detector consiste en una bobina y un imán permanente.



**Fig.11** Conmutación de un hilo de *Wiegand* e impulsos de tensión generados.

⊕ *Efecto Hall.*

El efecto Hall, descubierto por E. H. Hall en 1879, consiste en la aparición de una diferencia de potencial transversal en un metal o semiconductor, por el que circula corriente, cuando hay un campo magnético aplicado en dirección perpendicular a ésta **Fig.12**. Este fenómeno tiene dos consecuencias principales. La primera es que la acumulación de cargas en un lado de la placa, en el campo así creado, implica que el otro lado tenga una carga opuesta, creándose entonces una diferencia de potencial; la segunda es que la carga positiva posee un potencial superior al de la carga negativa. La medida del potencial permite, por tanto, determinar si se trata de un campo positivo o negativo. En la mayoría de los metales, la carga es negativa, pero en algunos otros como el hierro, el zinc, el berilio y el cadmio es positiva, y en los semiconductores es positiva y negativa al mismo tiempo.



**Fig.12** Circuito de un sensor de efecto Hall y su curva característica.

Los sensores basados en efecto Hall suelen constar de un pequeño módulo electrónico donde se encuentran los componentes que miden la tensión transversal, un imán permanente y una corona metálica con ventanas para interrumpir el campo magnético. Cuando un objeto ferromagnético se aproxima al sensor, el campo que provoca el imán en el elemento se debilita. Así se puede determinar la proximidad de un objeto, siempre que sea ferromagnético.

#### ✦ *Magnetorresistencia MR.*

La magnetorresistencia (**MR**, por sus siglas en inglés *MagnetoResistor*) es el cambio en la resistencia eléctrica de un material conductor cuando éste se encuentra en presencia de un campo magnético externo. En materiales conductores no magnéticos, como por ejemplo metales como Au, Cu, la magnetorresistencia es debida a la fuerza de Lorentz que un campo magnético ejerce sobre los electrones de conducción; es un efecto relativamente pequeño. En conductores magnéticos, Fe por ejemplo, la polarización de espín de los electrones genera una contribución a la magnetorresistencia.

#### ✦ *Magnetorresistencia gigante GMR.*

Los sensores de magnetorresistencia gigante (**GMR**, por sus siglas en inglés *Giant MagnetoResistive*) utilizan estructuras de película delgada compuesta de capas alternadas ferromagnéticas y no magnéticas, en el rango de 2 a 5 nm de espesor. El efecto **GMR** es un efecto cuántico, y la razón por la cual los sensores **GMR** son llamados “gigantes” es porque (a bajas temperatura) son mucho más sensibles a las variaciones del campo magnético aplicado, unas 20 veces más que los sensores **AMR**. A pesar de que los sensores **GMR** y **AMR** tienen diferentes principios de operación, ambos funcionan de manera similar; por ejemplo, los dos responden bastante bien a la orientación/dirección de campo.

#### ✦ *Aplicaciones automotrices.*

Los sensores de reluctancia variable suelen ser utilizados para detectar la posición del cigüeñal y el árbol de levas para controlar el tiempo de encendido y la inyección del combustible. Otra aplicación importante de este tipo de sensores es que se utilizan para medir la velocidad de las ruedas para el sistema **ABS**, el control de tracción y la estabilidad del vehículo.

Los sensores de efecto Hall suelen ser utilizados para detectar la posición de los árboles de levas, la velocidad del vehículo y en algunos distribuidores para determinar el momento de encendido. También pueden emplearse para determinar la posición del cigüeñal. Su principal ventaja es que pueden ofrecer datos fiables a cualquier velocidad de rotación. Y sus inconvenientes son la mayor complejidad y precio con respecto a un sensor inductivo.

Los sensores de efecto *Wiegand* encontrarán aplicación en el mercado de sistemas de ignición de alto rendimiento. Los nuevos y estrictos requerimientos de los Sistemas de Diagnóstico de a Bordo necesitan de sensores de gran precisión como son los de tipo **MR**, **AMR** y **GMR** para la detección de fallas del sistema de ignición (*misfire*) [4].

### ▀ *Sensores de presión.*

Los sensores de presión tienen diversas aplicaciones automotrices, pueden medir presiones desde 10KPa (de vacío) (para detección de fugas de combustible evaporado por el **OBD**), hasta 180 MPa (para sistemas de presión diesel *common-rail*). Esto representa una variación de 18 000:1 en la escala completa de medición requerida. Por supuesto, la tecnología usada en las aplicaciones de 10 KPa no es la misma para las aplicaciones donde las condiciones robustas son de 180 MPa, es por eso que existen varias tecnologías de sensores dependiendo su aplicación.

En Norteamérica, los sensores de presión se encuentran en segundo lugar de ventas por unidad y en 1999 tenían el 9% de los ingresos de ventas brutas de todos los sensores automotrices, con ventas por unidad de 78 millones de sensores [3], [5].

#### ✦ *Sensores de presión micromecánicos.*

En el estudio de los microsensores, la micromecánica del silicio es producto de la tendencia natural de la tecnología de los circuitos integrados, para obtener una mayor cantidad de funciones en un solo microcircuito. Los dispositivos micromecánicos se obtienen con técnicas de micromaquinado, las cuales se llevan a cabo mediante un ataque químico anisotrópico al silicio con solución de KOH en agua. Los dispositivos micromecánicos, sensores de presión en silicio, más desarrollados, son del tipo piezorresistivo y de efecto capacitivo.

Los sensores con efecto capacitivo, se basan en la variación de capacitancia debida a cambios en la separación entre dos placas conductoras. Un diafragma corrugado que cuenta con una zona central plana, posee una sensibilidad mayor que los sensores con efecto capacitivo debido a que los esfuerzos internos del cristal son absorbidos por el corrugado en la periferia. Los diafragmas corrugados pueden construirse adecuadamente con micromaquinado al silicio.

#### ✦ *Sensores de presión capacitivos en módulo cerámico.*

En aplicaciones automotrices muy abrasivas – como son los fluidos hidráulicos (frenos, dirección, suspensión, etc.) – se utilizan configuraciones capacitivas de módulo cerámico también llamadas “capsulas”. Estos sensores básicamente consisten de un diafragma cubierto por una delgada capa de sustrato, unos electrodos son colocados adyacentemente a las superficies del diafragma y el sustrato. Estas piezas se encapsulan para formar una cámara de vacío de referencia. Incrementando la presión hidráulica externa desvía el diafragma acercándolo al sustrato incrementando así la capacitancia.

#### ✦ *Sensores de presión de polisilicio en acero.*

Cuando es necesario realizar mediciones de altas presiones – como las de los motores diesel con presión de combustible *common-rail* (arriba de 180 Mpa)- se utilizan configuraciones

de sensores de polisilicio en acero. Estos sensores constan de un delgado pero resistente diafragma de acero inoxidable que en su parte exterior está cubierto de elementos sensitivos de polisilicio los cuales se conectan a un puente de *Wheatstone* con el que se detecta la presión que actúa en el diafragma.

#### ✚ *Aplicaciones automotrices.*

Los sensores micromecánicos se usan extensamente para medir la presión del múltiple de admisión del motor (absoluta y barométrica), la presión del turbo-boost, y la presión del combustible evaporado. Los sensores de presión capacitivos en módulo cerámico se utilizan para medir la presión del líquido de frenos (regulación de frenado **ABS**), presión hidráulica de la suspensión y la presión del compresor del **A/C**. Los sensores de polisilicio en acero se usan para medir la presión del *common-rail* de inyección de combustible y para calcular la presión hidráulica del control dinámico de la suspensión del vehículo [4].

#### ▀ *Sensores de Posición Lineal y Angular.*

Los sensores de posición miden desplazamientos lineales que van desde menos de una micra (un típico movimiento del elemento sensitivo en el interior de un sensor **MEMS**) hasta los 200 mm (el desplazamiento de un amortiguador en el sistema de suspensión activo). Esto representa una variación en la escala completa de 200 000:1 en el rango de desplazamiento. Los sensores de posición angular son componentes fundamentales en la tecnología de control. Es difícil encontrar sistemas mecánicos que no tengan varios ejes de movimiento angular o lineal.

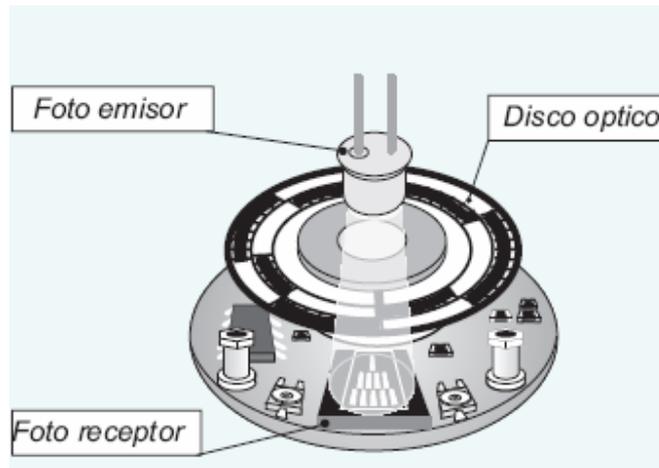
Los sensores de posición se encuentran en tercer lugar de ventas por unidad y en 1999 recaudaron el 18% de los ingresos de ventas brutas de todos los sensores automotrices, con ventas por unidad de 48 millones de sensores [3], [5].

#### ✚ *Potenciómetros.*

Un Potenciómetro es un dispositivo electromecánico que consta de una resistencia de valor fijo sobre la que se desplaza un contacto deslizante llamado cursor y que la divide eléctricamente. La aplicación automotriz más común de los potenciómetros es como sensor de desplazamiento de tipo resistivo. El movimiento del cursor origina un cambio en la resistencia, el cual puede utilizarse para medir desplazamientos lineales o angulares de piezas acopladas al cursor. Los potenciómetros también pueden usarse para medir diversas magnitudes físicas siempre que se puedan convertir en desplazamiento.

#### ✦ Encoder óptico.

El encoder óptico es un sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje y permite convertir una magnitud (posición lineal y angular) en una señal digital. El encoder opera solidario al eje del elemento cuya posición se desea determinar y utiliza un haz de luz (foto emisor) para obtener la medida.



**Fig. 13** Estructura básica de un encoder óptico.

#### ✦ Magnetorresistencia anisótropa **AMR**.

La dependencia de la resistencia con el ángulo entre la magnetización y la corriente eléctrica es fuente de magnetorresistencia y se conoce con el nombre de magnetorresistencia anisótropa (**AMR**, por sus siglas en inglés *anisotropic magnetoresistive*). El desorden de espín a escala atómica incrementa la resistividad de materiales ferromagnéticos.

#### ✦ Pulso Magnetostrictivo.

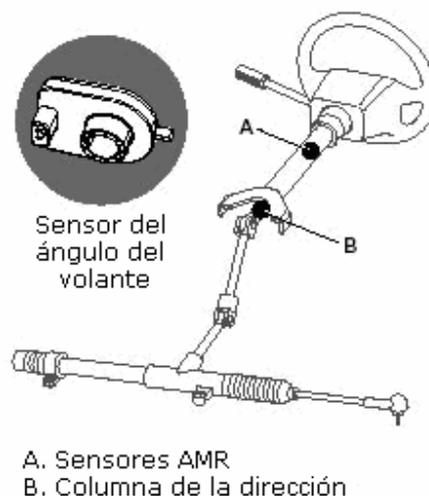
Se entiende por magnetostricción el cambio en las dimensiones de un material ferromagnético al ser sometido a la acción de un campo magnético. Este efecto fue descubierto por J.P.Joule en 1842 al observar la deformación del Níquel al ser imantado, los materiales magnetostrictivos forman parte de los llamados “*Materiales inteligentes*” (*Smart Materials*) por presentar una respuesta mecánica a los estímulos magnéticos. En este sentido son primos hermanos de los materiales piezoeléctricos, descubiertos a finales del siglo XIX por los hermanos Curie.

Los sensores de pulsos magnetostrictivos se utilizan para realizar mediciones lineales relativamente largas de unos 200 mm. Se montan uniendo un imán al objeto que se

desplaza colocando paralelamente a su trayectoria una guía conductora generalmente de Níquel. Al enviar un pulso, el efecto magnetostrictivo provoca la devolución de un “eco” que permite determinar la posición del objeto.

#### ✦ *Aplicaciones automotrices.*

Debido a su bajo costo y desarrollo maduro, los sensores potenciométricos se utilizan ampliamente para medir el nivel del flotador del combustible y el ángulo del pedal del acelerador. Por otro lado, los encoders ópticos al ser muy sensibles a la contaminación por suciedad o aceite, suelen utilizarse en ambientes protegidos, un buen ejemplo es el sensor utilizado para medir el ángulo del volante de dirección utilizado en los sistemas de estabilidad electrónica. Este mismo sensor también puede basar su principio de funcionamiento en la tecnología **AMR**, la formación angular sobre un campo de cuatro vueltas completas del volante resulta de la medición de las posiciones angulares de dos ruedas dentadas que acciona una corona dentada fijada en el árbol de la dirección. Las dos ruedas dentadas se diferencian por tener una de ellas un diente de más, lo que permite asignar a cada posición posible del volante un par de valores de ángulo unívocamente definido. Un algoritmo matemático (operación de cálculo que se desarrolla según un esquema determinado), calificado como principio de vernier modificado permite a un microprocesador calcular el ángulo del volante, pudiéndose corregir incluso imprecisiones de medición de los sensores **AMR**.



**Fig. 14** Estructura esquemática del sensor de ángulo del volante.

Por último, los sensores de pulso magnetostrictivo se utilizan en los sistemas de suspensión activa para medir la posición de los amortiguadores [4].

### ▀ *Sensores de Temperatura.*

En Norteamérica, los sensores de temperatura se encuentran en cuarto lugar de ventas por unidad y en 1999 representaron el 5% de los ingresos de ventas brutas de todos los sensores automotrices, con ventas por unidad de 39 millones de sensores [5], [4]. Las tecnologías de los sensores de temperatura que se usan hoy en día, se enlistan abajo.

#### ⊕ *Circuitos integrados.*

Existe una amplia variedad de sensores de temperatura basados en circuitos integrados. Éstos generalmente se agrupan en cuatro categorías principales: salida de voltaje, salida de corriente, salida de resistencia y salida digital. Con salida de voltaje podemos encontrar los muy comunes **LM35** (°C) y **LM34** (°F) de *National Semiconductor*. Con salida de corriente uno de los más conocidos es el AD590, de *Analog Devices*. Con salida digital son conocidos el **LM56** y **LM75** (también de *Nacional Semiconductor*). Los de salida de resistencia son menos comunes, fabricados por *Phillips* y *Siemens*. Una desventaja de estos sensores es que su rango de operación se restringe a los 150° C aprox.

#### ⊕ *Termistor.*

Un Termistor es un resistor cuyo valor varía en función de la temperatura. Existen dos clases de termistores: Coeficiente de Temperatura Negativo (**NTC**, por sus siglas en inglés Negative Temperature Coefficient,), que es una resistencia variable cuyo valor se decrementa a medida que aumenta la temperatura; y Coeficiente de Temperatura Positivo (**PTC**, por sus siglas en inglés Positive Temperature Coefficient,), cuyo valor de resistencia eléctrica aumenta con la temperatura.

#### ⊕ *Termorresistencias RTD.*

Las Termorresistencias (**RTD**, por sus siglas en inglés Resistance Temperature Detector), se basan en un conductor de platino y se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión en especial para un rango de temperaturas elevadas, donde no se pueden utilizar semiconductores u otros materiales sensibles. Su funcionamiento está basado en el hecho de que en el platino, cuando sube su temperatura, aumenta su resistencia eléctrica.

#### ⊕ *Aplicaciones automotrices.*

En el rango de temperaturas de los -50 a los 150° C, los sensores de silicio se utilizan para medir y controlar el aire, gases y fluidos. Los termistores operan en el rango de los -55 a los 1000° C y son usados para la medición de la temperatura del refrigerante del motor y también se utilizan frecuentemente como sensores de nivel para monitorear el refrigerante, combustible, lubricante y líquidos de frenos. Para medir temperaturas demasiado altas, arriba de los 1050° C, como la del catalizador el cual requiere ser monitoreado por el sistema **OBD**, se utilizan **RTDs** y termistores.

## CAPITULO II      SENSORES   AUTOMOTRICES:   FUNCIONAMIENTO, LOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO.

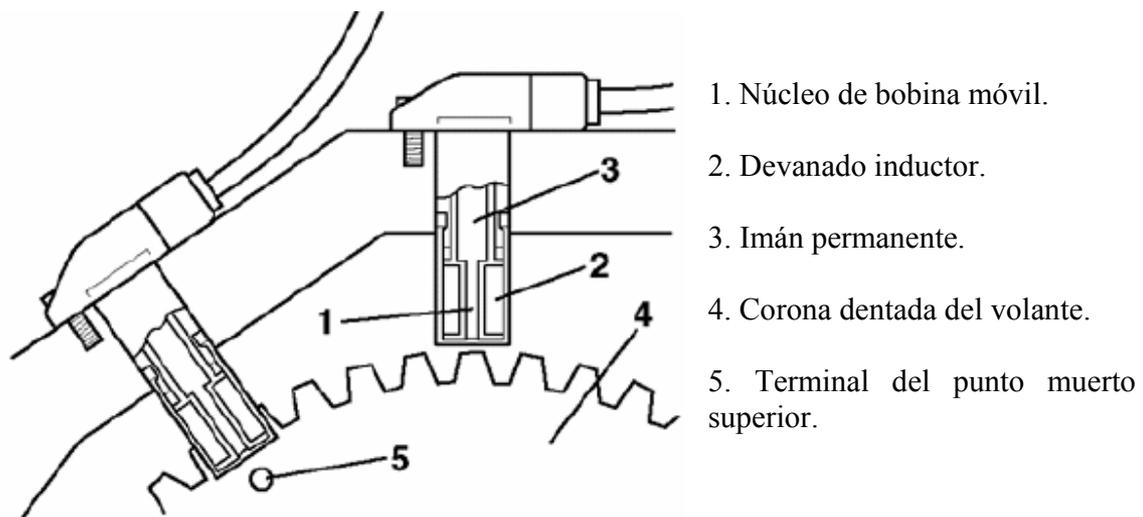
---

### ⊕ *Sensor de posición del cigüeñal (CKP, Crankshaft Position Sensor)*

#### ▀ *Funcionamiento.*

El sensor de posición del cigüeñal provee a la computadora información sobre la posición del cigüeñal, y RPM de motor para que pueda calcular la repetición de inyección, avance de la distribución y sincronización de encendido. Estos sensores pueden ser básicamente de tipo inductivo o de efecto Hall.

Tipo inductivo: contienen un imán permanente encerrado parcialmente en un núcleo de hierro de bobina móvil y en parte en un devanado inductor. La punta del sensor está colocada cerca de la corona dentada del volante, un disco dentado emisor de impulsos, o una rueda dentada sujeta a la polea del cigüeñal. En algunas aplicaciones el sensor está incorporado en el distribuidor de encendido o en una unidad independiente accionada por el árbol de levas [8], [11].



**Fig. 15** Elementos de un sensor de posición del cigüeñal.

Conforme van pasando los dientes o terminales del disco emisor de impulsos, el sensor del campo magnético cambia, induciendo una señal de tensión que se envía al módulo de control del motor.

### ► *Posibles causas de falla*

- Líneas abiertas en el arnés.
- Cortocircuito interno en líneas de alimentación.
- Suciedad debido a partículas de metal.
- Daños mecánicos de la rueda del transmisor.

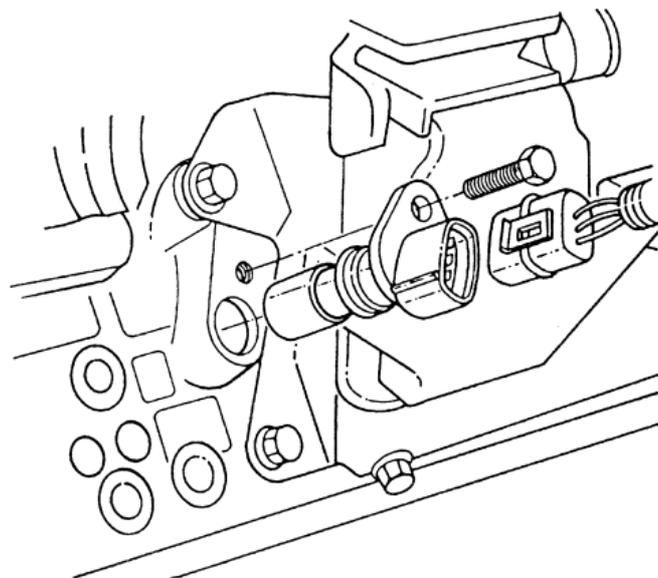
La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Paro del motor.
- Motor no arranca.
- No hay activación de pulsos en inyectores.
- Almacenamiento de un código de falla.

### ► *Diagnóstico.*

- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Limpieza de la punta del transmisor.
- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que el sensor no presente daños.
- Verificación en alimentaciones de voltaje.

Los sensores inductivos pueden montarse sobre la carcasa del árbol de levas, sobre el bloque del motor o en el distribuidor.



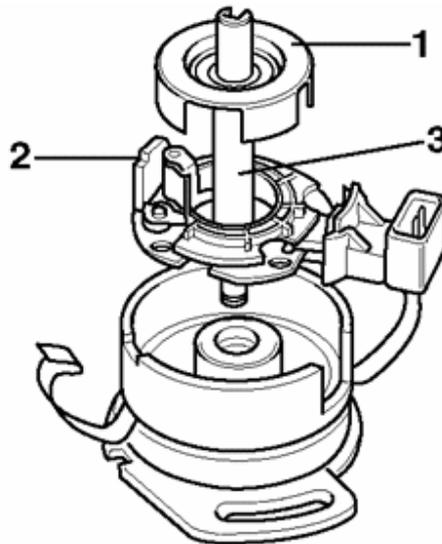
**Fig. 16** Ensamble del sensor de posición del cigüeñal.

✦ **Sensor de posición del árbol de levas (CMP, Camshaft Position Sensor).**

▀ **Funcionamiento.**

El sensor del árbol de levas generalmente es del tipo efecto Hall, se encuentra en la culata o cabeza de motor, y es el encargado de monitorear la posición del árbol de levas, esta información es necesaria para el inicio del encendido, en la inyección secuencial, para la señal de activación del inyector y para la regulación del tiempo de ignición.

El generador de efecto Hall consta de un material semiconductor, a través del cual fluye una corriente, encerrada en un campo magnético en ángulo recto con el flujo de corriente. Los sensores de efecto Hall van normalmente montados en el distribuidor [11].



1. Paleta emisora de impulsos.
2. Generador Hall.
3. Eje distribuidor.

**Fig.17** Elementos de un sensor de posición del árbol de levas tipo Hall.

Cuando está dado el contacto, se genera una pequeña tensión en el semiconductor (la tensión Hall). Se coloca una paleta emisora de impulsos de bobina móvil sujeta al eje distribuidor para que pase entre los polos del imán.

Con ello se desvía el campo magnético y se produce el efecto de disminuir la tensión Hall a prácticamente cero (**Fig.18-1**). Conforme la paleta pasa por el sensor, se enciende el

emisor de impulsos Hall cuando se encuentra frente a una separación (Fig.18-1,18-2) y se apaga cuando no hay separación (Fig.18-3,18-4).

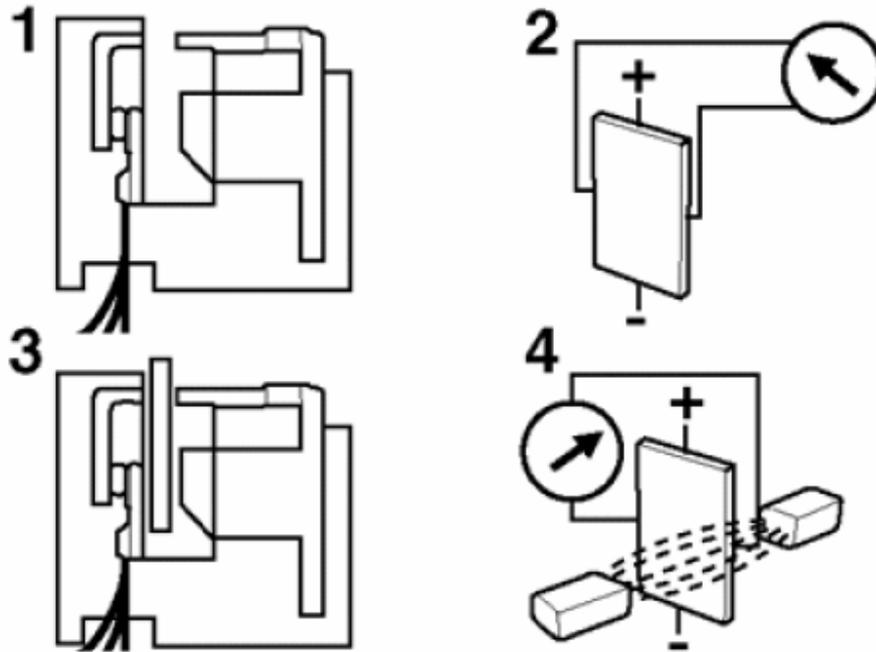


Fig. 18 Paleta emisora de impulsos del distribuidor.

#### ► Posibles causas de falla

- Rotura de la rueda del transmisor.
- Problemas en alimentación de corriente.
- Rotura de los ojales de sujeción.
- Problemas de temperatura.

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- El motor trabaja en funcionamiento de emergencia.
- Mayor consumo de combustible.
- Iluminación de la luz Mil.
- Almacenamiento de un código de falla.

#### ► Diagnóstico

- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten rupturas o corrosión.
- Limpieza de la punta del transmisor.
- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que el sensor no presente daños.
- Verificar alimentaciones de voltaje.

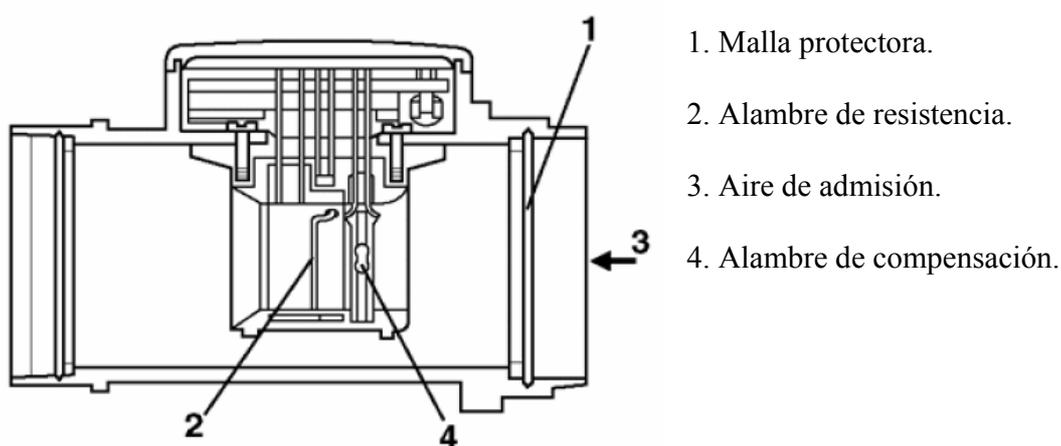
### ✦ *Sensor de flujo de masa de aire (MAF, Mass Air Flow)*

#### ▀ *Funcionamiento.*

El sensor del flujo de la masa de aire no tiene partes móviles y proporciona muy poca restricción al flujo de aire. Mide electrónicamente la cantidad de aire que ingresa al motor por medio de una resistencia variable, y una rejilla, la computadora usa esta información para controlar la mezcla aire combustible, y el ajuste de encendido. Existen dos tipos de sensores de flujo de masa: tipo alambre caliente y tipo lámina caliente [8],[11].

#### ▀ *Sensor de flujo de la masa de aire - tipo de alambre caliente.*

El sensor del flujo de la masa de aire consta de un venturi con un cable de resistencia expuesto al aire que entra. Hay también un sensor o cable compensador de temperatura del aire expuesto al flujo de aire. El módulo de control del motor detecta los cambios de temperatura causados por las variaciones de la masa de aire que pasa por el cuerpo del sensor y aumenta o disminuye la corriente que fluye por el alambre de medición. Un circuito electrónico interno mantiene la temperatura aproximada del alambre de medición a 120° C constantemente, por encima de la temperatura del aire de admisión. Conforme aumenta la masa de aire que pasa por el alambre, también aumenta la corriente requerida para mantener la temperatura. Este aumento de corriente lo detecta el módulo de control del motor. Ésta es la señal principal, utilizada junto con las señales de los sensores de los otros sistemas, para determinar la cantidad correcta de combustible que hay que suministrar al motor. Cuando el sistema está desconectado, funciona un servicio de "burn-off" (quemado) para eliminar la suciedad del filamento.



**Fig. 19** Componentes de un sensor MAF tipo alambre caliente

▀ ***Sensor de flujo de la masa de aire - tipo de lámina caliente.***

Es parecido al tipo de alambre caliente, pero con el elemento de medición incorporado en una placa cerámica. Esta disposición elimina la necesidad de un servicio de "quemado". Generalmente el sensor está montado entre el filtro de aire y el cuerpo de la mariposa.

▀ ***Posibles causas de falla.***

- Daños en los elementos de medición debido a vibraciones.
- Corrosión en las conexiones.
- Rango diferente en los componentes.

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Paro del motor.
- La unidad de control trabaja con una magnitud fija en el programa de funcionamiento de emergencia.
- Baja potencia del motor.

▀ ***Diagnóstico***

- Comprobar que la conexión de enchufe esté bien asentada y que realice el contacto correctamente.
- Comprobar que el sensor de masa de aire y los elementos de medición no presenten daños ó suciedad.
- Comprobar el suministro de tensión de la unidad de control.
- Comprobar el voltaje de salida al sensor.
- Comprobar el paso de las tuberías de conexión entre la unidad de control y el sensor de masa de aire.
- Comprobación electrónica mediante la unidad de control, lectura de la memoria de fallas.

✦ ***Sensor de Temperatura del aire del Múltiple (MAT, Manifold Air Temperature).***

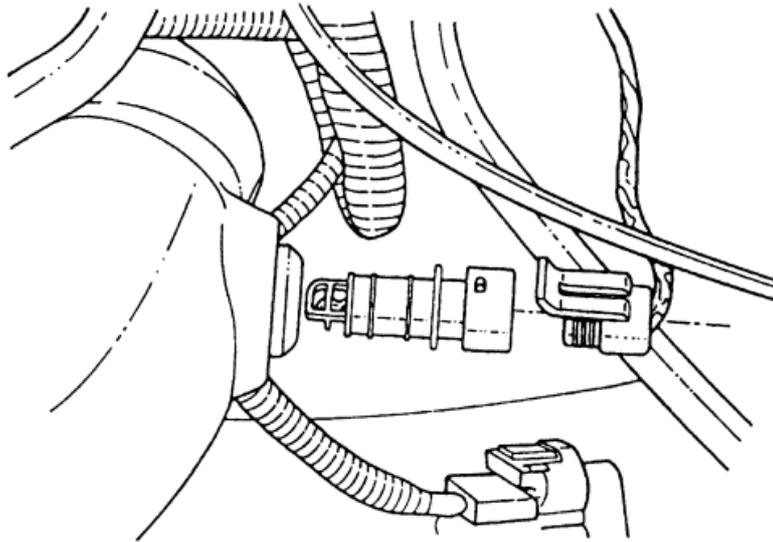
▀ ***Funcionamiento.***

El sensor **MAT** registra la temperatura del aire del entorno. Los valores medidos sirven para activar distintos sistemas, p. ej. el aire acondicionado o como valor de corrección para el sistema de inyección. El lugar de montaje se rige por la temperatura del aire que se medirá. Por ejemplo, el sensor de temperatura de carga aire se encuentra en la canalización del aire de aspiración [11].

El sensor de temperatura del aire del múltiple MAT es un termistor el cual cambia su valor de acuerdo a la temperatura del aire que entra al motor. El sensor incorpora un resistor de coeficiente negativo de temperatura, que disminuye la resistencia a medida que asciende la temperatura del aire.

▀ **Localización.**

Se pueden montar sensores de temperatura del aire en varios puntos, tanto en el interior como en el exterior del vehículo, que van conectados al módulo de control del aire acondicionado.



**Fig. 20** El sensor MAT puede localizarse en el múltiple de admisión o en el ensamblaje del filtro de aire.

▀ **Posibles causas de falla.**

- Resistencia abierta.
- Líneas de alimentación abierta.
- Cortocircuito de línea
- Punta del sensor sucia

**La falla puede manifestarse de la siguiente manera:**

- Alto consumo de combustible.
- Iluminación de la luz testigo.
- Tironeo del auto a velocidad constante.

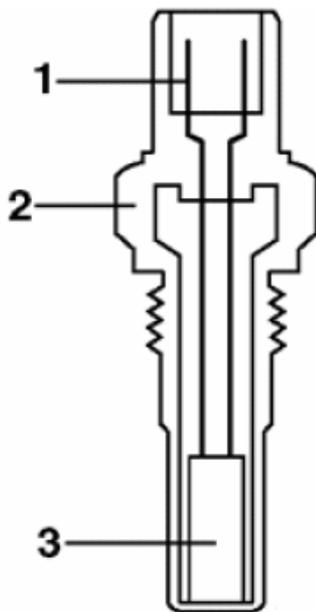
▀ **Diagnóstico.**

- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas de sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Medición de la resistencia del sensor.

⊕ **Sensor de temperatura del refrigerante del motor (CTS, Coolant Temperature Sensor).**

▀ **Funcionamiento.**

La sonda del sensor de temperatura de refrigerante del motor está inmersa en el refrigerante del motor y cambia su resistencia en proporción a los cambios de temperatura [11].



1. Conexiones eléctricas.
2. Carcasa.
3. Resistor de coeficiente negativo de temperatura.

**Fig. 21** Componentes del sensor **CTS**

El sensor **CTS** es un termistor de coeficiente negativo que disminuye su resistencia a medida que aumenta la temperatura. El sensor de temperatura del refrigerante se atornilla al sistema de refrigeración. La punta de medición (termistor) se introduce en el agua refrigerante, y registra la temperatura a la que se encuentra el motor, este valor es utilizado

por la unidad de control para adaptar la cantidad de combustible que debe inyectarse en función a la temperatura del motor.

#### ■ **Localización**

El sensor de temperatura del refrigerante del motor está situado en el sistema de refrigeración, ya sea en el radiador o en el motor, y va conectado al módulo de control del aire acondicionado o al módulo de control del ventilador de refrigeración.

#### ■ **Posibles causas de falla.**

- Fugas.
- Vibraciones.
- Cortocircuitos internos.
- Dificultades de contacto en las conexiones.

***La falla puede manifestarse de la siguiente manera:***

- Problemas de arranque del motor.
- Alto consumo de combustible.
- Incremento de revoluciones en ralentí.

#### ■ **Diagnóstico**

- Comprobar las conexiones eléctricas, contactos de enchufe, señal de alimentación, así como la medición de la resistencia del sensor.
- Lectura de la memoria de fallas.

#### ✦ **Sensor de Posición del Acelerador (TPS, Throttle Position Sensor).**

##### ■ **Funcionamiento.**

El sensor de posición de la mariposa es un potenciómetro que está conectado al eje de la válvula de mariposa, y se utiliza como alternativa a un interruptor de la mariposa.

El sensor de posición de aceleración, es el encargado de controlar el paso de aire al múltiple de admisión y a medida que el sensor gira sobre la flecha se determinan tres modos de operación por la computadora, estos modos de operación son:

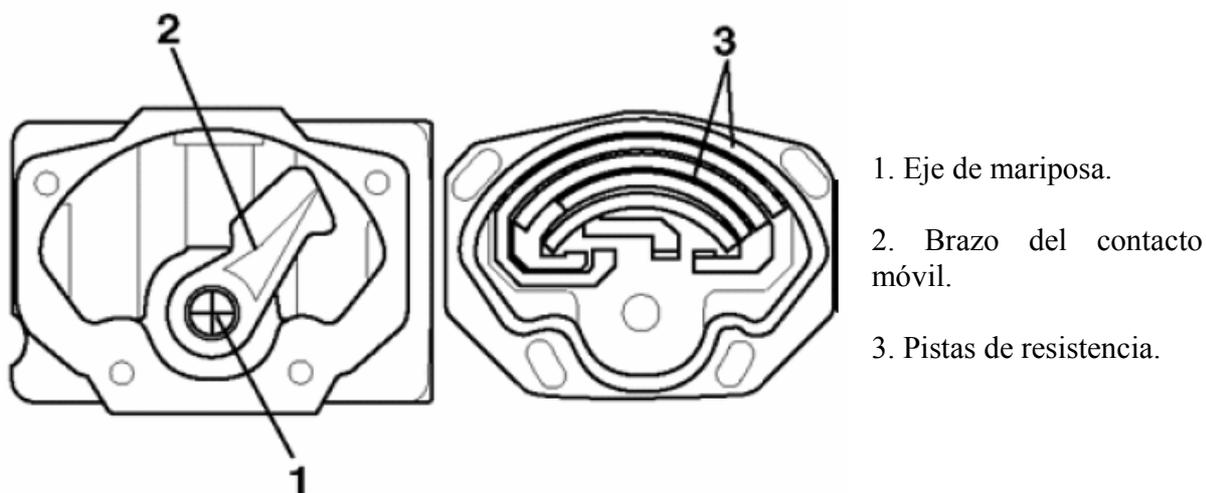
*mariposa cerrada* (incluye marcha lenta y desaceleraciones),  
*aceleración parcial* (velocidad cruceo o aceleración moderada),  
*aceleración total* (aceleración máxima)

Marcha lenta: La condición de marcha lenta o mariposa cerrada (*Idle speed*), es detectada por el **TPS** en base a su condición de tensión mínima prevista, dicha tensión debe estar comprendida en un rango predeterminado de tal manera que sea interpretado por la unidad de control como marcha lenta. Este valor de tensión se suele denominar Voltaje Mínimo del TPS (**Tabla 8**) y su ajuste es de suma importancia para el control del régimen de marcha lenta y la condición de freno motor.

Fabricante	Voltaje mínimo [V]
Bosch, V.W.	0.45 a 0.55
Ford EECIV	0.65 a 0.9
Nissan	$0.45 \pm 0.05$
General Motors	$0.60 \pm 0.05$

**Tabla 8** Voltaje mínimo del **TPS**.

Apertura Máxima: La condición de apertura máxima (**WOT**, por sus siglas en inglés *Wide Open Throttle*), permite que la unidad de control detecte una aceleración a fondo. En esta condición la unidad de control efectúa un enriquecimiento adicional, modifica el avance y puede interrumpir el accionamiento de los equipos de A/C.



**Fig. 22** Componentes de un sensor **TPS**

### ▀ *Posibles causas de falla*

- Condiciones de uso extremas debido a suciedad (películas de aceite, polvo y humedad) y envejecimiento.
- Desgaste mecánico.

### *La falla puede manifestarse de la siguiente manera:*

- Problemas de arranque.
- Alto consumo de gasolina.
- Funcionamiento irregular o aceleración.
- El vehículo se tironea.

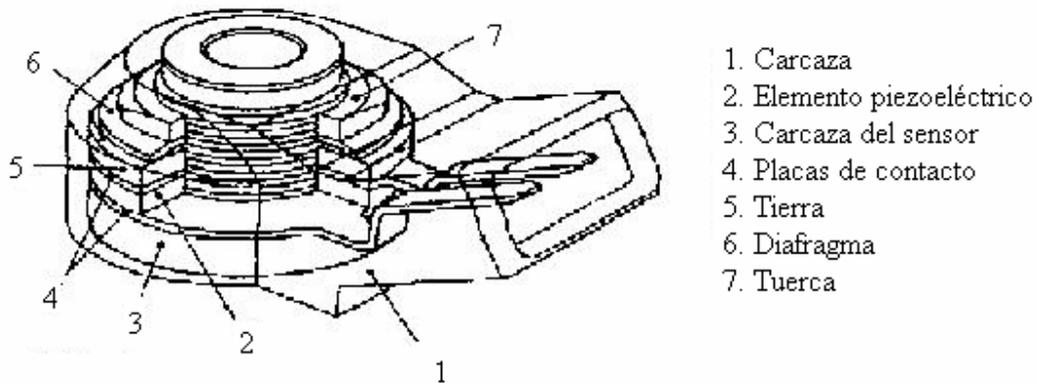
### ▀ *Diagnóstico*

- Comprobar que las conexiones eléctricas y los contactos de enchufe no presentan corrosión o suciedad.
- Comprobar que el montaje haya sido correctamente realizado.
- Comprobar que el mecanismo de movimiento funcione correctamente.
- Medición de la resistencia del sensor.
- Lectura de la memoria de fallas.

### ✦ *Sensor de detonación o de golpe (KS, Knock sensor).*

#### ▀ *Función.*

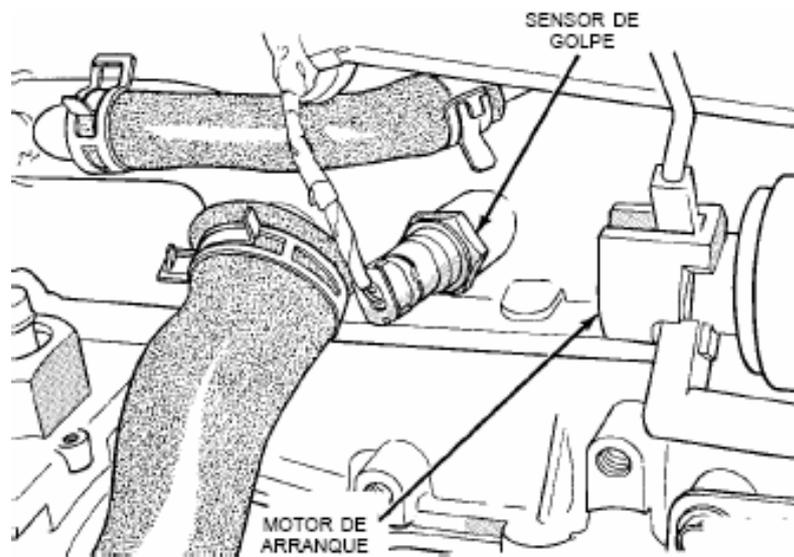
La detonación es una forma incontrolada de combustión. Puesto que las explosiones ocurridas en la fase de fuerza del ciclo de cuatro tiempos pueden llegar a provocar daños en el motor de forma duradera, es necesario controlarlas y regularlas. El sensor de detonación detecta cuando uno de los cilindros “*pistonea*” enviando una señal a la **ECU**. En respuesta, ésta retarda la regulación de encendido para todos los cilindros, según una cantidad programada. Los sensores de detonación están contruidos con material piezoeléctrico, cuanto mayor es la vibración de golpes del motor, mayor será el voltaje de salida del sensor de detonación.



**Fig. 23** Elementos de un sensor de detonación

► **Localización.**

El sensor de detonación o de golpe se encuentra atornillado en el monoblock del motor generalmente arriba del sensor del cigüeñal o enfrente del motor de arranque (**Fig.23**).



**Fig. 24** Ubicación del sensor de detonación

► **Posibles causas de falla.**

- Problemas de contacto.
- Cortocircuitos internos.
- Vibraciones.
- Montaje incorrecto.
- Interrupciones de línea.
- Daños mecánicos.

**La falla puede manifestarse de la siguiente manera:**

- Cascabeleo.
- Aumento en el consumo de combustible.
- Baja potencia del motor.
- Almacenamiento de un código de falla.

▀ **Diagnóstico..**

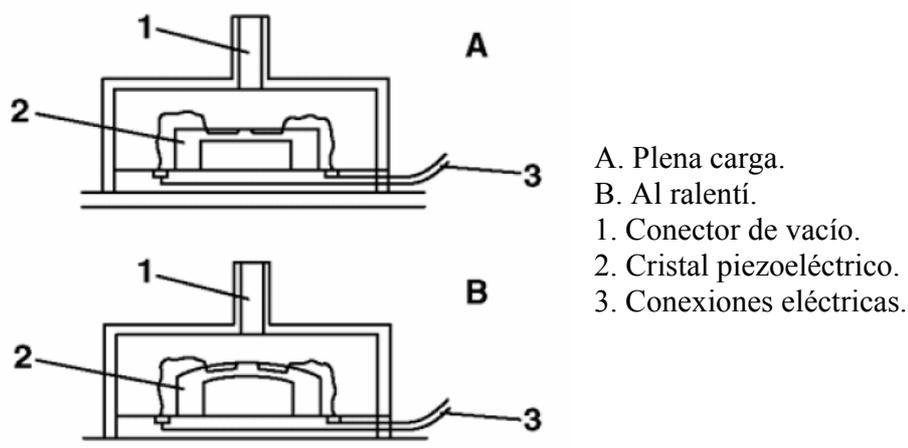
- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que el sensor esté bien asentado y que haya sido apretado con el torque correcto (generalmente 2 Kg ·m).
- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Comprobación con osciloscopio.

✦ **Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP, Manifold Absolute Pressure).**

▀ **Funcionamiento.**

El sensor **MAP** consta de un diafragma y un circuito piezoeléctrico que varía su resistencia en proporción a la presión del múltiple.

El sensor obtiene información sobre los cambios de presión atmosférica, y el vacío que se genera dentro del múltiple de admisión, estos valores, son convertidos y usados en una señal de referencia por el módulo de control del motor, para ajustar las señales a los inyectores, reducir la temperatura del combustible, disminuir las detonaciones y la posibilidad de emitir oxido de nitrógeno.



**Fig. 25** Componentes y condiciones de trabajo de un sensor **MAP**

### ▀ **Localización**

Conectado por un tubo flexible de vacío al colector de admisión del motor. Generalmente situado en la plataforma del motor, o incorporado a la carcasa del módulo de control del motor.

### ▀ **Posibles causas de falla.**

- Falta de alimentación de voltaje.
- Conector flojo.
- Cortocircuitos internos.
- Manguera de vacío rota, fisurada, o desconectada.

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Pérdida de potencia.
- Exceso en el consumo de combustible.
- Marcha mínima inestable.
- Jaloneo al acelerar el motor.

### ▀ **Diagnóstico**

- Lectura de la memoria de fallas
- Comprobación de las conexiones eléctricas.
- Comprobar el voltaje de alimentación.
- Comprobar que la conexión de vacío no esté obstruida, rota ó desconectada.

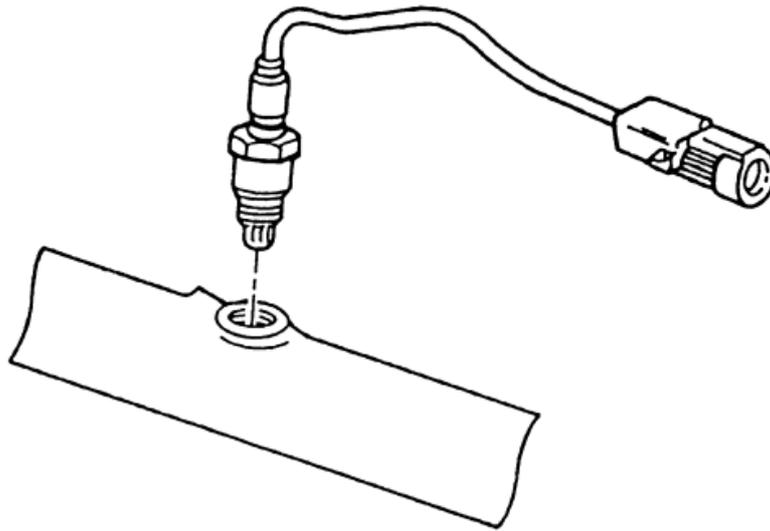
## ✦ **Sensor de Oxígeno**

El sensor de oxígeno (a veces se le denomina sensor Lambda) es muy importante en el ahorro del combustible y para limitar las emisiones de gases en los automóviles. Esos sensores se encargan de medir la cantidad de oxígeno remanente en la cámara de escape después del proceso de combustión, y envían una pequeña señal a la **ECU**, la cual ajusta la mezcla de aire/combustible. Los motores a gasolina mantienen un equilibrio entre entrega de potencia y generación de gases contaminantes, cuando funcionan con una mezcla de 14.7 partes de aire por una de combustible (14.7:1). A esta proporción también se le denomina  $LAMBDA = 1$ .

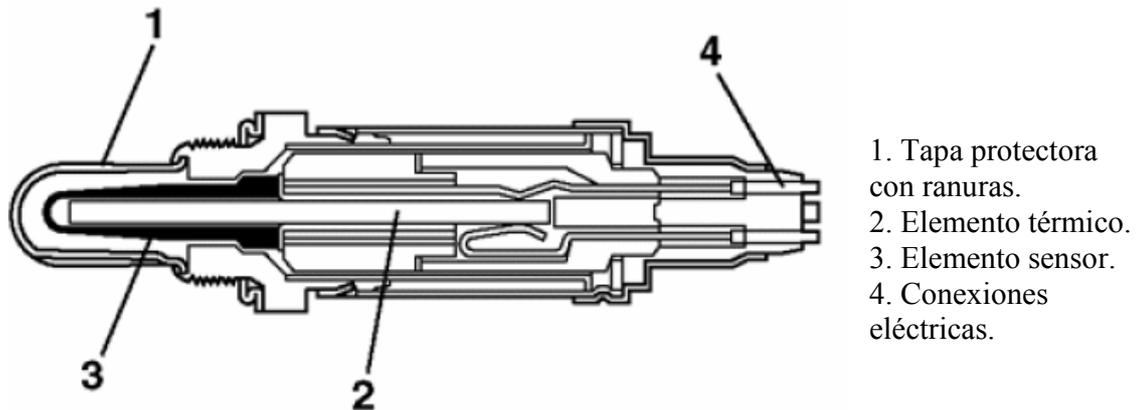
Los primeros sensores de oxígeno trabajaban con el calor de la cámara de escape para alcanzar su temperatura de operación (Aprox. 315° C), conocidos en la actualidad como del tipo "sonda no calentada". Como el ciclo de calentamiento del motor produce la mayor cantidad de emisiones de escape, se desarrolló el sensor de oxígeno con "sonda calentada", que utiliza calentamiento eléctrico para llevar el sensor a la temperatura de operación en menos de un minuto. Este tipo de sensor se utiliza desde hace tiempo en la mayoría de los autos de todo el mundo [8], [11].

### ► Localización

Está montado en el sistema de escape aguas arriba del catalizador, donde puede medir de manera uniforme los gases de escape de todos los cilindros. En caso necesario (p.ej. en un motor en V con un sistema de escape doble) pueden montarse dos sensores.



**Fig. 26:** El sensor de oxígeno se puede localizar en el múltiple de escape o en el tubo del escape.

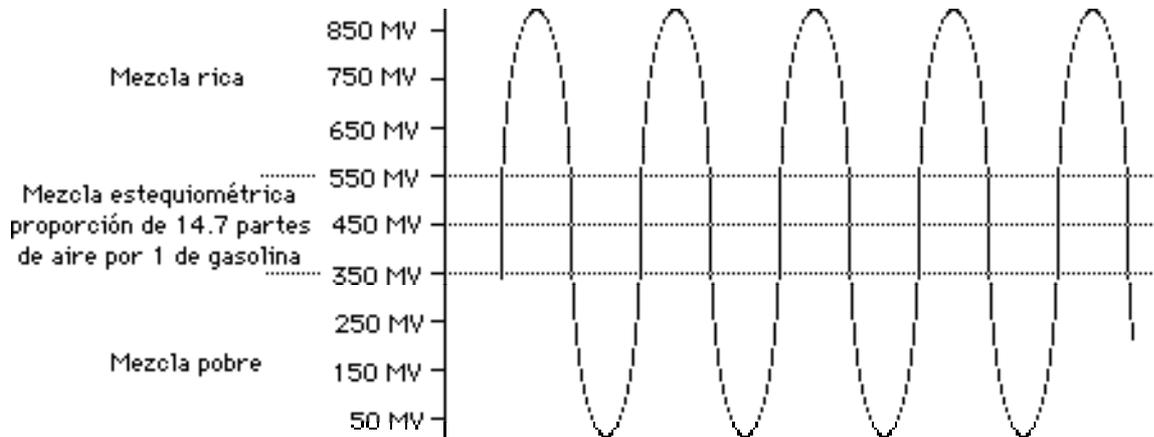


**Fig. 27** Elementos de un sensor de oxígeno

### ► Funcionamiento

El sensor reacciona ante el contenido de oxígeno de los gases de escape y utiliza la tensión generada (aprox. 50-800 mV) para enviar una señal a la **ECU** para que modifique la proporción de la mezcla (aire/combustible). Si el contenido de oxígeno está en valor ideal

se tendrá una “mezcla estequiométrica” ( $\lambda = 1$ ), generalmente la tensión de la señal será de aprox. 450 mV. Si la mezcla es demasiado pobre la tensión será de 50-350 mV ( $\lambda = 1,10$ ). Si es demasiado rica la tensión será de 550-850 mV ( $\lambda = 0,96$ ).



**Fig. 28** A mayor contenido de  $O_2$  la mezcla será pobre y el voltaje de referencia será bajo, una mezcla rica tendrá menos contenido de  $O_2$  y el voltaje de referencia será alto.

El sensor de oxígeno está construido con una célula galvánica de concentración de oxígeno con un electrolito sólido. El electrolito sólido está formado por un compuesto cerámico de Dióxido de Zirconio estabilizado con óxido de Itrio, dicha estructura es impenetrable por los gases, la capa cerámica está cerrada por un extremo, por el otro extremo está en contacto con la atmósfera como referencia, ambos extremos del cuerpo cerámico están provistos en su parte interna de electrodos que poseen una fina capa de platino permeable a los gases, un tubo cerrado por un extremo y ranurado por los laterales que protege al cuerpo cerámico de golpes y cambios bruscos de temperatura.

El cuerpo cerámico es permeable a los Iones de  $O_2$  a partir de aproximadamente  $350^\circ C$ , con temperaturas de trabajo de  $600^\circ C$ , esta es la razón por la cual las sondas lambda están siendo provistas de sistemas calentadores (resistencias eléctricas)

#### ► *Posibles causas de falla.*

- Sensor de oxígeno en mal estado.
- Interrupciones de línea.
- Mala conexión.

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Exceso consumo de combustible.
- Dificil arranque.

- Variaciones en el motor.
- Altas emisiones contaminantes.
- Luz MIL encendida.

#### ▀ *Diagnóstico.*

- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Comprobación con osciloscopio.

#### ✦ *Sensor de velocidad de rueda*

##### ▀ *Función*

El número de revoluciones ó la velocidad de las ruedas sirven como valor del número de revoluciones a los sistemas auxiliares tales como el **ABS** y el **ASR**, así como los sistemas **GPS** para el cálculo de distancias recorridas. Un defecto en estos sensores provocará la falla de estos sistemas, lo que perjudica la seguridad del vehículo de forma considerable.

##### ▀ *Posibles causas de falla*

- Cortocircuitos internos.
- Interrupciones de línea.
- Cortocircuito de la línea.
- Daños mecánicos de la rueda del transmisor.
- Suciedad.
- Mayor juego de los baleros de las ruedas.

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Iluminación de la luz testigo.
- Almacenamiento de un código de falla.
- Bloqueo de las ruedas al frenar.
- Falla de otros sistemas.

##### ▀ *Diagnóstico*

- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas de sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Tener en cuenta la suciedad y los posibles daños.

## ✦ *Sensor de velocidad del vehículo (VSS, Vehicle Speed Sensor)*

### ▀ *Función*

El sensor de velocidad del vehículo registra el número de revoluciones de la transmisión. La señal de revoluciones sirve a la unidad de control para regular exactamente la presión de cambio para pasar de una velocidad a otra (vehículos con transmisión automática), así como para indicar el momento exacto en que se debe realizar cada cambio de velocidad (vehículos con transmisión manual).

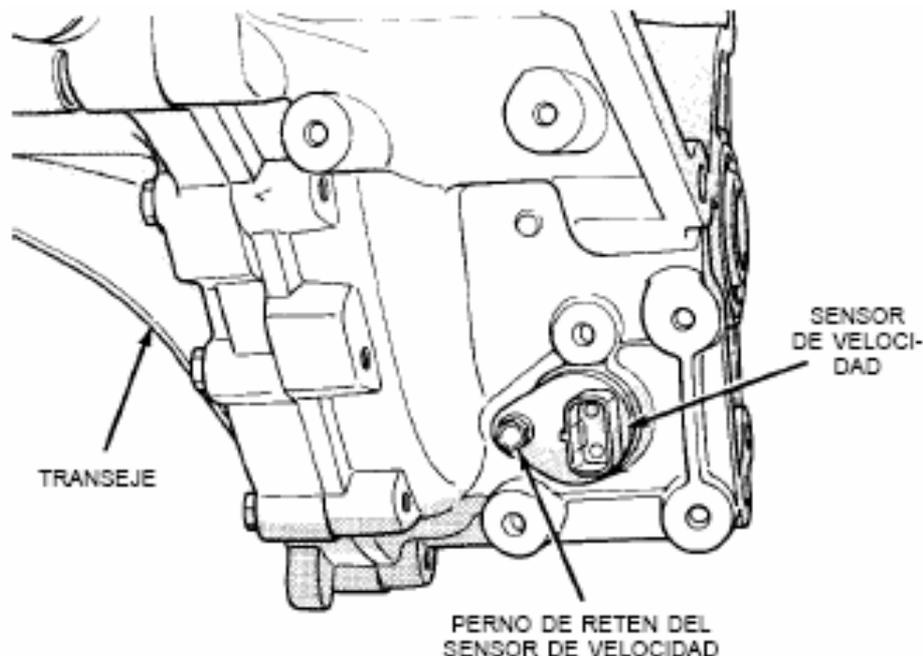
La señal del sensor **VSS** se utiliza también para operar las siguientes funciones o sistemas:

- Velocímetro.
- Control de velocidad.

El sensor de velocidad del vehículo **VSS** es un captador magnético y se encuentra montado en el transeje del velocímetro.

El **VSS** proporciona una señal de corriente alterna al módulo de control electrónico la cuál es interpretada como velocidad del vehículo. Al aumentar la velocidad del vehículo la frecuencia y el voltaje aumentan.

Tiene en su interior un imán giratorio que genera una onda sinusoidal de corriente alterna directamente proporcional a la velocidad del vehículo.



**Fig. 29:** El sensor **VSS** se localiza en el transeje del velocímetro.

### ▀ *Posibles causas de falla*

- Cortocircuitos internos.
- Interrupciones de línea.
- Cortocircuito de la línea.
- Daños mecánicos de la rueda del transmisor.
- Suciedad debido a partículas de metal (rebabas).

La falla puede manifestarse de la siguiente manera:

- Falla del control de la transmisión, la unidad de control conmuta a un programa de funcionamiento de emergencia.

### ▀ *Diagnóstico*

- Lectura de la memoria de fallas.
- Comprobar que el sensor no esté sucio y que no tenga daños.
- Comprobar que la rueda del transmisor no tenga daños.
- Comprobar la corriente de alimentación.
- Comprobar el paso y la conexión a tierra de los cables de conexión del sensor.
- Comprobación con osciloscopio.

## ✦ *Sensores de velocidad/ Odómetro*

### ▀ *Función*

Los sensores de velocidad de este tipo sirven para determinar la velocidad del vehículo en el tablero. Están montados en la transmisión o en el eje trasero. Las informaciones obtenidas son necesarias para la indicación de la velocidad, el sistema de regulación de la velocidad y el sistema de regulación del deslizamiento del convertidor.

### ▀ *Posibles causas de falla*

- Daños mecánicos.
- Fallo de contacto en la conexión eléctrica.
- Alimentación de corriente defectuosa.
- Contacto Reed defectuoso.

*La falla puede manifestarse de la siguiente manera:*

- Falla del odómetro (velocímetro).
- Falla del sistema de regulación de la velocidad y del sistema de regulación del deslizamiento del convertidor.
- Iluminación de luz Mil.
- Almacenamiento de un código de falla.

### ▀ **Diagnóstico**

- Comprobar que el sensor de velocidad no presente daños.
- Comprobar que la conexión eléctrica esté bien asentada y que realice el contacto correctamente.
- Leer la memoria de fallas.
- Comprobar la alimentación de corriente (esquema de conexiones necesario para la identificación de los pins).
- Comprobar el paso y la conexión a tierra de la conexión en el cableado.

### ✦ **Sensores de Nivel.**

#### ▀ **Función**

Por motivo de la fiabilidad operacional y para aumentar el confort, los niveles de llenado como el aceite del motor, el refrigerante y el agua de lavado son controlados con sensores de nivel. Éstos mandan una señal a la unidad de control electrónico, que activa una luz testigo en caso de detectar un nivel bajo.

#### ▀ **Posibles causas de falla**

- Flotador defectuoso.
- Cortocircuito interno.
- Interrupciones de línea.
- Cortocircuito de la línea.
- Daños mecánicos.
- Carcasa no hermética.

***La falla puede manifestarse de la siguiente manera:***

- La luz MIL está iluminada de forma permanente
- La luz MIL se ilumina en caso de falta de líquido
- Almacenamiento de un código de falla

#### ▀ **Diagnóstico**

- Lectura de la memoria de fallas
- Comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión.
- Comprobar el funcionamiento del flotador
- Comprobar si la carcasa del sensor está herméticamente sellada.

### **CAPITULO III COMPROBACIÓN DE SENSORES AUTOMOTRICES CON EL OSCILOSCOPIO.**

---

En el capítulo anterior se explicaron los principios de funcionamiento de los principales sensores automotrices y se presentaron los puntos básicos para detectar sus fallas, sin embargo para efectuar un diagnóstico completo y confiable es necesario utilizar una herramienta muy poderosa llamada “*osciloscopio*” con la que podremos realizar comprobaciones dinámicas y diagnosis de averías intermitentes [11].

Desde luego que un multímetro digital también es un instrumento eficaz de diagnóstico, sin embargo solo nos permite la comprobación estática de circuitos y para casos en que los cambios de valores se producen de forma gradual.

A diferencia de los osciloscopios analógicos utilizados para realizar pruebas de alta tensión del encendido, los osciloscopios digitales modernos incluyen una escala de tensión variable que permite visualizar tensiones bajas (normalmente de 0-5 V o de 0-12 V), así como una escala de tiempo graduable que permite mostrar cualquier forma de onda de manera óptima.

La mayoría de los osciloscopios diseñados para uso en automoción son portátiles, por lo que resultan ideales para su uso en el taller. También se pueden utilizar en el interior del vehículo, durante la conducción, para capturar datos dinámicos.

Normalmente, es posible almacenar las formas de onda y los datos relacionados en una memoria interna e imprimirlos o descargarlos posteriormente en un ordenador, para poder así estudiar en detalle todo el abanico de patrones de forma de onda.

En la pantalla del osciloscopio se visualizan la amplitud, frecuencia, anchura de los impulsos, forma y patrón de la señal recibida mediante un gráfico de tensión (vertical) y de tiempo (horizontal).

Es fácil de conectar (normalmente con sólo dos cables) y la velocidad de muestreo supera con creces al mejor de los multímetros digitales.

Este tiempo de respuesta rápido permite la diagnosis de fallos intermitentes, al mismo tiempo que la observación del efecto de piezas que producen alteraciones en el sistema. Cuando es preciso, el tiempo de respuesta puede ser suficientemente lento como para mostrar señales tales como las emitidas por el sensor de posición del acelerador.

Una vez diagnosticada y rectificada la causa de una anomalía, es posible verificar la reparación realizando una nueva prueba con el osciloscopio.

También se puede utilizar el osciloscopio para comprobar el estado general de un sistema de gestión del motor equipado con un catalizador mediante la supervisión de la actividad del sensor de oxígeno.

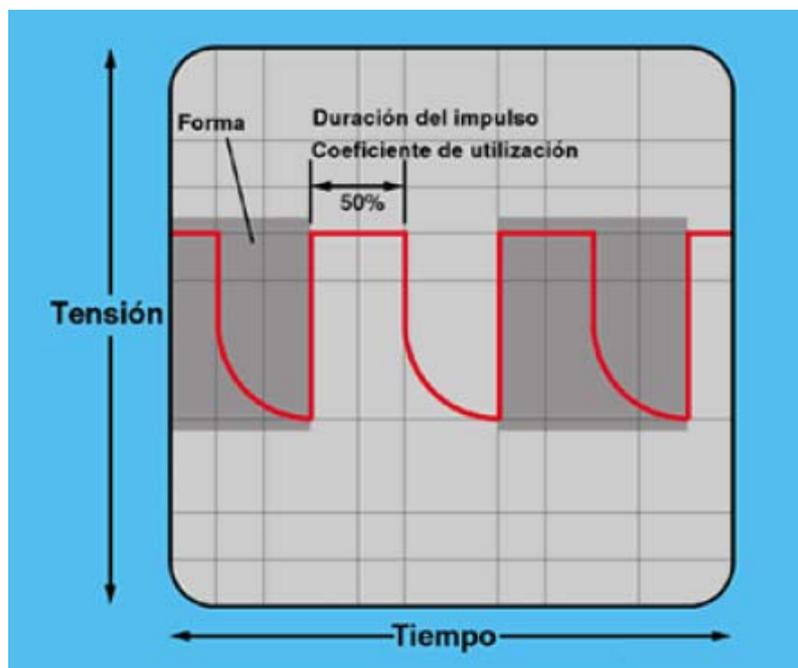
Los complejos sistemas electrónicos de gestión del motor incorporados en vehículos con catalizador están diseñados para mantener el nivel de la mezcla entre límites de tolerancia muy precisos de modo que el sensor de oxígeno pueda reaccionar ante pequeños cambios en el nivel de oxígeno del sistema de escape y enviar esta información al módulo de control del motor en forma de señal de tensión. Mediante la observación de la señal emitida por el sensor de oxígeno con un osciloscopio se puede detectar cualquier irregularidad en el funcionamiento general del sistema. La obtención de una forma de onda deseada es una indicación fiable de que todo el sistema funciona correctamente.

Los osciloscopios disponibles en la actualidad son fáciles de conectar y utilizar, y permiten visualizar una traza en pantalla sin necesidad de contar con experiencia y conocimientos especializados. Para interpretar dicha traza puede servir de gran ayuda tomar como referencia las formas de onda típicas ilustradas en este capítulo.

### ✚ **Formas de onda**

Cada forma de onda del osciloscopio tiene uno o más de los siguientes parámetros (**Fig. 30.**):

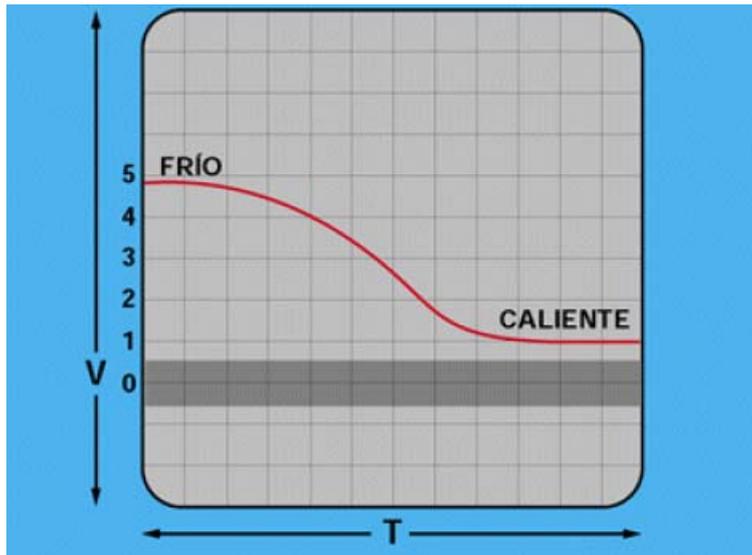
- ❖ *Amplitud*: La tensión (V) de la señal en un determinado momento.
- ❖ *Frecuencia*: El tiempo entre puntos de la señal - ciclos por segundo (Hz).
- ❖ *Anchura del impulso - coeficiente de utilización*: El periodo de actividad de la señal expresado como porcentaje (%) del total.
- ❖ *Forma*: La "imagen" general de la señal (impulso, escalón, dientes de sierra etc.).
- ❖ *Patrón*: El modelo de repetición de la forma general de la señal .



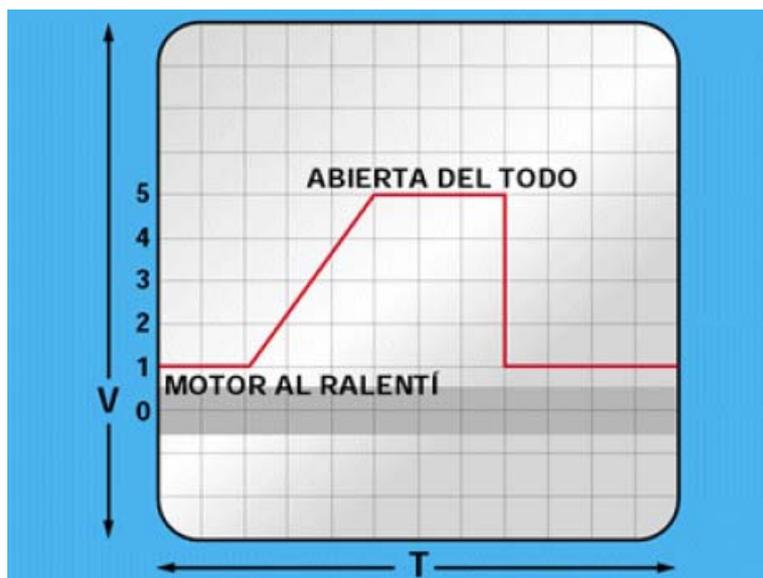
**Fig. 30** Parámetros de la forma de onda.

✦ **Oscilogramas ideales de los sensores automotrices.**

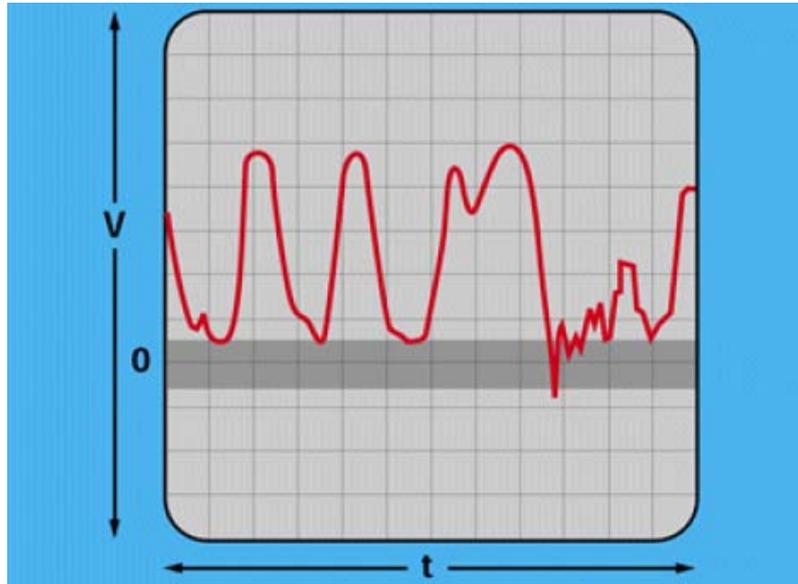
El osciloscopio mostrará todos los parámetros en una pantalla y mediante la comparación de los oscilogramas del vehículo que se está comprobando con los ideales ilustrados a continuación, se podrá establecer una valoración del estado de cada sensor. El oscilograma de un sensor defectuoso normalmente tendrá una apariencia muy distinta a la de uno satisfactorio, simplificando de este modo la identificación [11].



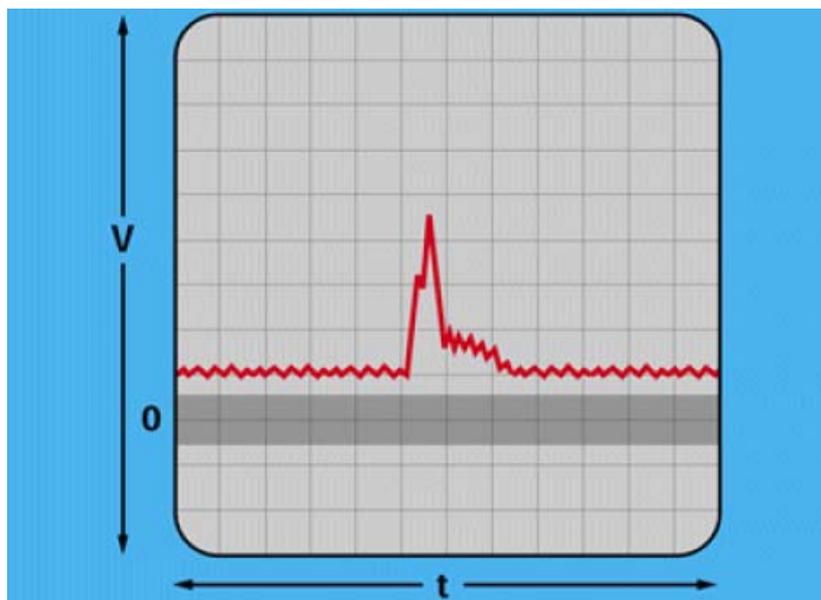
**Fig. 31** Oscilograma ideal del sensor de temperatura del refrigerante del motor **ECT**.



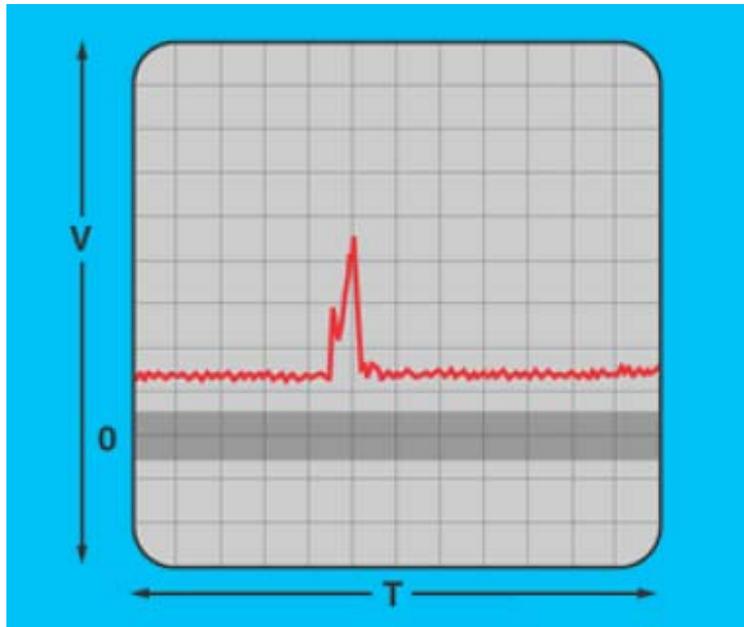
**Fig. 32** Oscilograma ideal del sensor de posición del acelerador **TPS**.



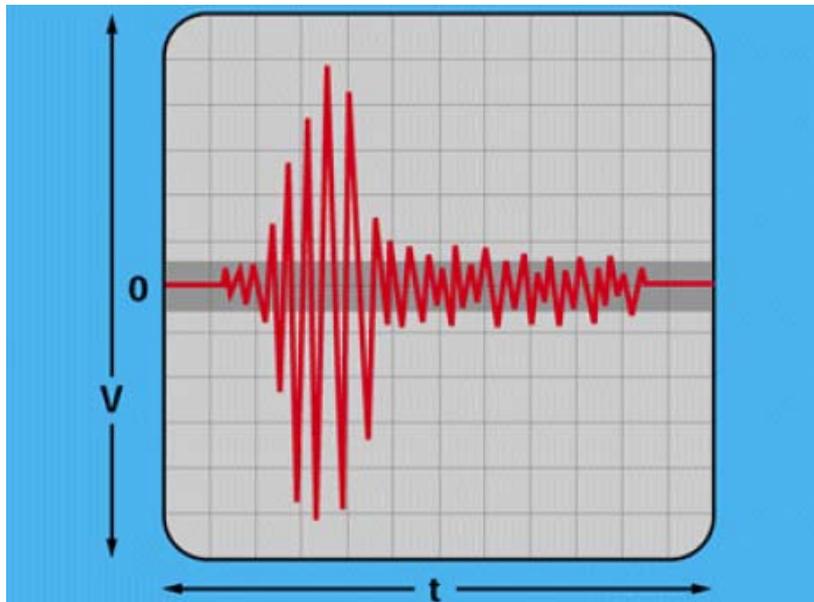
**Fig. 33** Oscilograma ideal del sensor de oxígeno.



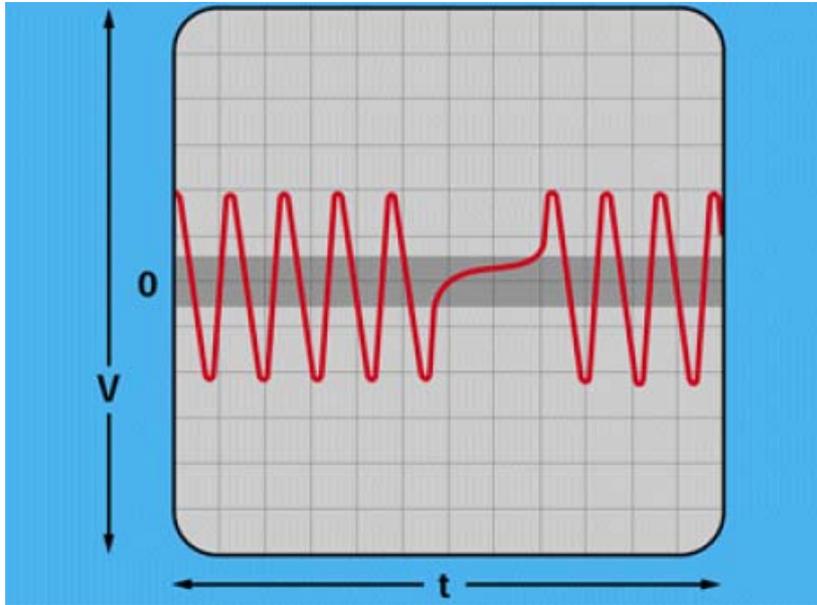
**Fig.34** Oscilograma ideal del sensor de flujo del volumen de aire.



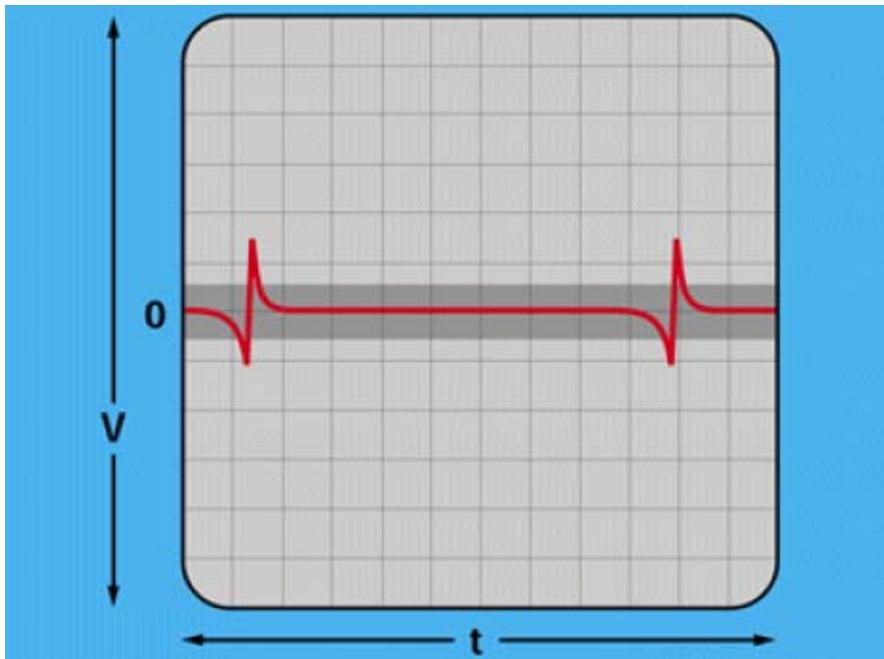
**Fig. 35** Oscilograma ideal del Sensor de flujo de la masa de aire **MAF**.



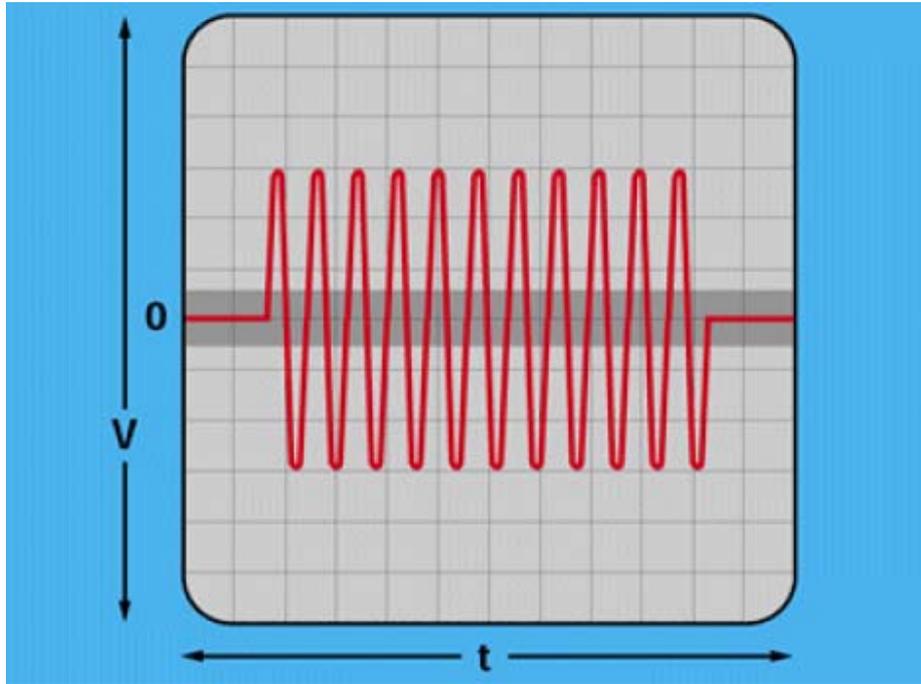
**Fig. 36** Forma de onda típica del Sensor de golpeteo **KS**.



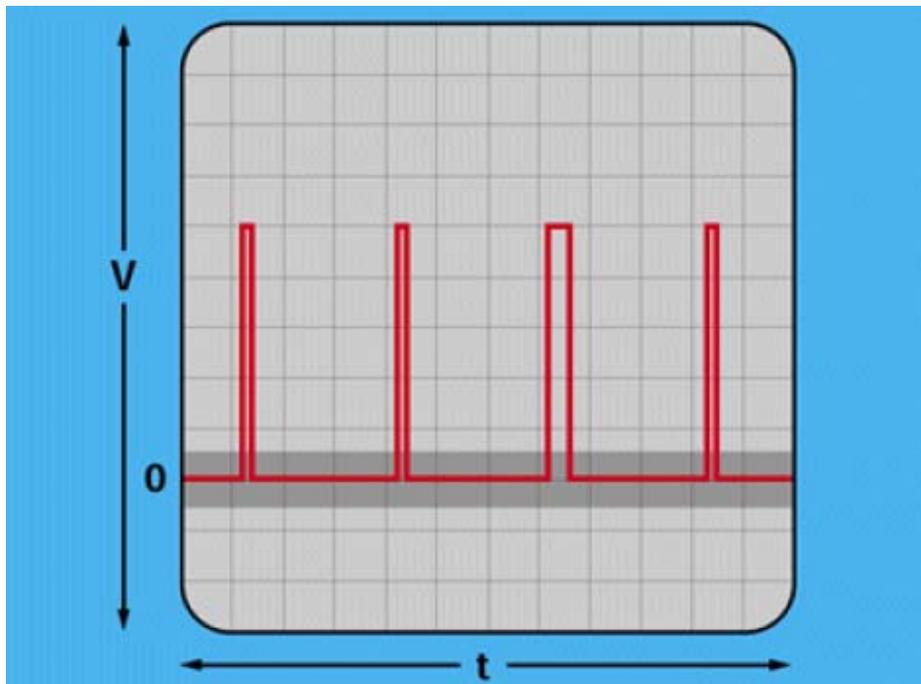
**Fig. 37** Oscilograma ideal del Sensor de posición del cigüeñal (tipo inductivo).



**Fig. 38** Oscilograma ideal del sensor de posición del árbol de levas (tipo inductivo).



**Fig. 39** Oscilograma ideal del sensor de velocidad del vehículo (tipo inductivo).



**Fig. 40** Forma de onda típica de los sensores de velocidad y posición de efecto Hall.

### ✦ Interpretación de las formas de onda

Los modelos de las formas de onda del osciloscopio pueden variar enormemente y dependen de muchos factores. Por lo tanto, antes de realizar un diagnóstico o de cambiar un sensor, se deben tener en cuenta los siguientes puntos cuando la forma de onda obtenida no parezca ser correcta en comparación con la forma de onda "típica" [11].

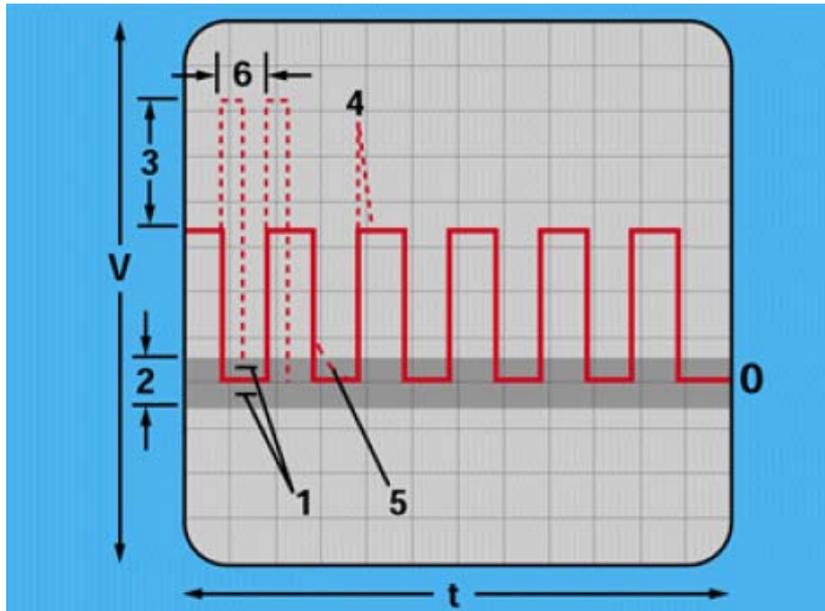


Fig.41 Forma de onda digital.

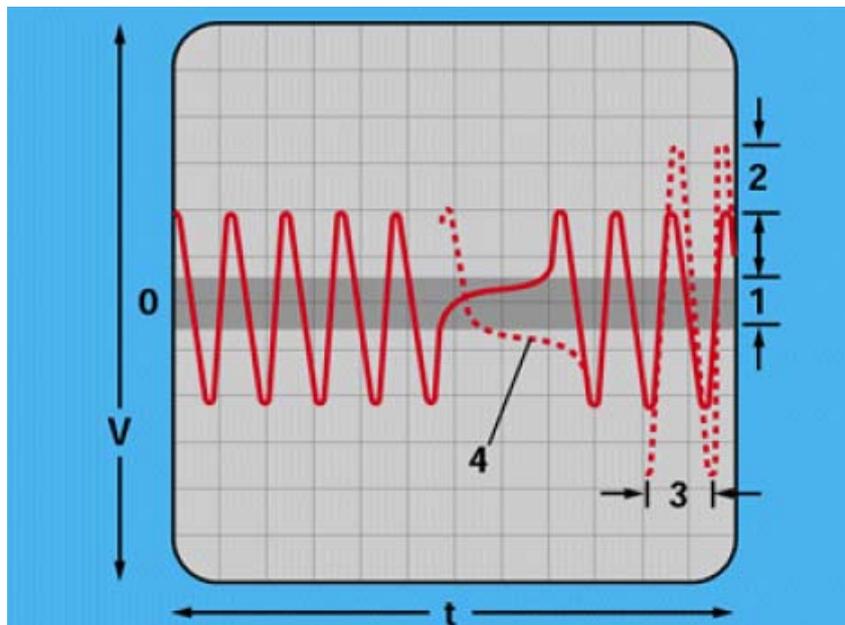


Fig. 42 Forma de onda analógica.

### ■ *Tensión*

Las formas de onda típicas indican la posición aproximada de la forma de onda en relación al valor de "rejilla nula", pero puede variar (**Fig. 41-1**) dependiendo del sistema bajo prueba y puede colocarse en cualquier posición dentro del "rango nulo" aproximado (**Fig. 41-2**) y (**Fig. 42-1**).

La amplitud o altura total del modelo (la tensión) (**Fig. 41-3**) y (**Fig. 42-1,2**), dependerá de la tensión de funcionamiento del circuito.

Para circuitos de corriente continua (CC) dependerá de la tensión conmutada, por ejemplo la tensión del dispositivo de control de ralentí será constante y no variará al cambiar el régimen del motor.

Para circuitos de corriente alterna (CA) dependerá de la velocidad del generador de la señal, por ejemplo, la tensión de salida del sensor de posición del cigüeñal de tipo inductivo aumentará al incrementar el régimen del motor.

Por lo tanto, si el oscilograma es demasiado alto (o si falta la parte superior), aumente la escala de tensión para obtener la imagen gráfica requerida. Si queda demasiado bajo, disminuya la escala de tensión.

Algunos componentes de circuitos de accionamiento por solenoide, por ejemplo, los dispositivos de control de ralentí pueden mostrar picos transitorios de tensión (**Fig. 41-4**) al apagar el circuito. Esta tensión es generada por el componente y normalmente puede ignorarse.

Algunos circuitos que tienen un tipo de onda cuadrada como forma de onda típica pueden mostrar un debilitamiento gradual de la tensión al final del periodo de conmutación (**Fig. 41-5**). Se trata de una característica de algunos sistemas y puede ignorarse normalmente, ya que no indica ningún fallo en sí.

### ■ *Frecuencia*

La anchura total del patrón (frecuencia) dependerá de la velocidad de funcionamiento del circuito. Las formas de onda típicas que se ilustran muestran la forma de onda vista con la escala de tiempo del osciloscopio, ajustada de forma que permita una observación detallada. En los circuitos de corriente continua (CC), la escala temporal dependerá de la velocidad a la que se conmuta el circuito (**Fig. 41-6**), por ejemplo, la frecuencia de un dispositivo de control de ralentí variará de acuerdo con la carga del motor.

En circuitos de corriente alterna (CA) la escala temporal dependerá de la velocidad del generador de la señal (**Fig. 42-3**), por ejemplo, la frecuencia de un sensor de posición del cigüeñal de tipo inductivo aumentará paralelamente al régimen del motor.

Si el oscilograma aparece demasiado comprimido, disminuya la escala de tiempo para obtener la imagen requerida. Si es demasiado ancho, aumente la escala de tiempo.

Si el oscilograma está invertido (**Fig. 42-4**), indica que el sistema bajo prueba tiene el componente conectado en la polaridad opuesta a la forma de onda típica que se muestra, por lo que puede ignorarse, ya que no indica un fallo en sí.

### ✦ **Comprobación de sensores con el osciloscopio**

Se pueden obtener oscilogramas para una gran variedad de sensores. A continuación, se describen algunos de los más comunes.

La mayoría de los osciloscopios modernos sólo llevan dos cables de prueba, que se pueden utilizar con una gran variedad de sondas intercambiables. El cable rojo es el positivo y normalmente es el que se conecta al terminal del módulo de control del motor. El cable negro es el negativo y normalmente está conectado a una buena masa. Si los cables se conectan por error con la polaridad errónea, normalmente la única consecuencia es que la forma de onda aparecerá invertida.

Para realizar la evaluación de los sensores se utilizó el osciloscopio *Picoscope Automotive 5* [12].

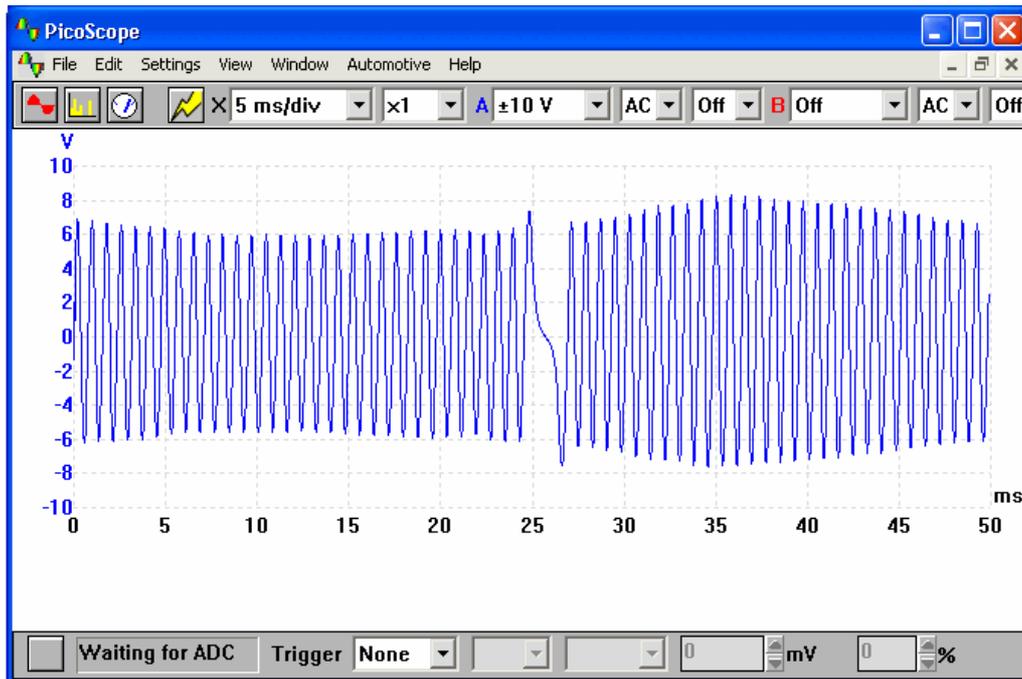
#### ▀ **Sensores inductivos.**

Procedimiento general de prueba con el osciloscopio:

- Conecte una sonda del osciloscopio al terminal del módulo de control del motor y la otra sonda a masa.
- Arranque el motor y observe las condiciones de la prueba.
- Compare el oscilograma con la forma de onda de referencia.
- Aumente el régimen del motor y observe el aumento de la tensión en pantalla (amplitud).

#### ▀ **Sensor de posición del cigüeñal.**

En el oscilograma de la **Fig. 43** podemos evaluar el voltaje de salida del sensor de posición del cigüeñal, el voltaje es función de la proximidad y la velocidad de motor. La razón principal de evaluar esta forma de onda es para supervisar la salida cuando el motor se para debido a una pérdida del voltaje de Alta Tensión (HT). La forma de onda es del tipo de corriente alterna y se observa que su voltaje aumentará con la velocidad del motor. El hueco en el cuadro es debido a 'el diente ausente' en el volante emisor de pulsos y es usado como una referencia por el módulo de control electrónico para averiguar la posición de los pistones del motor. Algunos sistemas usan dos puntos de referencia por revolución.

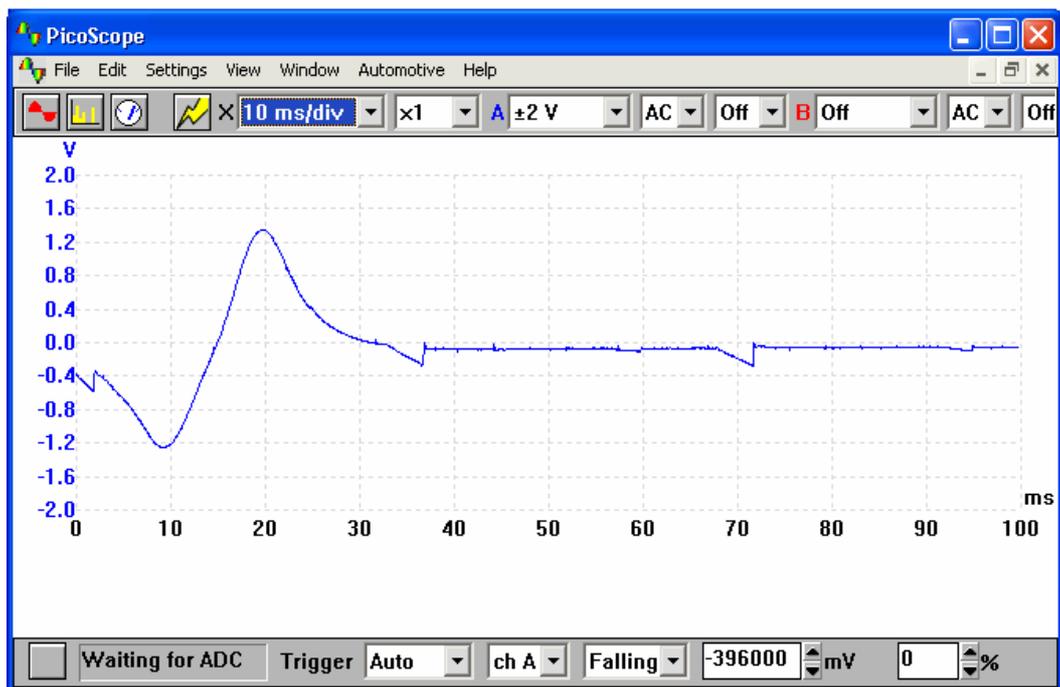


**Fig. 43** Forma de onda del sensor de posición del cigüeñal.

▀ *Sensor de posición del árbol de levas.*

El sensor del árbol de levas es a veces referido como un sensor de identificación de cilindro o como un sensor 'de fase' y es usado como una referencia al tiempo de inyección de combustible secuencial por la **ECU**. Este tipo particular de sensor genera su propia señal y por lo tanto no requiere de un suministro de voltaje. El voltaje producido por el sensor será determinado por varios factores, como la velocidad del motor, la proximidad del rotor metálico y la fuerza del campo magnético.

Las características de la forma de onda del sensor de árbol de levas es de tipo sinusoidal que se incrementa en magnitud cuando la velocidad del motor aumenta y por lo general proporciona una señal por cada 720 ° de la rotación del cigüeñal (360 ° de la rotación de árbol de levas). Al momento del arranque del motor el voltaje será de aproximadamente 0.5 V<sub>pp</sub>, elevándose para alcanzar su punto máximo alrededor de 2.5 V<sub>pp</sub> en marcha lenta.



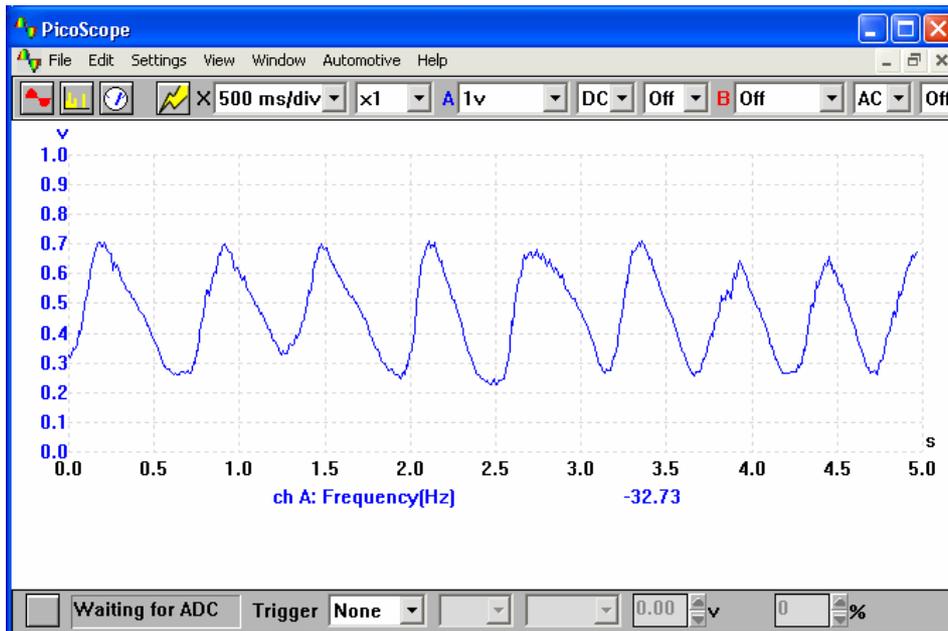
**Fig. 44** Forma de onda del sensor de posición del árbol de levas.

#### ► *Sensor de oxígeno.*

**NOTA:** Las siguientes valores de tensión se refieren al sensor de oxígeno de tipo circonio utilizado casi de forma universal. Algunos modelos recientes llevan un sensor de titanio que tiene una gama de funcionamiento de 0-5 voltios y muestra una señal de alta tensión con una mezcla pobre y una señal de baja tensión con una mezcla rica.

Procedimiento general de prueba con el osciloscopio:

- Conecte las sondas de prueba del osciloscopio entre el terminal del módulo de control del motor del sensor de oxígeno y masa.
- Compruebe que el motor esté a la temperatura normal de funcionamiento.
- Compare el oscilograma con la forma de onda de referencia **Fig. 33**.
- Si el oscilograma no muestra una forma de onda sino una línea recta, normalmente significa que la mezcla es pobre si la tensión es de 0-0,15 V aproximadamente, o una mezcla rica si la tensión es de unos 0,6-1 V.
- Si la forma de onda es satisfactoria al ralentí, abra la mariposa brevemente varias veces seguidas.
- La forma de onda debe mostrar la tensión de la señal 'oscilando' entre 0-1 V aproximadamente.
- El aumento de la tensión corresponde al aumento del régimen del motor y la disminución de la tensión a la disminución del régimen del motor.

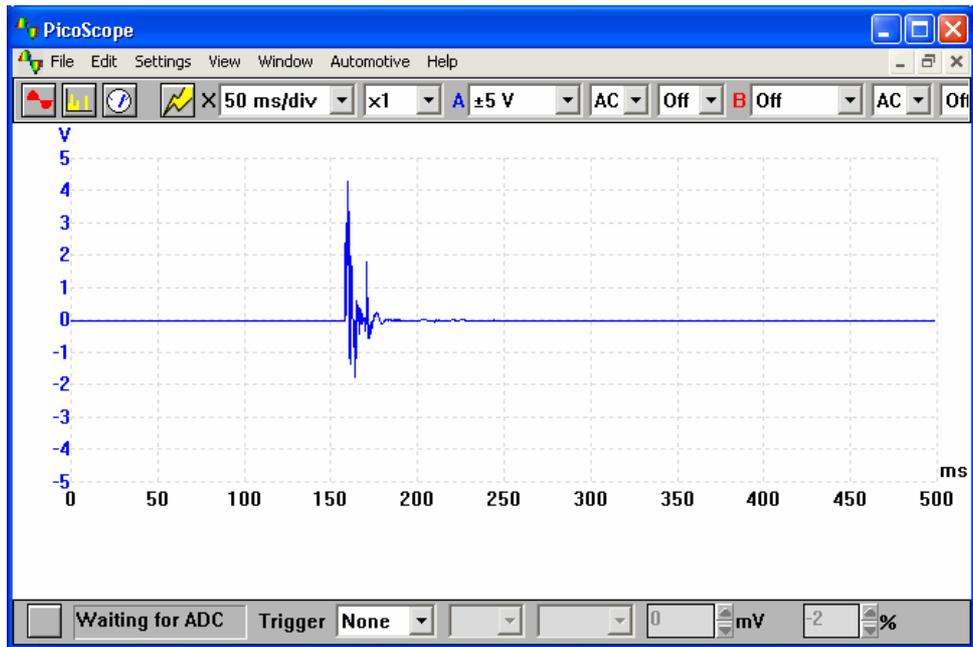


**Fig. 45** Oscilograma de un sensor de oxígeno.

▀ *Sensor de golpeteo.*

Procedimiento general de prueba con el osciloscopio:

- Conecte las sondas de prueba del osciloscopio entre el terminal del módulo de control del motor del sensor de detonación y masa.
- Compruebe que el motor esté a la temperatura normal de funcionamiento.
- Abra la mariposa brevemente.
- La forma de onda debe mostrar una señal de corriente alterna con un aumento de amplitud considerable.
- Si esta señal no aparece de forma clara, golpee ligeramente el bloque motor en la zona del sensor.
- Si la señal sigue sin ser satisfactoria, significa que existe un fallo del sensor o del circuito correspondiente.



**Fig. 46** Oscilograma correspondiente al momento de ocurrir una detonación.

Los picos que puedan generarse, por lo general son irregulares y tienen una frecuencia aproximada de 15 KHz. Si golpea cerca del sensor con un elemento metálico, puede provocar la señal.

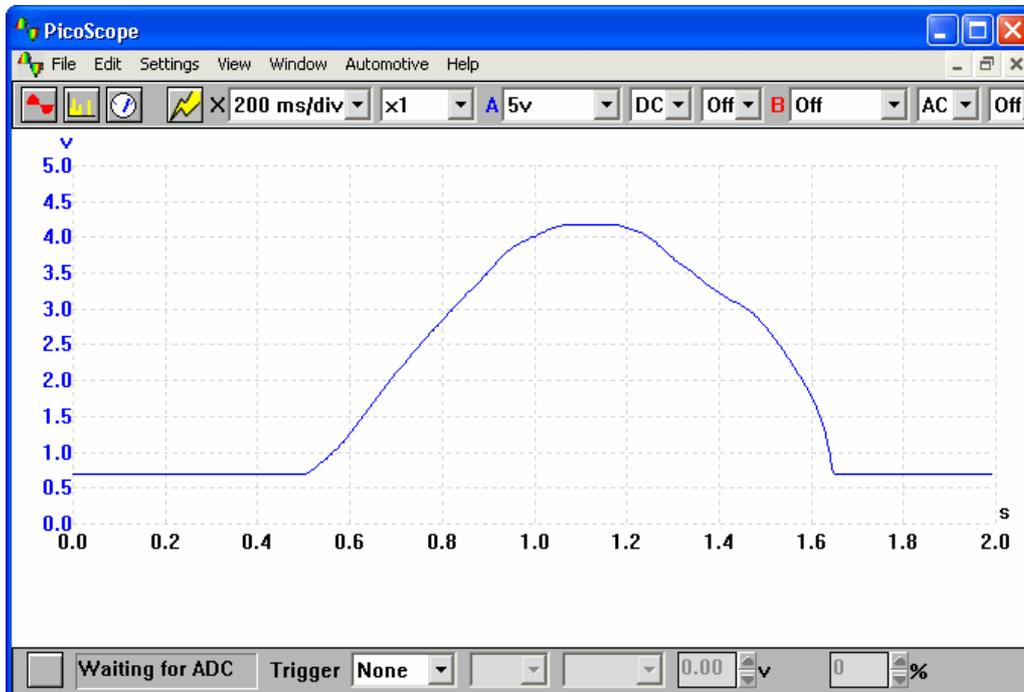
NOTA: Si se interrumpe el circuito del sensor de detonación (cualquiera de los dos cables) o se pusiera en corto, la **ECU** en función de emergencia, atrasaría al máximo el punto de encendido, por otro lado, sí se apretara por demás al sensor contra el block o tapa (el torque generalmente es de 2 Kgm) se deformaría el sensor y no generaría señal al ocurrir una detonación. Por lo tanto el motor puede estar pistoneando y el sensor no dar la señal. Generalmente el daño es permanente y por más que se afloje el sensor, el mismo no vuelve a funcionar.

#### ▀ *Sensor de posición del acelerador TPS.*

Conecte las sondas de prueba del osciloscopio entre el terminal del módulo de control del motor del sensor TPS y masa. Observe que este presente la tensión inicial de reposo y girar lentamente la mariposa como si estuviéramos acelerando, la tensión deberá crecer sincronizada y continuamente con el giro de la mariposa y no deberá presentar interrupciones (caídas hacia cero volt).

Cuando la mariposa llegue al tope mecánico de su máximo giro, el osciloscopio nos estará indicando alrededor de 4,5 volts.

Volver la mariposa lentamente hasta el punto inicial de reposo, a través del mismo tampoco se deberán observar interrupciones.



**Fig. 47** Oscilograma del sensor **TPS**.

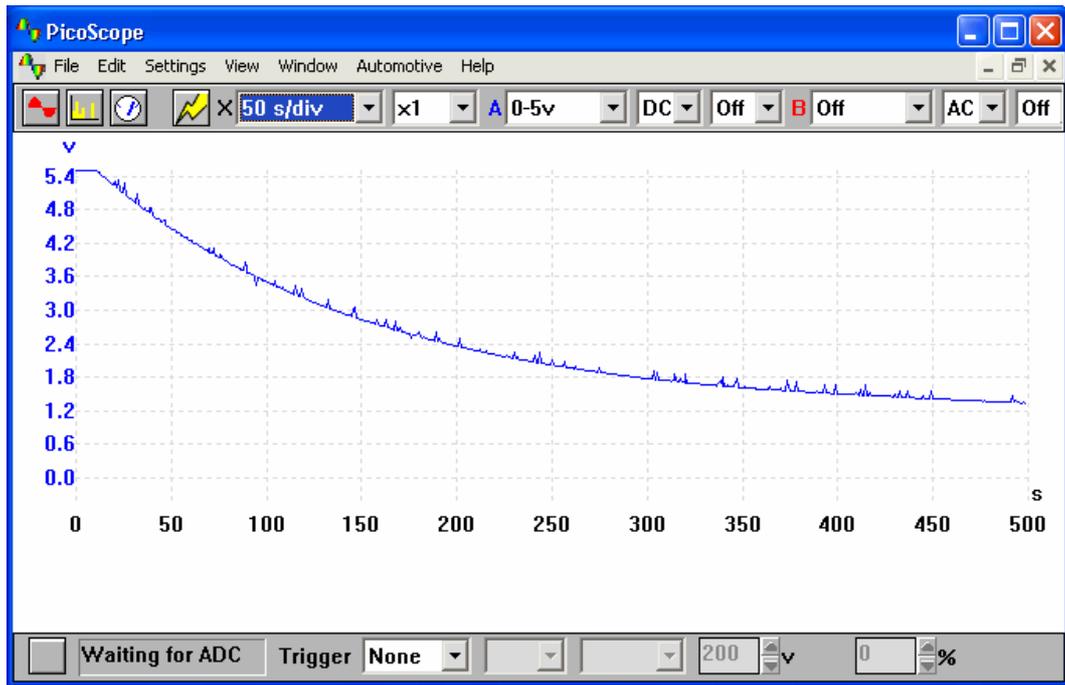
#### — *Sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT.*

El sensor **ECT** tiene la capacidad de cambiar su resistencia con el cambio de temperatura del motor. La mayoría de los sensores **ECT** tienen un Coeficiente de Temperatura Negativo lo que provoca que su resistencia disminuya con el aumento de la temperatura.

Al cambiar la resistencia del sensor también lo hace su voltaje, el cual puede ser analizado a través de todo su rango operacional.

Seleccione una escala de tiempo de 500 segundos, conecte el sensor al osciloscopio y observe el voltaje de salida. Encienda el motor y en la mayoría de los casos el voltaje comenzará en la región de 3 a 4 V sin embargo este voltaje dependerá de la temperatura del motor, cuando la temperatura aumenta la resistencia disminuirá y también se verá que el voltaje se caerá.

La razón de cambio del voltaje es por lo general lineal y sin cambios repentinos, si el **ECT** muestra un fallo a una cierta temperatura, este es el único método eficaz de descubrirlo.



**Fig. 48** Oscilograma del sensor de temperatura del refrigerante del motor.

## CAPITULO IV DIAGNÓSTICOS DE ABORDO

---

Los automóviles modernos son controlados electrónicamente por sensores y actuadores que monitorean el estado de ciertos componentes (ej. el sensor de oxígeno) para activar otros (ej. los inyectores de combustible) y así mantener un óptimo control del motor [15].

Éstos sensores y actuadores, junto con el software de diagnosis de la **ECU**, constituyen el llamado “Sistema de Diagnóstico de a Bordo” (**OBD**, por sus siglas en inglés On Board Diagnostic).

El sistema de la computadora de abordó es capaz de monitorear todos los sensores y actuadores del vehículo para determinar cual de ellos no está funcionando adecuadamente. También puede detectar un malfuncionamiento o deterioración de varios sensores y actuadores, generalmente antes de que el conductor perciba el problema a través de una pérdida de rendimiento o manejabilidad del vehículo. En muchas ocasiones, la **ECU** puede detectar un malfuncionamiento antes de que se alteren las emisiones de los gases de escape del vehículo [16].

### ✦ *Descripción general del OBD.*

La Comisión de Recursos del Aire de California (**CARB**, por sus siglas en inglés *California Air Resources Board*) comenzó la regulación de los sistemas **OBD** para los vehículos vendidos en California, comenzando con los modelos del año 1988. Los requerimientos iniciales, conocidos como **OBD-I**, advertían al conductor sobre algún malfuncionamiento almacenando en la **ECU** un Código de Diagnóstico de Falla (**DTC**, por sus siglas en inglés *Diagnostic Trouble Code*) el cual señalaba dónde ocurrió el problema. A comienzos de 1994, ambos, **CARB** y la Agencia de Protección del Medio Ambiente (**EPA**, por sus siglas en inglés *Environmental Protection Agency*) aumentaron los requerimientos del sistema **OBD**, convirtiéndolo en el hoy conocido **OBD-II**. A partir de 1996 todos los modelos vendidos en California, tanto automóviles para pasajeros como camiones deben cumplir los requerimientos del **OBD-II** [15].

Se puede acceder a la información del sistema **OBD** por medio de un conector de enlace de diagnóstico (**DLC**, por sus siglas en inglés *Diagnostic Link Connector*) y un *escáner*. La comunicación entre el escáner y el **OBD** se rige por medio de protocolos estandarizados muy específicos y varían de acuerdo al fabricante.

Esto significa que con tan solo conocer los protocolos de comunicación de cada fabricante podríamos realizar nuestro propio escáner, por su puesto que además de eso se necesita de mucha programación y de conocimientos básicos de electrónica.

La idea de acceder a toda la información del sistema **OBD** ha sido durante varios años el objetivo de varios aficionados a la automoción. Actualmente existen varias interfaces que permiten acceder a dicho sistema, sin embargo su principio de funcionamiento es celosamente guardado, sobre todo en la parte de programación ya que la electrónica

involucrada es generalmente sencilla pues sólo se requieren de reguladores de voltaje, diodos y resistencias.

En este capítulo se describirán los pasos básicos para desarrollar un escáner que consiste básicamente de dos partes: una interface (hardware) y un programa de diagnóstico (software). Este último se desarrollará en una plataforma móvil con el objeto de hacer el escáner más portátil y cómodo ya que será compatible con muchos teléfonos celulares.

### ✦ *Protocolos de comunicación.*

En los automóviles fabricados hasta el año 1996, generalmente había una única **ECU** en la que sus distintos circuitos electrónicos actuaban como **ECUs** independientes, de manera que al entrar en cada una de ellas parecía que estaban separadas y sin embargo formaban un mismo conjunto. Un mecánico intentando realizar una reparación, aparentemente se encontraba con varias **ECUs**, aunque realmente solo había una. Posteriormente se colocaron varias **ECUs** utilizando circuitos independientes en distintas zonas del automóvil conectadas por cientos de metros de cables. En los sistemas que se utilizan hoy en día (CAN BUS) funcionan como una red, con los distintos componentes unidos a través de dos únicos cables, el escáner se conecta al bus como un nuevo componente en la red. Para comunicarse con las **ECUs** lo primero que debe hacer el escáner es 'despertarlas' (Wake Up) o activarlas, intentando buscar una respuesta de la **ECU** con la que quiere comunicarse. A veces nos encontraremos con escáneres que nos indican que no hay una **ECU** presente en el vehículo cuando sabemos que si la tiene. Cuando sucede esto puede ser bien porque la **ECU** implementa un protocolo distinto para el cual el escáner no está preparado, o bien porque los tiempos de espera entre paquetes están fuera de los convencionales [17].

Los protocolos de comunicaciones empleados para la conexión de **ECUs** a los escáneres presentan incompatibilidades entre si. Por desgracia cada fabricante ha optado por utilizar sus propios protocolos, es decir, un fabricante puede utilizar distintos protocolos en distintos modelos de vehículo e incluso un mismo fabricante puede utilizar distintos protocolos en un mismo modelo según varié su año de fabricación. En ocasiones las diferencias pueden ser mínimas pero suficientes para que existan incompatibilidades.

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (**SAE**, por sus siglas en inglés *Society of Automotive Engineers*) reconoce al menos 4 protocolos de comunicación **Tabla 9**. El estándar **SAE J1850 VPW** [17] utiliza una señal de ancho de pulso variable la cual opera a 10.4 Kbaud. El estándar **SAE J1850 PWM** [17] utiliza una señal de modulación por ancho de pulso que opera a 41.7 Kbaud. El estándar **ISO 9141-2** [17] opera a 10.4 Kbaud y es similar al **RS-232**, tiene dos líneas: **L** y **K**. La mayoría de las comunicaciones con el bus del **OBD-II** ocurren en la línea **K** mientras que la línea **L** se utiliza para inicializar el bus. El estándar **ISO 14230CAN** [18] es el protocolo más reciente y se basa en un red de área del controlador, esta red puede enviar información arriba de 1Mbit/s de velocidad. Para el año 2008, todos los vehículos vendidos en los estados Unidos deberán incorporar el protocolo **CAN**.

Protocolo	Tipo de señal	Fabricante(s)
SAE J1850 VPW	Ancho de pulso variable	GM
SAE J1850 PWM	Modulación por ancho de pulso	Ford
ISO 9141-2	Comunicación serial: ❖ Línea L ❖ Línea K	Europeos, Asiáticos y Chrysler
ISO 14230 (CAN)	❖ CAN + ❖ CAN -	La mayoría de los fabricantes están empezando a incorporar CAN

**Tabla 9.** La SAE reconoce cuatro protocolos en el estándar J1850, los cuales definen el tipo de señales eléctricas que se propagarán a través del bus de comunicación de los vehículos.

### *Incompatibilidades entre los distintos protocolos.*

No solo los protocolos suponen un motivo de incompatibilidad ¿Que otros problemas se pueden encontrar a la hora de acceder a una ECU? Pues bien, en algunos vehículos se puede acceder a la ECU del Motor a una velocidad de 9600 baudios y a la ECU del Cuadro de Instrumentos a 10400 baudios y a la ECU del Climatizador a 4800 baudios. Además, cada marca de coches tiene unos identificadores de entrada a cada ECU que no tienen porque coincidir con los de otras marcas, por ejemplo un fabricante puede usar los siguientes identificadores de entrada a las ECUs: 01=motor, 02=Transmisión, 03=ABS, 08=Climatizador, 15=Airbag, 17=Cuadro Instrumentos, etc. mientras que otro fabricante puede usar distintos identificadores para esas mismas entradas.

Pero, ¿Para que sirven los protocolos? ¿A quien afectan estas incompatibilidades? Los protocolos son los que permiten que las ECUs se comuniquen con los escáneres. Las incompatibilidades entre protocolos, velocidades, identificadores, etc. implican que no existe un único escáner que permita el acceso a todos los vehículos. Cada fabricante dispone de sus propios escáneres, es mas, cada fabricante dispone de varios escáneres dependiendo del modelo y año de fabricación del coche que se quiere reparar. Como podemos observar, todas estas incompatibilidades solo dificultan la tarea de reparar un vehículo, ya que en muchas ocasiones un taller no dispondrá de todos los escáneres necesarios, no solo para los modelos de otras marcas sino también para la reparación de todos los modelos de su propia marca.

### **✦ Conector de enlace de diagnóstico DLC.**

El estándar SAE J1962 establece que todo automóvil compatible con OBD-II debe proveer un conector de enlace de diagnóstico DLC (Diagnostic Link Connector) (Fig. 49)

*Localización:* De acuerdo al J1962, el DLC debe estar localizado en el compartimiento del conductor incrustado en el tablero de instrumentos y de fácil acceso desde el asiento del

conductor. La localización ideal es entre la columna de dirección y la línea central del vehículo.

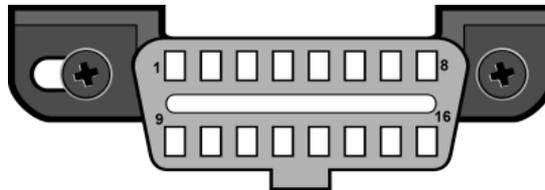


Fig. 49 Conector DLC

Como regla general, se puede determinar el tipo de protocolo de un vehículo examinando los pines del **DLC**.

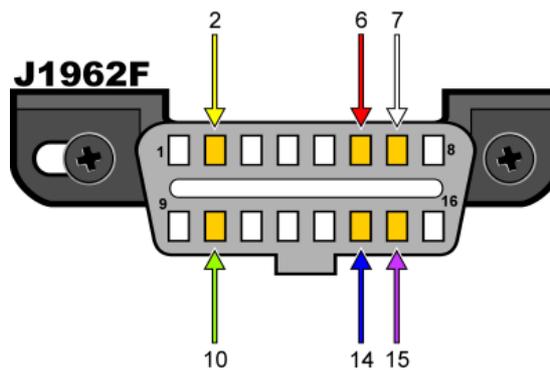


Fig.50 Pins del DLC

La siguiente tabla explica como determinar el protocolo por medio del **DLC**:

Estándar	Pin2	Pin6	Pin7	Pin10	Pin14	Pin15
J1850 PWM	✓	-	-	✓	-	-
J1850 VPW	✓	-	-	-	-	-
ISO9141-2	-	-	✓	-	-	✓*
CAN	-	✓	-	-	✓	-

\*El Pin 15 (llamado "Línea-L") es opcional y puede no estar presente en el vehículo.

**Tabla 10** Patigrama de los diferentes protocolos de comunicación

## ✦ *Requerimientos mínimos de una herramienta de diagnóstico OBD II*

El estándar **J1978** de la **SAE** describe los requerimientos mínimos para una herramienta de diagnóstico **OBD-II**. Este documento abarca desde las capacidades necesarias hasta el criterio al que debe someterse todo scanner para **OBD-II**. Los fabricantes de herramientas pueden agregar habilidades adicionales pero a discreción.

Los requerimientos básicos para una herramienta de diagnóstico **OBD-II** son:

- Determinación automática del protocolo de comunicación.
- Determinación automática y exhibición de la disponibilidad de información sobre inspección y mantenimiento.
- Exhibición de códigos de diagnóstico relacionados con la emisión, datos en curso, congelado de datos e información del sensor de oxígeno.
- Borrado de los **DTCs**, del congelado de datos y del estado de las pruebas de diagnóstico.

## CAPITULO V DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INTERFACE VEHÍCULO-TELÉFONO.

---

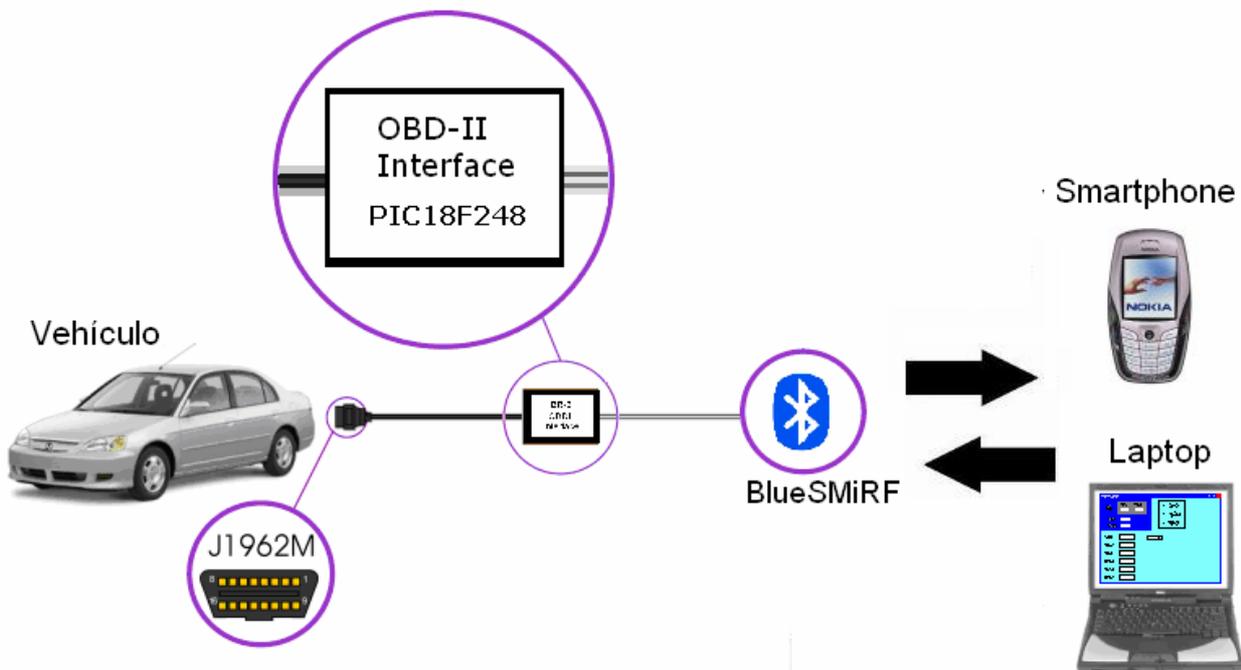
Los automóviles modernos no permiten acceder directamente a la información del **OBD-II** debido a su complejidad relativa. Sin embargo, con ayuda de una interface, esta información puede ser enviada a un teléfono celular o bien, a una **Laptop** que se encargue de interpretar los datos y mostrarlos en pantalla. La interface que se presenta a continuación es compatible con los cuatro principales protocolos de comunicación descritos anteriormente. En general un escáner está compuesto por un circuito electrónico (Interface o Hardware) y un programa de diagnóstico (Software) que unidos entre si extraen los datos de la **ECU** de los vehículos. Por separado, cada componente realiza las siguientes funciones:

a) **Interface:** Permite la comunicación entre la **ECU** y el teléfono celular. El circuito consiste en un Microcontrolador (**PIC18F248**) programado para inicializar y mantener la comunicación con la **ECU**. Una vez logrado esto, el **PIC** únicamente servirá como puente para el intercambio de información entre el dispositivo móvil y la **ECU**. La comunicación de éstos últimos se realiza vía bluetooth con ayuda del módulo **BlueSmiRF** (**Fig. 51**).

b) **Programa de diagnóstico:** El objetivo del programa consiste en enviar comandos o “preguntas” al **PIC** para que éste las envíe a la **ECU** a una velocidad de transmisión adecuada, el programa recibirá las “respuestas” de la **ECU** en su formato nativo (hexadecimal) por lo que será necesario realizar algunos cambios de base y en algunos casos aplicar factores de corrección los cuales se explicarán más adelante.

### ✦ *Comunicándose con la ECU.*

La principal complicación para establecer una comunicación con la **ECU** es que ésta maneja velocidades de transmisión poco usuales, por ejemplo para conectarse a una **ECU** basada en el protocolo **ISO 9141 -2** se necesita ajustar la velocidad de la interface a 5 baudios para inicializar la **ECU** e inmediatamente después pasarla a 10400 baudios para poder empezar a enviar comandos a la **ECU**. El desarrollo del programa del **PIC** de la interface es bastante sencillo pero demasiado laborioso y consiste, a grandes rasgos, en asignar diferentes velocidades de transmisión dependiendo del protocolo utilizado. No es el objetivo de esta tesis entrar en detalles de programación por lo que es más adecuado presentar un diagrama de bloques (**Fig. 52**) con las ideas principales, en vez de 2 hojas llenas de código confuso.



**Fig.51** La interface permite establecer una comunicación con el sistema **OBD** del vehículo, con lo que podemos conectar un telefono celular (smartphone) o una Laptop vía Bluetooth.

#### ✦ *Enviando preguntas a la ECU.*

Las preguntas que le enviaremos a la **ECU** en realidad son grupos de bytes los cuales están determinados por estándares que especifican su formato. El primer byte (conocido como “modo”) siempre describe el tipo de información solicitada, mientras que los restantes especifican la información requerida por medio de un “parámetro de identificación” o número **PID**. Los modos y los números **PID** son descritos en detalle en el documento **SAE J1979** [19], normalmente solo interesan 9 modos de prueba:

- 01 – muestra la información actual de los sensores
- 02 - muestra información congelada
- 03 – muestra DTC
- 04 – limpia códigos de falla
- 05 – resultados de prueba, sensores de oxígeno
- 06 – resultados de prueba, no-continuamente monitoreados
- 07 – muestra códigos de falla “pendientes”
- 08 - modo especial de control
- 09 – solicitar información del vehículo

Los parámetros de identificación **PIDs** nos permiten solicitar información al vehículo como su velocidad, RPM del motor, temperatura del refrigerante, presión del aceite, etc. Algunos fabricantes como **GM** y **Ford** tienen definidos **PIDs** especiales para proveer información adicional a sus vehículos. Nuestro escáner utiliza estos **PIDs** para preguntar por la lectura de los sensores, por ejemplo para preguntar al vehículo por la temperatura del refrigerante

del motor enviamos 01 (modo1) acompañado del **PID 05** a la interface, con lo que recibiremos una respuesta de la **ECU** parecida a esta: 41 05 7B.

Los primeros 2 Bytes (41 05) muestran que la interface está respondiendo al modo 01 con un PID 05, mientras el 7B es el valor de la información solicitada. Todos los datos que llegan de la interface están en base hexadecimal por lo que necesitamos cambiarlos de base para poderlos interpretar adecuadamente. Por ejemplo convirtiendo el valor 7B a decimal se tiene:  $7 \times 16 + 11 = 123$ . Este valor representa la temperatura del refrigerante en grados Celsius, generalmente la **ECU** no proporciona valores reales de los sensores, por lo que debemos de aplicar un factor de corrección (**Tabla.12**), en el caso del **PID 05** necesitamos sustraer el valor de 40 a la lectura, es decir  $123 - 40 = 83$  C[19].

<b>PID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Factor de corrección</b>
01x04	% de carga calculada	%	$(L_0 * 100) / 255$
01x05	Temperatura del refrigerante del motor	°C	$L_0 - 40$
01x0A	Presión de combustible	KPa	$L_0 * 3$
01x0B	Presión absoluta del múltiple de admisión	KPa	
01x0C	RPM del motor (2bytes)	rpm	$L_0 / 4$
01x0D	Velocidad del vehículo	Km/h	
01x0E	Avance del tiempo de encendido	°	$(L_0 - 128) / 2$
01x0F	Temperatura del aire de admisión	°C	$L_0 - 40$
01x10	Flujo de aire de admisión	g/s	$L_0 / 100$
01x11	Posición del acelerador	%	$(L_0 * 100) / 255$
01x14	Sensor de oxígeno	mV	$L_0 * 5$

**Tabla. 12** Principales **PIDs** con sus respectivos factores de corrección.

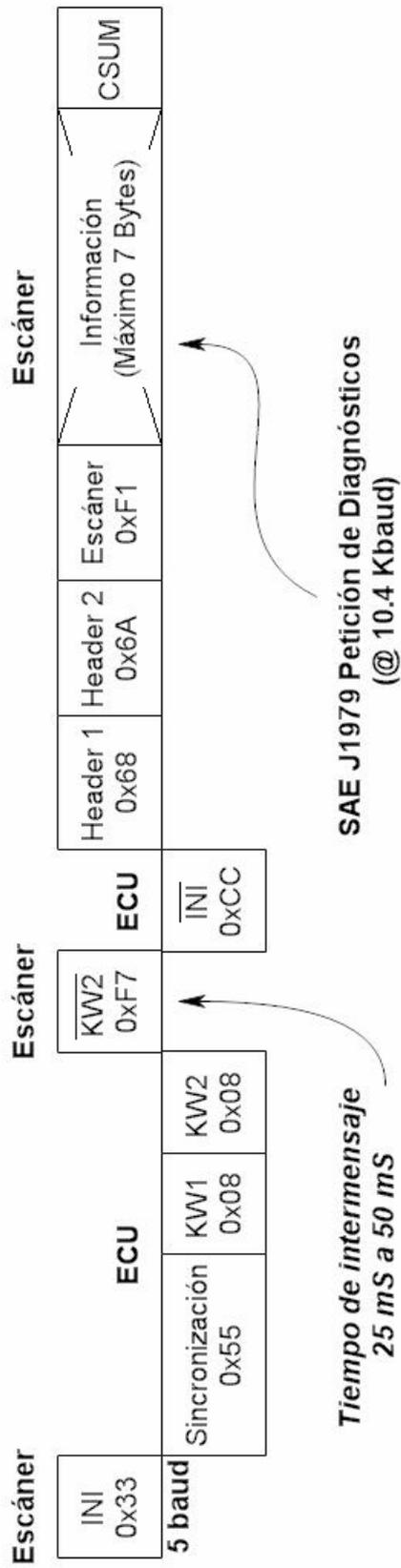


Fig. 52 Inicialización e implementación del protocolo ISO9141/2

### ✦ *Esquemas y diagramas de conexión.*

La **Fig. 54** muestra como se debe conectar el **PIC18F248** y en la **Tabla 13** se listan todos los componentes electrónicos necesarios. El circuito es alimentado directamente por el vehículo a través del pin16 del **DLC**, un diodo protector y algunos filtros llegan al regulador de voltaje **78L05**, el cual limita la corriente a **100 mA** que es un valor adecuado para poder experimentar con seguridad. Este regulador alimenta varios puntos críticos del circuito además de un LED que confirma visualmente que existe alimentación.

En el diagrama se muestran las conexiones de las interfaces **ISO9141-2** e **ISO14230** donde se proveen dos líneas de salida, aunque algunos vehículos no necesitan ser inicializados se incluye la Línea **L** para cumplir con los estándares. El **PIC18F248** controla ambas salidas **ISO** a través de los transistores NPN **Q6** y **Q7**, éstos transistores tienen conectadas resistencias de **510 Ω** a sus colectores, los datos son recibidos por la línea **K** del bus **OBD** y conectada al pin12 después de ser reducida por el divisor de voltaje **R20/R21**. El diagrama también muestra las conexiones de las interfaces **SAEJ1850**, el estándar **J1850 VPW** necesita una alimentación positiva de **8 V**, mientras que el **J1850 PWM** necesita **5 V**, para alimentar adecuadamente cada interface se utiliza un regulador de voltaje ajustable **L317**, con los valores de resistencias mostrados en el diagrama se obtienen voltajes de **7.5** y **5 V**, con los cuales se obtuvieron buenos resultados en los vehículos en los que se probó la interface. Las dos salidas del **J1850** son controladas por la combinación de **Q1** y **Q2** para el bus+, y por **Q3** para el bus-.

La entrada del **J1850 VPW** tiene un divisor de voltaje similar al usado en el **ISO**. La conectividad de la interface se basa en el módulo **BlueSMiRF** conectado a los pines 17 y 18 del **PIC18F248**, dicho módulo nos permitirá conectar un teléfono celular o una Laptop a nuestra interface vía bluetooth con un alcance máximo de **20 m**.

El módulo bluetooth necesita ser alimentado por el regulador **78L05** y conectado a tierra. Los cuatro **LEDs** conectados a los pines 25-28 sirven para confirmar la actividad del circuito, éstos no son esenciales para el funcionamiento de la interface, pero es agradable tener una respuesta visual al momento de experimentar.

Finalmente, el cristal conectado entre los pines 9 y 10 es del tipo estándar utilizado en microprocesadores de **4.0000 Mhz**. Los capacitores de **27pF** que se muestran son solo de ejemplo y se deben seleccionar los valores adecuados dependiendo de las especificaciones del cristal que se disponga. En la **Fig.53** se muestra la interface armada en un circuito impreso.

NOTA: La frecuencia del cristal es crítica y no debe ser modificada. Por otro lado para conectar la interface al vehículo se requiere de un cable especial **J1962-DB9F**.



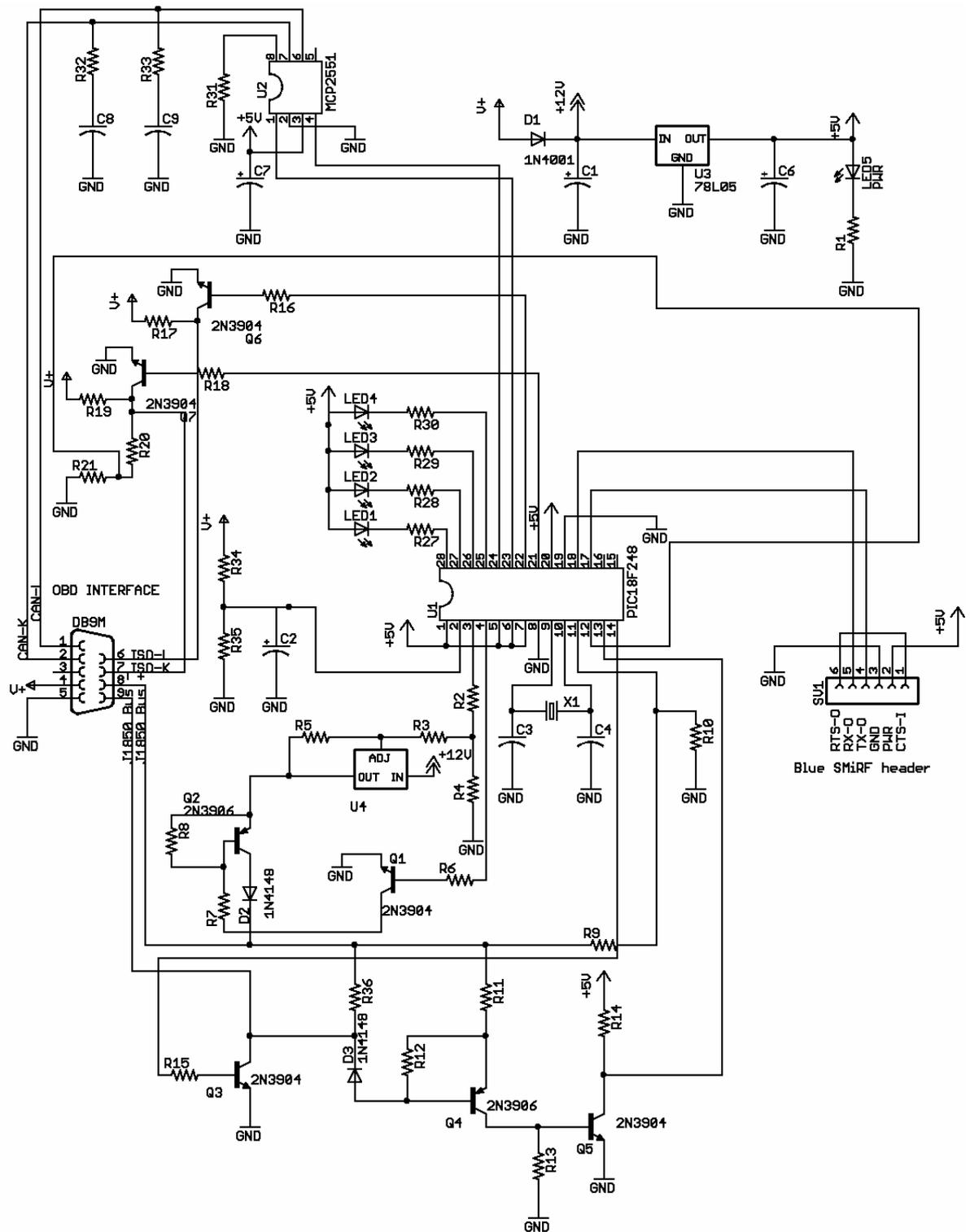


Fig. 54 Diagrama de conexiones de la interface

### ✦ *Compatibilidad de la interface.*

La interface ha sido probada con éxito en 17 vehículos diferentes los cuales se listan en la **Tabla 14**.

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Año</b>	<b>Protocolo</b>
Audi	A4	1997	ISO9141-2
Chevrolet	Cavalier	1998	ISO9141-2
Dodge	Neon	1996	ISO9141-2
Dodge	Stratus	2001	ISO9141-2
Ford	Contour	1996	J1850 PWM
Ford	Fiesta	2002	J1850 PWM
Ford	Focus	1999	J1850 PWM
Ford	Ka	2001	J1850 PWM
Honda	Civic	1997	ISO9141-2
Mitsubishi	Eclipse	2000	ISO9141-2
Nissan	Altima	2001	ISO9141-2
Renault	Clio	2003	ISO9141-2
Seat	Ibiza	2002	ISO9141-2
Volkswagen	Golf	1997	ISO9141-2
Volkswagen	Jetta	2000	J1850 PWM
Volkswagen	Lupo	1999	ISO9141-2

**Tabla 14** Vehículos probados compatibles con la interface.

## CAPITULO VI DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO

---

Hasta el momento hemos desarrollado la mitad de nuestro escáner, en este capítulo se abordará lo relacionado con el desarrollo del software de diagnóstico el cual consiste simplemente en el envío de **PIDs** y recepción de cadenas hexadecimales.

Un aspecto importante de este software es que tiene la capacidad de leer y dar una descripción detallada de los códigos de falla almacenados en la **ECU** del vehículo por medio de una base de datos genérica de **DTCs**.

Como el título de la tesis lo indica, nuestro escáner será desarrollado para un teléfono celular, sin embargo con unas ligeras modificaciones puede hacerse compatible con muchos dispositivos móviles más (PALMS, Pocket PCs, PDAs, etc.), pero sólo nos enfocaremos al celular puesto que se ha vuelto el dispositivo móvil más popular además de tener un futuro muy prometedor gracias al desarrollo de los nuevos Smartphones o “teléfonos inteligentes”. El programa de diagnóstico básicamente permitirá realizar las siguientes tareas:

Conectarse vía bluetooth con la interface.

Mostrar el valor de los sensores del vehículo (ECT, MAP, MAF, RPM, etc.)

Leer y describir los códigos de fallas.

Limpiar códigos de fallas.

Mostrar el voltaje de la batería.

### ✦ *Plataforma de desarrollo: Symbian S60.*

El primer paso para desarrollar una aplicación es sin duda la selección de la plataforma para la que se va a destinar, **Symbian S60** es una magnífica opción ya que es un sistema operativo diseñado específicamente para dispositivos móviles y es líder mundial en el mercado de los teléfonos inteligentes (**Fig.55**), además de poseer licencias de algunos de los más importantes fabricantes de dispositivos móviles de la industria, como *Nokia*. La flexibilidad del software **S60** permite varios diseños de hardware y configuraciones de software. De acuerdo con la investigación realizada por Canalys (enero 2007), **S60** es claramente el líder en software de dispositivos convergentes con 54.1% de la cuota del mercado a nivel global, para el cuarto trimestre de 2006[14]. Sólo *Nokia* distribuyó progresivamente cerca de 85 millones de dispositivos aptos para **S60** para finales del año 2006. Hasta la fecha, se han lanzado 49 dispositivos basados en **S60**, 20 de los cuales se basan en la más reciente 3ra Edición de **S60**.

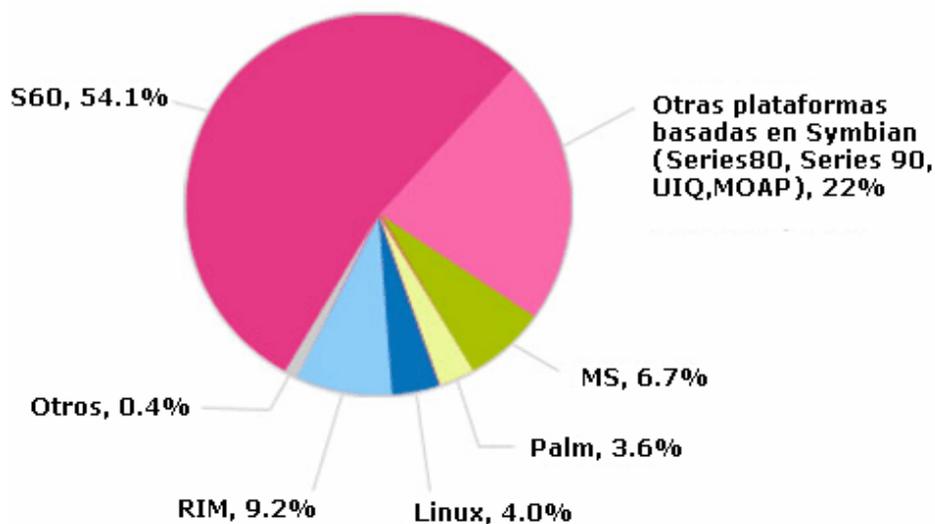


Fig. 55 Mercado a nivel global de los dispositivos convergentes para el cuarto trimestre de 2006 [14]

#### ✦ *Lenguaje utilizado: MobileVB.*

El siguiente paso en el desarrollo del software es la elección del lenguaje de programación, para esto se tomo mucho en cuenta el tiempo de desarrollo ya que fue un factor crítico al momento de desarrollar esta tesis. **MobileVB 6.5.3** de *Appforge*, resultó una muy buena opción ya que es una especie de *plug-in* la cual integra complementos y herramientas especialmente diseñadas para la plataforma **S60** a **Visual Basic 6.0** de *Microsoft*. Esto representa una gran ventaja ya que si se tiene experiencia en el desarrollo de aplicaciones con VB 6 se ahorrará bastante tiempo ya que no se necesita aprender un lenguaje nuevo de programación.

Por supuesto que existen otros lenguajes de programación para dispositivos móviles como **C++**, que requiere más esfuerzo de programación y el tiempo de aprendizaje es mayor si no se tiene experiencia en programación en **C**. **MobileVB** por otra parte es un lenguaje sencillo de programar siempre que se tengan conocimientos de programación orientada a objetos. La elección de este lenguaje reduce en gran parte el tiempo de aprendizaje y ofrece unas prestaciones aceptables en cuanto al aprovechamiento de recursos se refiere.

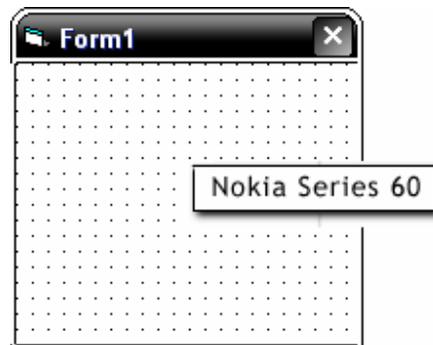
Otra ventaja de **MobileVB** es que permite visualizar el proyecto en un emulador de teléfonos **S60** para hacer pruebas previas de la aplicación, sin necesidad de ejecutarla directamente en el dispositivo móvil hasta que se esté totalmente satisfecho con el trabajo. Sólo se requiere tener instalado el **SDK S60** de Nokia que se distribuye gratuitamente en su foro [13].

### + *Desarrollo del programa.*

No se pretende describir en detalle el código del programa de diagnóstico, sólo se explicarán los aspectos de mayor importancia, asimismo se recomienda estar familiarizado con la programación en Visual Basic 6.

### ▀ *Formularios.*

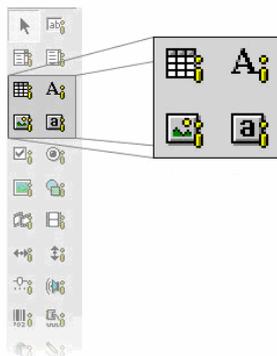
Los formularios se utilizan para crear ventanas que interactúan con el usuario, sirven de contenedores gráficos de controles tales como botones, etiquetas, etc. **MobileVB** proporciona una plantilla de formulario especialmente diseñada para la plataforma Nokia Series 60 (**Fig. 56**).



**Fig.56** Formulario de MobileVB para la Nokia Series 60

### ▀ *Controles Ingots.*

**MobileVB** proporciona una serie de controles llamados *Ingots* (**Fig.57**), estos controles son similares a los controles estándar de Visual Basic 6 y se programan de la misma forma. La única diferencia es que los *Ingots* están diseñados especialmente para funcionar en dispositivos móviles, mientras que los controles estándar sólo trabajan en Windows. Todos los controles ingots pueden ser fácilmente identificados por la letra "i".



**Fig.57** Controles Ingot en la barra de herramientas de Visual Basic 6.0, se identifican por la letra "i".

### ▀ **Variables globales.**

Se definen como variables globales a todas aquellas que son conocidas por todos los módulos del algoritmo, y su valor podrá ser modificado en cualquier parte del programa. Las principales variables que se declaran en el software de diagnóstico son:

**RCreg:** variable de tipo cadena donde se cargarán los datos que se reciban vía bluetooth.

**bandera:** variable tipo entero que sirve para activar el despliegue de datos en la pantalla.

**cont:** variable tipo entero que sirve para contar el número de **PIDs**.

### ▀ **Estableciendo la conexión: Bluetooth.**

Para establecer una conexión vía bluetooth con el vehículo se utiliza el *Ingot AFserial*.



**AFSerial:** Sirve para enviar y recibir datos a través del bluetooth del dispositivo, el funcionamiento de este control es muy similar al control *MSComm* de Visual Basic.

#### *Descripción general.*

Solo utilizaremos las siguientes propiedades y eventos del *AFSerial*:

#### Propiedades.

**Handshaking:** Especifica el método de control sobre el flujo de información. En nuestro caso estará desactivado.

**RThreshold:** Especifica el número de caracteres que deben estar presentes en el Buffer de recepción para que se produzca el evento *OnComm*. En nuestro caso será sólo un caracter.

**CommEvent:** Devuelve el evento mas reciente que ha ocurrido para generar el evento general *OnComm*. En nuestro caso sólo nos interesará el evento que se produce cuando recibimos datos (*afSerialEventReceive*)

**PortOpen:** Abre el puerto de comunicación y muestra la típica pantalla de conexión bluetooth (**Fig.58**). Puede tener los valores *True* (Para abrirlo) y *False* (Para cerrarlo).

**Output:** Envía caracteres al Buffer de salida, por ejemplo para enviar el PID 0105 ejecutamos la sentencia: `AFSerial.Output = "0" & "1" & "0" & "5"`

**Input:** Lee el Buffer de recepción, por ejemplo si queremos cargar el buffer de recepción a la cadena *RCreg* ejecutamos: `RCreg= RCreg & AFSerial.Input`

#### Eventos.

**OnComm:** Ocurre cuando el valor de las propiedades del *CommEvent* cambian.

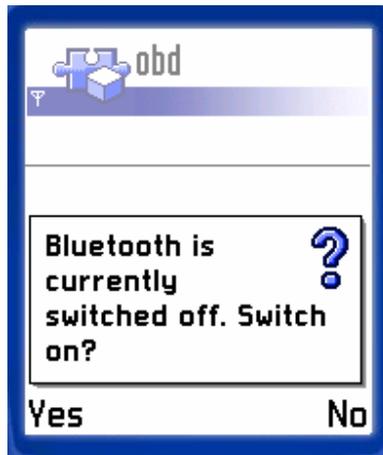


Fig.58 Pantalla de conexión bluetooth.

### ► *Escaneando los sensores del vehículo.*

Para escanear los sensores del vehículo se agregan al formulario los siguientes controles *Ingot*:



**AFTimer:** Para enviar los **PID** a un intervalo específico de tiempo que llamaremos tiempo de respuesta, se recomienda un intervalo de 500 ms para no perder información con la interface.



**AFTextBox:** Para mostrar los datos de los sensores en la pantalla.

#### *Descripción general:*

El programa completo escanea 12 sensores en 3 formularios distintos. Sin embargo para mayor claridad analizaremos sólo 1 formulario ya que los restantes funcionan exactamente igual.

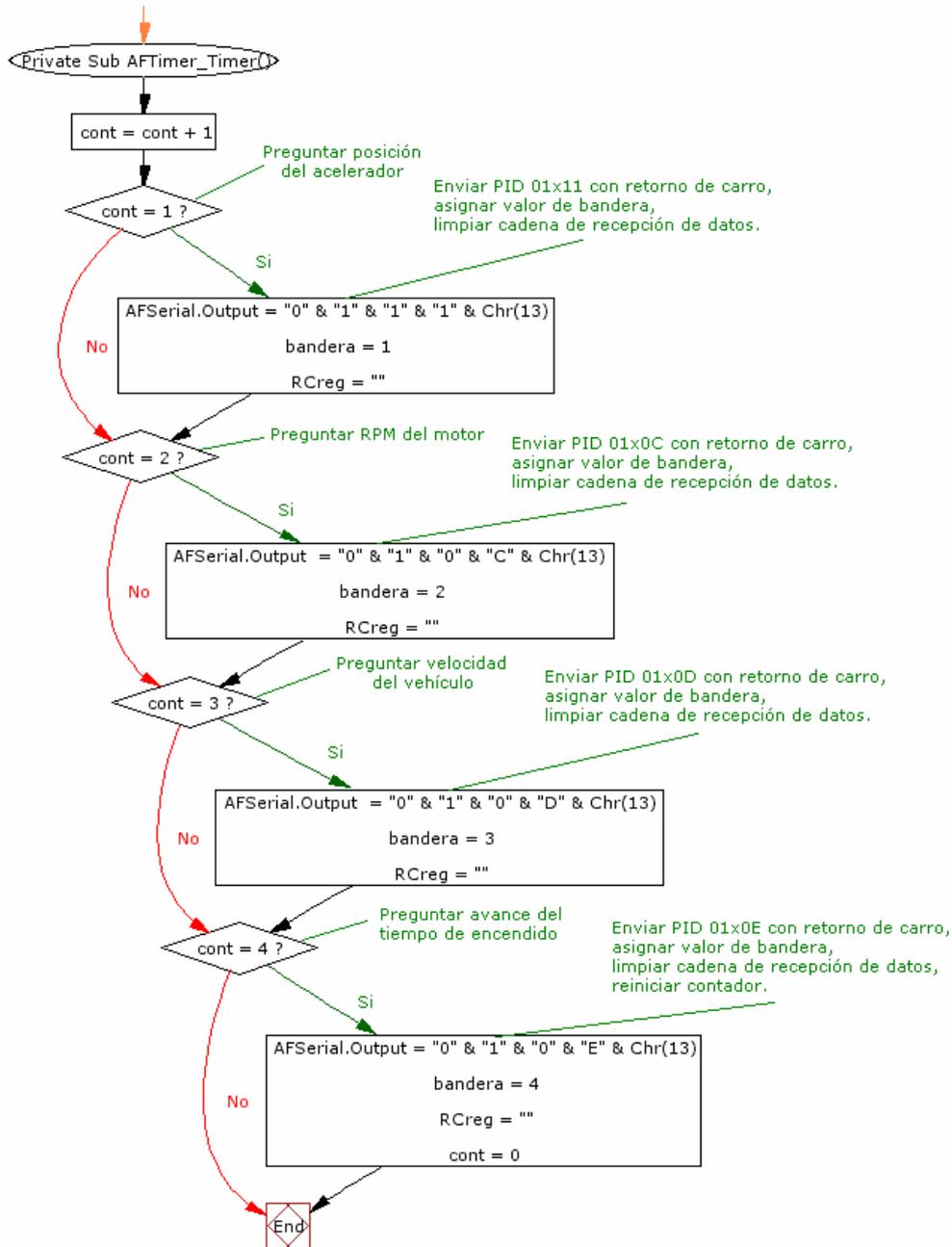
Al momento de escanear los sensores se activará un **AFTimer** el cual contiene un contador de control, para cada valor del contador se enviará un **PID** específico a la interface y se le asignará una bandera que servirá para mostrar los datos de los sensores en el **AFTextBox** en el evento *OnComm* del control **AFSerial** (Fig.61).

Los datos de los sensores se almacenarán temporalmente en la cadena de recepción de datos **RCreg** la cual se limpiará con cada incremento del contador **cont**. Esta cadena contiene caracteres que no proporcionan información útil, de hecho la información de los sensores se encuentra en sus últimos 2 caracteres, sin embargo hay que tener cuidado en el caso de las

**RPM** del motor puesto que su información es de 2Bytes y por lo tanto tiene 4 caracteres de información útil.

Como todos los datos que se reciben están en hexadecimal es necesario cambiarlos a base 10 con la instrucción *CLng*. Antes de mostrar los datos en la pantalla se deben aplicar los factores de corrección a las lecturas (Fig.13).

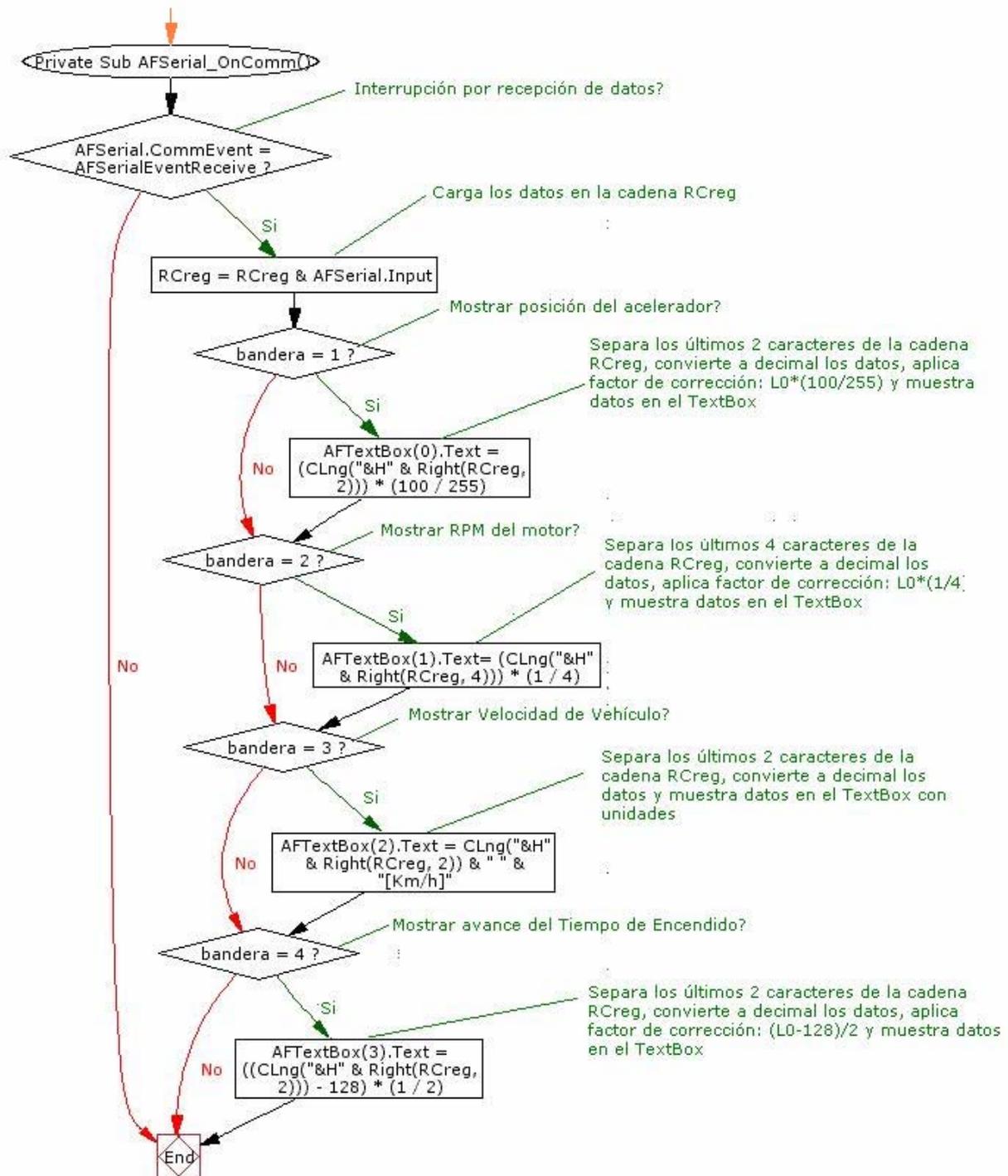
Un detalle importante es que se debe añadir un retorno de carro a cada **PID** que se envíe para que la interface interprete correctamente la información, esto se logra anexando el caracter **ASCII 13 al PID**.



**Fig. 59** Diagrama de flujo para escanear los sensores del vehículo.



**Fig.60** Despliegue del programa para escanear sensores en el emulador S60 de Nokia.



**Fig. 61** Diagrama de flujo del evento *OnComm* que muestra los datos de 4 sensores.

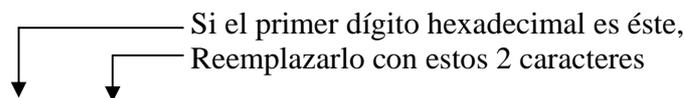
► **Interpretando los códigos de falla del vehículo.**

Generalmente para lo que más se utiliza un escáner es para leer los códigos de falla del vehículo, para esto hay que acceder a nuestra interface en el modo 03, con lo que recibiremos una respuesta típica de la forma:

43 01 33 00 00 00 00

En este caso el '43' indica que la interface está respondiendo al modo 03, los siguientes 6 bytes contienen la información del código de falla y deben ser leídos en pares: 0133, 0000, 0000.

Toda esta información se almacenará en la cadena de recepción de datos **RCreg**. Cabe mencionar que los ceros añadidos no representan ningún código en sí, sólo son requeridos por estándares de la **SAE**. El bit más significativo de los códigos de falla contiene información adicional, la cual puede ser fácilmente interpretada con la siguiente tabla [19].



0	P0	Códigos de Tren Motriz- Definidos por SAE
1	P1	“ “ – Definidos por el fabricante
2	P2	“ ” - Definidos por SAE
3	P3	“ “ – Definidos por el fabricante
4	C0	Códigos de Chasis – Defendidos por SAE
5	C1	“ “ – Definidos por el fabricante
6	C2	“ “ – Definidos por el fabricante
7	C3	“ “ – Reservado para el futuro
8	B0	Códigos de Carrocería – Definidos por SAE
9	B1	“ “ – Definidos por el fabricante
A	B2	“ “ – Definidos por el fabricante
B	B3	“ “ – Reservado para el futuro
C	U0	Códigos de Red de Área del Controlador – Definidos por SAE
D	U1	“ “ – Definidos por el fabricante
E	U2	“ “ – Definidos por el fabricante
F	U3	“ “ – Reservado para el futuro

Volviendo al ejemplo del código 0133, como el primer dígito es 0, entonces según la tabla el código será **P0133** el cual se interpreta como “una respuesta lenta del circuito del sensor de oxígeno”.

Como la cadena **RCreg** recibirá algunos datos que no nos interesan, por ejemplo los dos primeros caracteres, es necesario “limpiarla”. Para esto utilizamos la instrucción `Right(RCreg, 12)` la cual toma los últimos 12 caracteres empezando por la derecha de la

cadena **RCreg**. El siguiente paso es separar el primer dígito del **RCreg** ya que es el que contiene la información adicional del **DTC**, esto se logró con ayuda de la instrucción anidada `Left(Right(RCreg, 12), 1)`, es decir se toma el primer carácter empezando por la izquierda de la cadena anteriormente separada (**Fig.64**).

Para clasificar el primer dígito se utilizó una estructura de decisión tipo *Select Case*, por otro lado, para interpretar correctamente los códigos recibidos se diseñó una base de datos relacional que almacena **DTC** genéricos en campos los cuales se agrupan en una tabla de registros (**Fig. 62**). Cuando llega información **DTC** el programa clasificará los datos y buscará entre los registros de la base para después mostrar la descripción de los **DTC** en la pantalla. La base de datos se creó con *Microsoft Access 2000*.

ID	CODIGO	DTC
602	P1116	Engine Coolant sensor out of range/ECT Sensor Out Of Self T
603	P1117	Engine Coolant Sensor intermittent/ECT Sensor Intermittent
604	P1118	Manifold Absolute Temperature Circuit Low Input
605	P1119	Manifold Absolute Temperature Circuit High Input
606	P1120	Throttle position sensor out of range
607	P1121	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
608	P1122	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
609	P1123	Throttle Position Sensor In Range But Higher Than Expected
610	P1124	Throttle Position Sensor Out Of Self Test Range
611	P1125	Throttle position sensor intermittent
612	P1126	Throttle Position (Narrow Range) Sensor Circuit Malfunction

**Fig. 62** Base de datos de códigos de fallas genéricos desarrollada en Microsoft Access 2000.

► **Buscar los códigos de fallas en la base de datos.**

Una vez recibidos y clasificados los datos **DTC** en la cadena **RCreg**, solo resta buscar una descripción que nos facilite su interpretación con ayuda de nuestra base de datos. Para buscar los códigos de falla primero se debe convertir la base de datos previamente creada con *Microsoft Access* (con extensión \*.mdb) al tipo **PDB** (Palm database) la cual será compatible con nuestra plataforma **S60**. Para esto se utilizó la herramienta *Appforge Database Converter*, la cual se incluye en el paquete de desarrollo de *MobileVB 6.0*. Se debe tener cuidado de guardar el archivo transformado (con extensión \*.pdb) en el mismo directorio de nuestro proyecto de trabajo.

Una vez que se tiene lista la base de datos accederemos a ella, esto se logra en tiempo de ejecución con el método **PDBOpen**:

*PDBOpen(Style As tOpenStyle, Filename As String, CardNo As Long, dbID As Long, Type As Long, Creator As Long, mode As tOpenMode)*

Donde:

**Style:** Especifica el modo de abrir la base de datos, en nuestro caso será por el nombre del archivo del PDB (Byfilename)

**Filename:** Especifica la dirección del archivo **PDB**, cabe señalar que cuando se ejecuta el programa en Windows se necesitará especificar la ruta completa del archivo (no se necesita agregar la extensión .pdb).

**Mode:** Representa el modo en que se accederá a la base de datos, en nuestro caso utilizaremos el modo lectura y escritura permitida (afModeReadWrite)

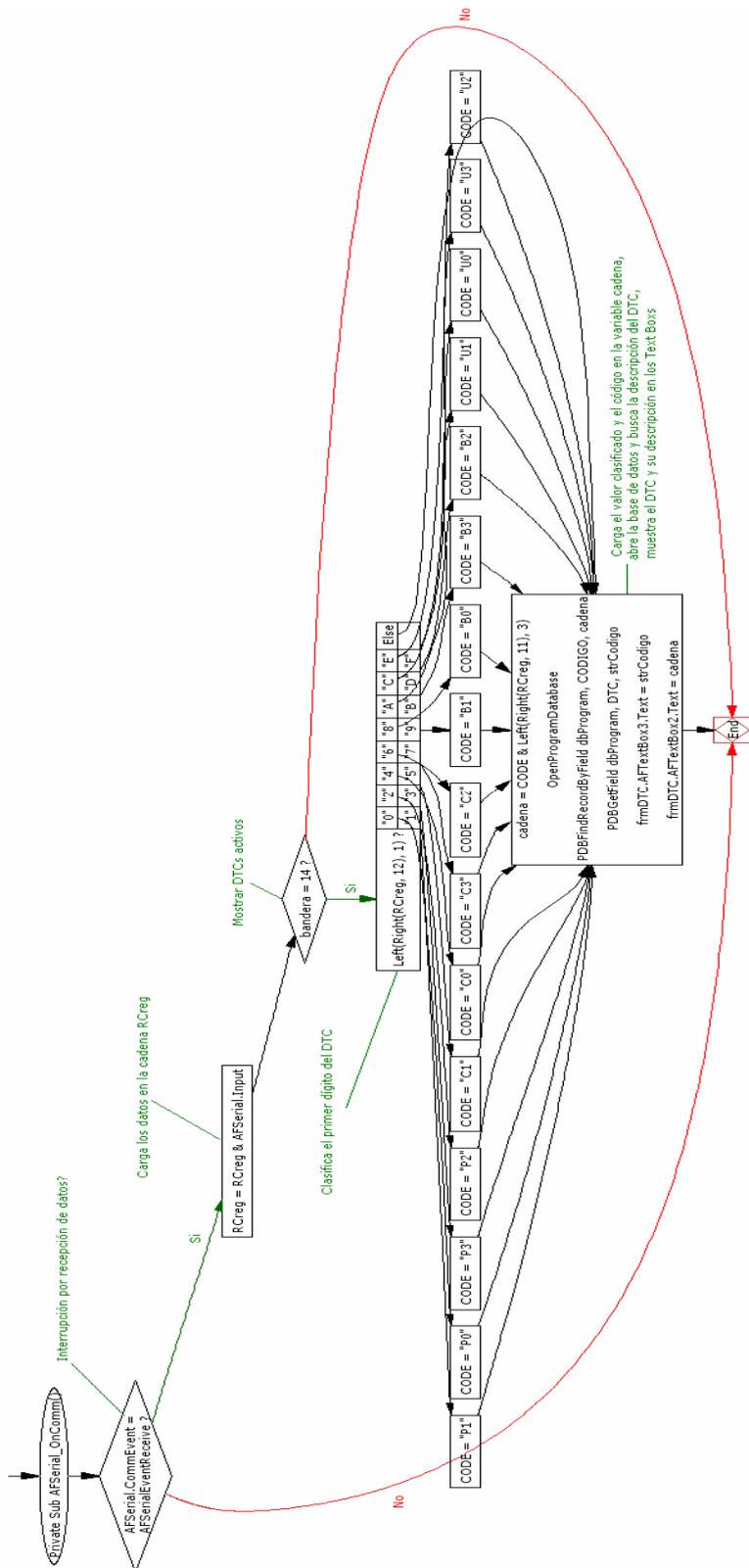
Los demás parámetros del método **PDBOpen** no son relevantes y generalmente su valor es cero.

El siguiente código muestra como abrir la base de datos de nuestro programa:

```
Option Explicit
' Declarar la variable global dbProgram
Public dbProgram As Long
Public Function OpenProgramDatabase() As Boolean
' Abrir la base de datos
#If APPFORGE Then
dbProgram = PDBOpen(Byfilename, "DTC", 0, 0, 0, 0, afModeReadWrite)
#Else
dbProgram = PDBOpen(Byfilename, App.Path & "\DTC", 0, 0, 0, 0, afModeReadWrite)
#End If
End Function
```



**Fig.63** Despliegue del programa para interpretar **DTCs** en el emulador **S60** de Nokia.



**Fig.64** Diagrama de Flujo para leer DTCs.

✦ **Compatibilidad del software de diagnóstico.**

El software de diagnóstico para la plataforma **S60** ha sido probado en 23 teléfonos celulares (**Tabla 15**) de distintos fabricantes y modelos. Es importante señalar que todos estos teléfonos son Smartphones, esto quiere decir que tienen capacidades más avanzadas de procesamiento de datos que los celulares normales.

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>
LG	KS10
Nokia	6121
Nokia	6120
Nokia	5700
Nokia	N77
Nokia	E90
Nokia	E65
Nokia	5500
Nokia	N72
Nokia	N73
Nokia	N80
Nokia	E60
Nokia	6682
Nokia	6680
Nokia	N- Gage
Nokia	7610
Nokia	6620
Nokia	6600
Nokia	7650
Panasonic	X800
Panasonic	X700
Samsung	SGH-D720
Siemens	SX1

**Tabla 15** Compatibilidad de teléfonos celulares con el software de diagnóstico.

## CAPITULO VII PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO EN VEHÍCULOS.

---

### ✦ *Pruebas de diagnóstico en un Ford Contour GL Modelo 1996*

Se probó la interface en el auto Ford Countour 96 (Fig. 65) utilizando el protocolo de comunicación J1850 PWM[17]. En esta primera prueba se indujo al fallo el vehículo ya que intencionalmente se instaló una válvula PCV defectuosa con la intención de probar que nuestro escáner es capaz de detectar dicho fallo. Una válvula en mal estado puede provocar inestabilidad en el motor por exceso de aire lo que se refleja en una mezcla muy pobre y falta de potencia. Por tal motivo se espera que el sensor de oxígeno entregue un voltaje muy bajo como señal de una mezcla pobre.



Fig.65 Ford Contour Modelo 96.

El primer síntoma del vehículo se percibió en el tablero de instrumentos ya que se iluminó la lámpara *Check Engine* (Fig. 66).



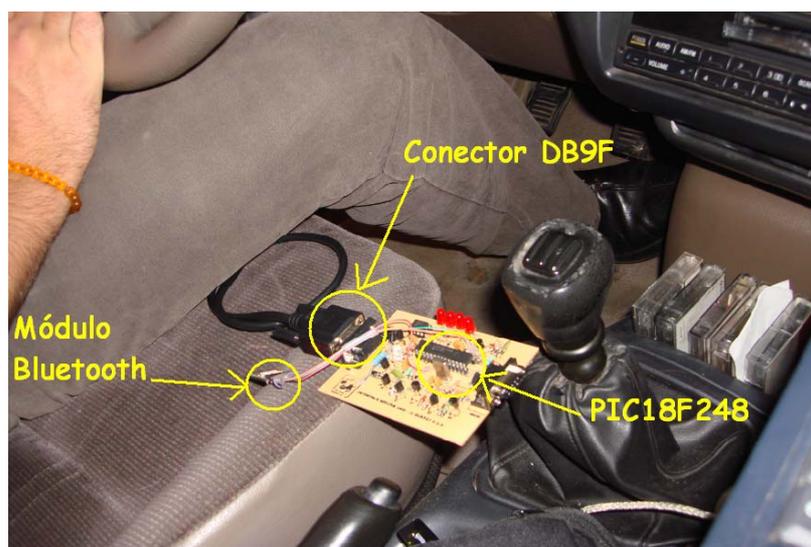
Fig. 66 Tablero de instrumentos del vehículo donde se puede apreciar que la luz testigo se encuentra encendida.

El primer paso para realizar la prueba fue localizar el conector de enlace de diagnóstico DLC en el vehículo, lo cual fue fácil ya que por norma se debe encontrar de manera accesible desde el asiento del conductor Fig. 67.



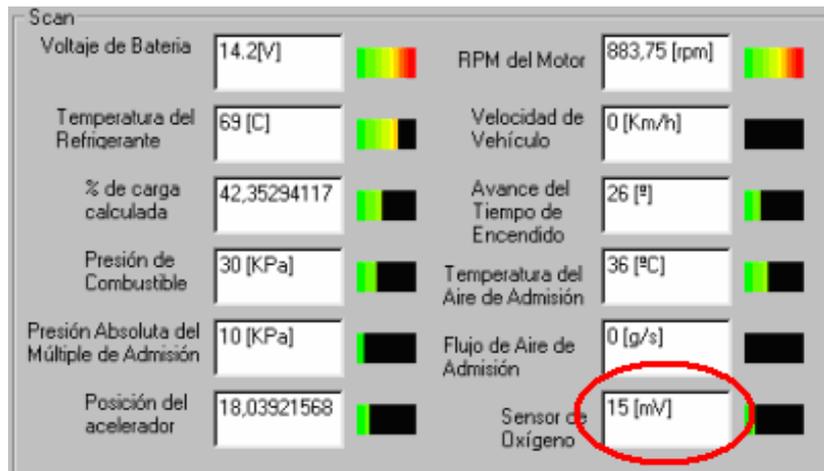
**Fig.67** Ubicación del conector de enlace de diagnóstico **DLC**.

Posteriormente se conectó la interface al vehículo por medio de un cable **J1962-DB9F** y se estableció una comunicación vía Bluetooth con una Laptop para analizar el valor de los sensores del vehículo. Por supuesto que estos valores también se pudieron haber escaneado vía teléfono celular, sólo que se prefirió utilizar la Laptop para hacer notar que la interface puede funcionar en ambas modalidades.

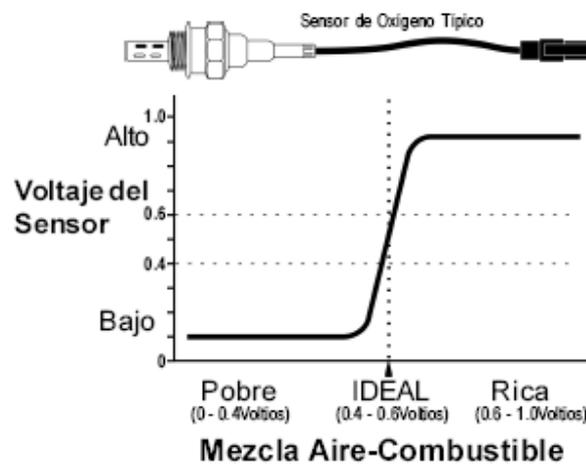


**Fig. 68** Conexión de la interface en el vehículo donde se muestran sus principales componentes.

Al analizar las lecturas de los sensores nos podemos dar cuenta que el sensor de oxígeno efectivamente nos está entregando un valor demasiado bajo. Un sensor de oxígeno típico debe mantener su valor entre 0.4 y 0.6 V para garantizar una mezcla ideal de 14.7:1. Si se encuentra por debajo de este rango la mezcla será pobre **Fig.70**.



**Fig. 69** Valores de los sensores del vehículo escaneados con una Laptop conectada vía bluettoth a la interface, nótese que el sensor de oxígeno está muy por debajo de los 0.4 Volts.



**Fig.70** Operación típica de un sensor de oxígeno

Por último se leyeron los códigos de falla del vehículo pero esta vez vía teléfono celular, el código que recibimos fue el **P1131** (**Fig. 71**). Este código indica que el voltaje del sensor de oxígeno de sonda calentada (HO2S) está por debajo de 0.4 V, lo cual significa que existe una mezcla pobre, esto sucede generalmente cuando existe una fuga de vacío antes del sensor **MAF** y se puede deber a una válvula **PCV** defectuosa o a una de sus mangueras en

mal estado. También es posible que se deba a una baja presión del combustible o a un inyector pegado. Con esto podemos concluir que el escáner nos ayudó a diagnosticar con éxito el fallo, sin embargo esta herramienta por si sola no es totalmente eficaz puesto que siempre serán necesarios los conocimientos profundos de la mecánica junto con mucha experiencia y pericia.



**Fig. 71** Lectura de los **DTCs** con el teléfono celular, aquí se puede apreciar como el sensor de oxígeno de sonda calentada indica que existe una mezcla pobre.

#### **✦ Pruebas de diagnóstico en un Dodge Neon Modelo 1996.**

Este vehículo fue escaneado vía teléfono celular y sólo se leyeron los valores de los sensores para ejemplificar el uso del escáner y la interface (**Fig.74-76**). El protocolo de comunicación utilizado fue el **ISO9141-2**[17].

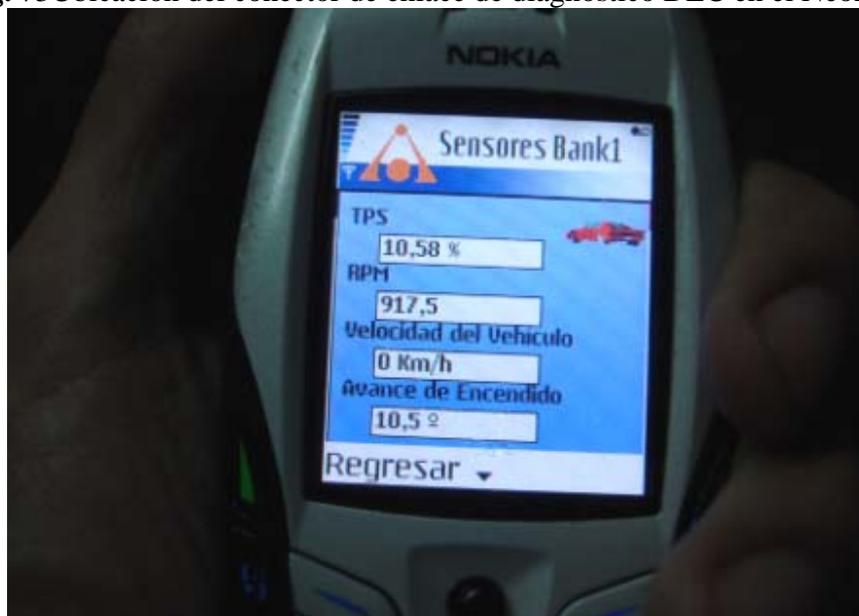


**Fig.72 Dodge Neon modelo 1996**

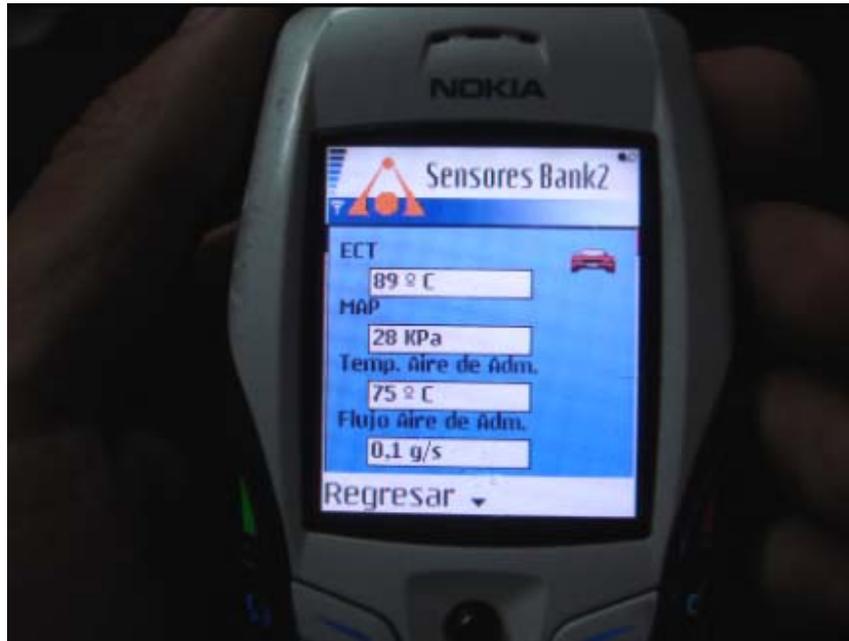
Primero se ubico el conector de diagnóstico de enlace para establecer la comunicación con la interface **Fig. 73**.



**Fig. 73** Ubicación del conector de enlace de diagnóstico DLC en el Neon 96.



**Fig. 74** Escaneo de los sensores vía teléfono celular, aquí se pueden apreciar los valores del sensor de posición del acelerador, las revoluciones del motor, la velocidad del vehículo y el avance del tiempo de encendido.



**Fig. 75** Escaneo de los sensores vía teléfono celular, aquí se pueden apreciar los valores de la temperatura del refrigerante del motor, la presión absoluta en el múltiple y el flujo y la temperatura del aire de admisión.



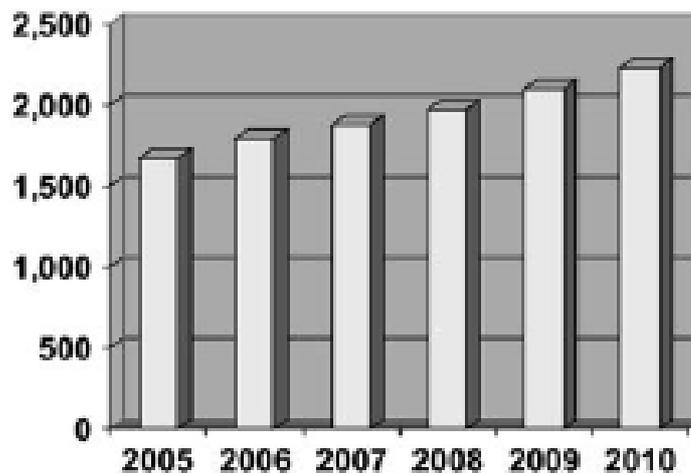
**Fig. 76** Escaneo de los sensores vía teléfono celular, aquí se pueden apreciar los valores de la carga del motor, el voltaje del sensor de oxígeno, la presión del combustible y el voltaje de la batería.

## CONCLUSIONES

---

Los grandes desarrollos en los sistemas de seguridad de los automóviles y su rápida introducción al mercado han traído como consecuencia una demanda excesiva de sensores. Un estudio reciente predice que el mercado global de sensores se elevará de aproximadamente 1.67 billones de unidades en 2005 a 2.24 billones hacia 2010 (Fig. 77) [5]. Esta investigación ha identificado la seguridad como el segmento de mercado de mayor auge, con una tasa media de crecimiento anual del 13.7% para 2010.

No cabe duda que la electrónica contenida en los vehículos seguirá aumentando, ya sea por las demandas de consumo de seguridad, comodidad y confort, o por las regulaciones de emisiones del gobierno que cada vez son más estrictas, la demanda de sensores automotrices seguirá creciendo para el futuro previsible y el contenido de electrónica para el 2010 se espera sea igual al mercado de computadoras personales.



**Fig. 77** Mercado global de los sensores automotrices, 2005-2010 en millones de unidades

Hoy en día el diagnóstico automotriz ha llegado a ser de vital importancia, ya que de él depende el evitar accidentes irreversibles y daños catastróficos. El correcto diagnóstico de un vehículo puede ser lo más importante al momento de abordar un falla, ya que muchas veces el hecho de reemplazar un simple sensor solucionará el problema, sin embargo si no se realiza un diagnóstico adecuado, la mano de obra será costosa y se perderá demasiado tiempo en llegar a la solución de la falla. Por tal motivo es muy importante conocer las características y principios básicos de funcionamiento de los sensores automotrices.

Actualmente el ritmo de vida es muy agitado y casi nadie tiene tiempo para ponerse a pensar si el funcionamiento del motor de su vehículo se encuentra en buen estado. El conductor promedio no se preocupa de diagnosticar su auto hasta que éste comienza a manifestar una falla ya sea en la pérdida de potencia o en el exceso del consumo de combustible, esto se podría evitar si se revisara periódicamente el “estado” del vehículo, de ahí la importancia de contar con una herramienta de diagnóstico portátil que sea fácil de utilizar, actualmente el teléfono celular se ha convertido en un dispositivo indispensable y todo mundo lleva consigo uno, el diagnóstico portátil no necesariamente tiene que ser un accesorio más que se tenga que llevar en el bolsillo sino una aplicación extra dentro de nuestro celular.

Por otro lado, lo más probable es que el conductor no esté capacitado para interpretar la información de diagnóstico y aún teniendo los valores de los sensores y los códigos de fallas del vehículo, no sepa bien que hacer con ellos. Por esa razón la idea de tener un escáner en el teléfono celular nos permitiría enviar toda la información de diagnóstico a un centro de servicio remoto con personal calificado, el cual se encargaría de evaluarla y hacernos llegar un reporte de diagnóstico ya interpretado donde se especificarán las fallas probables del vehículo. Esto también representaría un ahorro de tiempo ya que el técnico tendría una idea general del estado del vehículo incluso antes de tenerlo físicamente ante él.

Otra posibilidad interesante que nos podría ofrecer el escáner vía teléfono celular, es la de alarmar al conductor en caso de un fallo en el vehículo enviándole un mensaje de texto a su celular, o incluso se podría avisar cuando algún sensor se encontrara fuera de su rango de operación con lo que se podría detectar oportunamente una falla del vehículo para que ésta no crezca y complique más el problema.

## BIBLIOGRAFÍA.

---

- [1] R. Bogue "Safety concerns drive the automotive sensor markets," *Sensor Review* Volume 26 · Number 3 · 2006 pp. 231–235
- [2] H. Norton, "Transducer fundamentals," in *Handbook of Transducers*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989, ch. 2.
- [3] W. Fleming, "Overview of automotive sensors," *IEEE Sensors Journal*, vol.1, no.4, pp. 296-306 Dic 2001.
- [4] "North American Automotive Sensor Market," Frost and Sullivan, Mountain View, CA, 1999.
- [5] G. Brasseur, "Robust Automotive Sensors" IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Ottawa, Canada, May 19-21, 1997
- [6] M. Barron and W. Powers, "The role of electronic controls for future automotive mechatronic systems," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 1, pp. 80–88, Mar. 1996.
- [7] B. Bertuol, "Sensors as key components for automotive systems", *Sensors and Actuators A*, vol. 25-27, pp. 95-102, 1991.
- [8] R. Dell'acqua - g.m. Imossi "Sensors technologies for automotive applications" IEEE /CHMT 1989 Japan IEMT Symposium
- [9] Zabler E. et al., "Mechatronic sensors in integrated vehicle architecture", *Sensors and Actuators A*, vol. 31, pp. 54-59, 1992.
- [10] Robert Bogue "Advanced automotive sensors" *Sensor Review* Volume 22 · Number 2 · 2002 · 113–118
- [11] Información Técnica Automotriz para profesionales "Autodata 5.8 2006 CD2"
- [12] <http://www.picotech.com/auto/automotive-software.html>
- [13] <http://www.forum.nokia.com/>
- [14] *Overview: Symbian & Smartphone Market By Small Device Technologies* June 3, 2004
- [15] OBD-2. By: Simanaitis, Dennis. *Road & Track*, Jan99, Vol. 50 Issue 5, p132, 4p; (AN 1368093)
- [16] Analytic technology: *DIAGNOSE WHAT AILS YOUR AUTO*. By: Vrana, Greg. *EDN Europe*, Jan2002, Vol. 47 Issue 1, p35, 5p, 1 chart, 4 diagrams; (AN 5949687)
- [17] SAE J 1850 May 2001, *Class B Data Communication Network Interface*, 2004 SAE Handbook, SAE International, 2004.
- [18] Wang Xing; Huiyan Chen; Huarong Ding, "The application of controller area network on vehicle," *Vehicle Electronics Conference*, 1999. (IVEC '99) Proceedings of the IEEE International , vol., no.pp.455-458 vol.1, 1999,
- [19] SAE J 1939, *Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network*, *SAE J1939 Standards Collection*, SAE International, 2004.

## ANEXOS.

---

### ✦ *Glosario de términos comunes*

**ABS** (*Antilock Breaking System*): Sistema electrónico que evita el bloqueo de las ruedas en las frenadas por lo que el vehículo puede mantener su trayectoria. Puede llevar incorporado un repartidor de la frenada ó EBD.

**ACC** (*Automatic Cruise Control* - Control de velocidad de crucero): Es un sistema que permite mantener una velocidad de crucero de forma automática sin que el conductor tenga que pisar el acelerador. Se desconecta automáticamente en caso de pisar el freno.

**ASG**: Caja de cambios controlada automáticamente. El conductor puede elegir entre un accionamiento completamente automático de la caja de cambios o por un accionamiento mecánico que incluye la selección de las marchas de forma manual, pero con un actuación automática del embrague.

**ASR**: Sistema antipatinamiento utilizado en el grupo VAG (Seat, Audi, VW, Skoda) que frena la rueda que en tracción gira en vacío evitando la pérdida de ésta tracción.

**AVS** (*Adaptive Variable Suspension*): Sistema de suspensión neumática adaptable de la marca Lexus.

**AYC** (*Active Yaw Control*): Control de deriva activo. Sistema de Mitsubishi que controla el derrapaje que actúa sobre la potencia total transfiriendo par mediante el diferencial trasero activo electrónico. Dispuesto en el Lancer (Carisma) Evo VI del Campeonato del Mundo de Rallyes y que se monta en serie en el Carisma GT Evolution Edición Tommi Makinen.

**CANBUS** (*Controller Area Network* – Red de Buses de Datos de Control): Red informática formada por varios transmisores de datos para controlar distintas funciones en el automóvil.

**ECU** (*Engine Control Unit*): La Unidad de Control del Motor, es una computadora que modifica los datos (software) programados por el fabricante en la unidad de mando del motor aumentando la potencia del mismo. También puede variar valores de corte de inyección.

**Cruise Control** (*ACC Automatic Cruise Control* - Control de velocidad de crucero): Es un sistema que permite mantener una velocidad de crucero de forma automática sin que el conductor tenga que pisar el acelerador. Se desconecta automáticamente en caso de pisar el freno.

**CVT** (*Continuously Variable Transmission*): Transmisión Continuamente Variable. (Variador Continuo). Tipo de cambio basado en una transmisión automática

continuamente variable con dos poleas móviles y la correa de transmisión que discurre entre ellas. En principio, este tipo de transmisión ofrece un número infinito de relaciones de cambio. Electrónicamente se pueden memorizar las relaciones en algunos casos para ofrecer un cambio manual tipo secuencial.

**ESP:** Programa Electrónico de Estabilización del grupo VAG (Seat, Audi, VW, Skoda). Sistema que detecta la desviación sobre la trayectoria y frena en milisegundos y rueda a rueda, la que sea necesario cuando detecta pérdidas de trayectoria según el cálculo de las velocidades de giro de cada rueda, del vehículo y cantidad de giro de las ruedas.

**FWD** (*Four Wheel Drive*): Ttracción a las cuatro ruedas.

**GPS** (Global Position System): Sistema que utilizan los navegadores, está basado en el cálculo de la posición terrestre a través de la información recibida de varios satélites geostacionarios.

**OBD** (*On Board Diagnostic*): Sistema de diagnosis incorporado en el vehículo para controlar las emisiones contaminantes, es capaz de detectar cualquier malfuncionamiento causante de rebasar las cantidades de emisiones permitidas de monóxido de carbono, hidrocarburos u óxido de nitrógeno y partículas.

**OBD II:** Diagnostico de a bordo II es la segunda generación de los sistemas de diagnostico de emisiones requerido en los vehículos más modernos. El sistema OBD II controla las emisiones del vehículo, e ilumina una lámpara de chequeo del motor o “lámpara indicadora de funcionamiento defectuoso (MIL)” si detecta un problema que causa emisiones que exceden en un 50% los límites legales. El sistema OBD II también almacena los códigos de falla en memoria para ayudar a los técnicos a diagnosticar la causa de los problemas de emisión. Los sistemas OBD II tienen enchufes normalizados de 16 conexiones para la toma de diagnosis.

**OEM** (Original Equipment Manufacturer): Término muy utilizado últimamente. Se refiere a los fabricantes de equipo original y también, por extensión, a los procesos e incluso características de los elementos, sistemas o conjuntos.

**TPMS** (*Tire Pressure Monitoring System*): Sistema de Control de la Presión de los Neumáticos. Este sistema controla la presión de los neumáticos utilizando sensores en el interior de las válvulas y activando un aviso si hay una pérdida de presión

### ✦ **Iniciales y abreviaturas.**

**CMP** (*Camshaft Position Sensor*): Sensor de posición del árbol de levas.

**CPS** (*Crankshaft Position Sensor*): Sensor de posición del cigüeñal.

**CTS** (*Coolant Temperature Sensor*): Sensor de temperatura del refrigerante.

**ECT** (*Engine Coolant Temperature*): Temperatura del Refrigerante del Motor.

**EGO** (*Exhaust Gas Oxygen Sensor*): Sensor de oxígeno de los gases de escape.

**FLS** (*Fluid Level Sensor*): Sensor de nivel de fluido.

**KS** (*Knock Sensor*): Sensor de detonación/golpe.

**MAF** (*Mass Airflow Sensor*): Sensor de flujo de aire.

**MAP** (*Manifold Absolute Pressure*): Sensor de presión absoluta del múltiple.

**MAT** (*Manifold Air Temperatura*): Sensor de temperatura del aire de admisión.

**OS** (*Oxygen Sensor*): Sensor de oxígeno.

**SS** (*Speed Sensor*): Sensor de velocidad

**TPS** (*Throttle Position Sensor*): Sensor de posición del acelerador.

**VSS** (*Vehicle Speed Sensor*): Sensor de velocidad del vehiculo

**WOT** (*Wide Open Throttle Switch*): Apertura máxima de la mariposa de aceleración.

**WSS** (*Wheel Speed Sensor*): Sensor de velocidad de rueda