



ESCUELA UNIVERSITARIA  
DE INGENIERIA TÉCNICA  
INDUSTRIAL DE  
ZARAGOZA



PROYECTO FIN DE CARRERA

**MEMORIA**

EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE  
DIAGNOSIS ELECTRÓNICA EN EL  
AUTOMÓVIL

**Alumno:** Ismael Pina Redondo

**Especialidad:** Electrónica Industrial

**Director:** Miguel Ángel Torres Portero

**Convocatoria:** Febrero

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## ÍNDICE

<b>1.-ANTECEDENTES EN LA DIAGNOSIS.....</b>	<b>8</b>
<b>2.-INTRODUCCIÓN A LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA EN EL AUTOMÓVIL.....</b>	<b>10</b>
<b>3.-IMPORTANCIA DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN LA DIAGNOSIS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.-DESARROLLO Y AVANCE DE LA DIAGNOSIS.....</b>	<b>16</b>
4.1-Clasificación general de los tipos de diagnosis.....	16
4.1.1-Diagnosis interna (on-board).....	18
4.1.1.2-Objetivos y alcance.....	19
4.1.1.3-Elementos que intervienen en la diagnosis.....	21
4.1.1.4-Procedimiento para la diagnosis.....	40
4.1.2-Diagnosis externa (off board).....	58
4.1.2.1-Tipos.....	58
4.1.2.2-Procedimiento actual en la diagnosis externa.....	60
4.1.2.3-Objetivos y alcance.....	61
4.1.2.4-Normativa en la diagnosis externa.....	62
4.1.2.5-Conexión de una herramienta Scantool al vehículo.....	64
4.1.2.6-Descripción general de los Scantools.....	65
4.1.2.7-Problemática de los estándares OBD.....	67
4.1.2.8-Lo que un sistema de diagnosis puede no detectar.....	68
4.1.2.9-Diagrama de flujo para realizar un test e inspección con una Scantool.....	69
4.2-Estándar OBD.....	72
4.2.1-OBD I.....	72
4.2.2-OBD 1.5.....	74
4.2.3-OBD II.....	76
4.2.4-OBD III.....	82
4.3-Redes de comunicación en el diagnóstico.....	84
4.3.1-Buses de comunicación en el automóvil.....	86
4.3.2-Protocolos de comunicación.....	89

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

4.3.3-Redes de comunicación internas y externas.....	90
4.3.3.1-Rede de comunicación internas.....	90
4.3.3.2-Redes de comunicación externas.....	93
4.4-Normativas y estándares.....	97
<b>5.-IMPORTANCIA DE LOS SENsoRES EN LA DIAGNOSIS.....</b>	<b>101</b>
5.1-Concepto.....	101
5.2-Empleo en el automóvil.....	102
5.3-Clasificación.....	102
5.3.1-Función y aplicación.....	102
5.3.2-Clase de curva característica.....	103
5.3.3-Clase de señal del salida.....	104
5.4-Exigencias principales. Tendencias.....	105
5.5-Sensores de posición angular y recorrido.....	110
5.5.1-Características.....	110
5.5.2-Principios de medición.....	111
5.5.2.1-Sensores de potenciómetro.....	111
5.5.2.2-Sensores inductivos.....	113
5.5.2.3-Sensores magnetostáticos (HALL).....	115
5.5.2.4-Sensores de propagación de ondas.....	119
5.5.3-Potenciómetro de plato sonda.....	122
5.5.3.1-Aplicación.....	122
5.5.3.2-Estructura y funcionamiento.....	122
5.5.4-Sensor mariposa.....	123
5.5.4.1-Aplicación.....	123
5.5.4.2-Estructura y funcionamiento.....	123
5.5.5-Sensores de anillo de contacto semidiferencial.....	125
5.5.5.1-Aplicación.....	125
5.5.5.2-Estructura y funcionamiento.....	125
5.5.6-Sensor de nivel de combustible.....	126
5.5.6.1-Aplicación.....	126

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

5.5.6.2-Estructura.....	126
5.5.6.3-Funcionamiento.....	127
5.5.7-Sensor de pedal de acelerador.....	127
5.5.7.1-Aplicación.....	127
5.5.7.2-Estructura y funcionamiento.....	128
5.5.8-Sensor de ángulo de volante de dirección.....	129
5.5.8.1-Aplicación.....	129
5.5.8.2-Estructura y funcionamiento.....	130
5.5.9- Sensores ultrasónicos.....	132
5.5.9.1-Aplicación.....	132
5.5.9.2-Estructura.....	132
5.5.9.3-Funcionamiento.....	133
5.6-Sensores de velocidad de rotación y velocidad lineal.....	135
5.6.1-Magnitudes de medición.....	135
5.6.2-Principios de medición.....	136
5.6.3-Sensores de revoluciones inductivos.....	137
5.6.3.1-Aplicación.....	137
5.6.3.2-Estructura y funcionamiento.....	137
5.6.4-Sensores de revoluciones y sensores incrementales de ángulo de giro.....	139
5.6.4.1-Aplicación.....	139
5.6.4.2-Estructura y funcionamiento.....	139
5.6.5-Sensores de fase Hall.....	140
5.6.5.1-Aplicación.....	140
5.6.6-Sensores de velocidad de giro de las ruedas.....	141
5.6.6.1-Aplicación.....	141
5.6.6.2-Estructura y funcionamiento.....	141
5.6.7-Sensores tacometríficos de cajas de cambio.....	143
5.6.7.1-Aplicación.....	143
5.6.7.2- Estructura y funcionamiento.....	144

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

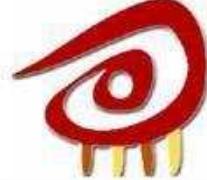
5.6.8-Portainyector con sensor de movimiento de aguja.....	145
5.6.8.1- Aplicación.....	145
5.6.8.2- Estructura y funcionamiento.....	145
5.6.9-Sensor inductivo para encendido transistorizado.....	146
5.6.9.1- Aplicación.....	146
5.6.9.2- Estructura.....	147
5.6.9.3-Funcionamiento.....	148
5.6.10- Sensor Hall para encendido transistorizado.....	148
5.6.10.1- Aplicación.....	148
5.6.10.2- Estructura.....	149
5.6.10.3- Funcionamiento.....	149
5.6.11- Sensores de convolución piezo eléctricos de diapasón.....	150
5.6.11.1- Aplicación.....	150
5.6.11.2- Estructura.....	151
5.6.11.3- Funcionamiento.....	151
5.6.12- Sensores de convolución micromecánicos.....	152
5.6.12.1- Aplicación.....	152
5.6.12.2- Estructura y funcionamiento.....	152
5.7-Sensores de aceleración y de vibraciones.....	154
5.7.1-Magnitudes de medición.....	154
5.7.2-Sensores de aceleración de efecto Hall.....	154
5.7.2.1- Aplicación.....	154
5.7.2.2- Estructura.....	155
5.7.2.3-Funcionamiento.....	155
5.7.3-Sensores de aceleración piezoelectrinos.....	156
5.7.3.1- Aplicación.....	156
5.7.3.2- Estructura y funcionamiento.....	157
5.7.4-Sensores de picado piezoelectrinos.....	157
5.7.4.1- Aplicación.....	157
5.7.4.2-Estructura y funcionamiento.....	158

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

5.7.4.3-Montaje adosado.....	158
5.8-Sensores de presión.....	160
5.8.1-Magnitudes de medición.....	160
5.8.2-Sensores de presión de capas gruesas.....	161
5.8.2.1-Aplicación.....	161
5.8.2.2-Estructura y funcionamiento.....	161
5.8.3-Sensores de presión micromecánicos.....	162
5.8.3.1-Aplicación.....	162
5.8.4-Sensores de alta presión.....	163
5.8.3.1-Aplicación.....	163
5.9-Sensores de fuerza y par.....	164
5.9.1-Magnitudes de medición.....	164
5.9.2-Clasificación de pasajeros y detección de asientos para niños....	165
5.9.2.1-Función.....	165
5.9.2.2-Estructura.....	165
5.9.2.3-Funcionamiento.....	166
5.10-Medidores de caudal.....	167
5.10.1-Sonda volumétrica de aire de presión dinámica LMM.....	167
5.10.1.1-Aplicación.....	167
5.10.1.2-Estructura y funcionamiento.....	167
5.10.2-Medidor de masa de aire por hilo caliente HLM.....	168
5.10.2.1-Aplicación.....	168
5.10.2.2-Estructura.....	168
5.10.2.3-Funcionamiento.....	169
5.11-Sensores de gas y sondas de concentración.....	170
5.11.1-Magnitudes de medición.....	170
5.11.2-Sensores de calidad del aire.....	171
5.11.2.1-Aplicación.....	171
5.11.2.2-Estructura y funcionamiento.....	171
5.11.3-Sondas Lambda de dos puntos.....	171

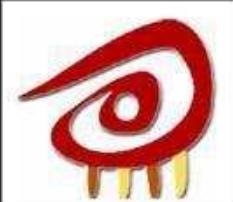
	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

5.11.3.1-Aplicación.....	171
5.11.3.2-Tipos.....	172
5.12-Sensores de temperatura.....	173
5.12.1-Magnitudes de medición.....	173
5.12.2- Aplicación de los sensores de temperatura.....	173
5.12.2.1-Sensor de temperatura del motor.....	173
5.12.2.2-Sensor de temperatura del aire.....	174
5.12.1.3-Sensor de temperatura de aceite del motor.....	174
5.12.1.4-Sensor de temperatura de combustible.....	174
5.12.1.5-Sensor de temperatura de gases de escape.....	174
<b>6.-FUTURO DE LA DIAGNOSIS.....</b>	<b>175</b>
6.1-Introducción.....	175
6.2-Mejora del rendimiento de la diagnosis.....	178
6.3-Objetivos.....	179
6.4-Tendencias de mejora.....	180
6.4.1-Centralitas de control de los sistemas.....	180
6.4.2-Comunicación entre vehículo y exterior.....	181
6.4.3-Diagnóstico fiable.....	184
6.5-Nuevos sistemas electrónicos objeto de diagnóstico.....	185
6.5.1-Chasis.....	185
6.5.1.1- X-by-Wire.....	185
6.5.1.2-CVT.....	187
6.5.2-Anticontaminación.....	189
6.5.2.1-SCR.....	189
6.5.3-Seguridad.....	190
6.5.3.1-Cruise control adaptado.....	190
6.5.3.2-Freno emergencia.....	190
6.5.4-Interface.....	191
6.5.4.1-Head up display.....	191
<b>7.-CONCLUSIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>193</b>

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil Memoria	16-02-2011 Primera

## 8.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....195

8.1 Páginas Web.....	195
8.2 Textos.....	196

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## **1. ANTECEDENTES EN LA DIAGNOSIS**

Cada vez es mayor el número de vehículos fabricados, y que circulan por las carreteras. El mayor número de vehículos, y la cada vez mayor demanda en cuanto a fiabilidad, disponibilidad, mantenimiento y seguridad, unido a la necesaria menor siniestralidad y contaminación ambiental, han provocado una continua investigación en el ámbito de los sistemas electrónicos del automóvil.

El mantenimiento del buen estado del automóvil, en niveles de seguridad, prestaciones, confort y contaminación, desde la fabricación, hasta que el coche acaba su vida en el desguace, ha sido siempre un propósito a conseguir por las autoridades competentes de regulación.

Hasta la década de los 70, el mantenimiento del vehículo era llevado a cabo por el propio dueño del vehículo, o por pequeños talleres de reparación, donde tan sólo se reparaban las piezas defectuosas causantes del fallo. Sin embargo, poco a poco la población se ha concienciado de la importancia de disminuir los valores de contaminación, así como de obtener unas prestaciones máximas para un consumo mínimo. Todo esto ha tenido como consecuencia, el desarrollo de complejos sistemas de control, que necesitan profesionales, y útiles específicos para su mantenimiento y reparación.

Las tecnologías y conceptos de la diagnosis han ido evolucionando con el paso de los años, a la par que lo han hecho los avances del automóvil. En relación a esto, la evolución de la diagnosis del automóvil, ha pasado de unas sencillas y simples pruebas rutinarias de las piezas más importantes, con medios materiales escasos donde la destreza del técnico era fundamental, a los actuales sistemas de “diagnosis integral” donde las nuevas tecnologías tienen una influencia muy importante.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil Memoria	16-02-2011 Primera
---	---	-----------------------

La diagnosis integral consiste en la evaluación del funcionamiento de algunos sistemas del vehículo, basada en pruebas de la máxima exactitud posible. El objetivo de la diagnosis integral es determinar el estado del vehículo respecto a su funcionamiento original, para evaluar el grado de conservación de la motorización, seguridad y contaminación.

Se puede dividir el alcance de la “diagnosis integral”, en varias partes claramente diferenciadas:

- Carrocería
- Neumáticos, suspensión y dirección
- Frenos
- Mecánica general y accesorios necesarios para proporcionar el confort, información y gobernabilidad correctos.
- Sistemas eléctricos y electrónicos.

Existen una serie de pautas y pasos a seguir para la comprobación de todas estas partes de forma correcta. Sin embargo la aparición de nuevos componentes electrónicos, supone un continuo incremento de posibles fuentes de fallos. Esto ha obligado a modernizar los procesos de diagnosis, llegando incluso a una diagnosis remota, que establece una comunicación continua del vehículo con un centro de control.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 2. INTRODUCCIÓN A LA DIAGNOSIS ELECTRÓNICA EN EL AUTOMÓVIL

En 1968, Volkswagen empezó a instalar un sistema electrónico de inyección de combustible Bosch, en algunos automóviles que se importaron a Estados Unidos. Una versión de este sistema Bosch D fue utilizada en algunos Cadillac entre 1975 y 1980. Estos automóviles también tenían encendido electrónico, sin embargo, cada sistema era controlado por una unidad de control electrónico por separado que no tenía capacidad de auto diagnóstico o almacenamiento de códigos de avería.

Los sistemas de control electrónico del motor, ya se convirtieron en equipo estándar en muchos automóviles fabricados a partir del año 1981. La mayor parte de los sistemas utilizaban un solo módulo de control electrónico (ECM) y controlaban un carburador retroalimentado, una inyección de combustible, el convertidor catalítico y otros dispositivos de control de emisiones. El ECU más poderoso, es decir “la computadora del motor”, proporcionaba capacidad de auto diagnóstico y podía almacenar códigos de avería. Esta primera generación de diagnosis de abordo tiene el nombre de OBD I.

El trabajo principal del OBD I es vigilar los fallos existentes en circuitos monitoreados y en sensores. Un fallo puede ser causa de la iluminación de la bombilla del cuadro de instrumentos, de significado, “verificar motor”. Este fallo quedará almacenado en la memoria de averías. Sin embargo, un sistema OBD I, no puede determinar si el convertidor catalítico no es eficaz o ha sido retirado, o si las emisiones al escape son demasiado contaminantes.

En 1994, algunos vehículos empezaron a salir al mercado, incorporando la segunda generación de diagnósticos de a bordo (OBD II), el cual posee al

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

menos dos sensores de oxígeno. Uno antes, y otro después del convertidor catalítico. Esto le da al OBD II la capacidad de detectar fallos en el encendido del motor, pero también el fallo o la eliminación del convertidor catalítico, y el deterioro de los componentes relacionados con las emisiones contaminantes.

Actualmente se está desarrollando la tercera generación de diagnóstico de a bordo, OBD III, el cual introducirá un nuevo avance hacia la comunicación de fallos u averías a distancia, vía satélite. Utilizando un pequeño radio comunicador, será posible que un vehículo equipado con OBD III pueda enviar información relativa a problemas en sus sistemas electrónicos. Principalmente problemas relativos a las tasas máximas de emisiones contaminantes. Esta información será enviada directamente a una agencia reguladora de emisiones (EPA). El radio comunicador, podrá comunicar el número VIN del vehículo, además de diagnosticar los códigos de avería presentes en el vehículo.

El OBD III, evita el tiempo innecesario desde que se produce una avería o fallo, hasta que el dueño del coche acude al taller para solucionarlo. Además, en el caso de que un vehículo presente un fallo en algún sistema anticontaminación, las agencias reguladoras de emisiones, podrán localizar el coche para impedir su puesta en circulación.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **3. IMPORTANCIA DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN LA DIAGNOSIS**

La contaminación atmosférica provocada por el hombre, lleva ya presente varios siglos, pero tan sólo se ha tenido conciencia de ella y de sus consecuencias desde hace unos pocos años.

El transporte es una de las fuentes de contaminación más importantes y el número de vehículos es cada vez mayor. Tanto es así, que las emisiones de dióxido de carbono debidas al transporte, se han incrementado rápidamente en los últimos tiempos. Se ha pasado del 21% de emisiones contaminantes en 1990, al 28% en 2004. Además las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por el transporte en la Unión Europea, son el 4% de las emisiones globales mundiales de CO<sub>2</sub>.

El transporte aéreo tiene gran parte de responsabilidad en el continuo incremento de emisiones contaminantes, pues los gases nocivos emitidos por los aviones, se ha incrementado en un 89% entre 1992 y 2007. Aún así, los turismos representan la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> que provoca el transporte. Es por este motivo, que la Comunidad Económica Europea se ha implicado desde 1970 en la regulación de las normativas de emisiones en Europa. Esta normativa, se contempla en las directivas 70/156/CEE y 70/220/CEE de la Comisión Europea y ha sufrido diversas actualizaciones para adaptarse al continuo avance tecnológico tanto de los motores de gasolina, como de los modernos motores de ciclo Diesel.

Estas normativas establecen un límite en las emisiones de los gases producidos por la combustión, de los vehículos nuevos vendidos en los Estados pertenecientes a la UE. Estas normativas de emisión se definen en una serie de directivas de la UE con implantación progresiva y cada vez más restrictivas.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Estas directivas, se han definido para los vehículos ligeros con los nombres de Euro1, Euro 2, Euro 3, Euro 4 y Euro 5, mientras que las normas correspondientes para los vehículos pesados son denominadas con números romanos.

La directiva 70/220/CEE es la principal, y sobre la que han ido estableciendo sucesivas modificaciones.

En la tabla 1, se pueden observar los diferentes valores exigidos para cada norma en turismos, en función de si el combustible utilizado por el vehículo es gasolina o diesel.

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>DIESEL</b>						
<u>Euro I<sup>†</sup></u>	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
<u>Euro II, IDI</u>	Enero de 1996	1.0	-	0.7	-	0.08
<u>Euro II, DI</u>	Enero de 1996	1.0	-	0.9	-	0.10
<u>Euro III</u>	Enero de 2000	0.64	-	0.56	0.50	0.05
<u>Euro IV</u>	Enero de 2005	0.50	-	0.30	0.25	0.025
<u>Euro V</u>	Septiembre de 2009	0.50	-	0.23	0.18	0.005

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

TIPO	FECHA	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>GASOLINA</b>						
<u>Euro I<sup>a</sup></u>	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
<u>Euro II</u>	Enero de 1996	2.2	-	0.5	-	-
<u>Euro III</u>	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
<u>Euro IV</u>	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
<u>Euro V</u> (propuesto)	Septiembre de 2009	1.0	0.10	-	0.06	0.005 <sup>b</sup>
<u>Euro VI</u> (propuesto)	Septiembre de 2014	1.0	0.10	-	0.06	0.005

Tabla1:Normas europeas sobre emisiones para turismos (categoría M1), en g/km

Se puede observar en esta tabla, que las normas de reducción de gases de escape, han impuesto unas duras exigencias a los fabricantes de vehículos. Cada vez más restrictivas, han definido los cambios y la evolución del motor de combustión, y han implantado una necesidad de constante mejora y adopción de nuevas soluciones tecnológicas, para adaptar a los motores a estas normativas.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Estos sistemas de última generación, desarrollados para obtener unos niveles de emisión tan reducidos, dependen del correcto funcionamiento de sensores de precisión, así como de complicados sistemas electrónicos de regulación. Es ahí donde la diagnosis toma su importancia, ya que el mantenimiento y calibrado de estos sistemas, es tan importante como su fabricación. Si se produce alguna avería en el sistema que provoque un aumento de las emisiones, deberá ser corregido, para mantener el equilibrio de funcionamiento del sistema y cumplir con la legislación vigente.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## **4. DESARROLLO Y AVANCE DE LA DIAGNOSIS**

Abordaremos el desarrollo de la diagnosis, teniendo en cuenta los últimos veinticinco o treinta años, pues fue a partir de los años 80 cuando la diagnosis electrónica entró a formar parte del sector del automóvil. Hablaremos particularmente de la diagnosis de abordo y externa.

Así mismo debemos hablar de forma conjunta de los equipos y herramientas específicas usadas, para deducir la fuente de fallo a partir de la extensa información registrada por los controladores electrónicos embarcados y específicos de cada subsistema, así como para realizar el ajuste y calibración de dichos controladores.

### **4.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE DIAGNOSIS**

Podemos dividir la diagnosis en el automóvil en dos partes: diagnosis interna(on-board) y diagnosis externa(off-board).

La diagnosis interna(on-board), se realiza de manera continua en el vehículo, a partir del momento en que el usuario accede a él. Estos sistemas electrónicos realizan un auto diagnóstico y verifican que el conjunto de periféricos asociados funcionan correctamente, además de registrar cualquier fallo que se produzca.

La diagnosis externa(off-board), se basa en la detección de fallos mediante los conocimientos y experiencias personales, utilizando útiles y equipos especializados, aprovechando la información de las ECUs del vehículo. Sólo se realiza cuando se detectan problemas graves o cuando se demandan tareas de mantenimiento.

Ambos tipos de diagnosis son complementarios, ya que la complejidad y prestaciones de una, se complementa con la simplicidad de la otra.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Haciendo referencia a la evolución temporal del diagnóstico, podemos ver diferentes etapas, en ambos tipos de diagnosis.

En la figura 1 se puede observar gráficamente como a medida que aumenta la complejidad de la diagnosis interna, se reduce la dificultad en la diagnosis remota.

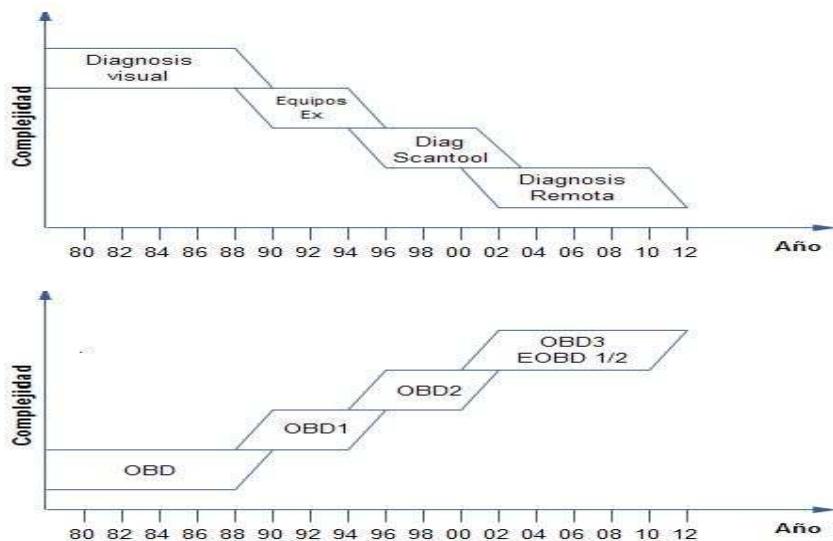
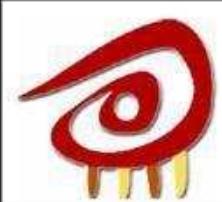


Figura 1: etapas más importantes en la evolución de la diagnosis. (a)diagnosis externa. (b) Diagnosis de a bordo.

Así mismo, si observamos que de cara al futuro, la tendencia es de incrementar los sistemas electrónicos(ECUs) instalados en el vehículo, comprendemos que la diagnosis embarcada será cada vez más complicada. Al mismo tiempo, el envío de información desde el vehículo hacia el exterior será cada vez mayor y más fácil, reduciendo la complejidad de la diagnosis externa. Hasta los años 80,los talleres mecánicos realizaban casi en exclusiva la diagnosis(visual), y al apenas poseer los vehículos sistemas electrónicos, no se realizaba diagnosis de abordo.

En aquel entonces la diagnosis interna no estaba estandarizada, y los fabricantes no estaban obligados a la incorporación de sistemas electrónicos para realizarla. Únicamente se informaba al conductor de algunas anomalías

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

como temperatura, presión y nivel de aceite, nivel de combustible o temperatura del líquido refrigerante, pero nada al respecto de sensores o elementos de los vehículos.

#### 4.1.1. DIAGNOSIS INTERNA (ON-BOARD)

La diagnosis interna se encarga de la detección de los fallos de los subsistemas incluidos en el automóvil (ABS, DTC, Airbag, inyección, etc....) dotados de unidades de control electrónico .Las ECUs están diseñadas para intercambiar información mediante un bus especial de comunicación, entre sí y con una unidad central a la que se conectará el dispositivo de diagnosis externa.

La prestaciones de la diagnosis on-board son diferentes en función de la fecha de su desarrollo, pues está estrechamente ligada a la evolución de las ECUs. La diagnosis de a bordo nace a inicios de los años 80, cuando los fabricantes de automóviles empiezan a incorporar dispositivos electrónicos que realicen funciones de control del motor. La razón fundamental de esta incorporación de dispositivos electrónicos, fue la de tener que cumplir con los requerimientos de la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA) de los Estados Unidos. Para cumplir con el estándar, los fabricantes de automóviles incorporaron a los motores la inyección electrónica, para posteriormente ir añadiendo diferentes sensores que midieran y ajustasen el funcionamiento del motor con la mínima polución posible.

El crecimiento constante de la complejidad en la tecnología del automóvil, y el avance de la tecnología electrónica, hizo que los fabricantes desarrollaran nuevas estrategias y soluciones para diagnosticar de manera eficaz los problemas y fallos de las diferentes piezas.

A mediados de la década de los 80, hubo organismos reguladores como la Sociedad de Ingenieros de Automóviles (SAE), que empezaron a considerar que

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

la diagnosis interna debía contribuir a la reducción de las emisiones de gases producidas por ciertos fallos causados en los automóviles. Por esta razón, decidieron definir estándares que los fabricantes de los automóviles debían de tener en cuenta para llevar a cabo la diagnosis a través de la lectura de una memoria de fallos, y además poder chequear el estado de funcionamiento de las ECUs.

Junto a todo esto, se impuso la instalación en los automóviles de indicadores luminosos normalizados (Malfunction Indicator Lamp – MIL) para informar al conductor de la existencia de anomalías en su automóvil. Los MIL indican la existencia de un fallo, pero no la fuente del mismo.

#### **4.1.1.2. Objetivos y alcance**

El objetivos de la diagnosis interna, o mejor conocida como auto diagnosis, es la evaluación de los síntomas de mal funcionamiento detectados y así poder determinar el origen de la avería, incluso si es posible, antes de que se produzca.

La diagnosis interna se encarga de:

- Detectar los defectos de funcionamiento
- Señalizarlos convenientemente
- Identificar y aislar los sistemas o componentes defectuosos
- Almacenar el histórico de informaciones relacionadas con la avería
- Mantener accesibles las informaciones registradas para el posterior diagnóstico externo

Todo esto, para hacer más fácil, simple y menores los tiempos y costes requeridos para la reparación y restauración del sistema dañado.

Además de la reducción de las emisiones contaminantes, reguladas por la legislación vigente, la diagnosis interna es cada vez más importante porque

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

contribuye a facilitar la reparación y mejorar la protección de vehículo y pasajeros.

El nivel de desarrollo que han alcanzado los sistemas electrónicos de a bordo, permite:

- Verificación continua de los puntos de test, desde un punto de vista físico (entradas y salidas correctas) y funcional (buen comportamiento del sistema).
- El correcto funcionamiento dentro de los límites impuestos por la normativa vigente (OBDs y EOBDs)
- La detección de averías, en correspondencia con sus DTCs, en memoria no volátil, para el futuro diagnóstico externo.
- La decisión de diagnosis hasta el nivel que permite el desarrollo de los microcontroladores

Como ejemplo, nos puede servir el caso de un vehículo, que detecta que su emisión de gases contaminantes está próximo o superando los límites que fija la ley. Esta situación, debe de ser registrada por la ECU correspondiente, y comunicada al conductor mediante el testigo correspondiente en el cuadro de instrumentos. El siguiente nivel será, la puesta en acción de la diagnosis externa, mediante la herramienta correspondiente.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.1.1.3. Elementos que intervienen en la diagnosis

El continuo desarrollo de los sistemas electrónicos en el automóvil, tienen como justificación tres objetivos fundamentales:

- Mejorar la respuesta del automóvil
- Aumentar el nivel de confort
- Cumplir con la normativa vigente

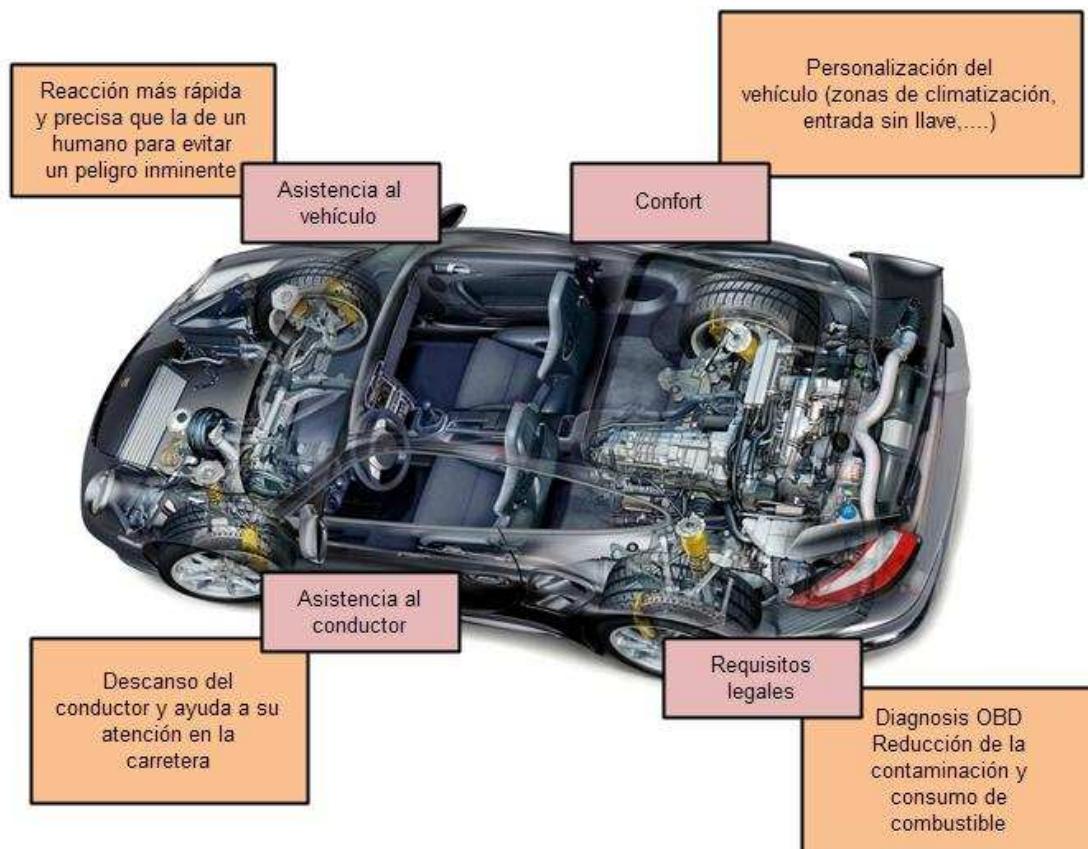


Figura 2 : Objetivos fundamentales de la electrónica del automóvil.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Los subsistemas electrónicos, asociados a los sistemas más grandes, trabajan de forma aislada, y para facilitar su diagnosis, se han estructurado en cuatro elementos clave, según se describe en el estándar ISO 14230:

- Sensores y actuadores
- Unidad de control electrónico (ECU)
- Red de comunicación
- Lámparas indicadoras de avería

### Sensores

Para diagnosticar los subsistemas electrónicos es necesario obtener información de las variables que caracterizan el buen comportamiento de dicho subsistema. La cantidad de sensores presentes en el automóvil, y asociados a cada ECU es considerable. Por ejemplo en el caso de un motor moderno, tenemos:

- Control presión inyección
- Temperatura líquido refrigerante
- Temperatura aire admisión 1
- Temperatura aceite motor
- Posición árbol de levas
- Posición de cigüeñal
- Interruptor presión de aceite
- Flujo de masa de aire
- Temperatura aire admisión 2
- Captador de presión barométrica ambiental
- Presión en el colector de admisión
- Posición pedal acelerador
- Posición válvula recirculación gases escape

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## Unidad electrónica de control (ECU)

Esta es la pieza clave y cerebro de cualquier sistema electrónico del automóvil, y a su vez de la diagnosis electrónica. Está formada por varios microprocesadores, que son introducidos en una caja aislada del exterior y muy robusta, debido a las condiciones climatológicas que va a tener que soportar, debiendo de mantener su fiabilidad intacta.

Los vehículos actuales, poseen más de 100 ECUs, y en el futuro se alcanzarán seguramente hasta las 200.



Figura 3:ECUs presentes en un vehículo actual

En la figura 3 se pueden ver algunas de las ECUs de un vehículo actual:

- Sistemas multimedia
- Seguridad activa y pasiva
- Climatizador
- Caja de cambios
- Sistema de encendido
- Inyección electrónica
- Limpia parabrisas inteligente
- Iluminación automática dirección asistida

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Sistema control tracción (ASR)
- Sistema control estabilidad (ESP)
- Sistema control frenado (ABS)
- Sistema de transmisión
- Seguridad acceso en puertas
- Cierre centralizado

La estructura interna de una ECU, puede dividirse en tres bloques.

- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| M1. Señales de entrada digitales  | M6. Procesamiento digital de señal |
| M2. Señales de entrada analógicas | M7. Conversor D/A                  |
| M3. Circuito de protección        | M8. Circuito de salida             |
| M4. Amplificador y filtro         | M9. Amplificador de potencia       |
| M5. Conversor A/D                 |                                    |

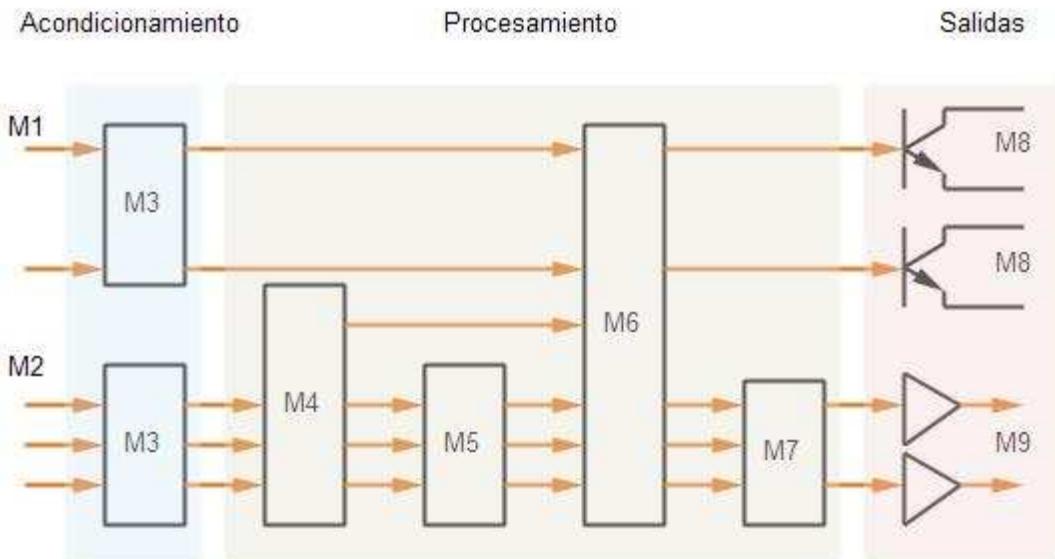


Figura 4: Estructura interna de un procesador de una ECU de un vehículo

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- **Acondicionamiento de señal** proveniente de los sensores, analógicos y digitales. La tarea de acondicionamiento de señal, tiene las siguientes funciones:
  - Circuitos de protección
  - Filtrado de ruido en señales de medida
  - Adaptación de niveles, con atenuadores o amplificadores
  - Conversores A/D para las entradas analógicas
- **Procesamiento digital de la señal.** La capacidad de ejecutar programas en tiempo suficientemente rápido en comparación a los tiempos de dinámica del vehículo, de resolver algoritmos de cierta complejidad, de registrar variables sensoriales de interés, y de facilidad de programación, ha impuesto la necesidad de procesar la señales de entrada al micro de forma digital. Dependiendo de la dificultad de la tarea a desarrollar, el dispositivo digital de procesamiento puede estar entre un microcontrolador básico de 8 bits fijo o un micro de 32 bits trabajando de forma flotante. Esta forma de procesamiento del ECU se programa para la ejecución específica de una función, a la vez que para soportar tareas de auto-diagnosis.
- **Adaptación de salidas de actuación.** Las salidas digitales del micro requieren una conversión de nivel de tensión y corriente superior a la proporcionada por el micro para excitar a los dispositivos de actuación (motores eléctricos o hidráulicos ), por lo que es necesaria la introducción de una etapa de adaptación de señales. Por ejemplo, el arranque del ventilador de climatización, puede demandar picos de hasta 100 Amperios, mientras que la salida del micro es de miliamperios.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera



Figura 5: ECU de control del sistema de control de motor MOTRONIC, de la marca BOSCH

Este sistema inicialmente fue creado para conjuntar inyección de combustible y encendido en una sola ECU, pero actualmente se han ido incorporando nuevas funciones relacionadas con el control de consumos y emisiones.

En la figura 5 se puede observar el aspecto real de una ECU de control. Una estructura metálica y resistente, perfectamente sellada, mantiene aislado el circuito electrónico del exterior.

### Red de comunicación

El aumento de tarjetas electrónicas especializadas en los diferentes elementos a controlar en el automóvil y la necesidad de intercambiar información entre ellas para asegurar el correcto funcionamiento y diagnóstico del vehículo, ha llevado a sustituir la estrategia de control centralizado en una ECU, por el control distribuido de ECUs en red.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

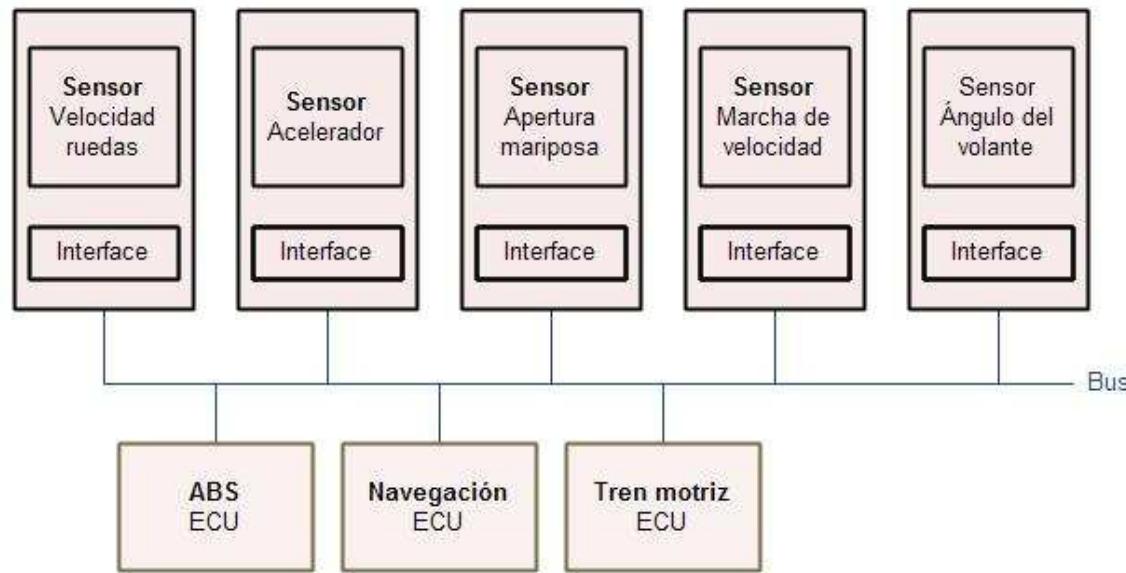


Figura 6: Esquema de interfaz electrónico común, de acceso a bus, para diferentes ECUs interconectadas.

Cualquier red de comunicación, debe de cumplir la regla de las tres “I”:

- Interconectividad, para permitir que equipos de diferentes fabricantes puedan ser conectados entre sí.
- Interoperabilidad, para garantizar la compatibilidad hardware y software, de manera que sea posible el intercambio de información entre los equipos conectados
- Intercambiabilidad, para que los equipos con funciones equivalentes, puedan ser intercambiados exitosamente.

Para facilitar la conexión de diferentes ECUs en una misma red, se suele utilizar el mismo interfaz de bus que usa la tarjeta, no influyendo la funcionalidad de ésta.

Los numerosos sistemas electrónicos presentes en el automóvil, se organizan en redes y subredes con elementos de enlace, que actúan como pasarelas para facilitar la comunicación entre ellos y la puesta en marcha de funciones cada vez más complicadas.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera



Figura 7: Posible enlace entre diferentes redes y multiplexado de la información.

Esto último no quita, que una misma ECU, pueda integrar varias funciones, como en la última ilustración, en la que el módulo PCM (Powertrain Control Module), controla el motor ECM, la transmisión TCM y la válvula de aceleración ETC. Como inconveniente a la reducción del número micros, tenemos una reducción de la tolerancia a fallos, y una dificultad añadida para los fabricantes independientes de tarjetas especializadas .

Las redes de comunicación entre ECUs, tienen las siguientes ventajas:

- Reducción del cableado
- Aumento de la capacidad de volumen y velocidad de intercambio de datos.
- Reducción de la posibilidad de fallos entre dispositivos
- Posibilidad de acceso múltiple a un nodo de la red
- Facilidad de crecimiento ordenado del sistema, con la incorporación de nuevas ECUs
- Posibilidad de configuración y calibración remotas
- Mayor facilidad en el mantenimiento y diagnóstico del conjunto.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

El mayor problema para los fabricantes de ECUs, era la coexistencia de muchos buses y protocolos para la implementación de redes de comunicación. Este problema se superó con la implantación generalizada de un estándar con protocolo abierto: la red CAN.

La conexión física entre los elementos de una misma red, puede hacerse por cable trenzado, apantallado o por fibra óptica, en función de la distancia a cubrir y la velocidad de comunicación aceptada.

Se establecen cuatro niveles para la clasificación de los sistemas electrónicos del automóvil, existiendo entre ellos elementos de enlace o pasarelas, como se puede ver en la figura 8.

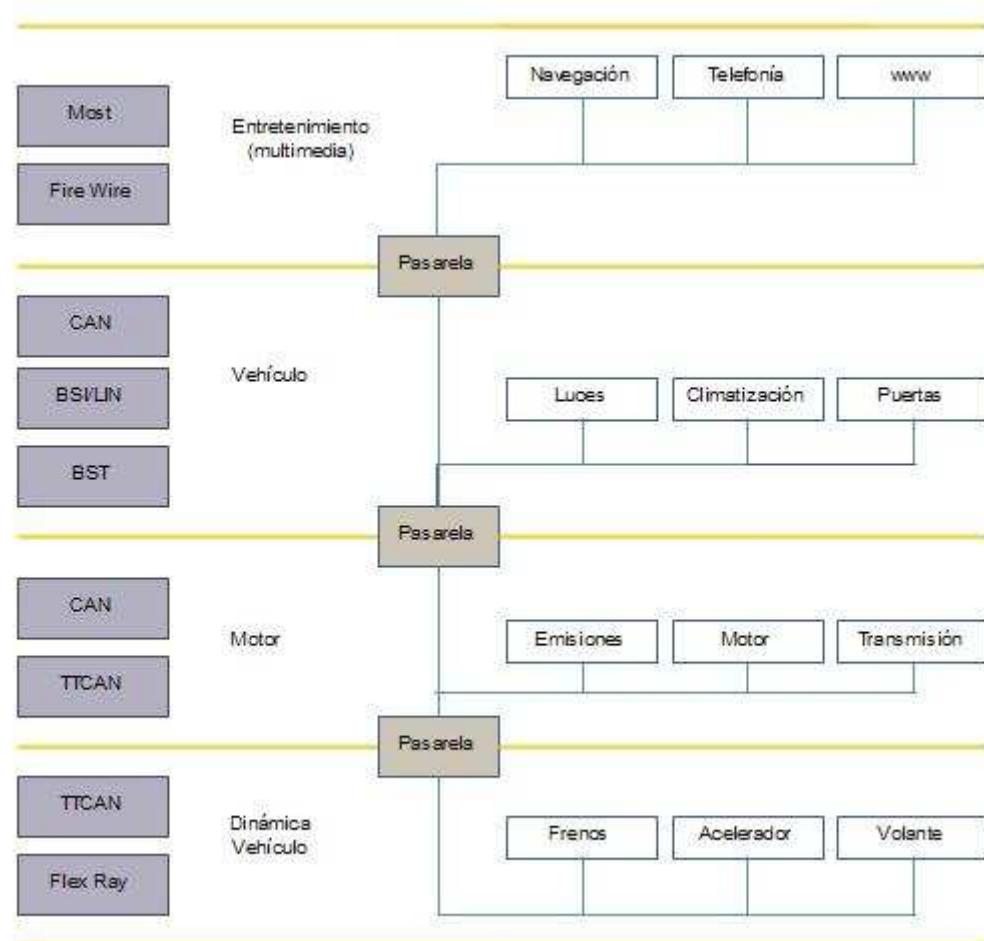


Figura 8: Arquitectura de red de comunicación electrónica típica de un vehículo.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Sistema motriz (drivetrain), incluye los elementos más importantes para el funcionamiento del vehículo, como son la transmisión, inyección, ESP, ABS). El bus más usado es el CAN y su versión más avanzada es el TTCAN con una velocidad típica de transmisión de datos para garantizar el control electrónico en tiempo real del sistema, en el rango de 125 Kbps a 1Mbps.
- Complementos (bodywork). Son muchos los dispositivos incluidos en este nivel: Luces, aire acondicionado, puertas, espejos, ventanillas, regulación de asiento y volante, tablero de instrumentos, etc.... Los buses dedicados a dar servicio a este nivel están en el rango de 1Kbps y 125 Kbps y los más conocidos son CAN, BSI (Bit Synchronous Interface) y LIN (Local Interface Network)
- Sistema multimedia. La incorporación de nuevas tecnologías de comunicación al mundo del automóvil, como son el DVD, GSM o GPS, con requerimientos de grandes anchos de banda de hasta 100 Mbps, ha obligado a la implantación de buses como el MOST o el Firewire con reducidos niveles de emisión de interferencias.
- Dinámica del vehículo. Esta parte está compuesta principalmente por los sistemas de dirección, aceleración y frenado electrónicos, en los que ya se está trabajando a nivel de prototipo, soportado por los buses TTCAN y Flex-ray.

Los mensajes intercambiados en la red pueden ser periódicos o por eventos:

- Periódicos o síncronos, son enviados en un intervalo fijo e incorporan una información continua de datos como la velocidad del vehículo o el régimen de revoluciones. Esta clase de datos están presentes a los sistemas de comunicación de velocidad media/alta.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Por eventos, o mensajes que se generan tras alguna variación en el modo normal de operación. Es el caso de la detección de fallos o la activación de sistemas por parte del conductor.

## BUS CAN

Es el bus de comunicación más extendido, y de hecho se puede decir que es el estándar en el sector industrial del automóvil. Fue desarrollado por Bosch en 1985 para el control industrial, pero debido a su seguridad, robustez, fiabilidad y fácil aplicación al diagnóstico, fue rápidamente adoptado por los fabricantes y compañías automovilísticas. Es perfecto para aplicaciones con necesidad de transferencia de mensajes en tiempo real, como es el sector del automóvil.

La estructura adoptada en este bus serie, es de múltiples maestros, de manera que todos los elementos conectados tienen la misma prioridad en el Bus. Esto permite que la inoperatividad de un nodo, no impida la funcionalidad y acceso del resto, manteniendo muy altas las probabilidades de que el sistema no falle, y siga funcionando, en comparación con otros sistemas, como por ejemplo la estructura en estrella, donde un nodo maestro coordina el tráfico de los nodos esclavos, o la estructura de anillo, donde las terminaciones del bus se unen.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

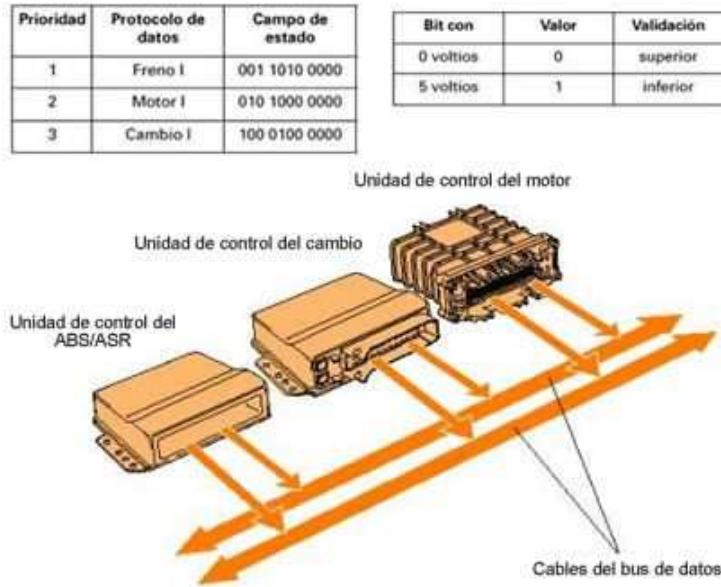


Figura 9: Ejemplo estructura CAN BUS.

El bus CAN usa el direccionamiento basado en mensajes. De esta forma, cada mensaje enviado por el bus lleva una identificador asociado que indica el contenido del mismo. El subsistema de recepción de cada nodo filtra el identificador del mensaje, para aceptarlo o no, en función de si está incluido en su lista de identificadores permitidos, simplificando así la gestión de direcciones con la incorporación o sustracción de nodos del bus.

Cada nodo puede empezar a emitir mensajes cuando el bus está libre. Si dos nodos intentan emitir un mensaje al mismo tiempo, el sistema controla el bus, da paso al mensaje con mayor prioridad. Para saber que mensaje tiene mayor prioridad, el sistema identifica su etiqueta, donde se indica tanto el contenido del mensaje como su prioridad.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

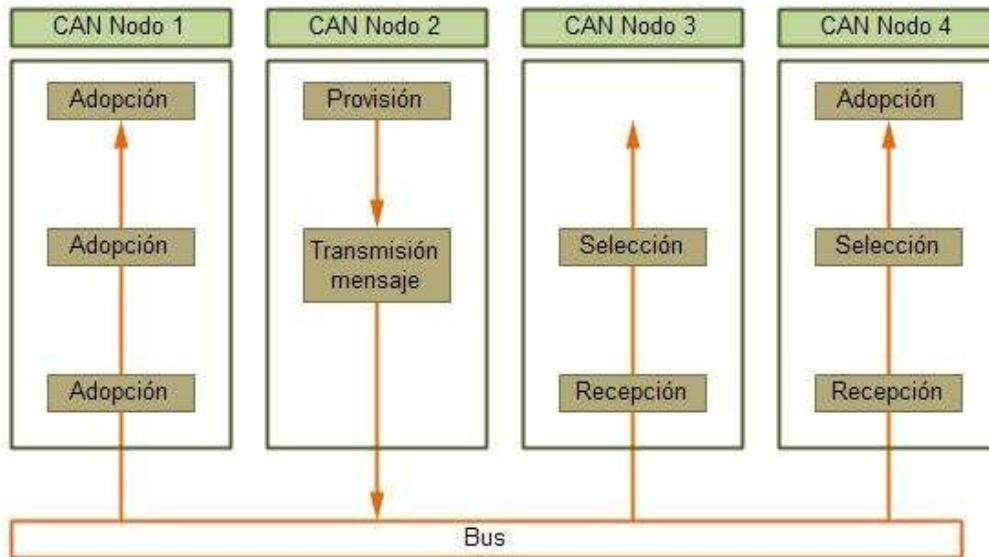


Figura 10: Ejemplo de direccionamiento de nodos en un bus CAN y tst de aceptación de mensajes. El nodo 2 transmite un mensaje y los nodos 1 y 4 lo reciben.

En el protocolo CAN el nivel lógico bajo (“0”), es dominante frente al nivel lógico alto (“1”), de modo que un nodo con nivel de arbitraje alto, pierde su prioridad de acceso. Este sistema es como una AND cableada.

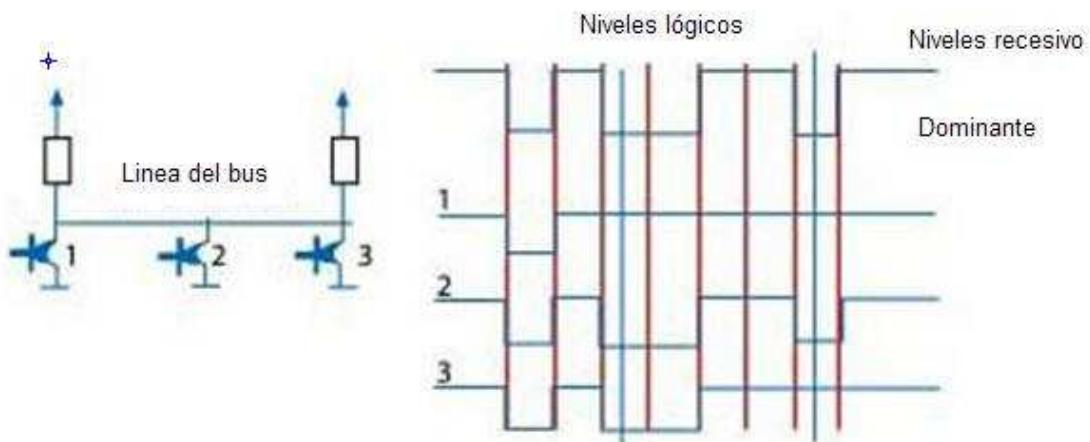


Figura 11 : Ejemplo del modo de arbitraje de mensajes típico del bus CAN.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
Memoria		Primera

Hay dos tipos de mensaje que soporta el bus CAN: estándar y extendido. La diferencia está en la longitud del identificador. Siendo de 11 bits para el estándar y de 11+18 para el extendido. El tamaño del mensaje tiene un máximo de 130 bits para el formato estándar y 150 bits para el extendido.

El mensaje completo tiene siete partes bien diferenciadas, como vemos en la figura 12.

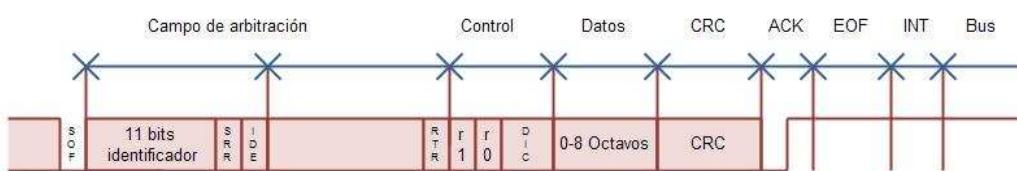


Figura 12 : Formato de un mensaje típico de un bus CAN.

- Inicio de mensaje o trama. Este bit indica el comienzo de la transmisión y permite la sincronización de las estaciones receptoras de los nodos.
- Arbitración del mensaje. Se compone del identificador y el bit de control. Al transmitir este campo, el transmisor chequea que no hay ningún otro mensaje de prioridad superior intentando acceder al bus, porque se podría impedir la autorización de acceso al mensaje. El bit de control sirve para garantizar la correspondencia entre emisor y receptor del mensaje.
- Control de mensaje. Es un código que indica el número de bytes incluidos en el campo de datos. El bit IDE indica si es un mensaje en modo estándar o extendido.
- Campo de datos (DLC). Contiene la información del mensaje y su longitud varía entre 0 y 8 bytes. Un mensaje de 0 bytes, permite la sincronización de la comunicación.
- Campo de chequeo de redundancia cíclica (CRC). Esta palabra de 16 bits permite testear para detectar posibles interferencias en la transmisión

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Reconocimiento de mensaje (ACK). Son 2 bits que utilizan los nodos receptores para indicar la correcta recepción de la información.
- Fin de trama ( EOF, End Of Frame). Son 7 bits recessivos que marcan el final del mensaje.

El nodo transmisor, inicia el proceso enviando una petición que es respondida por el nodo receptor con otro mensaje de igual identificador pero con distinto bit de control (“date frame” para emisor y “remote frame” para receptor).

El bus CAN cuenta con varios métodos para la detección de errores:

- Chequeo de redundancia cíclica
- Verificación del relleno de bits
- Test de trama
- Verificación del nivel de bits
- Verificación del campo de reconocimiento

Estas estrategias proporcionan un alto nivel de fiabilidad en el intercambio de mensajes entre nodos de la red.

Los estándares que sigue el bus CAN para el intercambio de información, son:

- ISO 11519-2 para envíos de baja velocidad de hasta 125 Kbits/s
- ISO 11898 y SAE J22584 para velocidades altas de hasta 125 Kbits/s

Centrándose en el nivel físico del bus CAN, éste utiliza una codificación de bits del tipo “no retorno a cero” NRZ. En funcionamiento a máxima velocidad de transmisión, se aceptan longitudes de cable de hasta 40 metros con un máximo de 32 nodos, y con la posibilidad de la conexión de varias redes entre sí. La solución común en el aspecto físico es la del par trenzado, con dos líneas CAN\_H y CAN\_L, terminadas por resistencias de 120 ohmios. La naturaleza

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

diferencial de la transmisión, dota a este tipo de bus de una alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

TTCAN (Time Triggered CAN) es la evolución del bus CAN, con un protocolo mejorado y con capacidad de operar en modo disparo por tiempo, frente a los modos de disparo por eventos. La planificación de la red está basada en una matriz de asignación de tiempos para los diferentes nodos conectados al bus TTCAN.

En la figura 13 se puede observar como con el reparto de ventanas de tiempo para los diferentes nodos, se reducen los tiempos de sincronismo y se optimiza la disponibilidad del bus.

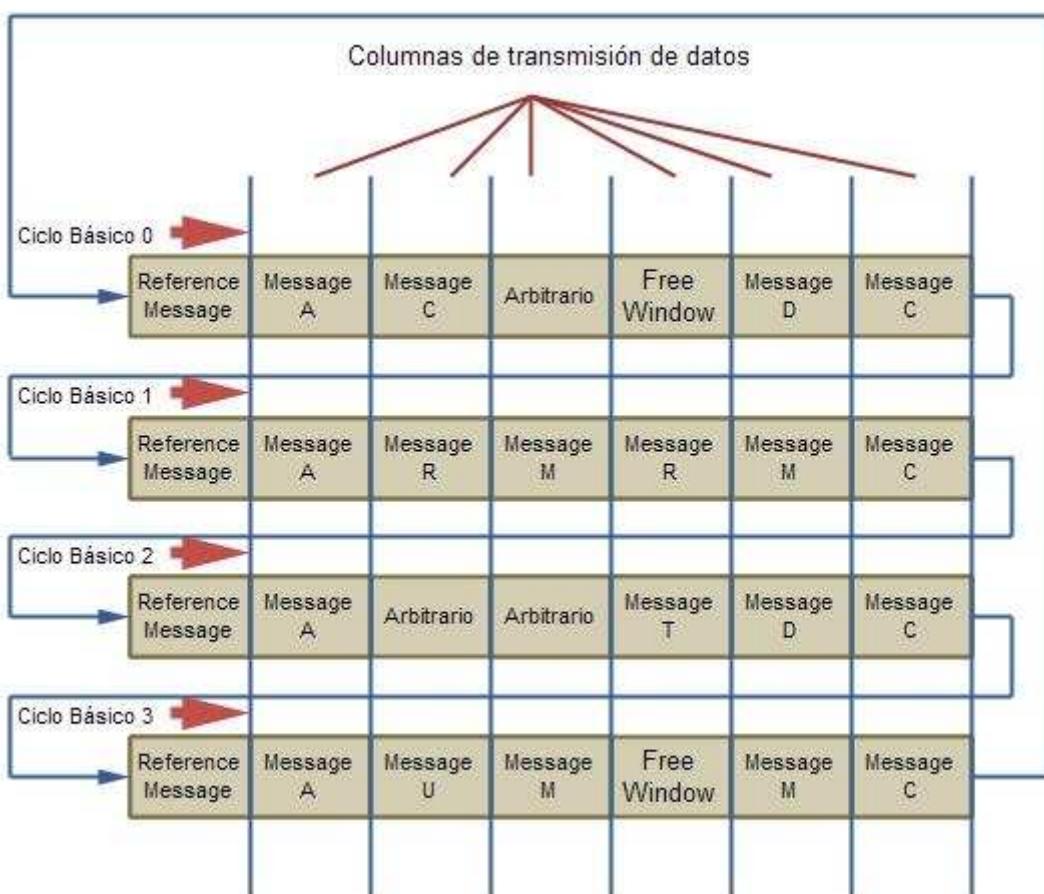


Figura 13: Matriz de tiempos asignados a la intercomunicación entre nodos en TTCAN.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La asignación de tiempos a nodos dentro de la matriz de comunicación en el bus TTCAN es configurable y totalmente compatible con la red CAN.

La posibilidad de llegar a un ancho de banda de 10 Mbits/s y protocolos que lo soporten (Flex-ray), está siendo objeto de estudio por los diferentes sectores implicados del mundo de la automoción. La continua evolución del sector automovilístico, ha provocado que algunos sistemas actuales relacionados directamente con la dinámica del automóvil, como la dirección, aceleración y frenado, que hasta ahora eran de naturaleza mecánica e hidráulica, tiendan a ser reemplazados por otros de naturaleza electrónica, dando lugar a un nuevo tipo de red X-by-Wire.

A modo de resumen ,las principales ventajas del bus CAN son:

- Alta fiabilidad en la transferencia de mensajes, gracias a los métodos de detección de fallos en la transmisión que incorpora
- Configuración en modo multamaestro, dando las mismas oportunidades de acceso a la red a todos los nodos .
- Sincronización adecuada para que los datos lleguen de forma puntual a todos los nodos implicados en el proceso de comunicación.
- Flexibilidad de configuración, facilitando la inserción de nuevos nodos en la red, o eliminando algunos de los que ya existen, sin que afecte al funcionamiento del sistema.
- Acceso al bus mediante una estrategia de prioridades contenida en el propio mensaje, pero sin destruir mensajes menos prioritarios.
- Sistema de corrección de errores, permitiendo que se puedan corregir los detectados durante la transmisión, y retransmisión de los recibidos correctamente.
- Direccionamiento basado en el contenido de los mensajes transmitidos, careciendo de dirección específica los nodos de la red.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Desconexión automática de los nodos que son fuente continua de error.
- Elevada inmunidad frente a interferencias electromagnéticas.

### Lámparas indicadoras de fallo

Las lámparas indicadoras de avería, son el medio de comunicación habitual para la diagnosis interna, especialmente para la contaminación medio ambiental. Normalmente suelen estar situadas en el cuadro de instrumentos, para unir ergonomía y visualización inmediata. Para ello, y debido al incremento de funciones e información que se debe comunicar al conductor, se está recurriendo a pantallas alfanuméricas e incluso a mensajes de voz enviados por el propio vehículo.

El color de iluminación de la lámpara, es diferente en función de la gravedad del fallo detectado, pudiendo ser de información, precaución o reparación inmediata.

En modo de funcionamiento normal, las lámparas están apagadas. Mientras que con la llave en posición de contacto, antes del arranque, las lámparas se encienden a modo de prueba de buen funcionamiento.

Si una lámpara de diagnóstico permanece encendida después de que el vehículo haya arrancado, quiere decir que el ordenador de a bordo ha detectado un problema persistente. Este problema asociado a un DTC, será memorizado en la memoria de averías hasta su borrado y subsanación del problema.

Si una lámpara de diagnóstico se apaga y enciende intermitentemente, se trata de un fallo esporádico, que quedará grabado en la memoria de averías para su examen posterior en el taller.

La simbología utilizada para indicar los diferentes fallos está normalizada, mostrando la figura 14 la detección de exceso de emisiones y malfuncionamiento de motor.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

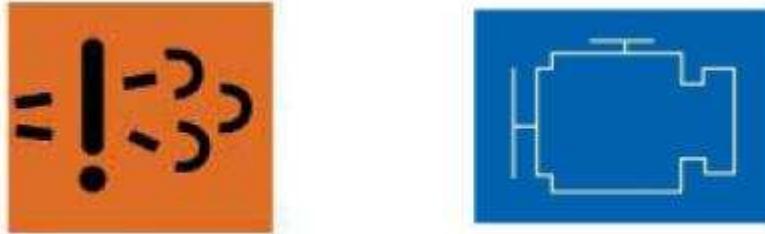


Figura 14: Símbolo aceptado por la ISO para la detección de exceso de emisiones e indicador de mal funcionamiento del motor respectivamente.

La lámpara se enciende en caso de:

- Detección de mala combustión
- Error en el sistema de expulsión de gases
- Error en el autodiagnóstico del sistema de transmisión y gestión del motor
- Fallo en el sistema de encendido

En la figura 15 se muestra el ejemplo de aplicación de la lámpara de fallo, debido al mal funcionamiento del sensor de posición del pedal del acelerador. Se puede observar el flujo de información desde el origen del fallo hasta su indicación en el panel de instrumentación. Las siglas CIM e IPC significan módulo de interfase de comunicaciones entre buses y panel control de instrumentación, respectivamente.

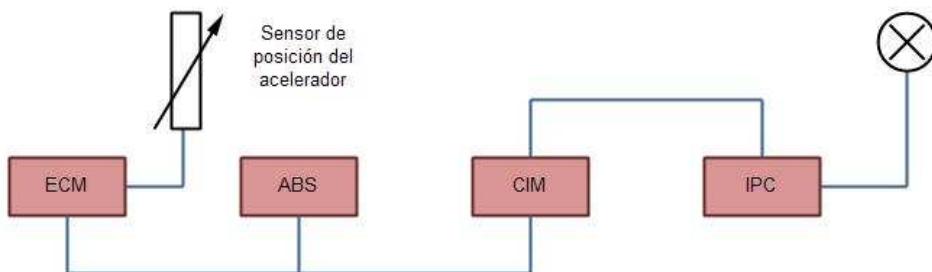


Figura 15 : Esquema de aplicación para activación del testigo MIL.

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.1.1.4. Procedimiento para la diagnosis**

Tradicionalmente el proceso de diagnosis ha estado limitado a comprobar que un dispositivo funcionaba correctamente o que los valores de algunas variables estaban dentro de los límites correctos. Pero el rango de valores que indican buen funcionamiento depende de las condiciones de trabajo (clima, estado del firme, edad del vehículo.....)

La incorporación de sistemas electrónicos redundantes, también forma parte de la diagnosis clásica, fundamentalmente con el uso de sensores, que además de encarecer, aumentan la complejidad, el volumen y el peso del vehículo.

Para poder superar estos problemas, se ha optado por la diagnosis basada en modelos con las siguientes ventajas:

- Incrementar la capacidad de anticipación de la diagnosis, detectando comportamientos anómalos, antes de que se conviertan en averías. Esto supone poder realizar tareas de diagnosis de forma pasiva sin trastocar el proceso de funcionamiento.
- Tener en cuenta la relación entre las variables y los sistemas, para identificar y aislar mejor la raíz del problema.
- Prescindir de sistemas redundantes que garantizan la sustitución por un bloque funcionalmente equivalente cuando otro falla.

En los sistemas de diagnóstico, pueden utilizarse como métodos de procesamiento de la señal, desde el análisis temporal, pasando por un análisis en el dominio frecuencial, hasta una descomposición en wavelets. A la hora de tomar la decisión final, resultado de comparar la diferencia entre las dos situaciones (normal y error), se usa normalmente un sistema experto basado en reglas lingüísticas. De esta forma, un técnico en diagnosis experto puede ver las

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

situaciones de error de una forma fácilmente comprensible y tomar una decisión personal posteriormente.

Vamos a describir a continuación, los diferentes métodos de decisión para el autodiagnóstico, que utilizan los fabricantes de sistemas electrónicos para automóvil.

### Diagnosis basada en modelos

Este tipo de diagnosis se empezó a utilizar en los sistemas relacionados con el encendido y sus sistemas asociados, aunque posteriormente se ha extendido a otros subsistemas del automóvil.

En la figura 16 podemos ver el esquema fundamental de la idea.

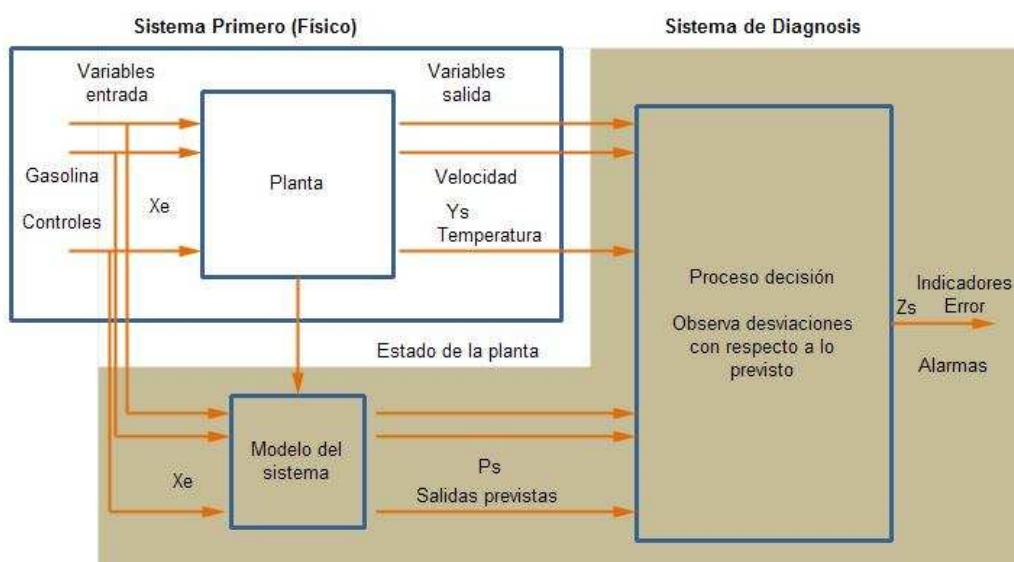


Figura 16: Ejemplo de estrategia tipo para diagnosis interna en el automóvil.

Este sistema electrónico que se va a estudiar, llamado planta debido a que sigue la terminología de los tratados de control, recibe las señales de entrada y posteriormente envía las correspondientes salidas, que son de estructura digital, y fácilmente analizables en periodos de muestreo.. Los sistemas de realimentación asociados al ECU están incluidos en el

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

comportamiento de la propia planta. En paralelo con la planta se diseña un sistema secundario que responde al modelo de buen funcionamiento de la planta real. El modelo será mejor cuanto más fielmente refleje el comportamiento de la planta real. Para ser un buen modelo, deberá tener una base teórica y empírica y depender intrínsecamente del tiempo.

Las entradas del sistema real bajo estudio, la planta, están también aplicadas al modelo. El proceso de decisión se encarga de comparar las salidas de la planta real con las del modelo de buen funcionamiento del sistema. Si la diferencia no es importante, no se considera como fallo, pero en cuanto hay una desviación de importancia, se entiende como fallo o avería, y se activa la correspondiente luz indicativa de avería (MIL).

El secreto está en establecer rápida y correctamente, el límite entre una desviación sin importancia, y una desviación importante. Todo esto, considerando también que las salidas reales pueden incorporar ruido, y que el modelo matemático nunca es exactamente igual al modelo real. Esto da lugar a dudas en la toma de decisiones que pueden dar lugar a ignorar problemas reales (errores de tipo 1), o incluso catalogar como errores de tipo 1 a aquellos que no lo son (errores de tipo 2). Los errores de tipo 2 son comunes en el periodo de juventud del vehículo, mientras que los errores de tipo 1 son más comunes en la edad avanzada del vehículo.

Debido a que el sistema real tiene un comportamiento fuertemente no lineal, y a que la tarea de su modelado posee una componente matemática y otra empírica, el modelo no es mas que una aproximación de la planta real. Además, cuanto más se estrecha la relación, la complejidad del modelo se incrementa. De ahí que la limitación de la diagnosis basada en modelos venga impuesta por el grado de exactitud conseguido para éstos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Tener buenos modelos de comportamiento de ECUs permite realizar simulaciones muy reales, y predecir la respuesta del sistema en situaciones límites, sin tener que llegar a la experimentación que podría dañar la integridad del sistema electrónico. Además, se puede utilizar el modelo de algunos subsistemas para ensayar el comportamiento real de otros en laboratorio, hecho que se conoce como “prototipado rápido”, y que podemos ver en la figura 17.

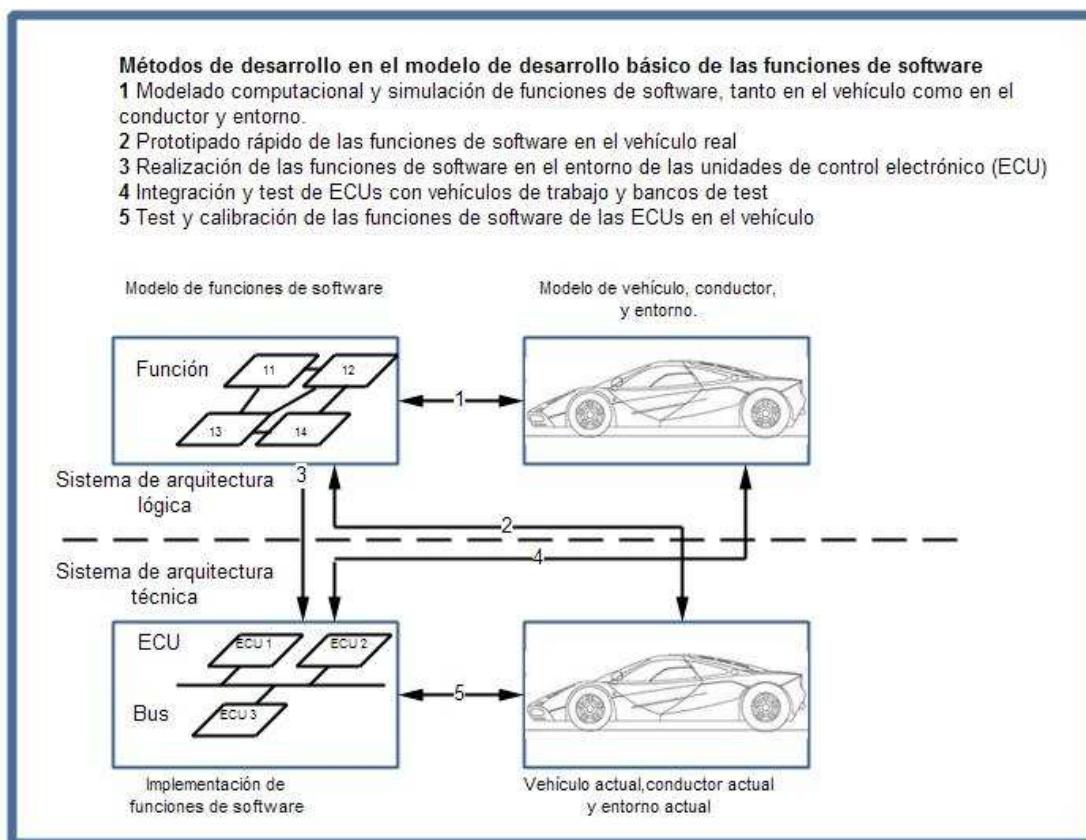


Figura 17: Modelado software para el desarrollo de sistemas electrónicos para la diagnosis del automóvil.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La comparación continua entre resultados reales y de laboratorio permite la mejora de los modelos.

Otra utilidad del prototipado rápido es emular las condiciones del entorno y del conductor para probar la efectividad del sistema electrónico de control ECU, tal y como podemos ver en la figura 18.

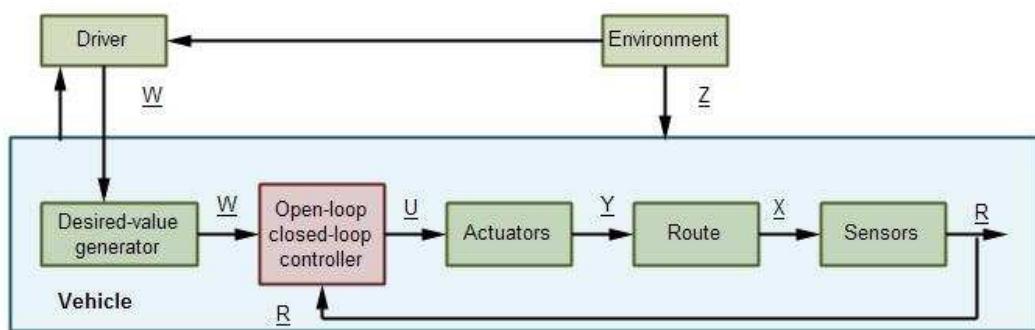


Figura 18 : Ensayo de ECU real a partir de simulación de condiciones de trabajo.

- $R$  representa el vector de salida de los sensores que se realimentan en lazo cerrado
- $U$  es el vector de control
- $W$  es el vector de referencias o Set-point
- $Y$  es el vector de actuación
- $X$  es el vector de variables sensadas
- $Z$  es el vector de perturbaciones del entorno

Y otra utilidad puede ser ajustar el software del ECU o su modelo, insertando una herramienta de cálculo en lazo cerrado con el resto del sistema real, como se puede ver en la figura 19.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

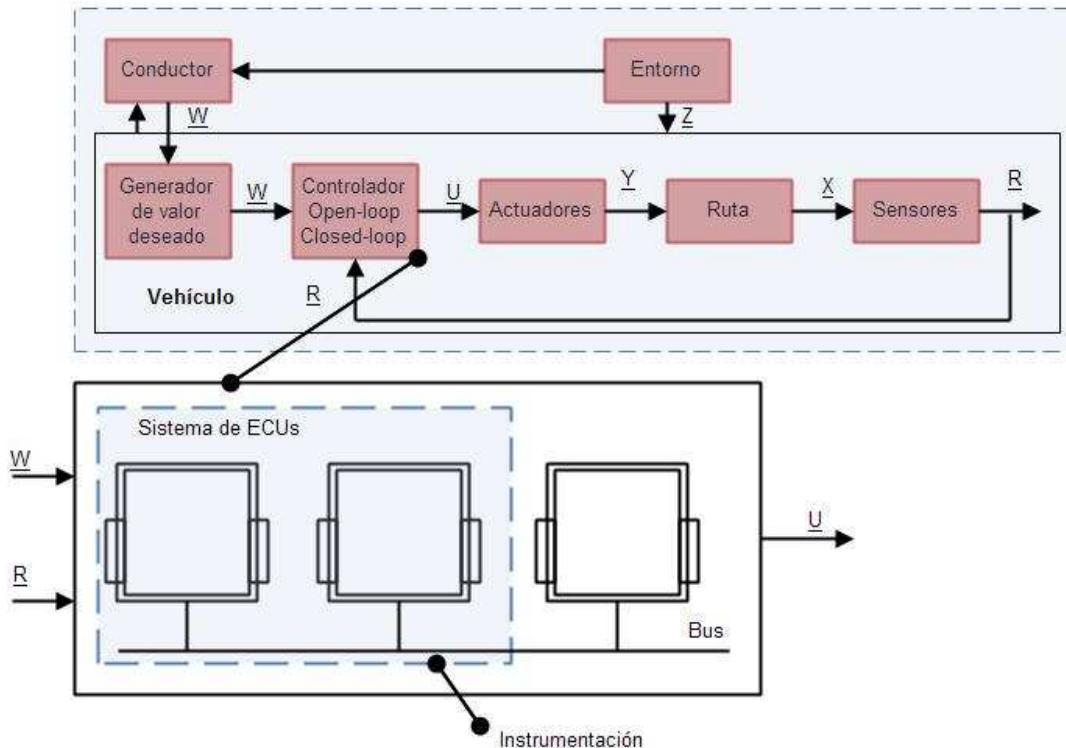


Figura 19 : Ajuste del algoritmo de una ECU actuando sobre el sistema real.

### Métodos de estimación y decisión basados en sistemas expertos

Cuando se introduce un nuevo vehículo en el mercado, no se tienen desarrolladas todas las capacidades de diagnóstico de éste. Esto se debe a la dificultad y complejidad que tiene producir información fiable y suficiente para diagnosticar los fallos de los sistemas embarcados. Además, el incremento de prestaciones aumenta los costes de generación de funciones y capacidades de diagnóstico para un vehículo.

Cuando se diseña un sistema de diagnóstico, bien a partir del manual de servicio o a partir de un sistema más elaborado que use un sistema de resolución de problemas experto, se deben utilizar diferentes modelos de fallos,

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

para así buscar cuál es la causa o raíz de los fallos en el sistema. Además se tiene que hacer un análisis exhaustivo del diseño para evitar estos problemas.

También hay que analizar el sistema de arriba abajo, descomponiendo las principales funcionalidades de los subsistemas, y de abajo a arriba, simulando el comportamiento de los componentes como funciones necesarias para cumplir los objetivos encomendados a cada sistema.

En el momento en que han sido introducidos los elementos de decisión y datos acerca de las posibles causas de fallo en el sistema, se diseña una base de conocimiento como un árbol de decisión, para ayudar al diagnóstico del fallo y consecuente resolución del problema.

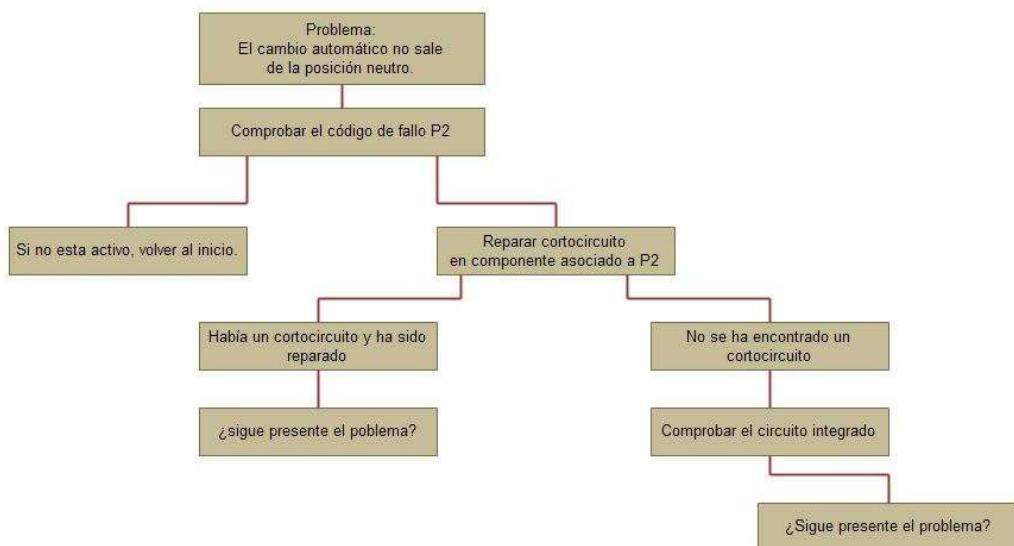
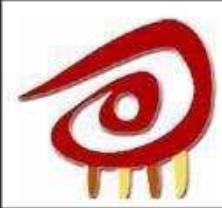


Figura 20: Árbol de decisión para la guía en el diagnóstico de un fallo en el cambio automático.

Este árbol de decisión, está diseñado para guiar a un técnico en la reparación de un cambio automático

Otros sistemas expertos tienen como método la comparación de diferentes elementos y dan una estimación de error para formar lo que se denomina una red de creencia. Este método logra estimar una situación de error con alto grado de confianza. La red de creencia muestra diferentes

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

sistemas de un vehículo, donde sus dependencias y factores de influencia deben de ser aplicados correctamente y por un experto.

Por ejemplo la edad de la batería, el sistema de carga y el alternador, tienen una influencia directa en el valor de tensión de la batería. La chispa de las bujías serán de mejor calidad con una tensión de batería correcta. El distribuidor también afecta al desarrollo de la chispa, y de todo esto, se podrían derivar ciertos fallos de funcionamiento del coche que hagan superar los niveles de contaminación, la emisión de gases o incluso la incapacidad de arranque del vehículo.

A menudo se suelen introducir algoritmos de control basados en redes neuronales en las técnicas de diagnóstico, que son muy importantes para modelar y reconocer complejos patrones de comportamiento de error.

En figura 21 se muestra un sistema de reconocimiento típico, para por ejemplo controlar los posibles errores de explosión en los cilindros.

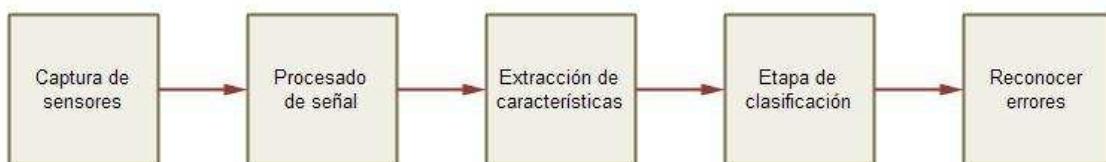


Figura 21: Sistema de diagnosis basado en redes neuronales y reconocimiento de un error.

La dificultad de desarrollo de un diagnóstico on-board, capaz de detectar los errores en la explosión de los cilindros del motor, consiste en cómo poder encontrar un algoritmo unificado que sea capaz de hacer este diagnóstico con una elevada precisión, sin falsas alarmas y con bajo coste de instalación. Existen situaciones concretas que producen estas situaciones de error en la explosión de los cilindros, regularmente o debido a secuencias específicas que actúan sobre el motor de manera errónea.

Las señales captadas por los diferentes sensores serán evaluadas para cada explosión que se produzca en el motor. Una vez capturadas, se realiza una

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

etapa de procesamiento de la información relevante para que por último, se clasifiquen todos los datos y se pueda reconocer un error de explosión en los cilindros. Se puede observar en la figura 22, una red multicapa que modela el sistema inverso de una señal de velocidad de cigüeñal dada una señal de explosión.

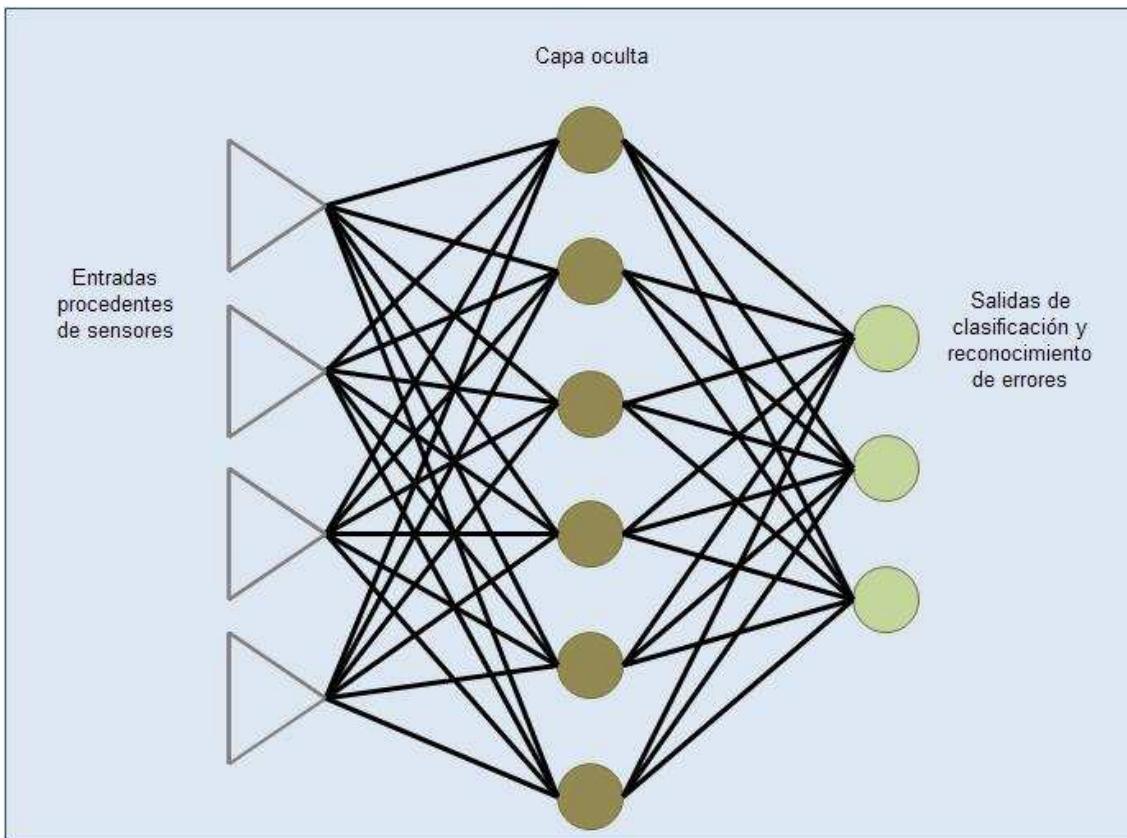


Figura 22: Red multicapa perceptrón como sistema virtual.

Se introducen al sistema las señales de velocidad instantánea angular y de velocidad media angular, el par-motor y el número de cilindro actual, para poder incorporar dicha información a la etapa de decisión final, que podemos ver en la figura 23.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

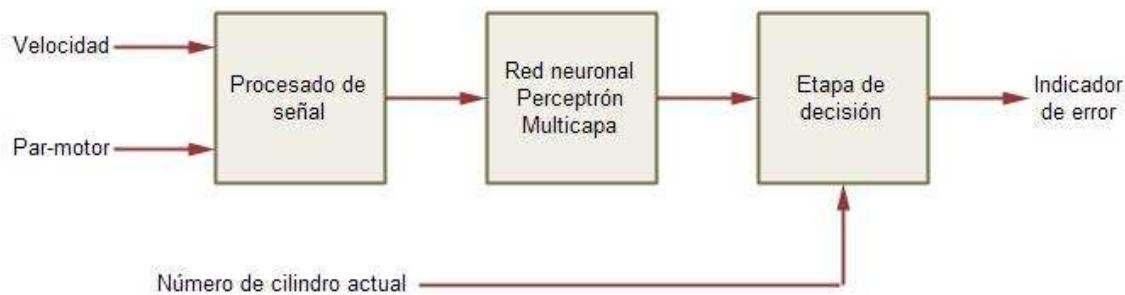


Figura 23 : Etapas para diagnosis basada en modelos con redes neuronales.

El error en la explosión de algún cilindro, provoca una brusca variación de la velocidad de giro del cigüeñal. La red neuronal es capaz de modelar el funcionamiento inverso del motor para poder comparar el funcionamiento normal con el funcionamiento con error de explosión, y así diagnosticar el error e intentar corregir este comportamiento anómalo.

También se usan redes neuronales para realizar una identificación y poder predecir el gasto de combustible, eficiencia del motor y emisión de gases. La red neuronal necesita un proceso de entrenamiento para que sus pesos se ajusten adecuadamente al comportamiento del motor bajo estudio y sea capaz de predecir la salida del motor en tiempo real, y así poder regular adecuadamente las emisiones de gases dinámicamente.

Una red neuronal es capaz de predecir el comportamiento real de un motor, en materia de consumo, emisiones, etc....., a partir de diferentes parámetros medibles. El sistema de inteligencia artificial consiste en un modelo predictivo del motor que se diseña para ejecutarse en un microprocesador en paralelo con el funcionamiento del motor en tiempo real, captando como señales de entrada los mismos sensores que usa el motor. Esto permite una predicción precisa del funcionamiento del motor, emisiones relacionadas y consumo de combustible para todo el rango de operación del motor. Se debe

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

realizar una fase de aprendizaje donde la red neuronal aprende el modelo en tiempo real, y se ajusta de forma precisa, al comportamiento que tiene el motor al medir las entradas al mismo y salidas que produce. Una vez esto se ha realizado, el modelo es capaz de actualizar a lo largo del tiempo las relaciones que modelan el comportamiento del motor de manera que sea capaz de adaptarse a otras situaciones, como cambios de componentes o condiciones ambientales.

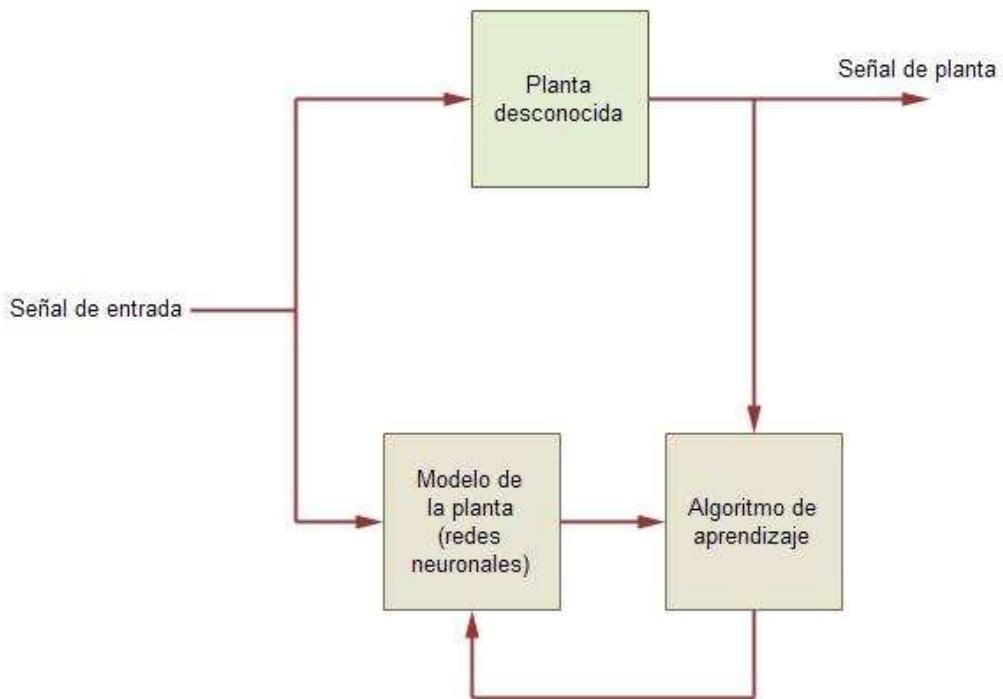
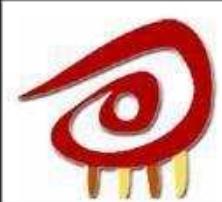


Figura 24 : Identificación del modelo y detección de desviaciones tras un aprendizaje.

### Diagnosis usando sensores “virtuales” basada en redes neuronales

A menudo se diseña un sistema de diagnosis del motor dividido en múltiples módulos, cada uno con una red neuronal que modela el comportamiento de un subconjunto de sensores disponibles y relativos al propio motor. Así se pueden comprobar fallos en un sensor por simple

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

comparación de su valor con los resultados generados por la red neuronal asociada al mismo. La redundancia que ofrece la predicción de la salida del motor puede ayudar en la identificación y asociación de fallos en los componentes del motor o en sensores acoplados al mismo. La predicción de la salida de sensores virtual también proporciona un alto grado de redundancia sin tener que incluir sensores adicionales, con lo que ello conllevaría en cuanto a coste y complejidad de software y hardware.

Por ejemplo, se puede ver cómo el consumo instantáneo de combustible se calcula usando una red neuronal en base a la velocidad del motor, presión del motor, y la temperatura, tanto ambiental como del motor. El hecho de que varios de estos parámetros de entrada están interrelacionados, hace que no sean independientes entre sí, lo que proporciona un gran nivel de redundancia en el propio sistema de variables y así el comprobar o diagnosticar la situación de fallo resulta más fiable.

Otra posibilidad es utilizar el sensor virtual, dado por el modelo del motor en forma de red neuronal, en un control reconfigurable en función del fallo que haya manifestado algún sensor o componente del motor para poder continuar la marcha del vehículo en la medida de lo posible.

Por tanto, el sistema que permite realizar una medida virtual de las emisiones de gases es fácilmente aplicable haciendo uso de una red neuronal que modele el comportamiento que tendrá el motor para dichas variables de entrada. Este sistema se podría integrar en el sistema OBD para proporcionar una alerta inmediata que indique un exceso de gases contaminantes. Más aún, la red neuronal puede proporcionar valores en tiempo real de parámetros que no sean medidos o bien por la dificultad que entraña medir en tiempo real dichos parámetros.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Por último, en lo relativo al sistema de diagnóstico basado en redes neuronales, cabe mencionar que los fabricantes lo utilizan en el desarrollo de diferentes controles del motor, dado que se tiene un modelo fidedigno y preciso de su comportamiento.

### Software de diagnosis orientado a objetos

El enfoque de la programación hacia los objetos, permite hacer independiente el sistema de diagnóstico respecto de un vehículo concreto.

Además el diseño orientado a objetos permite la partición del mismo en unidades de trabajo con interfaces bien definidas y la posibilidad de reutilizar las funciones software desarrolladas anteriormente para cada función de diagnosis y control.

El sistema de diagnosis en el interior de un ECU se presenta normalmente como una estructura de diferentes funciones de diagnosis que comprueban el estado u operación de los componentes más importantes y las funciones de control del vehículo, para así proporcionar información relativa de los posibles fallos.

Esta información es especialmente necesaria si se consideran funciones críticas de seguridad con tiempos de reacción muy cortos entre la detección del fallo y la reacción de emergencia por parte del sistema.

Además de una mejora en cuanto a la fiabilidad y seguridad del sistema, los sistemas de diagnosis de a bordo se utilizan para el mantenimiento y la reparación de fallos de los componentes identificados por el sistema de diagnosis.

Así mismo, se debe mencionar la interdependencia de los diferentes sistemas de diagnosis:

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Diversas funciones del diagnóstico se basan en el correcto funcionamiento de otros componentes, que a su vez son comprobados por otras funciones del diagnóstico. Así podemos ver como existe una influencia mutua cuando existe un fallo en algún sensor que podría dar lugar a una serie de fallos en cadena, que podría ocultar el fallo originario.
- Algunas funciones del diagnóstico pueden influir en el estado del sistema al ser usadas en el lazo de control de su propia función de diagnóstico. Esto hace que exista una exclusión mutua entre un subconjunto de funciones de control y diagnóstico, que implica un problema de ejecución temporal de dichas funciones.

La experiencia en el campo de los sistemas empotrados dentro del área de los automóviles indica que existen múltiples inconvenientes cuando todas estas interrelaciones de los diferentes componentes se manejan localmente con las funciones. Esto se traduce en la creación de módulos software, que son dependientes en gran medida del sistema concreto que se esté desarrollando. Es por esto, que posibles ampliaciones del sistema de diagnóstico on-board o incluso cambios en una de esas funciones, pueden derivar en un cambio de muchas otras funciones y la validación del sistema de diagnóstico completo.

En la figura 25, se puede observar como ejemplo de arquitectura OBD orientada a objetos, el sistema de gestión de diagnóstico (DSM).

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

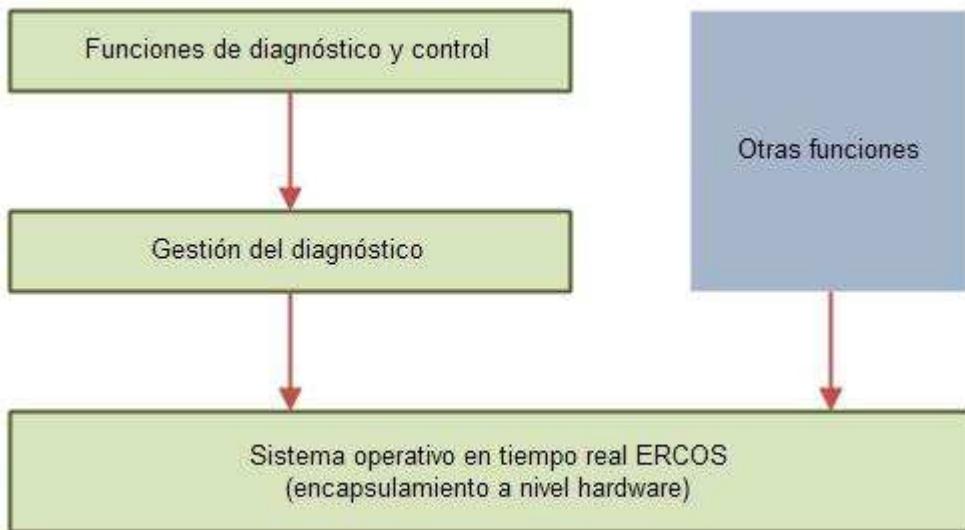


Figura 25: Arquitectura DSM orientada a objetos para la diagnosis OBD.

Este sistema posee una serie de módulos comunes de gestión, que deben ser los encargados de manejar las situaciones de dependencia e interrelación entre las diferentes funciones de diagnóstico y control. Las propiedades del sistema se configuran como datos a cargar en el sistema, hecho que garantiza un correcto funcionamiento, a la vez que facilita la actualización y reutilización de dichas funciones, cambiando dichos parámetros iniciales.

#### Diagnóstico basado en técnicas de lógica borrosa

Ya se ha comentado, que la diagnosis de fallos está definida principalmente por las normativas y regulaciones, el mantenimiento del vehículo y la satisfacción del usuario. Se han revisado diferentes sistemas para detectar u aislar el motivo de la avería en cualquier sistema, subsistema y componentes haciendo especial hincapié en las averías que pueden afectar a la emisión de gases contaminantes.

Los comprobadores de nivel, suelen ser el método utilizado. Están basados en modelos o sistemas expertos en la diagnosis de una incorrecta operación en los sistemas de control de las emisiones.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La detección de fallos parciales o incluso anticiparse a un determinado fallo, dando la señal de alerta, puede ser difícil de realizar con los métodos estudiados. Como entradas al sistema de diagnosis, hay numerosos sensores muestrados con diferentes periodos de tiempo. El sistema de diagnosis debe ser capaz de realizar la fusión de los valores dados por los sensores, la combinación de valores dados en diferentes escalas de tiempo y la integración del conocimiento.

Los sistemas basados en lógica borrosa, permiten mejorar la eficiencia del método de detección de fallos basado en un modelo matemático del motor, aun con las restricciones ya nombradas.

La naturaleza de las reglas borrosas y la relación entre los conjuntos borrosos proporcionan una potencia de diagnóstico que se va incrementando a medida que se va completando el modelo del sistema. Por otra parte la complejidad hace que otros enfoques, como los métodos estadísticos o matemáticos, sean difícilmente abordables. Los métodos de inferencia borrosa proporcionan un esquema de representación e interacción de los diferentes elementos del sistema más flexible y completo.

La diagnosis de fallos en el automóvil, desde el punto de vista de la lógica borrosa, tiene las siguientes características:

- Conocimiento incompleto de la mayoría de los problemas y diagnósticos que se han de realizar al vehículo, debido en gran medida a la complejidad actual de los automóviles. Una razón para esta falta de datos es que , a menudo, no se tiene un conjunto completo de los parámetros que serían necesarios para describir de forma completa un comportamiento erróneo o fallo de un componente. En general, los ingenieros pueden hacer uso de conocimientos dados por expertos o pruebas de los componentes que definen una lista de parámetros

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

asociados con un tipo particular de fallo. Sin embargo, los datos que se captan por los sensores vienen limitados por razones físicas y económicas. Por tanto, algunos parámetros pueden ser sustituidos de manera imprecisa en el modelo para tener una estimación de la información no disponible directamente. Otros parámetros pueden no tener ni una estimación. La incertidumbre del problema conduce a buscar una solución haciendo uso de modelos de diagnosis descritos con lógica borrosa.

- La lógica borrosa proporciona un método más intuitivo para expresar diferentes conceptos de funcionamiento físico del sistema bajo estudio. Su funcionamiento viene dado por reglas de conocimiento en formato lingüístico que puede ser realizado por un experto. El estado del problema, puede ser descrito con términos no muy descriptivos, como alto, bueno, bajo, frio, etc.....
- Los sistemas basados en reglas borrosas suelen necesitar menos reglas de ejecución y tienen un tiempo de respuesta menor que los sistemas clásicos basados en modelos.
- Los sistemas borrosos son capaces de aglutinar múltiples reglas dadas por diferentes bases de conocimiento, incluso reglas que muestran cierto comportamiento opuesto.

En la figura 26 se muestra un sistema borroso que incluye un modelo borroso del conocimiento del sistema, un algoritmo para la generación de reglas borrosas, y la posterior optimización de las funciones de pertenencia. Además, el sistema proporciona un interfaz para introducir diferentes datos. Se muestran dos modos de funcionamiento: en el primero se realiza un aprendizaje del conocimiento y posterior traslación a reglas y funciones de pertenencia. En el

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

segundo modo se tiene en funcionamiento el diagnóstico borroso de posibles fallos.

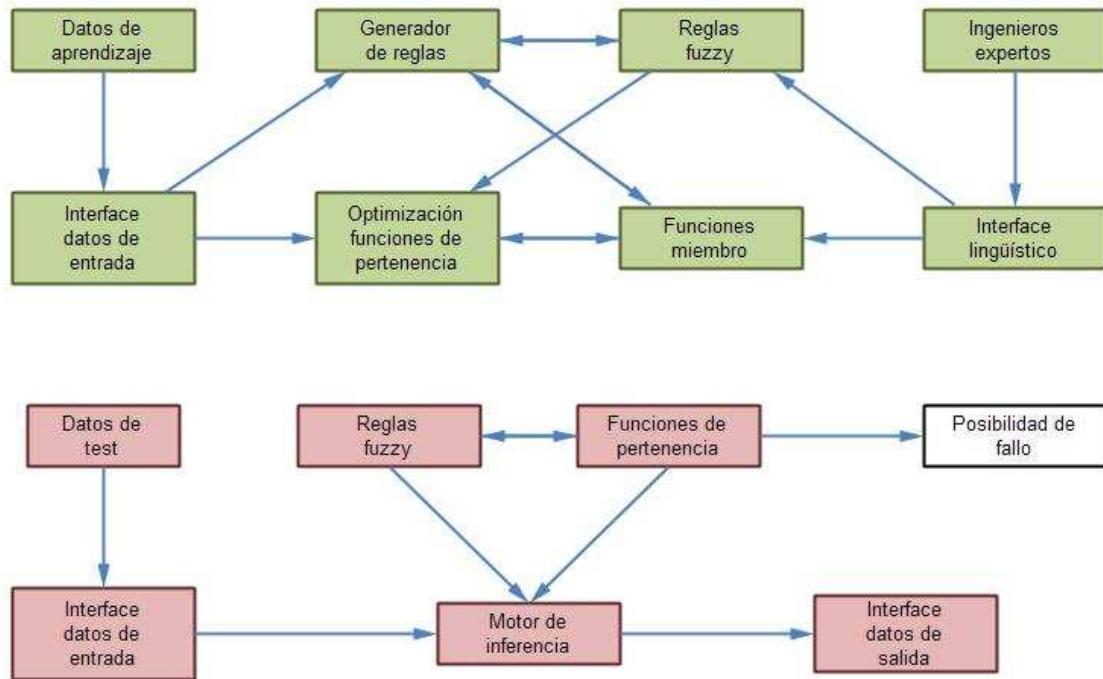


Figura 26 : Sistema borroso aplicado a la diagnosis.

Muchas de las tecnologías explicadas se combinan en un mismo sistema híbrido de diagnosis para ampliar las prestaciones del mismo.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.1.2. DIAGNOSIS EXTERNA (Off- board)

##### **4.1.2.1. Tipos**

En función de la cantidad y complejidad de electrónica que posea el vehículo, la diagnosis off-board posee diferentes niveles.

##### Visual

La diagnosis externa visual, utiliza únicamente la experiencia humana, y fue muy utilizada en los años 80, para detectar y posteriormente reparar los fallos. El método de ensayo y error, era muy válido ante la falta de recursos para saber exactamente el fallo que presentaba el automóvil. Este método consistía en comprobar un módulo, cambiar el defectuoso, y posteriormente analizar el resultado del cambio.

##### Manual

Es como la diagnosis visual, pero complementada con equipos tradicionales de medida: osciloscopios, multímetros, analizadores de gases, etc. La inclusión de este tipo de equipos en los talleres de reparación de automóviles, fue debida al alto nivel de experiencia personal necesario para un diagnóstico únicamente visual. Estos equipos externos no incluidos en los sistemas electrónicos del automóvil, reducen el tiempo necesario para el diagnóstico correcto del vehículo, además de incrementar la fiabilidad del diagnóstico.

##### Automática

- On-line: utilizando equipos fijos o portátiles que se conectan en un terminal específico del automóvil, llamado OBD. A través de este terminal, es posible obtener toda la información de la diagnosis.

Estos equipos, llamados Scantools, permiten leer los códigos de error relativos a los fallos ocurridos en el vehículo, y que previamente han sido

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

almacenados en la unidad electrónica central. Estos fallos son normalmente debidos a fallos de recepción, o de transmisión de valores entre los sensores y la unidad de control. Por tanto, este tipo de diagnóstico se basa en la verificación de los sistemas electrónicos que incorporan los vehículos.

Además, los Scantools permiten realizar tareas de mantenimiento, ajuste, y calibración de las unidades electrónicas embarcadas en el vehículo.

- Automática remota: también llamada off-board y off-line, se caracteriza por la comunicación en ausencia de cableado entre el vehículo y el sistema externo de diagnóstico de los códigos de avería.

De esta manera, el centro de diagnóstico, puede decidir las pruebas y cambios que hay que realizar en el taller o incluso puede realizar algún ajuste de mantenimiento desde un centro de asistencia.

Existen dos tipos de conectividades remotas. La primera se refiere al enlace entre el vehículo y el taller, utilizando enlaces vía radio. Y también al enlace vía internet entre el taller y el servicio de diagnosis del fabricante, para intercambiar información relativa al tipo fallo o qué pruebas de diagnosis adicional podemos realizar.

El segundo tipo de conectividad, establece enlace directo entre los automóviles y el servicio de diagnóstico del fabricante utilizando enlace vía satélite(GSM/GPRS/UMTS).Este enlace sirve para obtener información, sobre posibles fallos ocurridos en los vehículos antes de que el vehículo acuda al taller.

Así se produce una anticipación, que reduce el tiempo de reparación.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.1.2.2. Procedimiento actual en la diagnosis externa**

En la actualidad, la diagnosis automática es claramente la más utilizada, y se reduce a la extracción de la información recopilada en la unidad central. Para realizar esta extracción in-situ, hay varias versiones de equipos:

##### Puesto de diagnosis fijo

La fotografía de la figura 27, nos muestra un ejemplo de este tipo de puesto. Pese a sus avanzadas prestaciones, tiene los inconvenientes de su coste y la dependencia de cableado para la comunicación con el puerto OBD del vehículo. Así mismo es posible la conexión del equipo a módulos de ampliación, de manera inalámbrica. Esto permite incrementar las prestaciones, aunque también el precio del equipo.



Figura 27: Puesto de diagnosis fijo BOSCH en un centro de reparaciones.

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### Equipo de diagnosis portátil

Estos equipos, permiten al técnico verificar el resultado de cualquier modificación o sustitución in-situ, esto es con el automóvil en funcionamiento por la calle.

Existen diferentes versiones de estos equipos, función de si el software está instalado en un hardware de amplia difusión(PDA, ordenador portátil), o en una hardware más específico.

En los primeros la potencia de diagnosis estará limitada por el software, mientras que en los segundos nos ahorraremos costes al estar más enfocados al protocolo final de la diagnosis.



Figura 28 : Diferentes opciones de diagnosis portátil.

#### 4.1.2.3. Objetivos y alcance

Además de la ya consabida regulación impuesta por las normativas de regulación de protección del medio ambiente, se han añadido una serie de mejoras a los automóviles que permiten un eficaz auto diagnóstico, para verificar el estado de componentes y sensores, además del registro de un posible fallo.

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Debido a la introducción de componentes electrónicos y al aumento de información entre el servicio de post-venta y el automóvil, la complejidad de todo el entramado electrónico del automóvil ha ido creciendo. Es por esto, que un equipo capaz de comunicarse con el sistema de diagnosis interno del vehículo, resulta imprescindible para permitir el intercambio de información con el servicio técnico.

Todo el procedimiento y los sistemas de los equipos on-board están estandarizados, incluyendo el conector para enlace de datos y el protocolo de comunicación. Resultado de esto, es la creación de una nueva generación de herramientas de mano, cada vez más compactas, para diagnosticar problemas y tener una herramienta potente en cuanto a almacenamiento, procesamiento y visualización.

El puerto de comunicación para el Scantool, se llama DLC(Diagnostic Link Connector), y es casi universal para todos los vehículos.

Los códigos de averías leídos por el Scantool están normalizados, siendo iguales para todos los vehículos. Sin embargo, hay una serie de parámetros extras, propios del fabricante y del vehículo concreto.

#### **4.1.2.4. Normativa de la diagnosis externa**

Han sido propuestos muchos métodos y prácticas, por las agencias de estandarización, para seguir una línea común en la implementación práctica de diagnosis externa y cumpliendo el estándar OBD. Dicha normalización, también afecta a la fabricación de herramientas y equipos de servicio posventa, para asegurar la compatibilidad entre el sistema de a bordo del vehículo y el sistema de diagnóstico externo(off-board). De esta forma, es posible que terceras compañías puedan desarrollar equipos de diagnosis independientes, siguiendo los estándares OBD.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## Estándares más importantes en la diagnosis externa

- Norma J1962: determina que el conector normalizado OBD, debe tener forma trapezoidal, y 16 pines. Las reglamentaciones OBD II, definen física y eléctricamente el DLC. Por ejemplo algunos de los terminales están destinados a alimentación, o conexión a tierra. El DLC se conoce con el nombre de “conector J1962”
- Norma J1978: enumera las funciones mínimas que debe de tener una herramienta de Scantool para cumplir con la normativa OBD:
  - Manejo automático del protocolo OBD que incorpora el vehículo.
  - Recogida y visualización de los resultados de la evaluación de diagnóstico, así como la disponibilidad de los equipos electrónicos e información procedente del indicador luminoso de fallo.
  - Recogida y visualización de:
    - Códigos de diagnóstico de fallos(DTCs)
    - Datos relativos a emisiones(parámetros del motor)
    - Histórico sobre emisiones y resultado de diferentes chequeos
  - Puesta a cero de toda la información contenida en el punto anterior
- Norma J1979: describe los modos de chequeo y diagnóstico para la obtención de datos relativos a la diagnosis sobre emisiones
  - Modo 1-Petición de los datos de diagnóstico actuales acerca del motor y estado de disponibilidad.
  - Modo2-Petición de datos históricos sobre la transmisión
  - Modo3-Petición de códigos de fallo relativos a las emisiones(DTCs)
  - Modo4-Puesta cero de la información anterior

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Modo5-Petición de los resultados de chequeo sobre el sensor de oxígeno
- Modo6-Petición de los últimos resultados de la supervisión realizada por el ordenador de a bordo sobre sistemas monitorizados de forma no continua, como catalizador, recirculación del gas, sistema de evaporación, etc.....
- Modo7-Petición de los últimos resultados de la supervisión realizada por el ordenador de a bordo sobre sistemas monitorizados de forma continua, como la admisión de gasolina, inyección, etc.
- Normas J1850, Iso9141 e ISO14230-4:describen los diferentes protocolos de comunicación y formatos de mensajes que un fabricante de vehículos puede utilizar en los equipos OBD embarcados
- Norma J2012:describe la recomendación sobre códigos numéricos DTCs así como su descripción.

#### **4.1.2.5. Conexión de una herramienta Scantool al vehículo**

Cuando se procede a la conexión de una herramienta Scantool en el vehículo, lo primero que se debe de saber es la ubicación del conector DLC de conexión al vehículo. La normativa J1962 define que esta ubicación deberá ser bajo el tablero de instrumentos, y si no fuera así, se deberá de indicar la ubicación concreta con una pegatina.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.1.2.6. Descripción general de los Scantools**

Como función principal de estos equipos, está el diagnóstico de los diferentes subsistemas de un vehículo y se utilizan tanto para el diagnóstico como para la reparación de los automóviles que llevan incorporado un sistema de diagnosis de a bordo.

Además de controlar las operaciones del motor, los sistemas electrónicos de los vehículos, también sirven junto con una herramienta de diagnosis, para encontrar, prever y solucionar posibles problemas.

Existen diferentes normas y regulaciones, siendo actualmente el OBD II el de mayor aplicación. Vamos a analizar las diferentes capacidades de este tipo de herramientas, y sus modos de inspección y mantenimiento.

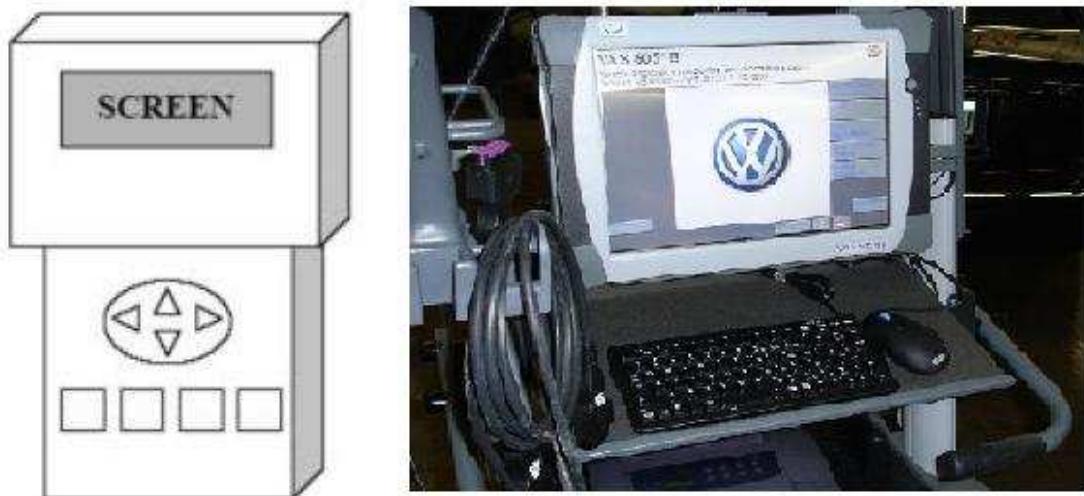


Figura 29: Scantool genérica y específica de un fabricante.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## Funciones típicas de las herramientas Scantool

- Control bi-direccional: las Scantool pueden controlar ciertos componentes del vehículo y pedir que se inicien ciertos tests bajo demanda. Así se permite monitorizar información entrante y saliente de sensores, solenoides y transmisión del ordenador de a bordo. Los datos son actualizados al encender el motor para poder ver la respuesta del sistema.
- Visualizador gráfico: los Scantools pueden visualizar gráficamente los parámetros de diagnóstico.
- LEDs adicionales: para indicar cambios en los principales valores del estado del motor, haciendo sencilla su lectura por parte del técnico.
- Menú de ayuda: para informar al técnico acerca de los procedimientos a seguir.
- Librería de códigos de fallo: incluyen una lista con todos los posibles códigos de fallo definidos por la norma.
- Salida a impresora o conexión a un ordenador: para imprimir el resultado del diagnóstico realizado.
- Modo de almacenamiento y visualización/modo foto: las Scantool, pueden almacenar un conjunto de datos y parámetros recogidos en tiempo real, para posteriormente visualizar esa información. Esto permite al técnico saber el ajuste a realizar sobre el vehículo. Se denomina “freeze frame”, y permite reconstruir el problema antes o después de la reparación.
- Pruebas de sensores de oxígeno
- Reprogramación del PCM del automóvil: la Scantool permite realizar una reprogramación de los módulos del ordenador del vehículo, especialmente de la transmisión.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Medidores y osciloscopios: la Scantool puede operar como un multímetro o como un osciloscopio.
- Ayuda al diagnóstico y resolución de posibles fallos-las Scantools incorporan información adicional que pueda ser útil para diagnosticar problemas. Se apoya en una base de datos con las posibles situaciones de fallo y los componentes asociados a dicho error.

#### **4.1.2.7. Problemática de los estándares OBD**

Debido a la continua mejora de las prestaciones, bases de datos y funciones, el Scantool debe estar continuamente actualizado con la última versión de software del fabricante. Pese a la normativa del sistema de diagnóstico OBD, cada fabricante realiza un aparato diferente con ciertas peculiaridades. Estos distintos matices de normas y traducciones, pueden llegar a confundir al usuario debido al cambio de nombres entre unas herramientas y otras. Esto sucede en el caso de la distinción entre datos de monitorización, monitorización continua, y monitorización no continua.

Aunque la información del sistema OBD está descrita en la norma, los fabricantes cambian la nomenclatura por diversas razones(árboles de menús, economía de caracteres en el display.....), dando lugar a confusiones.

Los errores de funcionamiento, se almacenan usando números de código, llamados normalmente “códigos de avería” o “DTCs”. Por ejemplo un código P0122 quiere decir: “tensión de señal de sensor de posición de válvula reguladora(mariposa) demasiado baja”. Estos códigos genéricos, forman parte del software proporcionado por el Scantool OBD-II. Para poder comprender los DTCs de cada fabricante es necesario un manual de servicio del vehículo.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.1.2.8. Lo que un sistema de auto diagnóstico pudiera no detectar**

La mayor parte de los vehículos controlados electrónicamente por ECUs, poseen un sistema de auto diagnóstico incorporado. Un Scantool puede recuperar cualquier código de avería que esté almacenado en la memoria de la ECU. Esta información, puede ayudar al técnico a realizar un diagnóstico más rápido y de mayor precisión, además de reducir de forma importante el tiempo requerido para el diagnóstico.

Sin embargo, como ya hemos visto, la mayor parte de los códigos de avería, sólo indican un circuito defectuoso o un sensor que no funciona correctamente. No siempre indican la raíz del problema, sino que más bien indican la consecuencia. Esto es debido a que las ECUs tan sólo pueden controlar el estado o la operación de los sistemas y dispositivos conectados a ellas. En la mayoría de los motores, la Ecu no controla:

- El estado mecánico del motor
- El estado del sistema de encendido
- El estado del sistema de escape
- El estado de mangueras y tubos

Así es, que al realizar un diagnóstico, debemos de tener en cuenta los elementos no controlados electrónicamente, que pueden afectar al buen funcionamiento del vehículo, y no sólo ceñirnos a los elementos electrónicos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.1.2.9. Diagrama de flujo para realizar un test e inspección con una Scantool**

La diagnosis externa forma parte de los tests e inspecciones que se realizan a un vehículo en el momento en que entra a un taller para realizar una revisión.

Existen dos tipos de diagnosis externa:

- Comprobar el estado de las lámparas indicadoras de avería(MIL)
- Realizar un test al ordenador de a bordo para verificar que no existe ningún indicio de error o mal funcionamiento en el vehículo, pese a que no hay ninguna MIL encendida.

Al conectar el Scantool al vehículo, la herramienta se comunica de forma automática con él para encontrar el protocolo correcto de comunicación.

El ordenador de a bordo realiza una supervisión de inspección y mantenimiento que es ejecutada para verificar la correcta operación de los sistemas o componentes del vehículo. Las funciones de supervisión verifican la operación de los componentes y sistemas relacionados con las emisiones, y detectan valores que estén fuera del margen admisible. Para obtener una monitorización real y fiable, habrá que someter al vehículo a una prueba dinámica, que nos aporte los verdaderos datos de funcionamiento.

Los ordenadores de control del motor, podrían encontrarse en estado de fallo, o con algún problema de funcionamiento. Es por esto que el fabricante del vehículo, o de la ECU, ha programado de forma permanente a la ECU, para ejecutar funciones especiales de prueba. Estas pruebas verifican los componentes que, conectados al ordenador, se usan para: suministro de combustible, control del régimen de ralentí, sincronización del encendido, sistemas de control de emisión, y cambios de marcha en caso de haber transmisión automática, etc.....

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Estas funciones especiales de prueba, dependen del fabricante, motor y año del modelo. No existe una prueba universal que sea la misma para todos los vehículos.

Estas pruebas examinan las entradas (señales eléctricas procedentes de los sensores, que llegan a las ECUs) y las salidas (señales eléctricas generadas por las ECUs), así como los cálculos internos realizados por el ordenador. El programa de test almacena las señales de entrada que tienen valores incorrectos, o las señales de los circuitos de salida que no operan de forma correcta. Todos estos resultados se almacenan en la memoria del ordenador, ya que la ECU no puede controlar el motor debidamente si tiene información incorrecta en sus entradas, o circuitos de salida defectuosos.

En la figura 30 se puede ver el proceso típico de diagnosis externa, donde se indican los pasos más representativos.

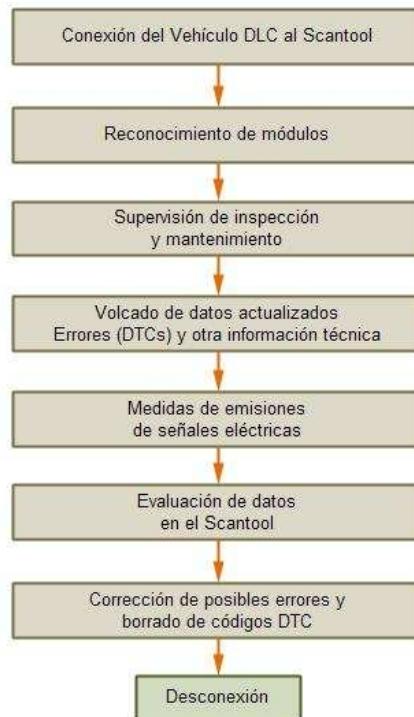


Figura 30: Fases del proceso a seguir en la diagnosis externa.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Existen multitud de funciones de supervisión OBD II, relacionadas con la diagnosis externa, como por ejemplo:

- Error en la combustión
- Sistema de inyección de combustible
- Sensores en general
- Catalizador
- Catalizador calefactado
- Sistema de evaporación de combustible
- Sistema de refrigeración y acondicionamiento de aire exterior
- Sensor de oxígeno o sonda Lambda
- Calefactor de sonda Lambda
- Sistema de recirculación de gases de escape (EGR)

Las pruebas de monitorización de las emisiones y gases tienen los siguientes estados posibles:

- El estado “Preparado”, significa que las condiciones de conducción requeridas para esa monitorización, han sido cumplidas y éste, se ha aceptado como bueno.
- El estado “ No preparado”, significa que las condiciones de conducción requeridas para esa monitorización no han sido cumplidas, o bien no es correcto.
- El estado “ No aplicable”, significa que el vehículo no soporta esa prueba concreta.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 4.2. ESTÁNDAR OBD

A continuación se detallan las diferentes generaciones estandarizadas relativas a la diagnosis del automóvil, conocidas como OBDs (On Board Diagnostic), que nacen en USA y se extienden a Europa y Asia con denominaciones similares. En definitiva son normas aceptadas e implantadas por los fabricantes de automóviles con proyección internacional.

### 4.2.1. OBD I

La primera generación de diagnosis de a bordo data de comienzos del año 1987, cuando todos los nuevos vehículos producidos en California, estaban obligados a incorporar equipos electrónicos que dieran respuestas a las demandas de las organizaciones americanas EPA (Environmental Protection Agency) y SAE (Society Automotive Engineering). El objetivo subyacente de dicha diagnosis era minimizar la contaminación atmosférica producida por el parque automovilístico, aunque también fueron considerados otros objetivos, como el de poder notificar a los conductores, el estado de su vehículo.

Con estos precedentes, la CARB (California Air Resources Board) definió en 1988, los primeros requisitos de la primera generación de diagnosis de a bordo (OBD I).

Estos requisitos eran los siguientes:

- Incorporación de testigos luminosos (MIL) de fallo, para informar al conductor de algún tipo de avería en el vehículo.
- Disposición de un manual de interpretación de códigos de avería, leídos de la memoria de a bordo del vehículo, para facilitar a los talleres la traducción de los códigos asociados a componentes defectuosos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Monitorizar la visualización de los gases de escape y relacionar dicha emisión con las averías de los componentes eléctricos que controlan el funcionamiento del motor. Además debía de poder almacenarse en una memoria, que formaría parte de la ECU, las incidencias relacionadas con los fallos.

Podemos concluir de todo lo anteriormente dicho, que la primera generación de diagnosis de abordo (OBDI) fue fundamentalmente concebida para ser aplicada a todos los sistemas que ante un funcionamiento defectuoso, contribuían a un incremento significativo de las emisiones de gases contaminantes. Dentro de este grupo de sistemas estaban:

- Todos los sensores importantes del motor: temperatura de refrigerante del motor, temperatura de aire de admisión del motor, sensor de posición de la mariposa, etc.....
- El sistema de medida de nivel de combustible
- Sistema de recirculación de los gases de escape (EGR)

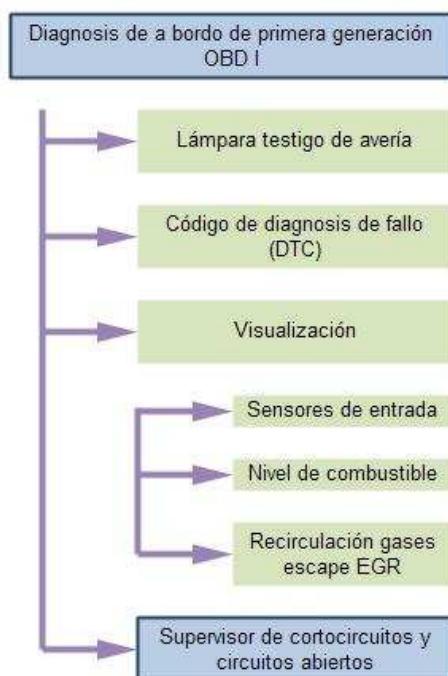


Figura 31: Aspectos más importantes incluidos en la diagnosis de a bordo de nivel 1 (OBD I).

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Podemos concluir diciendo que la incorporación de la tecnología electrónica en el sector de la automoción, permitió afrontar la necesidad de reducir la contaminación producida por los vehículos a motor, informar al conductor del estado de éstos, y reducir el tiempo necesario para la localización de algunas averías.

#### 4.2.2. OBD 1.5

El OBD 1.5 es una especie de ensayo, a medias entre el OBD I y el OBD II, que el grupo GM puso en marcha, en algunos vehículos entre 1994 y 1995. El grupo GM no utilizó el término de OBD 1.5 en la documentación de estos vehículos, sino que simplemente hacía referencia a OBD.

En función del año y del vehículo, un coche con el sistema OBD 1.5, puede tener el conector correspondiente a OBD II o el más viejo OBD I, aunque ambos son eléctricamente iguales.

Por ejemplo, los Chevrolet Corvette de 1994-1995, poseían una sonda lambda justo después del motor, aun teniendo dos catalizadores, y poseían un subconjunto de códigos OBD II. Estos códigos eran:

- P0116:Problema en la temperatura del líquido refrigerante.
- P0117:temperatura líquido refrigerante entrada baja
- P0118:temperatura líquido refrigerante entrada alta
- P0131:bajo voltaje circuito sensores(banco1sensor1)
- P0132:alto voltaje circuito sensores(banco1sensor1)
- P0133:Baja respuesta circuito sensores(banco1sensor1)
- P0134:falta de actividad en circuito de sensores(banco1sensor1)
- P0135:malfuncionamiento circuito sensor calefacción(banco1sensor1)
- P0151:bajo voltaje circuito sensores (banco2sensor1)
- P0152:alto voltaje circuito sensores (banco2sensor1)

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- P0153: baja respuesta circuito sensores(banco2sensor1)
- P0154:falta de actividad en circuito de sensores(banco2sensor1)
- P0155: malfuncionamiento circuito sensor calefacción(banco2sensor1)
- P0171:sistema muy pobre(banco1)
- P0172:sistema muy rico(banco1)
- P0174:sistema muy pobre(banco2)
- P0175:sistema muy rico(banco2)
- P0420:eficiencia sistema catalítico no suficiente(banco1)

El pinout para la conexión de ALDL en estos coches es como sigue:

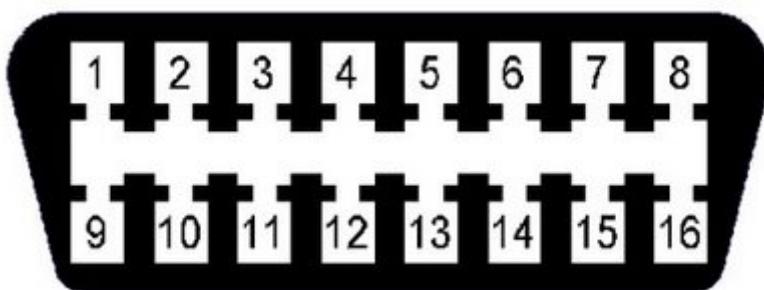


Figura 32: numeración de los pines en un conector OBD

Para las conexiones de ALDL, el pin 9 es la secuencia de datos, se eliminan los pines 4 y 5 y el pin 16 es alimentación de batería.

El OBD 1.5 también fue utilizado por Mitsubishi en las campañas 95-97 y por Volkswagen en los motores VR& de 1995.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.2.3 OBD II

La segunda generación de diagnosis de a bordo (OBD II), nace para mejorar las prestaciones de OBD I. Fueron los propios grupos reguladores, los que impulsaron nuevas mejoras, dando así lugar, al nivel II de diagnóstico de abordo.

Las características más importantes del OBD II son:

- Monitorización de la sonda Lambda, junto a la anchura de pulso dada a los inyectores, en el momento en que el cilindro está en fase de escape, permitiendo la detección del oxígeno no quemado en la explosión. El módulo de control electrónico del motor, reduce el ancho de pulso de la inyección, al comprobar que se reduce el oxígeno evaporado en la combustión para mejorar la eficiencia de la explosión
- Se realiza una monitorización del catalizador, por medio de una sonda Lambda situada a la salida del convertidor catalítico, que permite comparar con otra señal procedente de la otra sonda lambda situada a la entrada del catalizador. Se puede verificar así, la eficiencia de la oxidación del catalizador.



Figura 33 : Sensores situados en torno al catalizador para analizar su funcionamiento.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Permite la detección de un fallo mecánico en el motor. Al utilizar una frecuencia elevada de rastreo de posicionamiento del cigüeñal, el módulo de control electrónico del motor, puede monitorizar de manera muy precisa, la variación de la velocidad del cigüeñal durante el movimiento de cada cilindro que conforma el motor. Cuando todos los cilindros están en correcto estado, y la explosión en cada uno de ellos es correcta, el cigüeñal acelera progresivamente con la explosión de cada uno de los cilindros. Si un cilindro tiene un comportamiento anómalo, se detecta el comportamiento anómalo de velocidad del cigüeñal, y el DTC correspondiente, se ilumina en el cuadro de instrumentos.
- La mayor parte de los motores de combustión modernos, desplazan su puesta a punto original, para adaptarse y compensar, los cambios de presión atmosférica, la temperatura del aire, la composición del combustible, la degradación de ciertos componentes y otros factores. Esta adaptación es normal mientras se mantenga dentro de los límites de diseño del sistema, pero si algún parámetro de ajuste queda fuera de los límites, el sistema OBD II deberá detectarlo. Si estas condiciones se mantienen más tiempo del definido por el fabricante, se almacenará este hecho en la memoria de averías, con el código DTC correspondiente.
- Mejoría de la diagnosis de los datos que ofrece la sonda Lambda, incluyendo monitorización de la degradación y contaminación atendiendo a la frecuencia de contaminación y de los tiempos de conmutación entre mezcla rica y mezcla pobre.
- Análisis del sistema de aire secundario. En este caso la unidad de control del motor, monitoriza la respuesta del sensor de oxígeno y el ancho de pulso correspondiente de excitación del inyector, para determinar si el sistema de aire secundario funciona adecuadamente.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Tras la detección de fallos ocurridos en los sistemas de a bordo del vehículo, se genera el DTC, con su código correspondiente. Dicho código se memoriza en una zona de históricos, para poder ser leído en un futuro con un Scantool, por un técnico especializado.



Figura 34: Esquema general del OBD II

El segundo nivel de diagnosis de a bordo (OBD II) se impone a partir de 1996, pues los turismos y los vehículos de mercancías ligeros, fueron obligados a incorporarlo.

En la figura 34 se pueden ver algunos de los sensores y actuadores añadidos al sistema de inyección electrónica de gasolina para permitir la diagnosis de a bordo OBD II.

La ECU recibe información de los distintos sensores: masa de aire, posición angular del cigüeñal, posición de la mariposa.....y actúa enviando órdenes a actuadores como la bobina de encendido y la válvula de recirculación de gases de escape.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

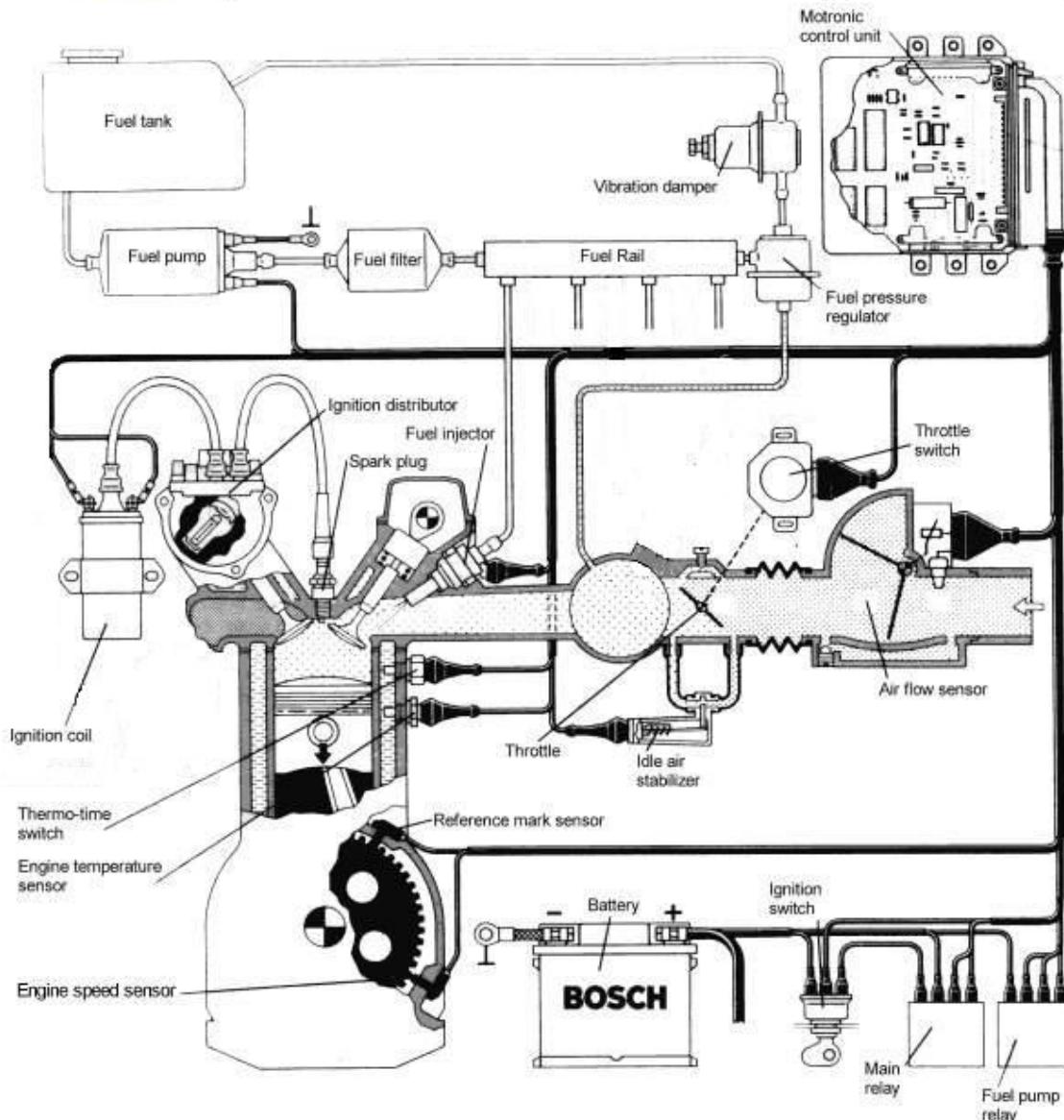


Figura 35: Ejemplo de sistema de inyección BOSCH Motronic, con el sistema OBD II incorporado.

En esta segunda generación de OBD, el control de todos los sistemas y componentes pertenecientes al sistema de expulsión de gases, son monitorizados y controlados, para detectar cualquier mal funcionamiento, que pudiera ocasionar un incremento de la emisión de gases nocivos.

Vemos claramente, que el OBD II, es una versión mejorada de su predecesor OBD I, gracias en gran parte a las ECUs. Más conocidos como ordenadores de a bordo, las ECUs son las encargadas de monitorizar el estado

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

de los diferentes subsistemas que forman parte del vehículo, para poder identificar las diferentes averías que pudieran ocurrir. Los ordenadores de a bordo se encargan de avisar al conductor mediante displays y testigos luminosos, del funcionamiento anómalo de algún componente, y proporcionar el correspondiente código de fallo. Ésto permite ahorrar mucho tiempo y coste de reparación, en comparación a los métodos tradicionales de “comparar y cambiar”, que se venían utilizando hasta entonces.

El sistema de comunicación al conductor de anomalías mediante un testigo luminoso, incluye tres tipos de presentaciones:

- Destellos ocasionales: cuando el fallo es momentáneo, el destello se produce de forma ocasional. En caso de que el defecto sea de naturaleza más grave, afectando a las emisiones de gases o a la seguridad del vehículo, el destello será más continuo.
- Destellos constantes: indica la existencia de un problema que puede causar daño serio al motor, en caso de que el funcionamiento de éste, no sea interrumpido inmediatamente. En este caso, la unidad central de procesamiento, almacenará las últimas lecturas procedentes de los sensores.
- Indicación de fallo grave: este testigo se ilumina sólo, cuando existe un problema muy grave, que comprometa la seguridad de los ocupantes, o el funcionamiento del vehículo.

Para poder acceder a la información recogida por el ordenador central, relativa a los fallos ocurridos en los sistemas controlados por el OBD II, es necesaria la utilización de equipos de hardware y software concretos, que son los ya comentados Scantools, que utilizan conectores y protocolos estandarizados.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Los DTC (Diagnostic Trouble Codes) o códigos de avería, están estandarizados, y cada uno de ellos está asociado a la ubicación espacial donde se encuentra el fallo y al tipo de fallo. Cada DTC está formado por una letra seguida de un código numérico. La letra hace referencia a la localización del fallo (motor, chasis, etc.....) y el código numérico indica el tipo de fallo.

## DESCRIPCION DE CODIGOS DIAGNOSTICO OBD II

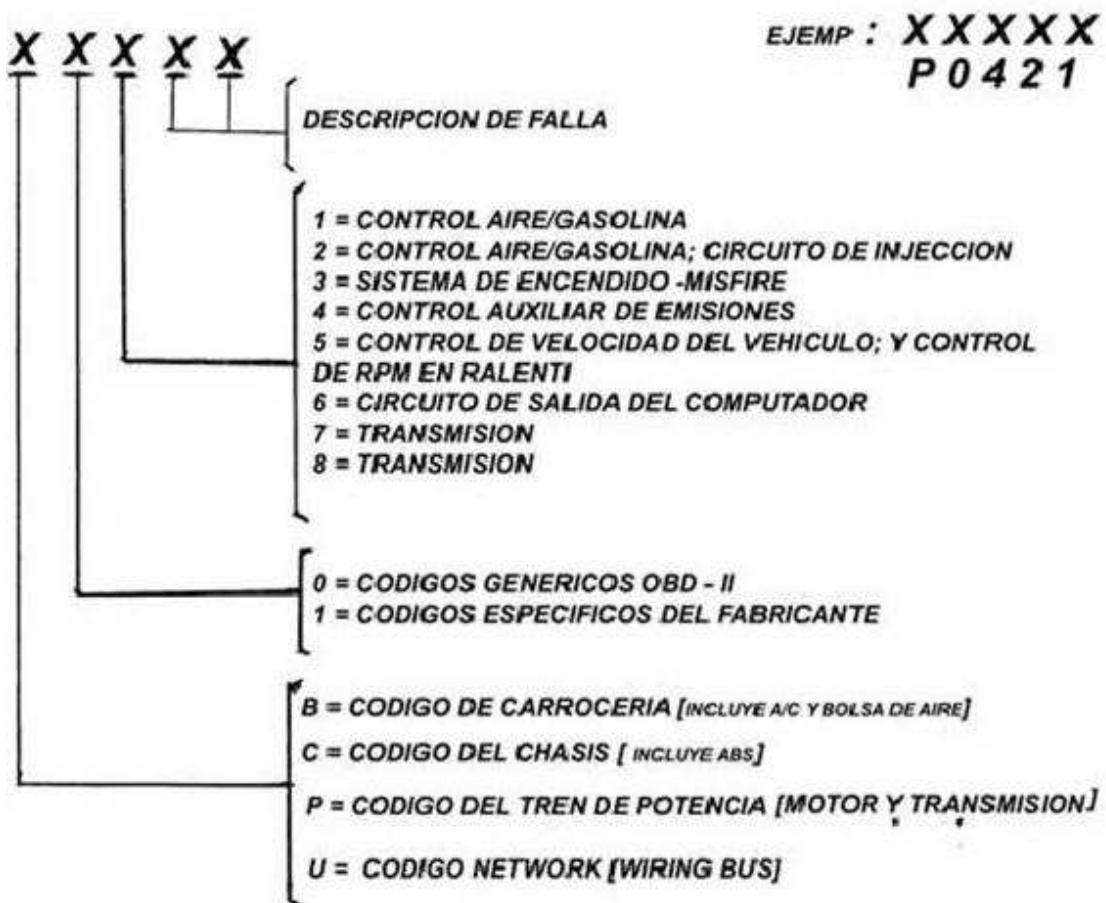


Figura 36: Esquema para identificación de una avería según su numeración.

En la figura 36, se pueden ver los significados de las cifras de un código de avería, DTC. Por otra parte, hay que resaltar que mientras OBD I y OBD II, fueron desarrollados por las asociaciones de automóviles y de medioambiente estadounidenses, en Europa fue estandarizado otro sistema similar de diagnosis, llamado EOBD I.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.2.4. OBD III

El importante avance que experimentan las tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), ha hecho posible la creación de un nuevo concepto en la diagnosis, la tercera generación de OBD. El OBD III es un sistema que permite reducir el tiempo entre la detección de un fallo o funcionamiento defectuoso, y la posterior reparación del mismo.

Es por tanto una evolución del OBD II, pues deberá recibir la información que OBD II transmite, y después de interpretarla, enviar conclusiones al conductor y talleres de reparación, con las claves de los fallos detectados. Además deberá de crear un histórico en un centro de datos, para ser utilizados en la diagnosis del propio vehículo, y en futuros diseños.

En el OBD III, los fallos del vehículo son enviados vía radio terrestre o satélite, a un Centro de Atención al Cliente que los detecta y analiza. Este centro notificará al cliente el proceso a seguir para subsanar el problema. Además, también se notificará al taller de la información necesaria para acometer la reparación y las pruebas necesarias para verificar el posterior buen funcionamiento. Todo esto deja claro porqué el OBD III, se empieza a conocer como diagnosis remota.

Lo más importante de todo esto, es la capacidad de comunicación del vehículo con el mundo exterior, a corta y a larga distancia. En esta dirección, se están proponiendo diferentes alternativas para permitir leer los datos almacenados por OBD II, y enviarlos a centros de Atención al Cliente, Centros de Datos, Servicios Móviles de Mantenimiento, etc.....

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

En relación a las comunicaciones, algunas de las propuestas posibles son:

- Lectores en los bordes de las carreteras: este tipo de tecnología fue probada por la CARB (California Air Resources Board) en 1994. Es capaz de leer hasta ocho carriles de tráfico y con velocidades de los vehículos de hasta 160 km/h. Las unidades lectoras pueden ser fijas o móviles. Cuando la unidad lectora detecta un fallo en un vehículo, es capaz de enviar el número de identificación del vehículo (VIN) además de los códigos de los fallos (DTC) al centro de procesamiento.
- Estaciones de redes locales o satélites: este sistema está basado en los satélites utilizados para la comunicación de telefonía móvil o para el posicionamiento global de sistemas terrestres dotados del correspondiente receptor. Después de recibir una petición vía radio del centro de supervisión, el vehículo enviaría su localización obtenida por vía GPS, la fecha, la hora, los datos VIN y de OBD III. El centro de supervisión se encarga de recibir la información relativa a los DTC, y analizarlos para el envío de posibles pruebas adicionales o recomendaciones de reparación de los talleres, cumpliendo así el objetivo final de OBD III. La reducción del tiempo de respuesta ante fallos.

Los estándares y normas, también están ligados con el OBD III. Por ejemplo, todas las tecnologías implicadas en la comunicación entre el exterior y el vehículo, requerirán de una licencia de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), ya que es posible la interferencia estas señales con otras que operen en la misma banda.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 4.3. REDES DE COMUNICACIÓN EN EL DIAGNÓSTICO

El avance de la electrónica y las comunicaciones, ha sido decisivo para que los fabricantes de automóviles se hayan decidido a introducir la tecnología de las ECUs, mejorando las prestaciones de los sistemas existentes en los automóviles, e incorporando otros nuevos sistemas que mejoran aspectos de seguridad, confort, manutención, etc.... El cada vez mayor número de ECUs y la mayor demanda de prestaciones, como por ejemplo las funciones de ayuda a la diagnosis, ha obligado a establecer una comunicación entre los sistemas electrónicos de a bordo.



Figura 37: Ejemplos de sistemas de control, diagnosis, notificación, que incorporan los automóviles modernos.

Por ejemplo, para realizar la diagnosis de abordo, es necesario comunicar entre sí todas las ECUs incluidas en el vehículo, y a su vez con un procesador central. Este procesador, se encargará de verificar la comunicación entre las ECUs, almacenar los datos de identificación de fallos, y facilitar la comunicación con los equipos externos (Scantools), para realizar la diagnosis externa. De aquí

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

viene la importancia de revisar la evolución de los buses utilizados en la diagnosis.



Figura 38: Ejemplo de sistemas de comunicación entre los ECUs del vehículo y el exterior.

En la figura 38, se pueden observar algunos de los sistemas que permiten la comunicación entre ECUs y entre los vehículos y el exterior. Se pueden identificar los siguientes elementos: buses, redes de comunicación, y protocolos.

- **Buses:** son los elementos, como cables o fibras ópticas, que permiten la comunicación de los ECUs entre sí y/o de los ECUs con los equipos exteriores. Dichas conexiones se realizan mediante unas normas que están definidas según el tipo de bus.
- **Protocolos:** son las reglas o normas que determinan el intercambio de información entre varios ECUs, entre ECUs y el ordenador central, o entre el vehículo y el exterior.
- **Red de comunicación:** es el conjunto de los sistemas que interconectan varias ECUs del vehículo. Al formar una red, es necesario definir los

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

protocolos de enlace de datos entre ECUs y el tipo de conexionado entre los mismos. Además, dicha conexión puede ser alámbrica, utilizando buses convencionales, o inalámbrica, utilizando infrarrojos, Bluetooth, ZigBee, etc.....

#### 4.3.1. BUSES DE COMUNICACIÓN EN EL AUTOMÓVIL

Los buses más ampliamente utilizados para la comunicación entre las ECUs embarcadas en los vehículos, así como del vehículo con el exterior, cuando hay comunicación física son los siguientes:

- MOST (Media Oriented Systems Transport): Es un sistema de comunicación sobre fibra óptica, con tipología en estrella, para la comunicación multimedia. Las especificaciones de MOST se refieren tanto a la capa física como a las de aplicaciones, de red, y de control de acceso al medio. El bus MOST proporciona una solución óptima para equipos multimedia, como video y CD, incluidos en los automóviles.
- J1850: este bus se utiliza para compartir datos entre las ECUs y para la realización de la diagnosis.
- MI (Motorola InterConnect): es un bus de comunicación serie en sistemas que incluyen un maestro y varios esclavos. Este bus se suele utilizar para el control de los sistemas asociados a espejos, asientos, elevalunas, y luces. Aquí el maestro envía la dirección y los datos a todos los esclavos.
- DSI (distributed Systems interface): desarrollado también por Motorola como un bus de seguridad, se suele utilizar en la comunicación entre los diferentes sistemas y los sensores de seguridad en los automóviles. DSI permite velocidades de datos de hasta 150 KBPS

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- BST (Bosch-Siemens-Temic): como DSI, el bus BST fue desarrollado para comunicar diferentes sistemas y sensores de seguridad instalados en automóviles. Este bus permite la detección y corrección de errores, y puede trabajar a velocidades de hasta 250 Kbps
- MML (Mobile Multimedia Link): es un bus multimedia sobre fibra óptica, con una estructura estrella para la comunicación maestro/esclavo. Es capaz de transmitir hasta velocidades de 100Mbit/s con longitud máxima de cable de 10 metros.
- Byteflight: es un TDMA (Time Division Multiple Access), con capacidad de transmisión de hasta 10Mbps, utilizando un cable de dos o tres fibras ópticas. Su configuración es en estrella o cluster, proporciona un índice de actualización de información de 250 microsegundos. Este bus se utiliza para la comunicación de los equipos y sensores de seguridad críticos, como los del Airbag.
- Flex-ray: este sistema de comunicación serie, está desarrollado para la implementación de redes internas, especialmente para comunicar sistemas de control, utilizando enlaces punto-punto (en estrella). Este bus ofrece un margen de velocidad que va entre 500kbps y 10Mbps, con una trama de 24 bits para la detección y corrección de errores. Todo ello lo hacen especialmente apropiado para implementar comunicaciones entre ECUs asociados al sistemas de dirección por cable (Steer by Wire) y freno por cable (brake by wire).
- Domestic digital data: este bus para comunicar los sistemas de audio, video, móviles, etc..... Está construido sobre fibra óptica, y puede trabajar a una velocidad máxima de hasta 20Mbps con una longitud máxima de cable de 10 metros.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- SMARTwireX: define las características físicas que se utilizan en las redes D2B que ofrecen velocidades de datos de hasta 25Mbps. Este bus acepta una longitud máxima de cable de hasta 15 metros.
- IDB-1394: versión modificada de IEEE 1394 (Firewire) pensada para aplicaciones en el automóvil.
- IEBus: se utiliza en las redes de comunicación internas en los automóviles “half duplex asynchronous”
- LIN: es un bus utilizado para comunicar los sensores y actuadores inteligentes incorporados en los automóviles. Refiriéndose a “sensores y actuadores inteligentes”, cuando implementan tecnología X-by-Wire (dirección, freno, tracción....)
- CAN: una alta velocidad de intercambio de datos y alta fiabilidad, son sus prestaciones más importantes. Es por esto que la mayoría de fabricantes comenzaron a implementarlo tanto en la comunicación interna como en la externa.
- Intellibus: este bus fue concebido para aplicaciones militares, pero finalmente también se ha transferido al campo de la automoción por su alta velocidad de transmisión de 12.5 Mbps y por su fiabilidad. Su campo de aplicación dentro del automóvil, está en los sistemas X-by-Wire.
- OBD-II Bus: define un protocolo de comunicaciones y un conector estándar para adquirir datos de los automóviles. Fue requerido por EPA en todos los vehículos de gasolina fabricados en Estados Unidos a partir de 1996.
- SAEJ1708: es utilizado para efectuar la comunicación serie entre los microcomputadores incorporados en los camiones. Este bus permite comunicaciones en distancias de hasta 40 metros.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.3.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Los protocolos de comunicación, son las clases de enlaces de datos estandarizados.

TIPO DE PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN
Clase A	Es un sistema cableado multiplex, que reduce el número de cables transmitiendo y recibiendo múltiples señales por un mismo bus. Sustituye a los cables individuales que realizan la misma función. Esta clase A, fue definida como UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), para fines generales de recepción/transmisión asíncronas y velocidades de transmisión por debajo de 10kbps.
Clase B	Este sistema cableado multiplex, transmite datos entre los nodos. Los nodos sustituyen a los módulos independientes existentes. La velocidad que permite está entre 10 Kbps y 125kbps.
Case C	Este sistema cableado multiplex reduce el número de buses para la transmisión de altas cantidades de datos en tiempo real. Funciona entre 125 Kbps y 1Mbps
EmissionDiagnosis	Controla los buses relativos a las emisiones y al diagnóstico.
Mobile Media	Es el encargado de controlar los buses de comunicación entre los diferentes sistemas Multimedia incorporados en el vehículo
X-by-wire	Representa el término colectivo para la incorporación de sistemas electrónicos en el vehículo para sustituir las tareas que fueron logradas vía sistemas mecánicos e hidráulicos.

Tabla 2: Protocolos de comunicación en función de la transmisión de datos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.3.3. REDES DE COMUNICACIÓN INTERNAS Y EXTERNAS

La creciente incorporación de nuevos sistemas dependientes de ECUs, además de la necesidad de intercambio de información entre ellos y el exterior, plantea un reto importante en el tema de las comunicaciones. Para poder responder a estas demandas, se ha propuesto diferentes soluciones para la comunicación entre las ECUs de un mismo vehículo, y para la comunicación de éstos con dispositivos exteriores, como Scantools y PC's, que facilitan la adquisición de los códigos de diagnosis de fallos. Las redes de comunicación, se pueden clasificar, según su aplicación, en dos tipos: redes internas y redes externas.

##### **4.3.3.1. Redes de comunicación internas**

Debido al incremento en el número de ECUs, ya la creciente demanda de prestaciones que estos deben asumir, se ha tenido que plantear nuevas exigencias en las redes de comunicaciones, relacionadas con las prioridades en las comunicaciones, velocidad y fiabilidad. El nivel de exigencia, será diferente en función de las tareas que desempeñen las ECUs dentro del automóvil. Por ejemplo, las exigencias de fiabilidad de las ECUs que controlan los actuadores de los elevalunas, no serán las mismas que las que controlan la dirección o el freno. En este mismo sentido, y en relación al sistema de inyección, los retrasos producidos entre la generación de las órdenes y la actuación afectan directamente a las emisiones de gases, por lo que en este caso concreto la velocidad de comunicación es un parámetro que adquiere un protagonismo importante.

Al inicio de la incorporación de la electrónica en el automóvil, cada fabricante desarrollaba sus propios protocolos y buses de comunicación entre ECUs. Sin embargo ahora, debido a la creciente demanda y complejidad, se ha

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

producido una estandarización de los buses. Uno de los buses más ampliamente utilizados por los fabricantes de automóviles es el CAN, debido a sus buenas prestaciones en fiabilidad y velocidad de conmutación.

En la tabla 3 se pueden observar algunos de los estándares utilizados en las redes de comunicación internas.

ORGANIZACIÓN	<125 KB/S	>125 KB/S
ISO (Europa)	CAN ISO 11519 ISO 11992	CAN ISO 11898
SAE (EEUU) turismos	Clase 2/SCP/etc. J1850	CAN SAE J2284
SAE (EEUU) camiones y autobuses	J1587 / 1708, J1922	CAN SAE J1939
ASIA	-----	CAN

Tabla 3: Estándares utilizados en las redes de comunicación internas.

En cuanto a la velocidad de comunicación, los fabricantes clasificaron los buses internos en tres grandes bloques: buses de velocidad alta, media, y baja.

En la figura 39 se pueden ver las aplicaciones del bus CAN en función de sus requerimientos de velocidad.

Existen también, otras terminologías para referirse a los diferentes tipos de buses que existen. Como la de *Scania Truck*, que denomina a los buses de alta velocidad como buses rojos, verdes a los de media velocidad, y amarillos a los de baja velocidad.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
Memoria		Primera

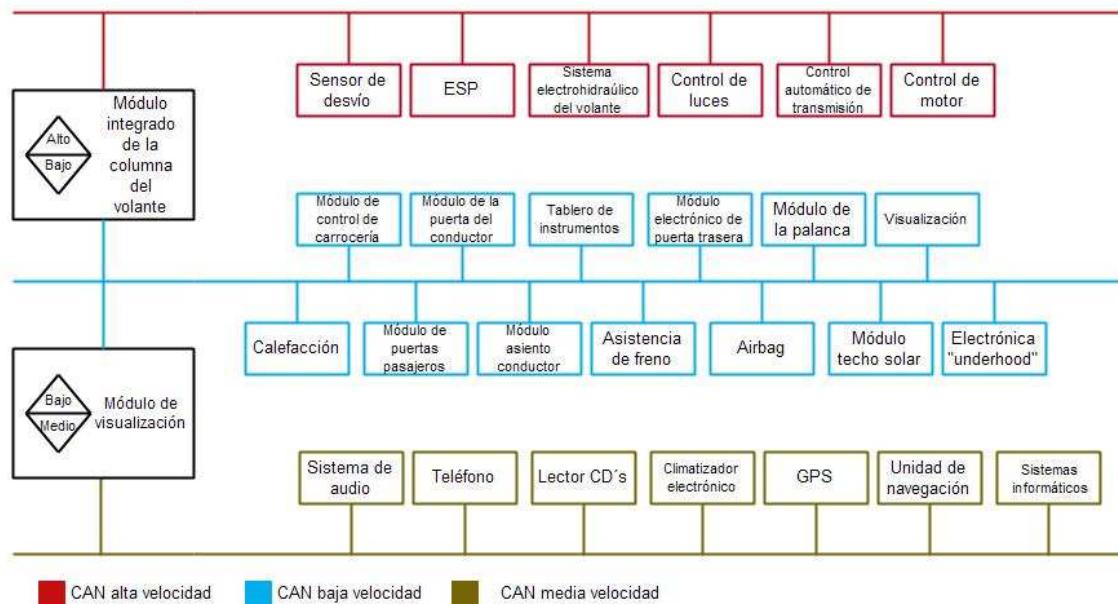


Figura 39: Ejemplos de aplicaciones del bus CAN para las tres alternativas de velocidad de comunicación.

Normalmente, los buses de alta velocidad, están destinados comunicar los sistemas y sensores más críticos, donde los retrasos en la comunicación, pueden causar daños graves en el sistema del vehículo o aumentar la emisión de gases. Entre estos sistemas están: control de emisión de gases de escape (EEC), gestión de freno (BMS), gestión de motor (EMS), etc.....

Los buses de velocidad media se encargan de buses de comunicación, que al fallar o retrasar la comunicación, no causan daños graves, pero afectan al confort de los conductores. Se pueden incluir dentro de estos sistemas: audio, control climático, posicionamiento global, navegación, etc.....

Los buses de velocidad baja se encargan de comunicar los sistemas de seguridad de vehículo y ocupantes, como airbag, alarmas, bloqueo de puertas, etc.....

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **4.3.3.2. Redes de comunicación externas**

La evolución de la electrónica, y con ella de la diagnosis ha permitido que los sistemas electrónicos de a bordo, puedan detectar un fallo, e identificarlo utilizando un código de avería DTC estandarizado. Estos códigos se almacenan en el procesador central interno que es el encargado de comunicarse con el exterior para transmitir estos DTCs. Las comunicaciones entre el procesador central y los sistemas externos, se pueden clasificar en dos tipos: comunicación con Scantools y comunicación con los centros remotos de mantenimiento.

##### Estándares de comunicación entre vehículo y Scantool

Al definir los estándares de los buses internos, también se definieron las especificaciones de los protocolos y conectores para la comunicación del procesador central de a bordo con el exterior. Todo ello para facilitar el acceso a los datos almacenados en el automóvil, por los equipos de diagnosis externos, como las Scantools

En el caso del OBD II, se estandarizó un conector físico que acepta dos tipos de interfaz. El definido por los organismos estadounidenses, y el definido por los europeos.

##### SAE-J1850

Es el estándar de comunicación de clase B ratificado por GM, Ford, y DaimlerChrysler en febrero de 1994. Dicho protocolo describe los principales requisitos en el enlace de datos y la comunicación física entre el vehículo y el equipo externo. Existen varias alternativas para la implementación del J1850:

- Los que utilizan una única línea física para realizar la comunicación.
- Los que utilizan una única línea física y PWM, con velocidades de 41.6 Kbps
- Los que utilizan un par de líneas físicas para realizar la comunicación.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

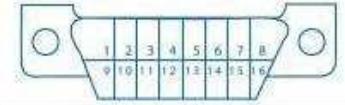
## ISO-9141-2

Es el primer estándar impuesto por los organismos europeos para cumplir los requisitos del OBD II. Con esto, la CARB aceptó el ISO 141-2 para el OBD II como requisito fundamental en los vehículos fabricados en Europa y Asia. Así, ISO9141-2 es el protocolo asíncrono de 10.4 Kbps usado principalmente por Chrysler y por los vehículos europeos y asiáticos. Los mensajes de gestión de protocolo son los mismos del J1850 pero el interfaz físico es diferente. El protocolo usado es idéntico al usado en un puerto serie de un PC, pero con la diferencia de la necesidad de incluir un adaptador de niveles de tensión y velocidad de transmisión de datos. Una característica que debe cumplir este protocolo, es que las comunicaciones se inician con una secuencia de baja velocidad inferior a 5Kbps.

En este protocolo, si no se recibe datos en un intervalo de 5 segundos, la comunicación queda interrumpida automáticamente.

También se han propuesto otros interfaces alternativos para cumplir los objetivos propuestos por OBD II, como por ejemplo: ISO/DIS14230-4 y CAN. En el caso del primero, se trata de una versión nueva del protocolo ISO9141. En cuanto al bus CAN (Controller Area Network), hay que destacar que se está convirtiendo en el bus interno más utilizado en el automóvil, por sus altas prestaciones en velocidad y fiabilidad. Es por esto, que se está planteando utilizar también el bus CAN para realizar la comunicación entre el procesador central de abordo y los equipos de diagnosis externos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera



Asignaciones de pines del conector J1962

Terminal	SAE	GM	DaimlerChrysler	Ford
1	Discrecional	UART	Keyless entry enabler	Control encendido
2	J1850+	Clase 2	J1850+	SCP+
3	Discrecional	Habilitador control	CCD+	
4	Masa chasis	Masa chasis	Masa chasis	Masa chasis
5	Masa señal	Masa señal	Masa señal	Masa señal
6	Línea CAN H	Línea CAN H	Línea CAN H	Línea CAN H
7	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K	ISO 9141-2 K
8	Discrecional	Keyless entry enabler	Conectado Vbatt	Trigger signal in
9	Discrecional	UART		Conectado Vbatt
10	J1850-	No usada	J1850-	SCP-
11	Discrecional	Control dirección	CCD-	
12	Discrecional	Habilitador ABS.CCM		Flash EEPROM
13	Discrecional	Diagnosis SIR		Flash EEPROM
14	Línea CAN L	Línea CAN L	Línea CAN L	Línea CAN L
15	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L	ISO 9141-2 L
16	No conectado	No conectado	No conectado	No conectado

Figura 40: Conector J1962 y tabla de asignación de pines.

En la figura 40 se muestra el conector físico J1962 de diagnosis utilizado para transferir los datos que identifican los fallos ocurridos en el vehículo. Este conector es compatible con todos los vehículos, europeos, asiáticos y estadounidenses, con dos tipos de protocolos diferentes. El J1850 y ISO9141-2. Al enchufar el cable al conector del vehículo a examinar, automáticamente se identifica el protocolo adecuado para satisfacer los requisitos del OBD II. Este proceso de identificación, se realiza según el estándar J2201.

Además, los fabricantes de automóviles, y de Scantools, se están planteando realizar la comunicación entre vehículo y equipos externos a través de un método inalámbrico, eliminando así todo tipo de conexión física. Por ejemplo mediante la tecnología Bluetooth.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera



Figura 41 : Ejemplo de Scantool inalámbrico.

### Comunicación entre vehículos y centros de mantenimiento

Con la aparición de la nueva generación de diagnosis de a bordo (OBD III), que trata de minimizar el tiempo entre la detección de fallos y la reparación del vehículo, se plantea la necesidad encontrar una solución y definir los nuevos estándares para las comunicaciones a gran distancia entre vehículos y centros de asistencia remota. A través de esta comunicación se trata de informar a los centros de mantenimiento, de los fallos ocurridos en el vehículo y tomar a partir de ahí, todas las medidas necesarias.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 4.4. NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

Aquí vamos a detallar algunas de las normativas propuestas en el sector del automóvil, de carácter general y relacionadas con la diagnosis. Se describen las características de los estándares, y se revisan también el SAE y el ISO. Aunque desde 2008, el CAN ha tenido que ser el único bus utilizado para la diagnosis de fallos en los automóviles fabricados en todo el mundo.

#### ESTÁNDARES SAE DE APLICACIÓN EN LA DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
J1850	Especifica los requisitos de las redes de comunicación de datos en los automóviles.
J1979	Detalla las funciones de CARB/EPA y los mensajes asociados.
J2190	Define los mensajes de diagnosis y mal funcionamiento en los automóviles. Es una versión modificada del J1979.
J1962	Es el requisito de un conector de 16 pin (Data Link Connector DLC) utilizado para la diagnosis y situado debajo del tablero del vehículo. Dicho estándar ha sido implementado en todos los vehículos fabricados en los Estados Unidos a partir de 1996.
J1978	Es el documento que define las especificaciones del Scantool utilizado en la segunda generación de diagnosis a bordo (OBD II)
J2178	Indica el formato básico de los mensajes utilizados en la comunicación en el OBD I.
J1113	Indica el procedimiento de medida de la compatibilidad electromagnética de los componentes del vehículo.
J1211	Incluye recomendaciones para el diseño de los equipos electrónicos utilizados en los automóviles.
J1213	Recoge un glosario de términos para las redes implementadas en los

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

	vehículos.
J1547	Representa el procedimiento de medir la compatibilidad electromagnética en módulos de inyección (ECUs)
J1587	En este estándar se detallan las aplicaciones de intercambio de datos entre los microcomputadores instalados en los camiones. Además, se especifica el formato de los mensajes utilizados con J1708 en la etapa física.
J1699	Indica las pruebas de conformidad y los métodos para el J1850
J1708	Define la comunicación serie entre los microcomputadores implementados en los camiones. Además, especifica la etapa física para el J1587 y J1922
J1879	Incluye los criterios de aceptación general y de producción de circuitos integrados para las aplicaciones de automóviles.
J1922	Indica el interfaz del control electrónico del motor usado en los camiones. Además, define el formato de los mensajes utilizados para pasar datos entre motor, transmisión, ABS, etc.....
J1930	Representa los términos de diagnosis de los sistemas eléctricos y electrónicos como definiciones, abreviaturas y siglas.
J2008	Incluye las recomendaciones de la organización SAE para el servicio de información de automóviles.
J2012	Recoge los códigos de avería de la diagnosis.
J2205	Un protocolo extendido de diagnosis para los Scantools OBD II
J2300	Recoge el proceso de conformidad de prueba para Scantools OBD II

Tabla 4: Estándares SAE de aplicación en la diagnosis del automóvil.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Estándar	Descripción
ISO 7639	Especifica los símbolos gráficos utilizados por los equipos de diagnosis.
ISO 8093	De aplicación a los sistemas electrónicos incluyendo los módulos de control, sensores, actuadores e indicadores.
ISO 9141	Especifica los requisitos para el intercambio de información digital entre las unidades del control electrónico a bordo y los equipos de diagnosis externos. Esta comunicación se establece para facilitar la inspección, las pruebas de diagnosis, y el ajuste de los ECUs
ISO 6141-2	Este estándar se limita a los vehículos con tensión de alimentación de 12V. Dicho estándar describe un subconjunto del ISO 9141 que especifica los requisitos para la configuración del intercambio de la información digital entre las unidades de control electrónico relacionadas con la emisión de gases y el Scantool, según lo especificado en SAE J1978.
ISO9141-3	Detalla los métodos de verificación de la comunicación entre los vehículos y los equipos de diagnosis externos.
ISO 14229	Especifica los servicios de diagnosis.
ISO/DIS 14229-1	Identifica las especificaciones y los requisitos de la diagnosis.
ISO 14230	Describe la capa física de la diagnosis.
ISO 14230-2	Especifica la capa de enlace de datos de la diagnosis.
ISO 14230-3	Describe la capa de aplicación de la diagnosis.
ISO 14230-4	Requisitos para los sistemas relacionados con las emisiones.
ISO 15031-3	Especifica unos requisitos mínimos para el conector de diagnosis usado en la comunicación entre el vehículo y los equipos de diagnosis externo, fundamentalmente en lo relativo a las emisiones.
ISO/DIS 15031-	Indica las reglas de comunicación entre el vehículo y los equipos

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera
5.4	de diagnosis externa utilizados para la diagnosis de emisiones, detallando el servicio de la diagnosis.	
ISO/DIS 15031-6.4	Presenta las normas de comunicación entre el vehículo y los equipos de diagnosis externa utilizados para realizar las diagnosis relacionadas con las emisiones.	
ISO 15765-3	Especifica la implementación de un sistema común de los servicios de diagnóstico unificados (UDS), de acuerdo con ISO 14229-1, para el bus CAN. Da los servicios de diagnóstico y los requisitos de programación de la memoria del servidor para todos los servidores de la red CAN de comunicación interna y el equipo de diagnosis externo.	

Tabla5: Estándares ISO de aplicación a la diagnosis del automóvil.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5. IMPORTANCIA DE LOS SENsoRES EN LA DIAGNOSIS

En el automóvil actual, la electrónica gana en importancia día a día.

Los sensores, son los “órganos sensoriales” del vehículo, a través de los cuales se puede captar recorrido, posición, rotación, velocidad, aceleración, vibración, presión, caudal, temperatura u otras magnitudes de influencia.

Sus señales son indispensables para las funciones de mando y regulación de los diferentes sistemas de regulación del motor, del tren de rodaje, de seguridad y de confort.

### 5.1. CONCEPTO

El concepto “sensor” es equivalente a las nociones de sonda y transmisor. Los sensores convierten una magnitud física o química, en una magnitud eléctrica. Esta conversión se efectúa a menudo a través de fases intermedias no eléctricas.

Así mismo, además de considerar la amplitud de corriente y tensión, también se consideran la frecuencia, el período, la fase, o la duración del impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros “resistencia”, “capacidad” e “inductancia”.

No existe ninguna definición clara que precise si los sensores pueden incluir ya una parte del tratamiento de señales o no. Se recomienda, sin embargo, no hacer una distinción, por ejemplo, entre “sensor elemental”, “célula sensible” u otros términos similares, y la denominación “sensor integrado”.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.2. EMPLEO EN EL AUTOMÓVIL

Siendo elementos periféricos, los sensores y actuadores constituyen los interfaces entre el vehículo con sus complejas funciones de transmisión, frenado, tren de rodaje, carrocería, conducción y navegación, y la unidad electrónica de control como unidad de tratamiento.

Un circuito de adaptación de señales, se encarga de que éstas, lleguen a la unidad de control en forma normalizada.

La aplicación de sensores no sería posible sin el empleo de circuitos de adaptación. Por esto existen un gran número de circuitos de adaptación integrados, a la medida de sensores especiales y ajustados a los vehículos respectivos.

## 5.3. CLASIFICACIÓN

Podemos clasificar los sensores para automóviles en tres categorías:

### 5.3.1. FUNCIÓN Y APLICACIÓN

- Sensores funcionales, destinados a tareas de mando y regulación.
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento (protección antirrobo)
- Sensores de vigilancia del vehículo (diagnóstico a bordo, magnitudes de consumo y desgaste) y para la info de conductor y pasajeros.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 5.3.2 CLASE DE CURVA CARÁCTERÍSTICA

Los sensores previstos para el mando, la regulación y la vigilancia, presentan curvas características distintas.

- Curvas características continuas lineales: Esta clase de curvas se utiliza en particular para tareas de mando a lo largo de un gran campo de medición. Resulta una ventaja poder verificar y ajustar las curvas lineales.
- Curvas características no lineales: Esta clase de curvas sirve a menudo para regular una magnitud de medida dentro de un margen muy estrecho (por ejemplo la regulación de los gases de escape a  $\lambda=1$  o la regulación de la compresión de elementos de la suspensión). Las curvas fuertemente no lineales de forma especial, como las logarítmicas, también ofrecen ventajas cuando se requiere por ejemplo la divergencia admisible relativa del valor medido en todo el campo de medición.
- Curvas características discontinuas de dos escalones: Esta clase de curvas (con posible histéresis), sirven para vigilar los valores límite para los que, al alcanzarse, es fácil poner remedio. Si es difícil poner remedio, se puede dar un aviso preventivo, por ejemplo con un escalonamiento múltiple.

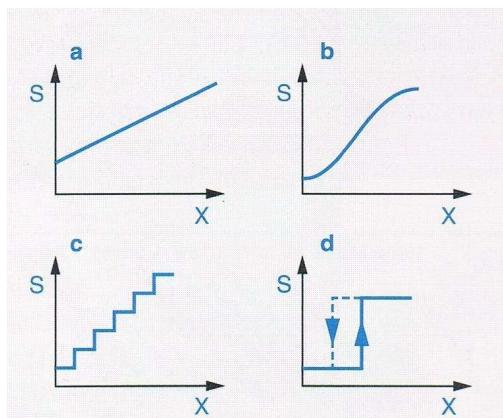


Figura 42 : clases de curvas características. a) continua lineal, b) continua no lineal, c) discontinua de escalones múltiples, d) discontinua de dos escalones.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 5.3.3. CLASE DE SEÑAL DE SALIDA

Podemos tener una señal de salida analógica, en cuyo caso será continua, o una señal de salida digital, en cuyo caso será discontinua o discreta.

- Señal de salida analógica
  - Corriente/tensión o amplitud correspondiente
  - Frecuencia/duración de período
  - Duración de impulso/factor de trabajo de los impulsos.
- Señal de salida discreta:
  - de dos escalones (codificado binario)
  - de varios escalones desiguales (codificado analógico)
  - de varios escalones equidistantes (codificado analógico o digital)

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.4. EXIGENCIAS PRINCIPALES, TENDENCIAS

Al contrario de los sensores universales corrientes en el comercio, los sensores para automóviles están concebidos a las exigencias de sistemas electrónicos específicos de los vehículos motorizados.

Están sujetos a cinco cualidades que se han de tener en cuenta en el desarrollo:

- Alta fiabilidad

Podemos ordenar los sensores en tres clases de fiabilidad según su importancia:

- Dirección, frenos y protección de los pasajeros
- Motor, transmisión, tren de rodaje, neumáticos
- Confort, diagnosis, información y protección contra el robo.

La fiabilidad es garantizada por medidas constructivas, es decir, por la aplicación de componentes y materiales muy seguros, así como de técnicas muy comprobadas. Además se procura la integración de sistemas, evitando conexiones separables, que son una importante fuente de fallos. También se utilizan “sensores interrogables por radio” realizados sobre la base de elementos de ondas acústicas de superficie SAW (Surface Acoustic Wave), de acoplamiento por antena, que no requieren cableado alguno. Además, si es necesario se emplean sensores redundantes que efectúan medidas paralelas.

- Bajos costes de fabricación

Los automóviles actuales poseen más de una centena de sensores.

Si se compara con otros campos de aplicación que no sea el automóvil, este número supone reducidos costes de fabricación. Los costes efectivos son con frecuencia más de 100 veces inferiores a los de sensores

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

convencionales de igual rendimiento. Normalmente en el momento de la introducción de nuevas tecnologías, los costes iniciales son más altos, para después ir disminuyendo progresivamente.

La fabricación se efectúa utilizando procesos automatizados muy rentables. Aunque tales instalaciones de fabricación sólo son rentables cuando se trata de grandes series, que pueden sobrepasar el consumo propio de un solo proveedor y alcanzar un nivel de 1 a 10 millones por año.

- Duras condiciones de funcionamiento

Los sensores pueden localizarse en puntos especialmente expuestos del vehículo. Es por esto que están sometidos a cargas extremas y deben de resistir toda clase de esfuerzos:

- Mecánicos (vibraciones, golpes)
- Climáticos (temperatura, humedad)
- Químicos (salpicaduras de agua, niebla, combustible, aceite motor, o líquido de batería)
- Electromagnéticos (irradiaciones, impulsos parásitos de cables, sobretensiones...)

Por razón de las ventajas que proporcionan, los sensores se colocan normalmente directamente en los puntos de medición previstos. Esta tendencia ha originado una considerable agravación de las exigencias.

Para hacer frente a las condiciones mencionadas hay que tomar medidas de protección que suponen un alto grado de conocimientos en la técnica de encapsulamiento de los sensores. Estas medidas son, por ejemplo:

- Técnica de pasivación y conexión
- Estanqueización y unión

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Compatibilidad electromagnética
- Montaje que genere vibraciones reducidas
- Modos de test de duración útil y de simulación
- Empleo de materiales resistentes, y conocimiento de los esfuerzos derivados del lugar de montaje elegido.
- Compactibilidad
 

El constante aumento de sistemas electrónicos y la forma cada vez más compacta de los vehículos, junto con la conservación simultánea del alto grado de confort para los pasajeros en el habitáculo, obligan a construir sensores extremadamente compactos. Además, se exige una minimización sistemática del peso de los vehículos, con el fin de ahorrar combustible.

Tecnologías de circuitos estratificados e híbridos (resistencias en función de la dilatación, de la temperatura, y del campo magnético)

  - Tecnologías de semiconductores (sensores Hall y de temperatura)
  - Micromecánica de superficie y de volumen (sensores de presión y de aceleración sobre la base de silicio)
  - Tecnologías de microsistemas (combinación de dos o más microtecnologías)

A menudo, componentes mecánicamente indispensables se utilizan a la vez para "encapsular" los sensores. Esta tendencia denominada "mecatrónica" aumenta constantemente para economizar costes y espacio, de manera que en un futuro próximo reemplazará a casi todos los otros sistemas hoy conocidos.
- Alta precisión

Comparada con las exigencias impuestas a los sensores de procesos industriales, la precisión requerida de los sensores de

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

automóviles es, salvo pocas excepciones, como las sondas volumétricas de aire, más bien modesta. Las tolerancias admisibles son en general  $>1\%$  del valor final del alcance de medición, particularmente considerando las influencias inevitables del envejecimiento. Estas tolerancias pueden observarse gracias a una técnica dispuesta a equilibrar las dispersiones unitarias, así como para ajustar medidas que aseguran una compensación eficaz de inducciones parásitas. Unos sistemas cada vez más complejos y sofisticados exigen sin embargo una mayor precisión, particularmente desde que se pueden cumplir ya en gran medida las exigencias antes mencionadas.

Para garantizar la alta precisión, es suficiente con disminuir las tolerancias de fabricación y refinar las técnicas de equilibrado y compensación. Un adelanto esencial lo aporta aquí la integración híbrida o monolítica del sensor y de la electrónica de tratamiento de señales en el punto mismo de medición, hasta llegar a obtener circuitos digitales complejos, tal como los convertidores analógico-digitales y los microordenadores.

Esos microsistemas llamados también “sensores inteligentes” utilizan hasta el máximo la precisión intrínseca del sensor y ofrecen las siguientes posibilidades:

- Alivio de la unidad de control
- Interface uniforme, flexible y compatible con el bus
- Utilización de los sensores por varios sistemas
- Aprovechamiento de efectos físicos de reducida amplitud, así como de efectos de medición de alta frecuencia
- Corrección de divergencias del sensor en el punto de medición, así como equilibrado y compensación comunes del sensor y su

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

electrónica, simplificadas y mejoradas por memorización de las informaciones correspondientes en una EPROM.

Mediante la detección y digitalización simultáneas de las magnitudes perturbadoras, los sensores inteligentes pueden calcular prácticamente sin error la magnitud de medición buscada, utilizando el modelo matemático adecuado.

Las estructuras de sensores múltiples, que detectan estados complejos y eventualmente reducen ya en el lugar el contenido de informaciones de éstos por medio de un gran número de sensores idénticos o de sensores de diferentes tipos, exigen también la implantación de la electrónica en el punto de medición mismo. Hay que contar sobre todo con los sensores de imágenes, que en el futuro desempeñarán un gran papel para la detección de la situación en el interior y exterior del vehículo.

Con un gran número de sensores de presión integrados y la formación de un valor medio no sólo se puede aumentar la fiabilidad de la medición, sino también reducir la deriva debida al envejecimiento y en general imposible de regular. Si las diversas células de medición son concebidas para alcances de medición diferentes, con un sensor de tal clase se puede ampliar vastamente el alcance de medición de alta precisión.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil Memoria	16-02-2011 Primera

## 5.5. SENsoRES DE POSICIÓN ANGULAR Y RECORRIDO

### 5.5.1. CARACTERÍSTICAS

Los sensores de posición detectan recorridos y posiciones angulares de los tipos más variados y ocupan el primer lugar entre los sensores más utilizados en los vehículos motorizados. Desde hace ya tiempo, se persigue la implementación de los sensores sin contacto, que no están sometidos a desgaste físico y ofrecen una duración más larga y fiable. Con frecuencia, los motivos económicos obligan a mantener el uso de sensores de cursor que cumplen todavía, con su tarea en diferentes puntos del automóvil.

Los sensores de posición son clasificados a menudo entre los “sensores extensivos”, en los que el tamaño está fundamentalmente en relación con la magnitud de medición. Con respecto a los sensores de propagación de ondas, esta característica ha de considerarse con muchas restricciones. Los principios de detección que miden sólo desplazamientos mínimos (algunos  $\mu\text{m}$  por ejemplo en el sentido de las dilataciones), son asignados en la presente clasificación a otros parámetros, tales como por ejemplo fuerza, par y aceleración.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.5.2 PRINCIPIOS DE MEDICIÓN

### 5.5.2.1. Sensores de potenciómetro

El potenciómetro de cursor utiliza para fines de medición la equivalencia existente entre la longitud de una resistencia alámbrica o de capa y su valor óhmico. Actualmente es el sensor de recorrido/posición angular más económico. Para evitar sobrecargas, generalmente está aplicada la tensión a la pista de medición a través de pequeñas resistencias en serie  $R_V$  (también para el calibrado del punto cero y el ajuste de la elevación). La forma dada al contorno de la pista de medición influye en el trazado de la curva característica. La conexión del cursor se efectúa generalmente a través de una segunda pista de contacto de igual superficie, que tiene debajo una capa de material conductor de bajo valor óhmico.

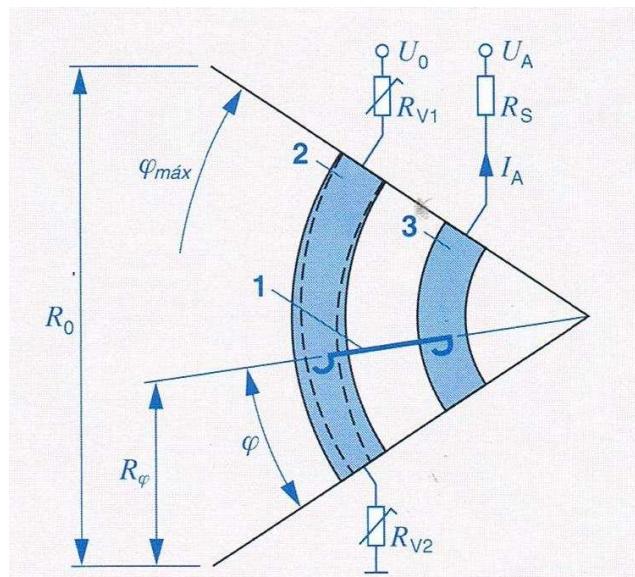


Figura 43: potenciómetro de cursor. 1) cursor, 2) Pista resistiva, 3) Pista de contacto,  $I_A$ ) Corriente del cursor,  $U_0$ ) Tensión de alimentación,  $U_A$ ) Tensión de medición,  $R$ ) Resistencia,  $\&_{\max}$ ) Ángulo de rotación máximo,  $\&$ ) Ángulo de medición.

Un bajo amperaje de la corriente de salida ( $I_A < 1\text{mA}$ ) y un encapsulado a prueba de polvo contribuyen a reducir el desgaste y el falseamiento de los valores medidos. Un par de fricción óptimo formado por el cursor y la pista de contacto constituye también una condición previa para un desgaste reducido; el

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

cursor puede tener entonces la forma de una “cuchara” o de un “rascador” y disponer de una o varias ramas, teniendo incluso la forma de una “escoba”.

### Ventajas de los sensores de potenciómetro

- Estructura sencilla y de fácil comprensión
- Efecto de medición muy grande(carrera de medición equivalente a tensión alimentación)
- No requiere de electrónica
- Buena resistencia a tensiones parásitas
- Amplia gama de temperatura(<250°C)
- Alta precisión (mejor del 1% del valor final del alcance de medición)
- Amplio campo de medición (cubre casi 360°)
- Ejecución de redundancia sin problemas
- Facilidad de calibrado
- Curva característica flexible variando el ancho de pista
- Montaje flexible apto para superficies planas o curvadas
- Numerosos fabricantes
- Examen rápido de las muestras

### Desventajas de los sensores potenciómetro

- Desgaste mecánico, abrasión
- Errores de medición a causa de restos de abrasión
- Problemas en caso de empleo dentro de un líquido
- Variación de la resistencia de contacto entre cursor y pista de medición
- Levantamiento del cursor en caso de fuertes aceleraciones o vibraciones
- Ensayos complicados y costosos
- Miniaturización limitada
- Producción de ruido

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.5.2.2. Sensores inductivos**

De todos los principios de medición de posición sin contacto, los sensores de circuito magnético son particularmente insensibles a las perturbaciones y muy robustos. Eso rige sobre todo para los principios basados en la corriente alterna, o sea, sistemas inductivos de circuito magnético. Las disposiciones de bobinas necesarias para esos sensores requieren sin embargo mucho más espacio en comparación con los sensores micromecánicos, no facilitando por ejemplo la realización de un montaje redundante. Además, la conexión que requieren las bobinas constituye un factor poco favorable respecto a los costes y a la fiabilidad. Entre el gran número de principios de este tipo conocidos, dos sistemas muy parecidos en su modo de funcionar han encontrado aplicación en el automóvil.

#### **Sensores de corrientes de Foucault**

Cuando una placa de aluminio o cobre, plana o curvada, y eléctricamente conductiva se acerca a una bobina recorrida por una corriente alterna de alta frecuencia, la resistencia efectiva y la inductancia de esta bobina sufren una variación. Las corrientes de Foucault que se forman en la placa amortiguadora por el aumento del acoplamiento magnético son la causa de este efecto. La posición de esta placa amortiguadora representa el recorrido de medición  $s$  en la figura 42.

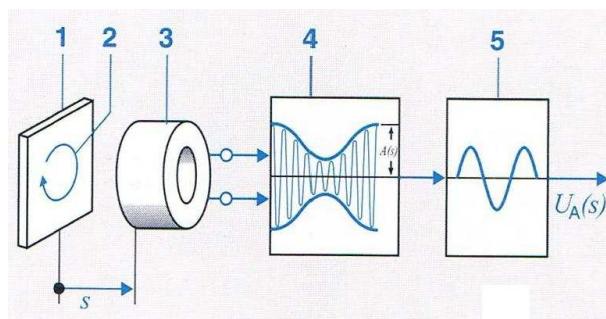


Figura 44 : Principio de funcionamiento del sensor HF de corrientes de Foucault. 1) Placa amortiguadora, 2) Corrientes de Foucault, 3) Bobina sin núcleo, 4) Oscilador de amplitud variable, 5) Demodulador,  $s$ ) Recorrido de medición,  $A(s)$  ) Tensión del oscilador,  $U_A(s)$  ) Tensión de salida.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Aunque el principio funciona ya bien en la gama de KHz, se recomienda adoptar una frecuencia de utilización superior, del orden de MHz, para la detección fiable de movimientos rápidos. Eso exige en general una coordinación directa de la electrónica con el sensor. Para convertir el efecto de medición en una tensión eléctrica de salida se puede utilizar tanto el efecto de amortiguación como el efecto de desplazamiento del campo magnético. En el primer caso es apropiado un oscilador de amplitud variable; mientras que en el segundo caso, un oscilador de frecuencia variable o un divisor de tensión inductivo de alimentación constante.

El principio de corrientes de Foucault es adaptable en formas muy variadas a la tarea de medición. Es muy indicado para detectar tanto grandes recorridos y ángulos como también pequeñas magnitudes, presentando generalmente sólo un reducido cambio de temperatura.

### Sensores de anillo de cortocircuito

Al contrario del sensor de corrientes de Foucault, la bobina de un sensor de anillo de cortocircuito posee siempre un núcleo de material magnético dulce, generalmente chapeado, en forma de U o de E derecha o curvada.

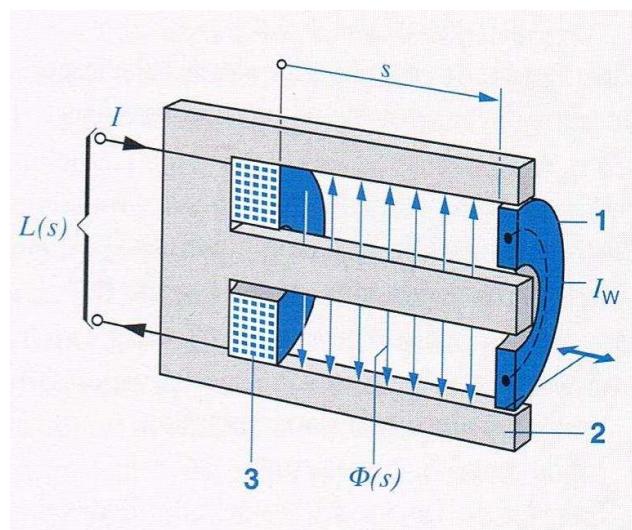


Figura 45 : Sensor de anillo de cortocircuito. 1) Anillo de cortocircuito, 2)Núcleo de material magnético dulce, 3)Bobina, I)Corriente,  $I_w$ ) Corriente de Foucault,  $L(s)$  y  $\Phi(s)$  ) Inductancia y flujo magnético para el recorrido de medición s.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La placa móvil está conformada aquí como “anillo de cortocircuito” de material perfectamente conductor, como cobre o aluminio, que puede desplazarse sobre uno o sobre todos los brazos del núcleo. Por tener un núcleo ferromagnético, estos sensores poseen una inductancia muy superior a la de los sensores de corrientes de Foucault. Pueden funcionar por tanto igualmente a bajas frecuencias y no requieren que se incorpore la electrónica de tratamiento de señales en el mismo sensor.

Este sensor se utiliza igualmente en condiciones de trabajo muy duras, como por ejemplo en bombas de inyección Diesel.

### **5.5.2.3. Sensores magnetostáticos (HALL)**

Los sensores magnetostáticos sirven para medir un campo magnético de corriente continua. Al contrario de los sensores inductivos son mucho más apropiados para la miniaturización y se pueden fabricar económicamente con los medios de la tecnología de los microsistemas. Las aplicaciones galvanomagnéticas, como Hall y Gauss, así como los elementos metálicos anisótropos magnetorresistivos de capas delgadas, son los más extendidos.

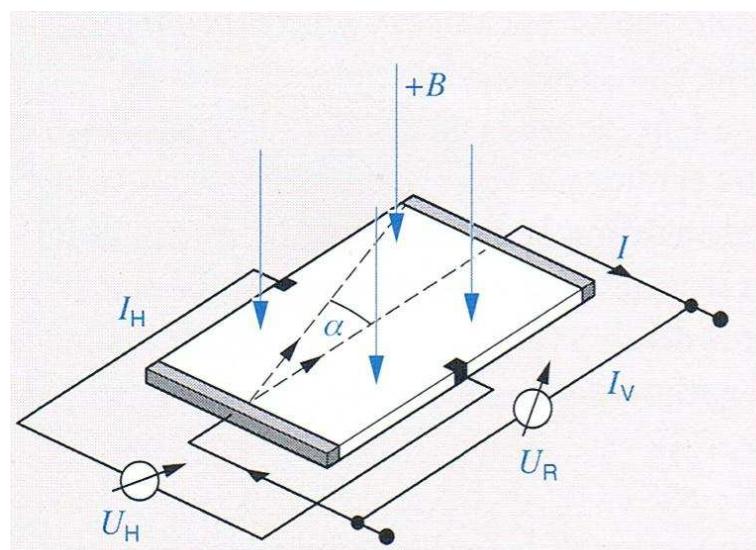


Figura 46 : Efectos galvanométricos. B) Inducción magnética. I) corriente que fluye por la placa,  $I_H$ ) Corriente Hall,  $I_V$ ) Corriente de alimentación,  $U_R$ ) Tensión longitudinal,  $\alpha$ ) Desviación de los electrones por el campo magnético.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### Sensores galvanomagnéticos

Estos sensores están asociados al efecto Hall. El efecto Hall es evaluado sobre todo con la ayuda de delgadas plaquitas semiconductoras. Cuando una de tales plaquitas recorrida por una corriente es atravesada verticalmente por una inducción magnética  $B$ , se genera perpendicularmente al sentido de la corriente una tensión  $U_H$  proporcional al campo (efecto Hall); al mismo tiempo, la resistencia de la plaquita aumenta con arreglo a una curva característica casi parabólica, correspondiente al efecto Gauß o de magnetoresistencia. En caso de utilizar silicio como material base, se puede integrar sobre la plaquita el circuito de tratamiento de la señal, por lo que la fabricación de tales sensores resulta muy económica. En lo que concierne a la sensibilidad de medición y al cambio de temperatura, el silicio no es sin embargo el material semiconductor más favorable para sensores Hall.

### Sensores diferenciales magnetoresistivos

El efecto de resistencia o efecto Gauß es aprovechado en las "magnetoresistencias", que se fabrican a partir de un "semiconductor III-V", de antimoníuro de indio cristalino (InSb). Al contrario de los sensores Hall, la forma óptima de la plaquita de una magnetoresistencia es más bien corta y compacta, constituyendo eléctricamente por tanto una resistencia al comienzo muy baja. Para obtener valores técnicamente utilizables del orden de  $k\Omega$ , muchas de estas plaquitas han de estar conectadas en serie. Eso se consigue airosamente incorporando agujas microscópicas de antimoníuro de níquel de alta conductividad en el cristal semiconductor, dispuestas perpendicularmente al sentido de la corriente, así con formando adicionalmente meandros al nivel de la resistencia semiconductor.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

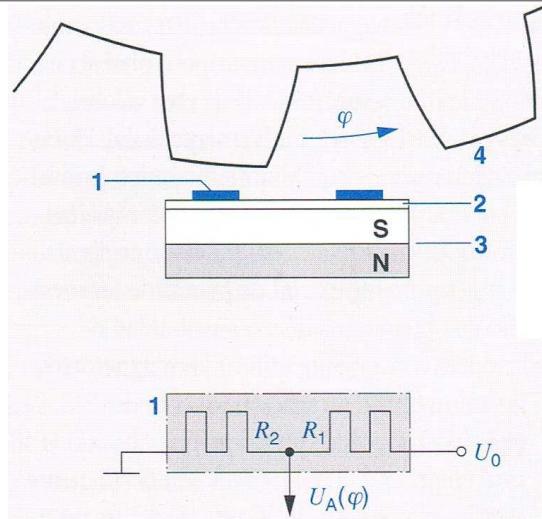


Figura 47 : Exploración de una rueda dentada por medio de la activación magnética de un sensor magnetoresistivo.  
 1) Magnetoresistencias R1 y R2, 2) Sustrato de material magnético dulce, 3) Imán permanente, 4) Rueda dentada,  $U_0$ ) Tensión de alimentación,  $U_A$ ) Tensión de salida para un ángulo de rotación dado.

Las magnetoresistencias se suministran habitualmente en cinta, en un embalaje semejante al de un filme “súper 8”.

Con miras a sus aplicaciones en el automóvil, esos sensores están concebidos en el entretanto para soportar una temperatura continua de servicio de hasta 160°C y una breve temperatura de punta de casi 200°C. La variación de la resistencia en función de la inducción magnética B tiene lugar hasta valores de aproximadamente 0,3 T de manera proporcional al cuadrado de la inducción; más allá de esos valores, la resistencia se vuelve progresivamente lineal. Hacia arriba, el margen de equilibrado dinámico es ilimitado; para las aplicaciones técnicas, el comportamiento en función del tiempo puede considerarse como prácticamente exento de inercia de respuesta.

La ventaja de las magnetoresistencias es su alto nivel de señal que, incluso sin amplificación, se halla generalmente dentro del margen de algunos voltios, lo que hace innecesario el montaje de una electrónica y la toma de las correspondientes medidas de protección. Además, en su calidad de componentes pasivos resitivos son muy insensibles a perturbaciones

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

electromagnéticas; por razón de su alto campo de polarización son también casi inmunes a campos magnéticos perturbadores.

### Sensores GMR

Desde no hace mucho tiempo existen los sensores magnetoresistivos GMR realizados en “nanotecnología”, con varias capas delgadas superpuestas de un espesor correspondiente a pocas capas atómicas.

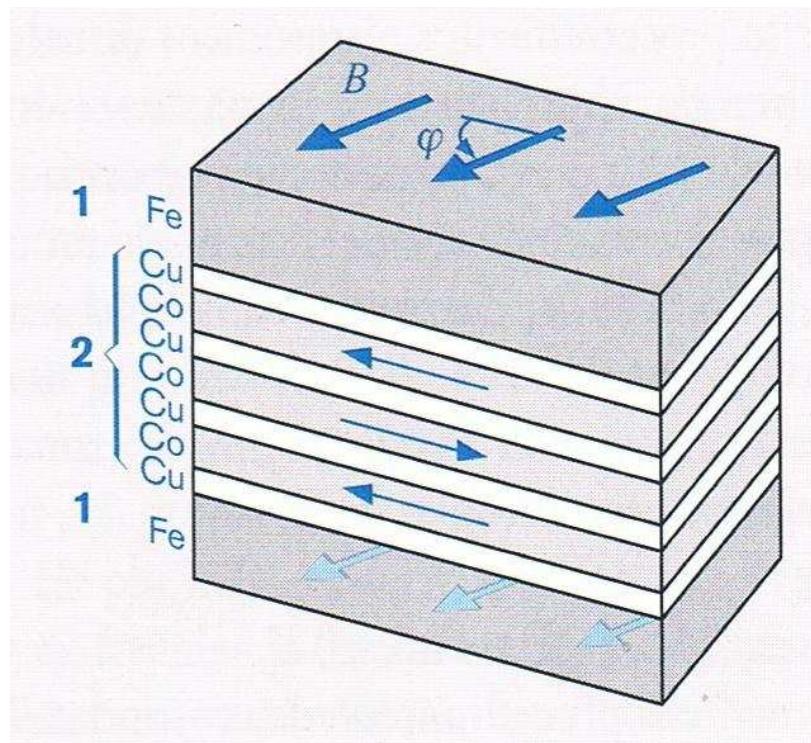


Figura 48 : Estructura del sensor GMR individual. 1) Capas de hierro, 2) Capas delgadas de CuCo antiferromagnéticas, B) Inducción de referencia.

Su comportamiento es muy semejante al de los sensores AMR , la resistencia de los sensores GMR depende sólo del simple ángulo de rotación y no del seno del ángulo de rotación mecánico doble.

Por consiguiente, es posible determinar claramente el ángulo de rotación en todo el campo circular de 360°.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### Giroscopios o sondas de campo magnético terrestre

Los sistemas de navegación montados en los automóviles requieren un sensor angular de tipo muy diferente. Por lo menos en bifurcaciones y cruces de carreteras hay que medir el ángulo del sentido de marcha tomado (ángulo de rumbo), independientemente de la existencia de un sensor del ángulo de dirección. Antes de que se dispusiera de sensores iniciales adecuados, se utilizaron a tal efecto sensores de campo magnético terrestre, que determinaban el sentido de marcha a base del campo magnético terrestre.

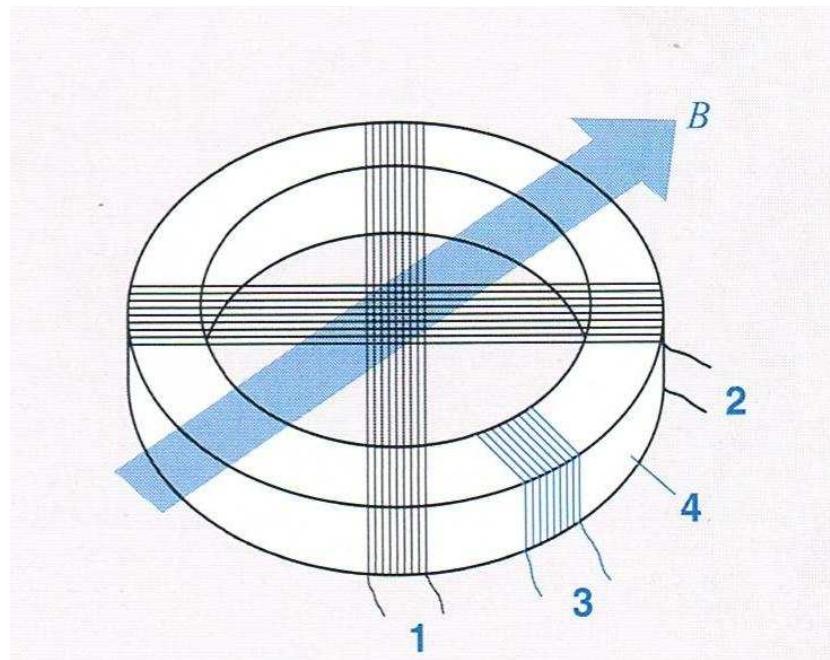


Figura 49 : Núcleo sensor de la sonda de campo magnético terrestre. 1 y 2) Arrollamiento de sensor “eje x” y “eje y”, 3) Arrollamiento de excitación, 4) Núcleo anular.

#### 5.5.2.4. Sensores de propagación de ondas

Para la medición de distancias en el automóvil, se utilizan procedimientos ultrasónicos de medición del tiempo de propagación (entre 0,5 y 5 metros), procedimientos ópticos de triangulación o medición del tiempo de propagación mediante la luz del campo infrarrojo inmediato( alcance de hasta 50 metros) y la detección por radar electromagnético (hasta 150 metros de alcance).

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## Sensores acústicos o ultrasónicos

Análogamente al procedimiento de ecosondeo, los sensores emiten impulsos ultrasónicos de una frecuencia de aproximadamente 40 KHz y detectan el tiempo que tardan en llegar los impulsos de eco reflejados por obstáculos. La distancia a que hay hasta el obstáculo más cercano se calcula a partir del tiempo de propagación del primer impulso de eco llegado  $t_e$  y de la velocidad del sonido  $c$  en el aire de aproximadamente 340 m/s.

$$A = 0,5 \cdot t_e \cdot c$$

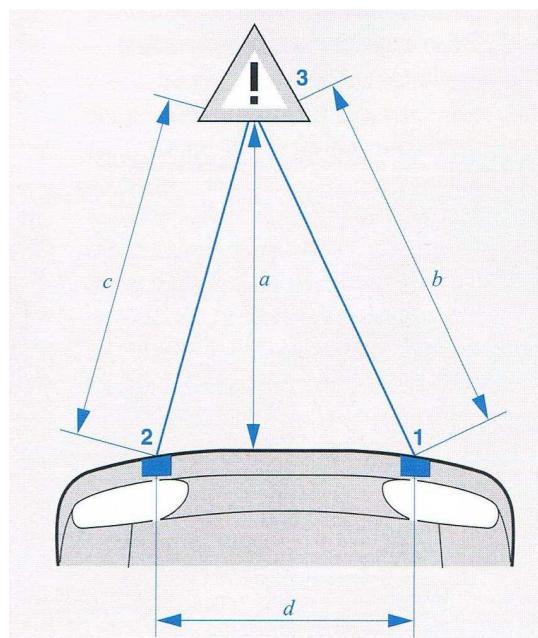


Figura 50 : Cálculo de distancias respecto a un único objeto por ultrasonidos. a) Distancia pachoques/obstáculo, b) Distancia sensor 1 / obstáculo, c) Distancia sensor 2 / obstáculo, d) Distancia sensor 1 / sensor 2, 1) Sensor emisor y receptor, 2) Sensor receptor, 3) Obstáculo.

## Sensores electromagnéticos

Un sensor de radar de largo alcance está integrado por ejemplo en el sistema ACC (Adaptive Cruise Control), que es un regulador de la velocidad de marcha con detección automática de vehículos que circulan por delante y en el mismo carril, y exigen eventualmente una deceleración del automóvil propio.

La frecuencia de trabajo de 76 GHz, hace posible una construcción compacta, requerida para el empleo en vehículos. Un oscilador Gunn alimenta

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

en paralelo tres antenas Patch dispuestas en yuxtaposición, que sirven al mismo tiempo para la recepción de las señales reflejadas. Una lente de plástico colocada delante concentra el haz de rayos de emisión dentro de una ventana angular de  $\pm 5^\circ$  en el plano horizontal y de  $\pm 1,5^\circ$  en el plano vertical, referida al eje del vehículo. Por el desplazamiento lateral de las antenas, la característica de recepción de éstas, señala en diferentes direcciones. Además de la distancia de los vehículos que circulan por delante y de su velocidad relativa, se puede averiguar de ese modo también la dirección en la que son detectados. Unos acopladores direccionales separan las señales emitidas de las señales recibidas. Tres mezcladores pos conectados transponen la frecuencia de recepción en bajas frecuencias casi hasta el cero (0....300 KHz), mediante su mezcla con la frecuencia de emisión. Las señales de baja frecuencia son digitalizadas para su ulterior evaluación y sometidas a un rápido análisis de Fourier para determinar la frecuencia.

La frecuencia del oscilador Gunn se compara continuamente con la de un oscilador estable de referencia DRO (Dielectric Resonance Oscillator), siendo regulada a un valor teórico prefijado. A la vez se varía la tensión de alimentación del diodo Gunn, hasta que corresponde de nuevo al valor teórico. Para la medición, a través de este bucle de regulación se aumenta y reduce brevemente la frecuencia del oscilador Gunn cada 100 ms alrededor de 300 MHz en forma de dientes de sierra. La señal reflejada en un vehículo que marcha por delante sufre un retardo relacionado con el tiempo de propagación de la onda.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 5.5.3. POTENCIÓMETRO DE PLATO SONDA

#### 5.5.3.1. Aplicación

Un potenciómetro detecta la posición del plato sonda en la sonda volumétrica de aire del sistema de inyección de gasolina KE-Jetronic. El movimiento de este plato sonda, que sólo sufre un retardo insignificante en relación con el movimiento de la mariposa, determina la velocidad de aceleración. Esta señal, que corresponde a la variación de la cantidad de aire aspirado en función del tiempo, la suministra el potenciómetro del plato sonda a la unidad electrónica de control, que activa el actuador de presión electrohidráulico.

En función del estado de funcionamiento del motor y de la señal de corriente condicionada por la unidad de control, el actuador de presión varía a su vez la presión en las cámaras de depresión de las válvulas de presión diferencial del distribuidor dosificador de combustible y, con ello, el caudal de combustible dosificado para las válvulas de inyección.

#### 5.5.3.2. Estructura y funcionamiento

El potenciómetro de la sonda volumétrica de aire está construido según la técnica multicapa sobre un substrato cerámico. Se trata de un sensor angular potenciométrico que aprovecha para la medición la proporcionalidad existente entre la longitud de una resistencia de capas y su valor óhmico. La curva característica del potenciómetro no es lineal, a causa de la variación del ancho de la pista. Por ello la señal de aceleración presenta su amplitud máxima en el caso de un movimiento partiendo de la posición de ralentí. Ella disminuye a medida que aumenta la potencia del motor.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.5.4. SENSOR DE MARIPOSA

### **5.5.4.1. Aplicación**

Este sensor detecta el ángulo de giro de la mariposa de aire del motor de gasolina. Los motores equipados con el sistema M-Motronic disponen así de una señal de carga secundaria que es utilizada entre otras cosas como información adicional para funciones dinámicas, para identificar el régimen de funcionamiento 8 ralentí, carga parcial, plena carga) y como señal de marcha de emergencia en caso de fallar el sensor de carga principal, que es el medidor de masa de aire. Para el empleo del sensor de mariposa como sensor de carga principal se consigue la precisión necesaria mediante dos potenciómetros para dos campos angulares.

El par motor exigido lo ajusta el sistema ME-Motronic mediante la mariposa de aire. Para comprobar si la mariposa ocupa la posición calculada, un sensor adecuado evalúa la posición de la mariposa. Para asegurar el funcionamiento, este sensor posee dos potenciómetros que trabajan en paralelo (redundancia) con tensión de referencia separada.

### **5.5.4.2. Estructura y funcionamiento**

El sensor de mariposa es un sensor angular potenciométrico de una o dos curvas características lineales.

Los cursores fijados en el brazo detector sujeto al árbol de la mariposa se deslizan a lo largo de las pistas resistivas correspondientes. El ángulo de giro de la mariposa es convertido así en una relación de tensiones  $U_A/U_V$  proporcional a este ángulo, siendo la tensión de funcionamiento  $U_V=5V$ .

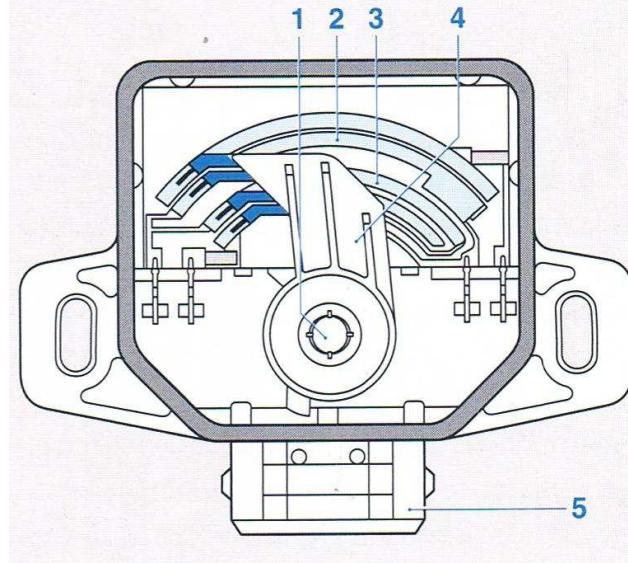


Figura 51 : estructura sensor de mariposa. 1) eje de mariposa, 2) Pista resistiva 1, 3) Pista resistiva 2, 4) Brazo con cursor, 5) Conexión eléctrica

La conexión del cursor se efectúa generalmente a través de una segunda pista de contacto de igual superficie, que tiene debajo una capa de material conductor de baja resistencia.

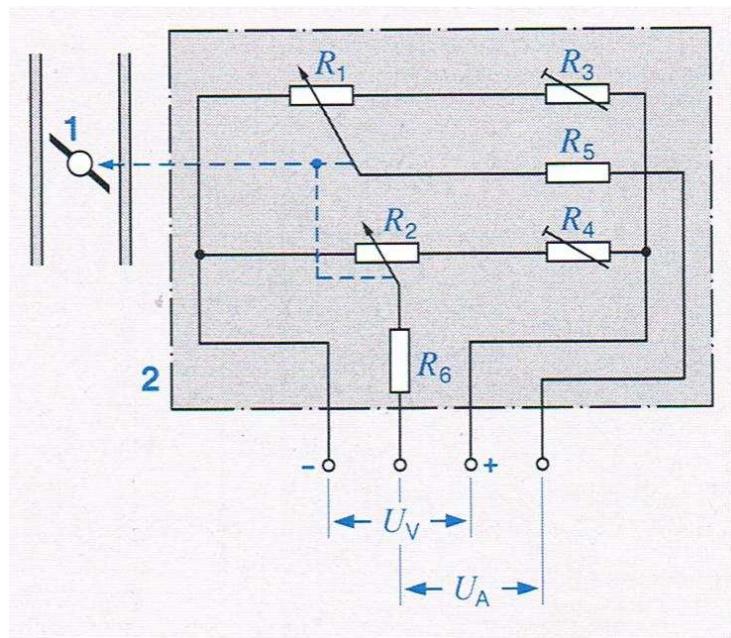


Figura 52 : Circuito del sensor de mariposa. 1) Mariposa, 2) Sensor de mariposa,  $U_A$ ) Tensión de medición,  $U_V$ ) Tensión de funcionamiento,  $R_1, R_2$ ) Pistas resistivas 1 y 2,  $R_3, R_4$ ) Resistencias de equilibrio,  $R_5, R_6$ ) Resistencias de protección.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.5.5. SENsores de anillo de cortocircuito semidiferencial

### 5.5.5.1. Aplicación

Los sensores de anillo de cortocircuito semidiferencial son sensores de posición para la dirección de recorridos o ángulos. Estos sensores, llamados también transmisores de cortocircuito semidiferencial, son muy precisos y robustos. Se emplean como:

- Sensor del recorrido de regulación para detectar la posición de la varilla de regulación de las bombas de inyección Diesel en línea
- Sensor de ángulo en el mecanismo de control de caudal de las bombas rotativas de inyección Diesel.

### 5.5.5.2. Estructura y funcionamiento

Los sensores consisten en un núcleo de hierro dulce chapeado. En sendos brazos del núcleo hay fijadas una bobina de medición y una bobina de referencia.

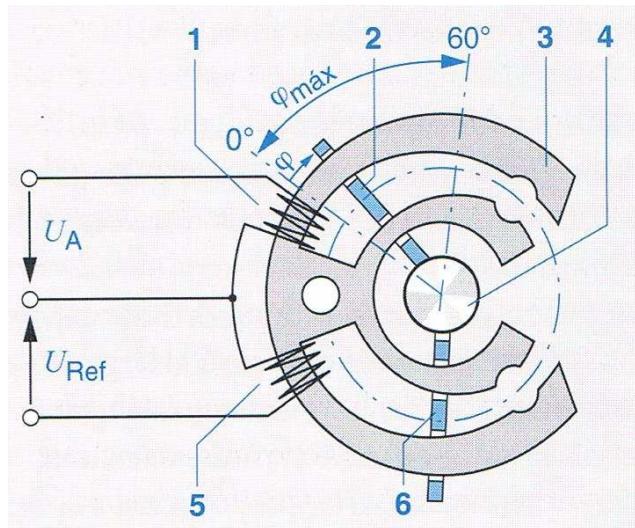


Figura 53 : Estructura específica de transmisor de anillos de cortocircuito semidiferencial para bombas rotativas de inyección Diesel. 1) Núcleo de hierro dulce, 2) Bobina de referencia, 3) Anillo de cortocircuito de referencia, 4) Varilla de regulación, 5) Bobina de medición, 6) Anillo de cortocircuito de medición.

Cuando fluye corriente alterna a través de las bobinas procedente de la unidad de control se generan campos magnéticos alternativos. Los anillos de

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

cortocircuito de cobre que encierran el brazo respectivo del núcleo de hierro dulce protegen estos campos magnéticos. El anillo de cortocircuito de referencia está fijo, mientras que el anillo de cortocircuito de medición está sujeto a la varilla de regulación o al árbol de la corredera de regulación.

Con el desplazamiento del anillo de medición se modifica el flujo magnético y con él la tensión en la bobina, ya que la unidad de control mantiene la corriente constante.

## 5.5.6. SENSOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE

### 5.5.6.1. Aplicación

La tarea de este sensor es detectar el nivel actual de llenado del depósito de combustible y transmitir una señal correspondiente a la unidad de control o al instrumento indicador en el cuadro de instrumentos del vehículo. Junto con la electrobomba de combustible, el filtro de combustible, etc., este sensor constituye una parte integrante de las unidades que están montadas en los depósitos de gasolina o gasóleo y aseguran la alimentación fiable del motor con combustible.

### 5.5.6.2. Estructura

El sensor de nivel consta de un potenciómetro encapsulado estanco al combustible y conectado en forma de resistencia variable, un brazo con cursor, conductores impresos, una placa portarresistencias y conexiones eléctricas.

La palanca en cuyo extremo se encuentra el flotador de nitrófilo resistente al combustible, está fijada en el eje giratorio del potenciómetro y, por tanto, también en el resorte del cursor. El diseño de la placa portarresistencias y la forma del flotador y de su placa están adaptados a la conformación respectiva del depósito de combustible.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.5.6.3. Funcionamiento**

Al variar el nivel de combustible, el brazo detector, fijamente unido a través del pivote con la palanca del flotador, se desliza con sus cursores especiales a lo largo de las pistas resistivas del potenciómetro doble. Entonces transforma el ángulo de giro del flotador en una relación de tensiones proporcional al ángulo. Unos topes de fin de carrera limitan el margen angular de 100° para los niveles mínimo y máximo e impiden simultáneamente la producción de traqueteos.

La tensión de funcionamiento es de 5.....13 V.

## **5.5.7. SENSOR DE PEDAL DE ACELERADOR**

### **5.5.7.1. Aplicación**

El deseo de aceleración, de marcha constante o de reducir la velocidad lo manifiesta el conductor en un motor de mando convencional accionando con el pedal acelerador la válvula de mariposa del motor de gasolina o la bomba de inyección del motor Diesel, mecánicamente a través de un cable o un varillaje.

Cuando el motor está equipado con un sistema de mando electrónico, un sensor de pedal acelerador realiza la función de la unión mecánica. Detecta el recorrido o la posición angular del pedal y lo transmite eléctricamente a la unidad de control del motor.

Como alternativa al sensor individual existen también módulos de acelerador como unidades listas para el montaje, compuestas de pedal y sensor.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

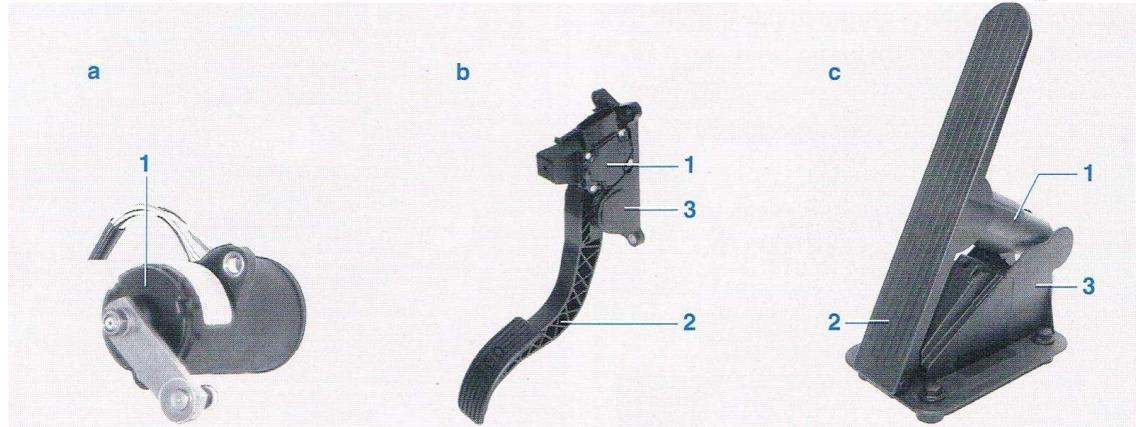


Figura 54 : posibles formas de construcción del sensor de pedal de acelerador. A) Sensor de pedal individual, b) Módulo de pedal acelerador suspendido, c) Módulo de pedal acelerador FMP1, 1)sensor, 2) pedal específico al vehículo, 3) Soporte de pedal.

Estos módulos no requieren trabajos de ajuste en el vehículo.

### **5.5.7.2. Estructura y funcionamiento**

#### Sensor potenciométrico de pedal acelerador

Su componente principal es un potenciómetro en el que se ajusta una tensión en función de la posición del acelerador. Con ayuda de una curva característica del sensor almacenada, la unidad de control convierte esta tensión en el recorrido relativo o posición angular del acelerador.

Para fines de diagnosis y para el caso de un funcionamiento irregular hay integrado un sensor redundante. Éste es parte integrante del sistema de control. Una versión del sensor trabaja con un segundo potenciómetro que en todos los puntos de servicio suministra siempre la mitad de la tensión del primer potenciómetro, a fin de recibir dos señales independientes para la identificación de defectos. Otra versión trabaja, en lugar del segundo potenciómetro, con un interruptor de ralentí que señala a la unidad de control la posición de ralentí del pedal acelerador.

Para vehículos con cambio automático, un interruptor adicional puede generar una señal eléctrica de sobregás.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## Sensores de ángulo Hall

El sensor de ángulo Hall del tipo Angle of Rotation Sensor 1, está derivado del principio básico “imán móvil”. Tiene un alcance de medición de aproximadamente 90 grados.

El sensor del tipo Angle of Rotation Sensor 2, posee una disposición simplificada sin conductores de flujo magnéticamente suaves, en la cual el imán es movido sobre un arco circular en torno al sensor Hall. Como el curso de la característica sinusoidal resultante presenta una buena linealidad tan sólo en una sección relativamente corta, se coloca el sensor Hall un poco fuera del centro del círculo. De este modo la característica se aparta de su forma sinusoidal y presenta una sección lineal más larga, de más de 180 grados.

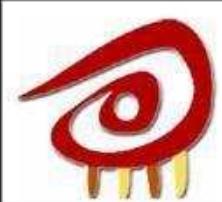
Este sensor se puede integrar mecánicamente sin dificultad en un módulo de pedal acelerador.

## 5.5.8 SENSOR DE ÁNGULO DE VOLANTE DE DIRECCIÓN

### 5.5.8.1. Aplicación

El control electrónico de la estabilidad (ESP) tiene por función mantener el vehículo en la trayectoria prescrita por el conductor mediante intervenciones apropiadas en los frenos. Para ello, una unidad de control compara el ángulo de giro ajustado al volante y la presión de frenado deseada con el movimiento de giro y la velocidad efectivos del vehículo, efectuando en caso necesario un frenado selectivo de las ruedas. De este modo se consigue un “ángulo de deriva” pequeño y se impide un derrape, hasta los límites fijados por la física.

Para la detección del ángulo del volante son apropiados en principio todos los tipos de sensores angulares. Sin embargo, con objeto de garantizar la

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

seguridad se requieren versiones cuya plausibilidad se puede comprobar fácilmente o que, mejor aún, posean una función de auto control. Se utilizan potenciómetros, detectores ópticos de código y sistemas magnéticos. En la mayoría de sensores utilizados es necesario sin embargo registrar y memorizar constantemente la posición actual del volante, ya que los sensores angulares usuales pueden medir como máximo 360 grados, mientras que un volante de turismo puede describir un ángulo de 720 grados.

### **5.5.8.2 Estructura y funcionamiento**

Existen dos sensores angulares magnéticos de medición absoluta adaptados a unidades de control, que pueden detectar en todo momento el ángulo de giro del volante en todo el campo angular que alcanza éste.

#### **Sensor Hall de ángulo de giro del volante LWS1**

El sensor del tipo LWS1 detecta mediante 14 “barreras Hall”, la posición angular y el número de vueltas del volante. El funcionamiento de una barrera Hall es semejante al de una barrera de luz: un elemento Hall mide el campo generado por un imán vecino, campo que puede ser fuertemente debilitado o tapado por un disco metálico de codificación. La utilización de nueve circuitos integrados Hall permite obtener una información digital sobre el ángulo del volante. Los otros cinco sensores Hall restantes registran el número de vueltas, que es transmitido por medio de un engranaje en relación 41 dentro del campo unívoco de 360°.

Además, integrado en la estructura del sensor, se encuentra un microprocesador en el que se desarrollan pruebas de plausibilidad y se descodifica la información angular, siendo preparada para el bus CAN.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

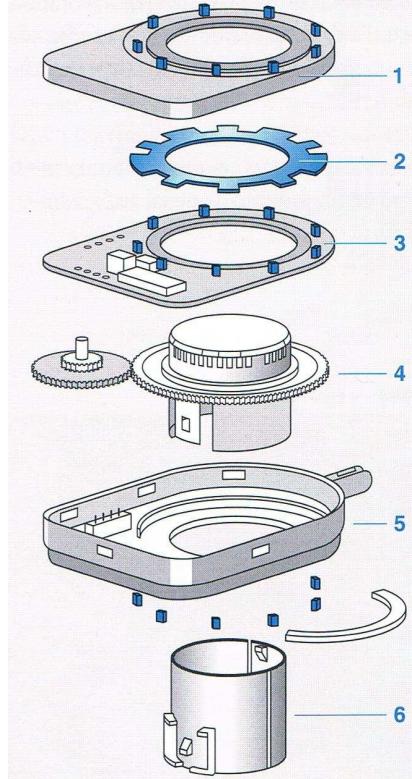


Figura 55 : despiece del sensor de ángulo de volante Hall. 1) Tapa con nueve imanes permanentes equidistantes, 2) Disco de codificación, 3) Placa de circuitos impresos con 9 interruptores hall y microprocesador, 4) Engranaje, 5) Barreras Hall, 6) casquillo de fijación para columna de dirección.

### Sensor magnetorresistivo de ángulo de volante LWS3

También el sensor de ángulo de volante LWS3 funciona con sensores AMR (Anisotrop Magneto Resistive), cuya resistencia eléctrica varía en función del sentido de un campo magnético externo.

La información 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 únicamente definido.

Un algoritmo matemático, calificado como principio de Vernier modificado, permite a un microprocesador calcular el ángulo de volante, pudiéndose corregir incluso imprecisiones de medición de los dos sensores

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

AMR. Adicionalmente existe la posibilidad de un autocontrol, de manera que a través de la salida CAN se puede transmitir un valor de medición muy plausible a la unidad de control.

Razones económicas obligan también en esta versión a estudiar nuevas alternativas de detección. Se examina actualmente si un solo sensor de ángulo AMR (LWS4), que sólo puede efectuar por cierto una medición precisa de 360°, montado en el extremo del árbol de la dirección, es suficiente para garantizar la seguridad necesaria para el sistema ESP.

## 5.5.9. SENsoRES ULTRASÓNICOS

### 5.5.9.1. Aplicación

Los sensores ultrasónicos se utilizan para averiguar las distancias a que se encuentran posibles obstáculos y para vigilar un espacio; están integrados en los parachoques de vehículos para facilitar la entrada y salida de las plazas de aparcamiento y las maniobras de estacionamiento. El gran ángulo de abertura que se obtiene con el empleo de varios sensores ( 4 en la parte trasera y de 4 a 6 en la delantera) permite determinar con ayuda de la “triangulación” la distancia y el ángulo en relación con un obstáculo. El alcance de detección de un sistema de tal clase cubre una distancia de aproximadamente 0,25 a 1,5 metros.

### 5.5.9.2. Estructura

Un sensor se compone de una caja de plástico con conexión por enchufe integrada, un convertidor de ultrasonidos y una placa de circuitos impresos con electrónica de emisión y evaluación.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

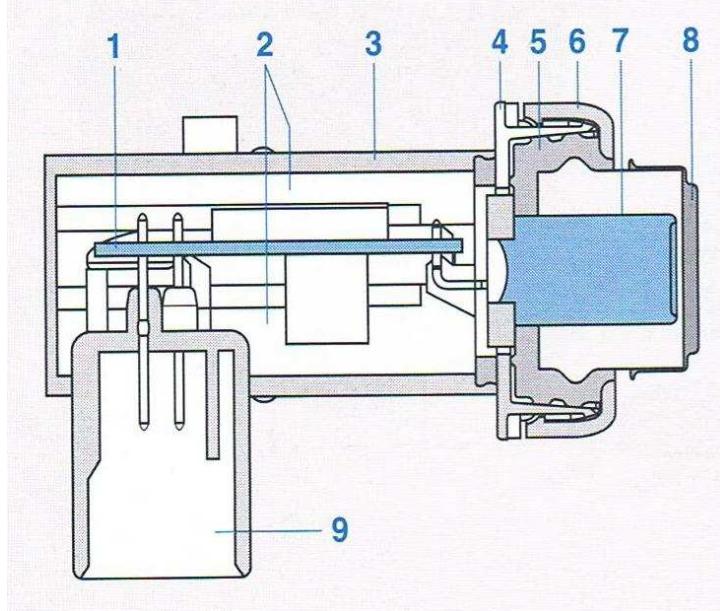


Figura 56 : sensor ultrasónico. 1) Placa de circuitos impresos, 2) Masa de relleno, 3) Caja de plástico, 4) Soporte del sistema, 5) Anillo de desacoplamiento, 6) Manguito, 7) Conversor de ultrasonidos, 8) Caperuza, 9) Conexión eléctrica.

Dos de las tres líneas eléctricas de conexión a la unidad de control sirven para la alimentación de tensión. Por la tercera línea, bidireccional, se conecta la función emisora y se transmite la señal de recepción evaluada de vuelta a la unidad de control.

#### 5.5.9.3. Funcionamiento

El sensor ultrasónico funciona según el principio “impulso-eco” en combinación con la triangulación. Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aproximadamente 300 µs, emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la membrana, que entretanto se había estabilizado. La piezocerámica convierte estas vibraciones en una señal eléctrica analógica, que la electrónica del sensor amplifica y transforma en una señal digital.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

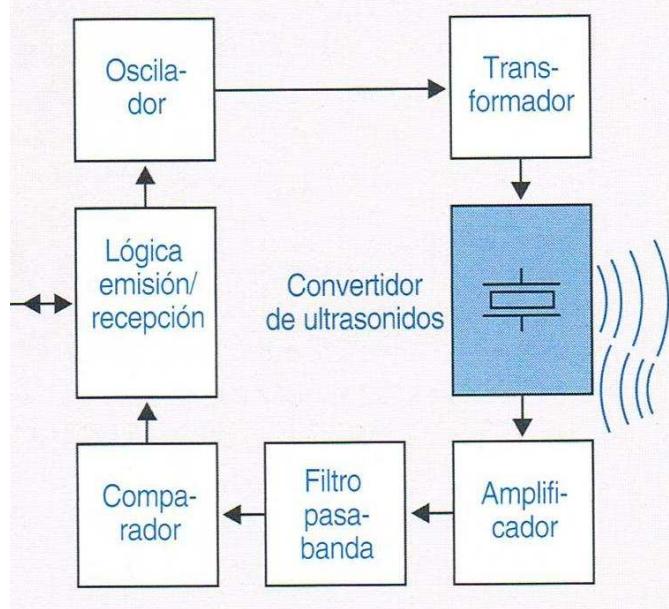


Figura 57 : esquema de conjunto del sensor ultrasónico.

El sensor tiene prioridad frente a la unidad de control y, al detectar una señal de eco, conmuta la conexión de la señal a “bajo potencial” ( $<0,5V$ ). Si se encuentra una señal de eco en la línea, no se puede procesar la señal de emisión.

Cuando la tensión se vuelve inferior al umbral de conmutación de 1,5 V en la línea de señales, la unidad de control incita al sensor a que realice la emisión.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6-SENSORES DE VELOCIDAD DE ROTACIÓN Y VELOCIDAD LINEAL

### 5.6.1-MAGNITUDES DE MEDICIÓN

Los sensores de velocidad de rotación y de velocidad lineal miden el ángulo descrito o el trecho recorrido por unidad de tiempo. En ambos casos de aplicación en el automóvil se trata generalmente de magnitudes de medición relativas que aparecen entre dos piezas o también en relación con la calzada u otro vehículo. En algunos casos, sin embargo, hay que medir también la velocidad de rotación absoluta en el espacio o alrededor de los ejes del vehículo, parámetro designado a menudo como "velocidad de convolución". Así, por ejemplo para la regulación dinámica de marcha hay que detectar la velocidad de giro del vehículo alrededor de su eje vertical.

Para la detección de la velocidad de rotación relativa se hace una distinción, según el número y el tamaño de las marcas periféricas exploradas de un rotor, entre los siguientes sensores:

- Sensor incremental de paso estrecho, que permite detectar también hasta cierto grado la velocidad instantánea periférica o una subdivisión angular muy fina.
- Sensor segmentado, que distingue un pequeño número de segmentos periféricos, como por ejemplo el número de cilindros del motor
- Sensor de velocidad de rotación sencillo, que con la ayuda de una sola marca detecta únicamente la velocidad de rotación media por vuelta

Son ejemplos de velocidad de rotación relativa:

- Velocidad de rotación del cigüeñal y del árbol de levas
- Velocidad de giro de las ruedas
- Velocidad de rotación de la bomba de inyección diesel

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La medición se efectúa generalmente con la ayuda de un sistema detector incremental, compuesto de rueda dentada y sensor tacométrico.

Son además de nuevas aplicaciones:

- Medición de velocidades de rotación por medio de sensores tacométricos integrados en los cojinetes
- Velocidad en relación con el suelo
- Velocidad de giro del vehículo alrededor de su eje longitudinal y del eje de cabecero.

### 5.6.2-PRINCIPIOS DE MEDICIÓN

Los sensores tacométricos convencionales se basan en efectos de medición grandes, como la inducción.

Por eso son en la mayoría de los casos eléctricamente “pasivos”, es decir, no poseen generalmente ninguna electrónica integrada. Los sensores más recientes se basan en efectos de medición muy pequeños (Hall) y requieren por tanto una electrónica integrada. Según la definición dada en la introducción, forman parte ya de los sensores “inteligentes”. Los detectores de velocidades de rotación absolutas requieren incluso una electrónica muy compleja directamente en el sensor, pues los efectos de medición aquí utilizados no sólo son muy pequeños, sino que necesitan también una compleja regeneración de las señales.

Para la medición incremental de la velocidad de rotación se pueden aprovechar efectos físicos muy diferentes. Sin embargo, los detectores ópticos y capacitivos, son muy poco apropiados para las duras condiciones de trabajo que se dan en los automóviles. En la práctica se prefieren exclusivamente los sensores de efecto magnético.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6.3-SENSORES DE REVOLUCIONES INDUCTIVOS

### **5.6.3.1. Aplicación**

Los sensores de revoluciones del motor, también llamados transmisores de revoluciones, se emplean para:

- Medir el número de revoluciones del motor
- Detectar la posición del cigüeñal

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor.

Las señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control electrónico del motor.

### **5.6.3.2. Estructura y funcionamiento**

El sensor está montado directamente frente a una rueda de impulsos ferromagnética.

Contiene un núcleo de hierro dulce (4) rodeado por un devanado (5). La espiga polar comunica con un imán permanente (1). Hay un campo magnético que se extiende sobre la espiga polar y penetra en la rueda de impulsos (5). El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda de impulsos. Un diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina.

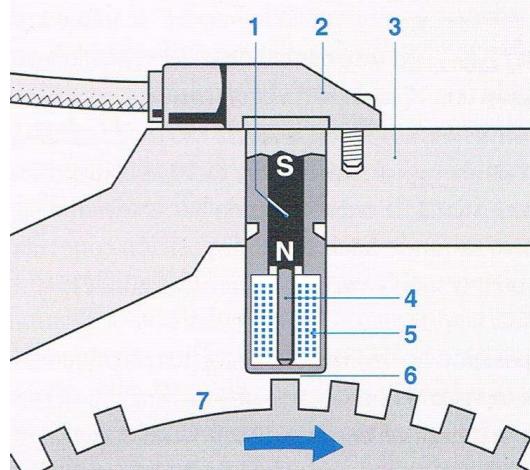


Figura 58 : estructura de un sensor de revoluciones inductivo. 1) Imán permanente, 2) Cuerpo del sensor, 3) Cárter del motor, 4) Espiga polar, 5) Devanado, 6) entrehierro, 7) Rueda de impulsos con marca de referencia.

Por el contrario, un hueco debilita el flujo magnético. Estos cambios en el flujo magnético inducen en la bobina una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de las variaciones y, por tanto, al número de revoluciones.

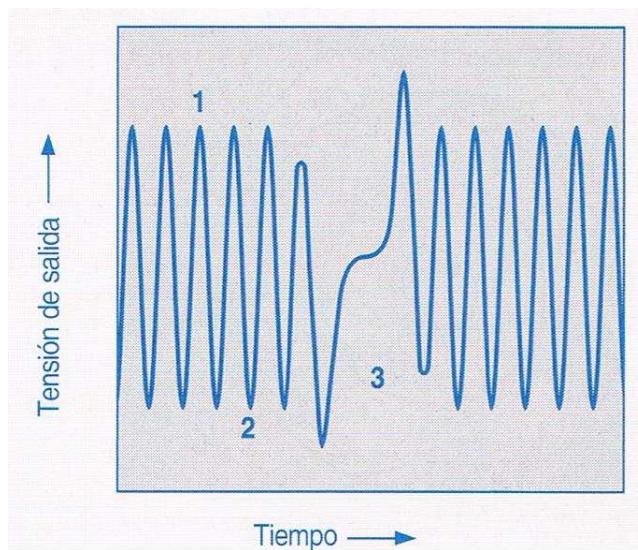


Figura 59 : señal eléctrica de un sensor de revoluciones inductivo. 1) diente, 2) Hueco entre dientes, 3) Marca de referencia.

La amplitud de la tensión alterna crece intensamente a medida que aumenta el número de revoluciones, desde unos pocos milivoltios hasta más de 100 voltios. Existe una amplitud suficiente a partir de un número mínimo de 30 rpm.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6.4-SENSORES DE REVOLUCIONES Y SENSORES INCREMENTALES DE ÁNGULO DE GIRO

### 5.6.4.1. Aplicación

Estos sensores están montados en las bombas rotativas de inyección Diesel de mando por electroválvula. Su señal se emplea para:

- Medir el número de revoluciones actual de la bomba rotativa
- Determinar la posición del ángulo momentáneo bomba/árbol de levas del motor
- Medir la posición de regulación momentánea del variador de avance.

El número de revoluciones actual de la bomba es una de las magnitudes de entrada para la unidad de control de ésta. La unidad determina así el tiempo de activación de la válvula de alta presión y, dado el caso, de la válvula del variador de avance.

El tiempo de activación de la válvula de alta presión es necesario para adaptar el caudal de inyección teórico a las condiciones de servicio presentes en ese momento. La posición del ángulo en el instante determina los momentos de activación para la válvula de alta presión. Sólo con una activación correcta respecto al ángulo se garantiza que tanto el cierre como la apertura de la válvula de alta presión tengan lugar en la carrera de leva correspondiente. La activación exacta asegura el comienzo y el caudal de inyección correctos.

La posición necesaria para la regulación del variador del avance se determina comparando las señales del sensor de revoluciones del cigüeñal con las del sensor del ángulo del giro.

### 5.6.4.2. Estructura y funcionamiento

El sensor de revoluciones o sensor de ángulo de giro explora un disco-rueda de impulsos que tiene 120 dientes y está montado sobre el eje de

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

accionamiento de la bomba rotativa. El disco-rueda tiene huecos entre dientes, cuyo número corresponde al número de cilindros del motor.

El sensor empleado es un sensor doble diferencial de células resistivas. Estas son resistencias de semiconductor mandadas por campo magnético; su estructura es similar a la de los sensores Hall.

Las cuatro resistencias del sensor doble diferencial están conectadas eléctricamente como puente integral.

El sensor tiene un imán permanente cuya cara polar dirigida al disco-rueda de impulsos es homogeneizada por una delgada plaquita ferromagnética. Sobre ella están fijas las cuatro magnetoresistencias a media distancia de la existente entre dientes. De este modo se encuentran siempre alternadas dos resistencias frente a huecos y dos frente a dientes. Las células magnetoresistivas para automóviles soportan temperaturas de hasta más de 170°C.

## 5.6.5-SENSORES DE FASE HALL

### 5.6.5.1. Aplicación

El árbol de levas está desmultiplicado en una relación de 1:2 respecto al cigüeñal. Su posición indica si un pistón del motor que se mueve hacia el punto muerto superior se encuentra en el tiempo de compresión, o en el de escape. El sensor de fase junto al árbol de levas suministra esta información a la unidad de control.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6.6-SENSORES DE VELOCIDAD DE GIRO DE LAS RUEDAS

### **5.6.6.1. Aplicaciones**

De las señales de los sensores de velocidad de giro de las ruedas, las unidades de control de los sistemas ABS, ASR, y ESP derivan la velocidad de rotación de las ruedas, para impedir el bloqueo o el patinaje de las ruedas y asegurar así la estabilidad y dirigibilidad del vehículo. A partir de estas señales, los sistemas de navegación calculan la distancia recorrida.

### **5.6.6.2. Estructura y funcionamiento**

#### Sensor de velocidad de rotación pasivo (inductivo)

La espiga polar del sensor inductivo de velocidad de rotación, que está rodeada de un arrollamiento, se encuentra directamente sobre la corona generadora de impulsos, fijamente unida con el cubo de rueda. La espiga polar de magnetismo dulce está unida con un imán permanente, cuyo campo magnético llega hasta la corona generadora de impulsos, penetrando en ella. A causa de la alternancia permanente entre los dientes y los entre dientes, el giro de la rueda ocasiona la variación del flujo magnético dentro de la espiga polar y por consiguiente, también dentro del arrollamiento que la rodea. La variación del campo magnético induce en el arrollamiento una tensión alterna, que se toma en cada extremos del bobinado.

Tanto la frecuencia como la amplitud de la tensión alterna son proporcionales a la velocidad de giro de la rueda. Cuando la rueda está parada, la tensión inducida es igual a cero. La velocidad mínima mensurable depende de la forma de los dientes, del entrehierro, de la pendiente de la subida de tensión y de la sensibilidad de entrada de la unidad de control; partiendo de este parámetro se puede conocer la velocidad mínima de conexión alcanzable para la aplicación del ABS.

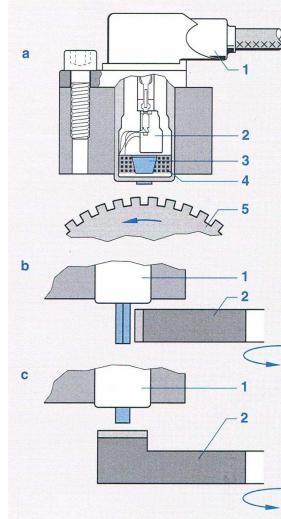


Figura 60 : estructura de la espiga polar, y formas de montaje para sensores de velocidad de giro. A)Espiga polar con forma de cincel, montaje radial, toma radial, b)Espiga polar con forma de rombo, montaje axial, toma radial, c)Espiga polar redonda, montaje radial, toma axial. 1) Caja con conexión eléctrica, 2) Imán permanente, 3) Núcleo de hierro dulce, 4) Arrollamiento, 5) Corona generadora de impulsos.

### Sensor de velocidad de rotación activo

El sensor inductivo convencional es reemplazado cada vez más por un sensor de velocidad activo.

La función de los dientes de la corona generadora de impulsos la asumen en este sensor unos imanes integrados, por ejemplo en una corona multipolar y dispuestos en su periferia alternando en su polaridad.

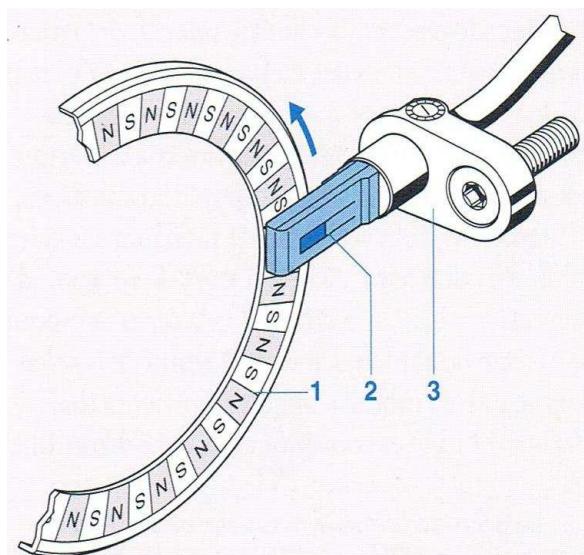


Figura 61 : corona multipolar con sensor activo de velocidad de giro. 1)Corona multipolar, 2) Célula de medición, 3) Caja del sensor.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La célula de medición del sensor de velocidad de rotación activo está expuesta al campo magnético, continuamente cambiante, de esos imanes. Por eso varía continuamente, al girar la corona multipolar, el flujo magnético que atraviesa la célula de medición.

El pequeño tamaño y el reducido peso del sensor de velocidad activo permiten montarlo adosado al cojinete de rueda o dentro de él. Para este género de aplicación, el disco de obturación del cojinete de rueda del vehículo contiene polvo magnético en lugar de imanes fijos. A la función original del disco de obturación se añade. Pues, una nueva función, con la que el disco se convierte adicionalmente en un componente “multipolar”.

## 5.6.7-SENSORES TACOMÉTRICOS DE CAJAS DE CAMBIO

### 5.6.7.1. Aplicación

Los sensores tacométricos RS (Rotational Speed Sensor) detectan la velocidad de rotación en cambios de marchas automáticos, semiautomáticos, y de variación continua (CVT). Para esta utilización. Los sensores son por su concepción resistentes a los aceites ATF para las transmisiones automáticas. El “concepto de compactación” prevé la integración en el módulo de mando del cambio de marchas o en versión independiente. La tensión de alimentación  $U_v$  se encuentra entre 4.5 y 16,5 V y el margen de temperaturas de funcionamiento alcanza de -40 a +150 °C.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 5.6.7.2. Estructura y funcionamiento

El sensor tacométrico activo posee un C.I. de efecto Hall diferencial y un interface de corriente bifilar.

Para el funcionamiento ha de ser conectado a una fuente de tensión  $U_V$ . El sensor puede detectar la señal de velocidad de rotación generada por ruedas dentadas y discos de chapa ferromagnéticos o por coronas multipolares; aprovecha el efecto Hall y suministra una señal de amplitud constante. Independiente de la velocidad de rotación. Eso hace posible una detección de velocidades de rotación de hasta casi  $n=0$ . Para la entrega de la señal se modula la corriente de alimentación en el ritmo de la señal incremental. La modulación de la corriente es convertida luego mediante una resistencia de medición  $R_M$  integrada en la unidad de control en una tensión de señal  $U_{RM}$ .

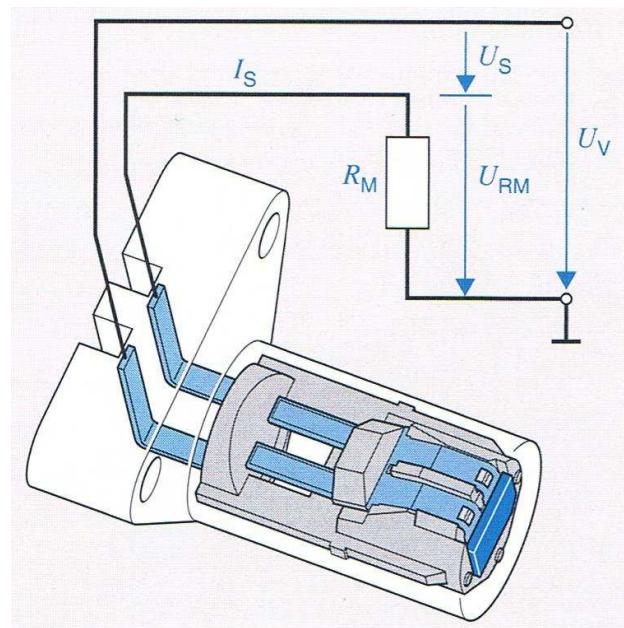


Figura 62 : sensor Hall con interface de corriente bifilar.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6.8-PORTAINYECTOR CON SENSOR DE MOVIMIENTO DE AGUJA

### 5.6.8.1. Aplicación

El comienzo de inyección es una magnitud característica importante para el funcionamiento óptimo de los motores Diesel. Su detección hace posible por ejemplo una variación del avance en función de la varga y del número de revoluciones en el circuito de regulación cerrado. Sirve para ello en las bombas rotativas o en línea un portainyector con sensor de movimiento de aguja que suministra una señal cuando se levanta la aguja del inyector.

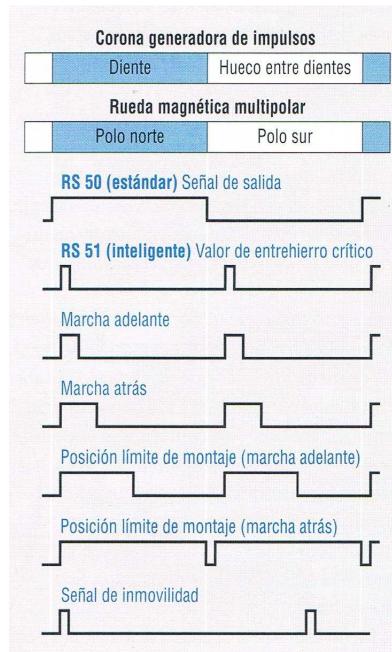


Figura 63 : información de la señal de salida de algunas versiones de sensores.

### 5.6.8.2. Estructura y funcionamiento

El perno de presión prolongado, de magnetismo permanente, penetra en la bobina. La profundidad de penetración determina el flujo magnético en la bobina. Una movimiento de la aguja del inyector induce, con la variación del flujo magnético en la bobina, una señal de tensión dependiente de la velocidad que es procesada directamente en un circuito de evaluación en la unidad de

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

control. La superación de una tensión umbral le sirve al circuito de evaluación como señal para el comienzo de inyección.

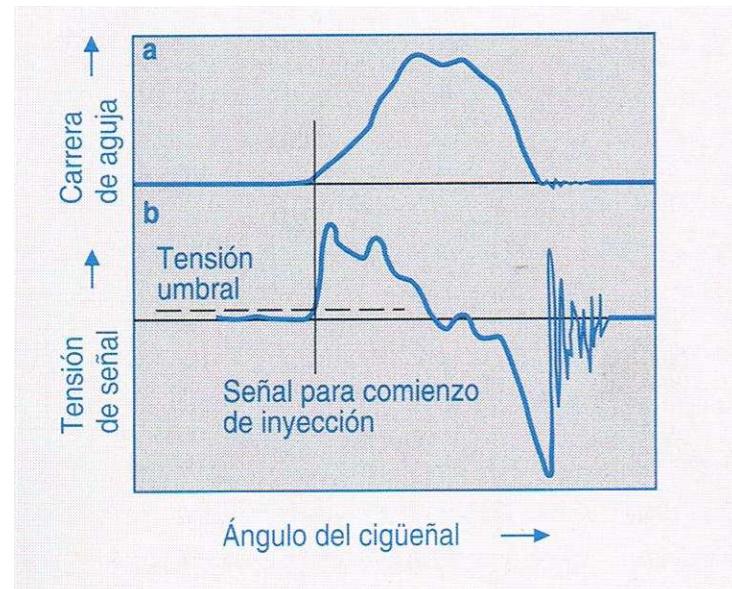


Figura 64 : señal del sensor de movimiento de aguja. a)Curva de carrera de aguja, b)Curva de tensión de señal correspondiente de la bobina.

## 5.6.9-SENSOR INDUCTIVO PARA ENCENDIDO TRANSISTORIZADO

### 5.6.9.1. Aplicación

Este sensor inductivo es un disparador de impulsos para el sistema de encendido transistorizado.

Representa un generador eléctrico de corriente alterna. El punto de conexión del ángulo de cierre se determina por comparación de la señal de tensión alterna del sensor con una señal de tensión correspondiente al tiempo de regulación de la corriente.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.6.9.2. Estructura**

El sensor inductivo está alojado en la caja del distribuidor de encendido, en el lugar que ocupaba el anterior ruptor convencional.

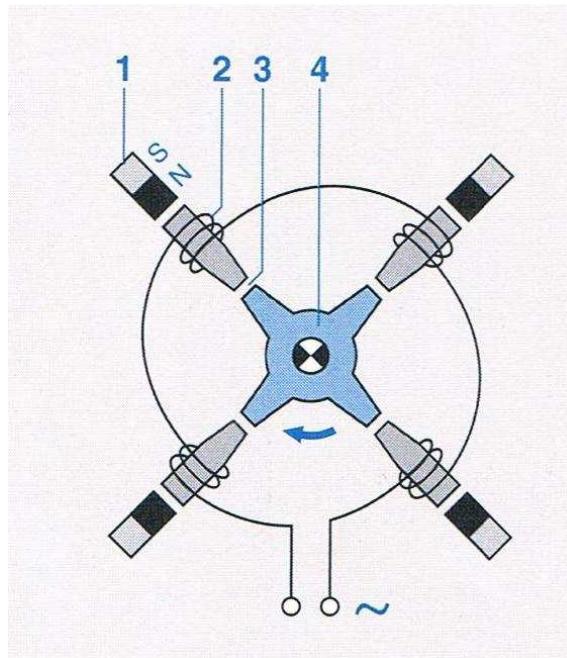


Figura 65 :sensor inductivo del distribuidor de encendido. 1)Imán permanente, 2)Arrollamiento de inducción y núcleo, 3)Entrehierro variable, 4)Rotor.

El núcleo magnético dulce del arrollamiento de inducción tiene la forma de un disco, llamado “disco polar”. El imán permanente, el arrollamiento de inducción y el núcleo del sensor inductivo forman una unidad compacta, el “estator”.

Frente a esta unidad gira la rueda generadora de impulsos, fijamente unida al árbol del distribuidor y llamada “rotor”. El rotor está fijado sobre el árbol hueco que rodea el árbol del distribuidor.

El núcleo y el rotor son de acero magnético dulce; tienen prolongaciones en forma de dientes. El disco polar tiene por ejemplo en el lado exterior dientes estatéricos doblados en ángulo recto hacia arriba. Conforme a ello, el rotor tiene dientes doblados hacia abajo.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

El número de dientes del rotor y del disco polar corresponde generalmente al número de cilindros del motor. Cuando están frente a frente, los dientes fijos y los dientes móviles están distanciados unos de otros aproximadamente 0,5 mm.

### **5.6.9.3. Funcionamiento**

El principio de funcionamiento se basa en el hecho de que el entrehierro entre los dientes del rotor y del estator varía periódicamente al girar el rotor.

Con él varía el flujo magnético. La variación del flujo induce una tensión alterna en el arrollamiento de inducción. La tensión de cima  $\pm U_S$  es entonces proporcional a la velocidad de rotación: aproximadamente 0,5 V a baja velocidad y aproximadamente 100 V a alta velocidad. La frecuencia  $f$  de esta tensión alterna corresponde al número de chispas de encendido por minuto, siendo:

$$f = z \cdot n / 2$$

$f$  frecuencia o número de chispas por minuto

$z$  número de cilindros

$n$  número de revoluciones del motor

## 5.6.10-SENSOR HALL PARA ENCENDIDO TRANSISTORIZADO

### **5.6.10.1. Aplicación**

Este sensor Hall es un disparador de impulsos para el sistema de encendido transistorizado. La señal de esta "barrera Hall" integrada en el distribuidor de encendido corresponde, en su contenido de informaciones, a la señal del encendido convencional por bobina y mando por contactos: mientras que el ruptor del encendido en el distribuidor determina el ángulo de cierre con la ayuda de la leva de encendido, el sensor Hall en el distribuidor prefija la relación cíclica de impulsos mediante su rotor de pantallas.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.6.10.2. Estructura**

El sensor Hall de la figura 66 está integrado en el distribuidor de encendido. Su barrera magnética está montada sobre la placa soporte móvil. El circuito integrado Hall se encuentra sobre un soporte cerámico; el circuito y una de sus piezas conductoras están rodeados de plástico fundido, como medida de protección contra la humedad, la suciedad y daños de orden mecánico.

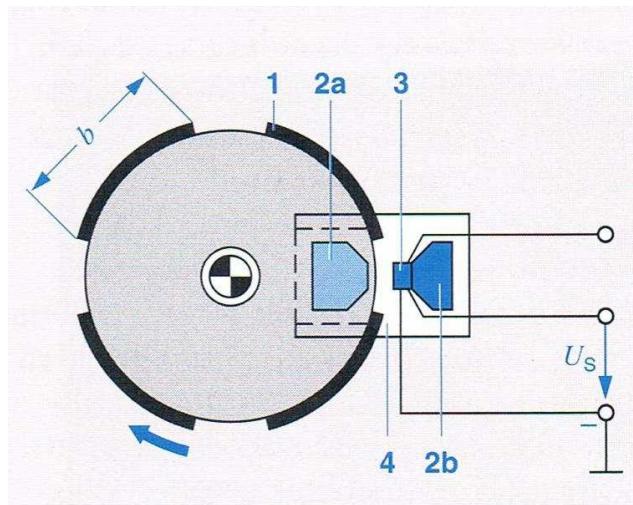
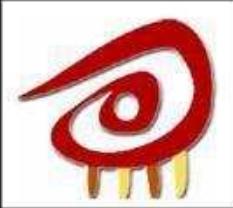


Figura 66 : estructura teórica de sensor Hall en el distribuidor de encendido. 1) Pantalla de ancho  $b$ , 2a)Imán permanente, 2b) Piezas conductoras de material magnético dulce, 3)Circuito integrado Hall, 4) Entrehierro,  $U_S$ )Tensión de señal.

Las piezas conductoras y el rotor de pantallas son de material magnético dulce. El número de pantallas es igual al número de cilindros. El ancho  $b$  de cada pantalla puede determinar, según el módulo electrónico utilizado, el ángulo de cierre máximo de este sistema de encendido. Por ello, el ángulo de cierre permanece prácticamente constante durante toda la vida del sensor Hall; por tanto, no es necesario ya un ajuste del ángulo de encendido.

### **5.6.10.3. Funcionamiento**

Cuando gira el árbol del distribuidor, las pantallas del rotor pasan sin contacto por el entrehierro de la barrera Hall: cuando el entrehierro está libre, el circuito integrado Hall incorporado y el elemento sensor Hall son atravesados por el campo magnético. La densidad del flujo magnético es elevada en el

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

elemento sensor Hall y la tensión Hall ha alcanzado su máximo. El circuito integrado Hall está activado. Tan pronto como una de las pantallas entra en el entrehierro, la mayor parte del flujo magnético se dispersa en la pantalla y es mantenido alejado así del circuito integrado Hall. La densidad del flujo desaparece del elemento sensor Hall, excepto un pequeño resto procedente del campo de dispersión. La tensión Hall alcanza un mínimo. La goma de la pantalla del rotor determina el ángulo de cierre por generación inmediata de una tensión de rampa a partir de la tensión de la señal  $U_S$ , tensión Hall convertida; sobre esta tensión de rampa se desplaza el punto de activación del ángulo de cierre. El principio de trabajo y la forma de construcción del sensor Hall permiten un ajuste del encendido estando el motor parado, en tanto no se haya previsto ninguna desconexión de la corriente de reposo.

## 5.6.11-SENSORES DE CONVOLUCIÓN PIEZOELÉCTRICOS DE DIAPASÓN

### 5.6.11.1. Aplicación

El ordenador del sistema de navegación de un automóvil necesita informaciones sobre los movimientos del vehículo, a fin de que pueda seguir el trayecto recorrido por medio de un mapa de carreteras digital memorizado en un disco CD-ROM.

El sensor de convolución, integrado en los componentes de navegación, detecta al recorrer curvas, los movimientos de giro del vehículo sobre el eje vertical. Entonces genera una señal de tensión a partir de la cual el ordenador de navegación calcula el radio de la curva y deduce de él el cambio de dirección, teniendo en cuenta la señal procedente del tacómetro o del sensor de velocidad de giro de la rueda.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.6.11.2. Estructura**

El sensor de ángulo de rotación o girómetro, se compone de un cuerpo de acero en forma de diapasón provisto de cuatro piezoelementos, dos inferiores y dos superiores, y de una electrónica de detección.

Este sensor, es totalmente insensible a perturbaciones magnéticas.

### **5.6.11.3. Funcionamiento**

Al aplicarse una tensión, los piezoelementos inferiores comienzan a vibrar y excitan a su vez los piezoelementos en los extremos superiores del diapasón, haciendo que generen vibraciones de fase opuesta.

#### **Marcha en línea recta**

Al marchar en línea recta, ninguna aceleración de Coriolis actúa sobre el diapasón. Como los piezoelementos superiores vibran siempre en fase opuesta y sólo son sensitivos perpendicularmente al sentido de las vibraciones, no generan ninguna tensión.

#### **Marcha por una curva**

La aceleración de Coriolis, que se manifiesta cuando tiene lugar un movimiento de giro en unión con el movimiento vibratorio, se aprovecha para la medición en curva. El movimiento de giro ocasiona entonces el desplazamiento de las zonas superiores del diapasón fuera del plano de vibración. A causa de ello se origina en los piezoelementos superiores una tensión eléctrica alterna, que llega al ordenador de navegación a través de una electrónica integrada en la caja del sensor. La amplitud de la señal de tensión depende tanto de la velocidad de giro como de la velocidad de vibración; su signo, del sentido de giro del recorrido en la curva.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.6.12-SENSORES DE CONVOLUCIÓN MICROMECÁNICOS

### 5.6.12.1. Aplicación

Los sensores de convolución o de velocidad de convolución micromecánicos de silicio que se montan en vehículos equipados con programa de estabilidad electrónico ESP, para la regulación de la dinámica de marcha, detectan los movimientos de rotación del vehículo sobre su eje vertical, al recorrer curvas o en caso de desviarse de la dirección o de patinar.

Los sensores mecánicos de precisión utilizados hasta ahora están siendo reemplazados por estos sensores micromecánicos, más económicos y compactos.

### 5.6.12.1. Estructura y funcionamiento

Para obtener la alta precisión requerida por los sistemas de control de la dinámica de marcha, se aplica una tecnología mixta: dos placas de masa bastante espesas obtenidas por labrado de una rodaja de silicio mediante micromecánica volumétrica, oscilan en contrafase en su frecuencia de resonancia ( $>2\text{kHz}$ ), determinada por su masa y su rigidez elástica. Cada placa de masa oscilante soporta un sensor de aceleración capacitivo minúsculo, realizado por micromecánica de superficie, que puede detectar las aceleraciones de Coriolis en el plano de la rodaja de silicio perpendicularmente al sentido de la oscilación, cuando el chip del sensor gira alrededor de su eje a la velocidad de convolución  $\Omega$ . Estas aceleraciones son proporcionales al producto de la velocidad de convolución por la velocidad de vibración mantenida constante electrónicamente.

El circuito de excitación está constituido por una sencilla pista conductora dispuesta sobre la respectiva placa oscilante; expuesta a un campo magnético permanente  $B$ , la pista conductora sufre una fuerza de Lorentz perpendicular a

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

la superficie del circuito integrado, que hace entrar las placas de masa en vibración. Otra pista conductora asimismo sencilla y compacta, sometida al mismo campo magnético, mide directamente la velocidad de vibración de modo inductivo. La diferencia de naturaleza física entre los sistemas de excitación y de detección evita toda diafonía no deseada entre las dos partes.

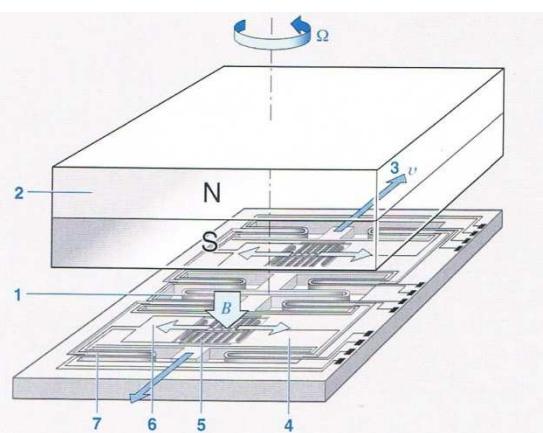


Figura 67:sensor de convolución micromecánico.1) Resorte de acoplamiento para determinar la frecuencia, 2)Imán permanente, 3)Sentido de vibración, 4) Cuerpo vibrante, 5)Sensor de aceleración de Coriolis, 6) Sentido de la aceleración de Coriolis, 7) Resorte de sujeción/guía.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.7-SENSORES DE ACCELERACIÓN Y DE VIBRACIONES

### 5.7.1-MAGNITUDES DE MEDICIÓN

Los sensores de aceleración y de vibraciones son apropiados para la regulación contra la detonación en motores de combustión interna, para activar sistemas de protección de los pasajeros y para detectar aceleraciones en las curvas y variaciones de velocidad en vehículos de tracción integral equipados con el sistema antibloqueo ABS o el programa electrónico de estabilidad ESP, o con un sistema de regulación del tren de rodaje.

La magnitud de medición es la aceleración  $a$ , que con frecuencia se indica como múltiple de la aceleración de la gravedad  $g$ , para denominar los valores típicos de los automóviles.

### 5.7.2-SENSORES DE ACCELERACIÓN DE EFECTO HALL

#### 5.7.2.1. Aplicación

Los vehículos equipados con el sistema antibloqueo ABS, el sistema anti patinaje ASR, una tracción integral o el programa de estabilidad electrónico ESP disponen, además de los sensores de velocidad de giro de las ruedas, de un sensor de aceleración de efecto Hall para la medición de las aceleraciones longitudinal y transversal del vehículo.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 5.7.2.2. Estructura

El sensor de aceleración de efecto Hall utiliza un sistema masa-resorte de fijación “elástica”.

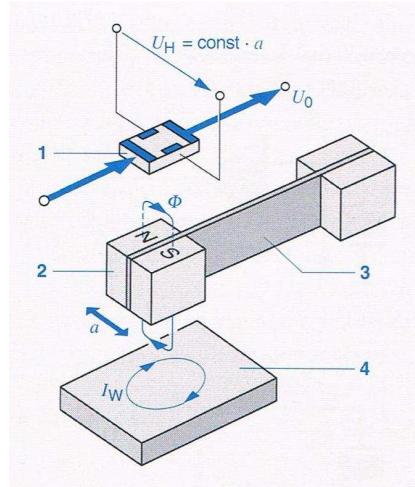


Figura 68 : sensor de aceleración de efecto Hall. 1) Sensor de efecto Hall, 2) Imán permanente, 3)Resorte, 4) Placa de amortiguación,  $I_W$ )Corriente de Foucault,  $U_H$ )Tensión Hall,  $U_0$ )Tensión de alimentación,  $\phi$ )Flujo magnético,  $a$ )Aceleración transversal registrada.

Está constituido por un resorte en forma de cinta puesto de canto, fijado por uno de sus extremos. En el extremo libre opuesto está colocado un imán permanente en función de masa sísmica. Sobre el imán permanente se encuentra el verdadero sensor de efecto Hall con la electrónica de evaluación. Debajo del imán hay colocada una plaquita de amortiguación de cobre.

### 5.7.2.3. Funcionamiento

Al estar sujeto el sensor a una aceleración transversal al resorte, la posición de reposo del sistema masa-resorte cambia. Su desplazamiento es un parámetro específico de la aceleración. El flujo magnético  $\Phi$  ocasionado por el movimiento del imán genera una tensión Hall  $U_H$  en el sensor de efecto Hall. La tensión de salida  $U_A$  resultante de ello y procedente de la electrónica de evaluación aumenta linealmente con la aceleración.

El sensor está concebido para un reducido ancho de banda de alguno Hz y posee una amortiguación electrodinámica.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.7.3-SENSORES DE ACELERACIÓN PIEZOELÉCTRICOS

### 5.7.3.1. Aplicación

Los elementos de flexión piezoeléctricos bimorfos y las cerámicas piezoeléctricas de dos capas son utilizados como sensores de aceleración en sistemas de retención, para la activación de los tensores de cinturón, el disparo de los airbag y la actuación del arco antivuelco.

### 5.7.3.2. Estructura y funcionamiento

El corazón del sensor de aceleración lo constituye un elemento de flexión piezoeléctrico. Está compuesto por un ensamblaje pegado de dos capas piezoeléctricas de polarización inversa. Al actuar una aceleración sobre esta “barra de flexión”, provoca la dilatación de una de las dos capas y la retracción de la otra, lo que causa un esfuerzo mecánico de flexión.

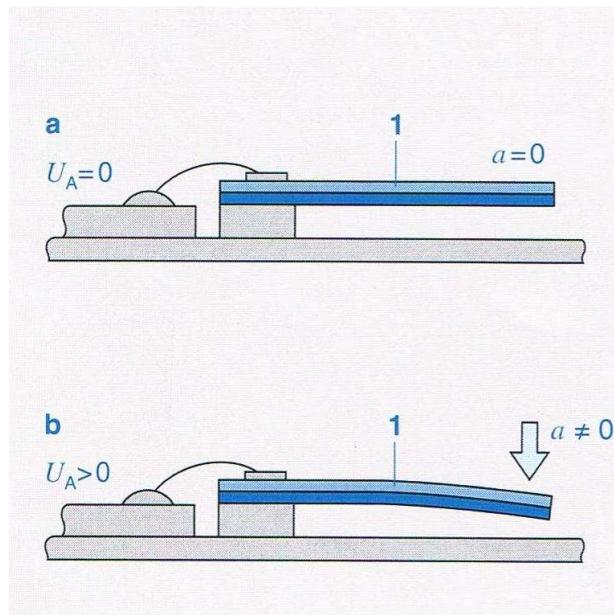


Figura 69 : elemento de flexión del sensor de aceleración piezoeléctrico. A) Estado de reposo, b)Con una aceleración  $a$ , 1)Elemento de flexión bimorfo de cerámica piezoeléctrica,  $U_A$ )Tensión de medición.

En las capas metalizadas externas del elemento se encuentran electrodos, de los que se toma la tensión eléctrica resultante de la flexión.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

La célula de medición del sensor misma, a veces protegida mecánicamente por un gel, y la primera etapa de amplificación de las señales están alojadas dentro de una caja estanca.

Para el tratamiento de las señales, el sensor de aceleración posee un circuito híbrido, compuesto de un convertidor de impedancia, un filtro y un amplificador. De ese modo están determinadas la sensibilidad y el campo de frecuencias útil. El filtro suprime las fracciones de señales de alta frecuencia. Por razón de su propia masa, los elementos de flexión piezoeléctricos se curvan por el efecto de la aceleración ya hasta tal punto, que suministran una señal dinámica fácilmente evaluable.

El principio del sensor es reversible en su actuación: un electrodo actor adicional permite comprobar fácilmente el sensor, por ejemplo dentro del marco de una “diagnóstico de a bordo”.

La utilización de sensores simples o dobles, en posición vertical u horizontal, depende de la posición de montaje y del sentido de la aceleración.

#### 5.7.4-SENSORES DE PICADO PIEZOELÉCTRICOS

##### **5.7.4.1. Aplicación**

Los sensores de picado son por su principio de funcionamiento sensores de vibraciones; son muy a propósito para detectar vibraciones debidas a ruidos de impacto. Estas pueden presentarse en el motor de un vehículo en caso de combustión incontrolada y se conocen bajo el nombre de “picado”. El sensor convierte las vibraciones en señales eléctricas y las transmite a la unidad de control. En general, los motores de 4 cilindros en línea son equipados con un solo sensor de picado, los motores de 5 o 6 cilindros con 2 sensores, los motores de 8 o 12 cilindros con dos sensores o más. Se comutan en función del orden de encendido.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **5.7.4.2. Estructura y funcionamiento**

Por razón de su inercia, una masa ejerce fuerzas de presión al ritmo de las vibraciones incitantes sobre un elemento piezocerámico de forma anular. Estas fuerzas provocan una transferencia de carga dentro del elemento de cerámica: entre los lados superior e inferior de este elemento se origina una tensión eléctrica que es tomada por discos de contacto y procesada subsiguentemente en la unidad de control. La sensibilidad corresponde a la tensión de salida por unidad de aceleración.

Las tensiones transmitidas por el sensor son evaluables por medio de un amplificador de tensión alterna de alta impedancia, por ejemplo en la unidad de control del sistema de encendido o en la del sistema de gestión del motor Motronic.

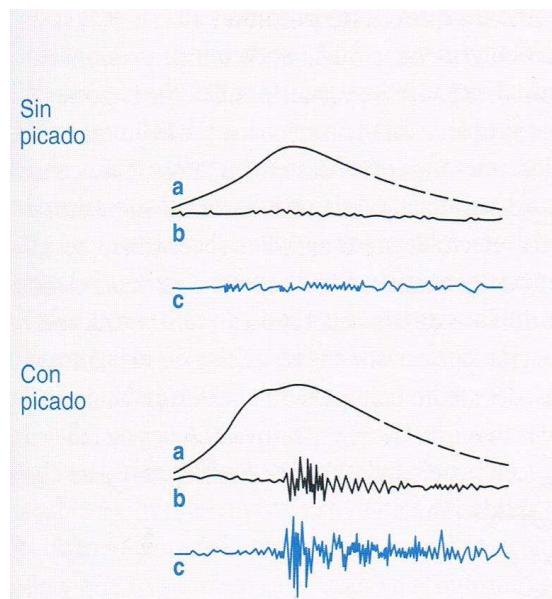


Figura 70: señales del sensor de picado. a)desarrollo de la presión en el cilindro, b)Señal de presión filtrada, c)Señal directa del sensor de picado.

#### **5.7.4.3. Montaje adosado**

El lugar de montaje de un sensor de picado se elige para el respectivo motor de manera que se pueda detectar fiablemente el picado originado en cada

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

cilindro. Generalmente se encuentra en el lado ancho del bloque motor. A fin de que las señales generadas puedan ser transmitidas directamente, sin resonancia y de acuerdo con la característica seleccionada, del punto de medición en el bloque motor al sensor fijado con un tornillo, es conveniente que:

- El tornillo de fijación esté apretado con un par definido
- La superficie de contacto y el taladro en el motor presenten la calidad prescrita
- No se utilice ninguna arandela simple o elástica para asegurar el sensor.

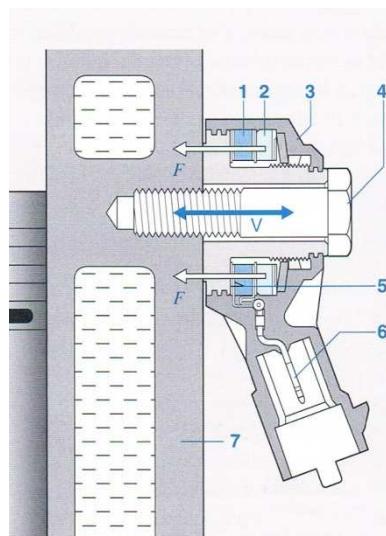


Figura 71: estructura y modo de montaje del sensor de picado. 1)Cerámica piezoeléctrica, 2)Masa sísmica y fuerzas de presión  $F$ , 3)Caja, 4)Tornillo, 5>Contactos, 6)Conexión eléctrica, 7)Bloque motor, V)Vibración.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.8-SENSORES DE PRESIÓN

### 5.8.1. MAGNITUDES DE MEDICIÓN

Las presiones se miden directamente, por deformación de una membrana o por un sensor de fuerza, para las siguientes aplicaciones:

- Presión de admisión o de sobrealimentación, inyección de gasolina....
- Presión de frenado, frenos electro-neumáticos
- Presión de resorte neumático, vehículos de suspensión neumática
- Presión de neumáticos, sistema de control o de regulación de la presión de inflado
- Presión de alimentación hidráulica (hasta 200 bares), ABS, servodirección
- Presión de amortiguadores, sistemas de regulación de la suspensión
- Presión del agente frigorífico, sistemas de aire acondicionado
- Presión de modulación, cambios automáticos
- Presión de frenado en el cilindro principal y en los cilindros de freno de rueda, compensación automática del momento de convolución, freno de mando electrónico
- Sobrepresión/depresión dentro del depósito de combustible, “diagnosis de a bordo”
- Presión en la cámara de combustión (100 bares dinámica), detección de fallos del encendido y de picado
- Presión dentro de un elemento de bomba de inyección Diesel (1000 bares dinámica), regulación electrónica diesel
- Presión del combustible en sistemas “Common Rail” diesel (1500 o 1800 bares)
- Presión del combustible en sistemas “Common Rail” gasolina (100 bares)

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.8.2. SENsores de presión de capas gruesas

### 5.8.2.1. Aplicación

Estos sensores se utilizan de modo aislado integrados, como alternativa a los sensores de presión micromecánicos, en la unidad de control de los sistemas de gestión de motor M y ME-Motronic. O también como componentes independientes. Se emplean como:

- Sensor de presión de admisión o de sobrealimentación, con un margen de presión de 20 a 400 kPa o respectivamente 0,2 a 4 bares)
- Sensor de presión ambiental, con un margen de entre 0,6 a 1,15 bares.

### 5.8.2.2. Estructura y funcionamiento

El sensor está dividido en una célula de medición de presión y en un compartimento para el circuito de evaluación. Los dos elementos están dispuestos sobre un substrato cerámico común.

La célula de medición consiste en una membrana de capas gruesas "campaniforme" que encierra una presión de referencia de 0,1 bares. La curvatura de la membrana varía en función del nivel de la presión a medir. Cuatro elementos piezoresistivos montados en puente están dispuestos en la membrana: dos elementos piezoresistivos activos, cuya conductibilidad varía bajo el efecto de un esfuerzo mecánico (presión), se encuentran en el centro de la membrana. Dos elementos piezoresistivos pasivos de referencia se encuentran sobre el borde de la membrana; actúan en primer lugar como resistencias complementarias del puente para la compensación térmica y apenas participan en la generación de la señal de salida.

El desplazamiento de la membrana bajo el efecto de una presión ocasiona una variación del equilibrio del puente. La tensión de medición  $U_M$  del puente constituye por tanto un parámetro específico de la presión a medir  $p$ . El

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

circuito de evaluación amplifica la tensión del puente, compensa los efectos de la temperatura y linealiza la característica de la presión. La tensión de salida  $U_A$  del circuito de evaluación es transmitida a la unidad de control.

### 5.8.3. SENsoRES DE PRESIÓN MICROMECÁNICOS

#### 5.8.3.1. Aplicación

##### Sensor de presión de admisión o de presión de sobrealimentación

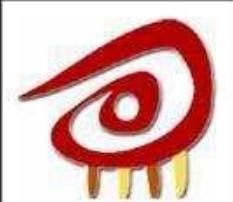
Este sensor mide la presión absoluta reinante en el tubo de admisión entre el compresor y el motor respecto a un vacío de referencia y no respecto a la presión ambiente. De este modo es posible determinar la masa de aire con toda exactitud y regular la presión de sobrealimentación con arreglo a la necesidad del motor.

##### Sensor de presión en el ambiente

Este sensor está montado en la unidad de control o en el compartimento del motor. Su señal sirve para corregir en función de la altura los valores teóricos para los circuitos reguladores de mezcla, como la realimentación de los gases de escape y la regulación de la presión de sobrealimentación. Con ello se pueden tener en cuenta las diferencias de densidad del aire del ambiente. Este sensor mide la presión absoluta.

##### Sensor de presión de aceite y de combustible

Los sensores montados en el filtro de aceite miden la presión absoluta de éste a fin de poder averiguar la carga del motor para la indicación del servicio de mantenimiento. Su rango de medición está entre 0,5 y 10 bares. Por su elevada resistencia a los fluidos, la célula de medición se utiliza también para medir la presión del combustible en la parte de baja presión. Está montada dentro del

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

filtro de combustible o adosada a él. Con su señal se controla el grado de ensuciamiento del filtro.

#### 5.8.4-SENSORES DE ALTA PRESIÓN

##### **5.8.4.1. Aplicación**

Los sensores de alta presión se emplean en el automóvil para medir la presión del combustible y del líquido de freno

##### **Sensor de presión “rail” Diesel**

Este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor del sistema de inyección Diesel “Common Rail”. La presión máxima de trabajo es de 1600 bares. La presión del combustible es modulada en un circuito de regulación. Es casi constante e independiente de la carga y de la velocidad de rotación. Las posibles desviaciones del valor teórico se compensan mediante una válvula reguladora de presión.

##### **Sensor de presión “rail” para gasolina**

Este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor del sistema MED-Motronic de inyección directa de gasolina; la presión, que depende de la carga y de la velocidad de rotación está entre 50 y 120 bares. La presión medida se utiliza como magnitud real para la regulación de la presión rail. El valor teórico, que depende de la carga y del número de revoluciones, está memorizado en un diagrama característico y se ajusta mediante una válvula de control de la presión en el rail.

##### **Sensor de presión del líquido de freno**

Este sensor de alta presión mide la presión del líquido de freno en el grupo hidráulico de sistemas de seguridad de marcha, como el ESP; la presión en general es de 250 bares, aunque puede haber picos de presión de hasta 350 .

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.9-SENSORES DE FUERZA Y PAR

### 5.9.1-MAGNITUDES DE MEDICIÓN

Las aplicaciones de los sensores de fuerza y de par en el automóvil son sumamente diversas, como lo demuestra la siguiente enumeración:

- Medición de la fuerza de acoplamiento entre el vehículo tractor y el remolque o semirremolque para un frenado regulado y sin esfuerzo.
- Medición de la fuerza de amortiguación para la regulación electrónica del tren de rodaje
- Medición de la carga sobre los ejes para la regulación de la fuerza de frenado de mando electrónico en vehículos industriales
- Medición de la fuerza aplicada al pedal en sistemas de frenado de regulación electrónica.
- Medición de la fuerza de frenado en sistemas de accionamiento eléctrico y regulación electrónica.
- Medición sin contacto del par motor y del par de frenado.
- Medición sin contacto del par de la dirección y de la servodirección.
- Protección contra el aprisionamiento en elevalunas y techos corredizos de accionamiento eléctrico.
- Sensores de fuerza integrados en los cojinetes de rueda.
- Medición del peso de los pasajeros de un vehículo

La fabricación y desarrollo de sensores de par fiables no es más económica que la de sensores de presión o de aceleración. Además, hasta el momento hay muchos proyectos de desarrollo que aún no han alcanzado el objetivo fijado, porque la exigencia de precisión concreta de este tipo de sensores, no es compatible con el respectivo coste.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

También hay que tener en cuenta la dificultad de la transmisión de la medición de par, en muchos casos sin el contacto con un árbol rotatorio.

## 5.9.2-CLASIFICACIÓN DE PASAJEROS Y DETECCIÓN DE ASIENTOS PARA NIÑOS

### **5.9.2.1. Función**

Una vez introducido el airbag para el acompañante, debido fundamentalmente a cuestiones de seguridad, fue necesaria la detección de la ocupación del asiento del acompañante. Si se diera el caso de un accidente, con el asiento del acompañante desocupado, la activación de los airbag anexos a éste, supondría un coste de reparación innecesario e inútil.

El desarrollo de los “smartbags”(airbags inteligentes) ha incluido la exigencia de la detección de ocupación de los asientos de conductor y acompañante. En función de la persona que ocupa el asiento y de la situación, se dará un comportamiento del smartbag u otro. La activación del Smartbag debe impedirse si el inflado puede ser de consecuencias desfavorables para el ocupante en determinadas circunstancias, como si el ocupante es un niño, o un asiento infantil. Es por esto, que se ha pasado de la simple detección de ocupación, a realizar una clasificación inteligente de los pasajeros.

### **5.9.2.2. Estructura**

Una esterilla de sensores con unidad de control insertada en cada asiento delantero del vehículo detecta las informaciones sobre el ocupante y las transmite a la unidad de control de los airbags. Estos datos se tienen luego en cuenta para la activación adaptada de los sistemas de retención.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.9.2.3. Funcionamiento**

El principio de medición está basado en la clasificación de las personas en función de su fisiología y optimizar la activación de los airbags. Además de hacer una medición directa del peso del ocupante, se hace una valoración de sus propiedades antropométricas como la distancia entre los huesos ilíacos. Para poder hacer esto, la esterilla de sensores OC mide el perfil de presión sobre la superficie del asiento.

La esterilla de sensores OC está compuesta de resistencias variables en función de la presión. La resistencia eléctrica disminuye al aumentar la carga mecánica en el elemento sensor. Esta variación de resistencia se detecta enviando una corriente constante y analizando la tensión. El análisis de todos los puntos de detección nos permite obtener información necesaria sobre la superficie ocupada y la distribución de los puntos de apoyo locales.

Para la detección de un asiento infantil, se disponen tres antenas. Una independiente y dos receptoras integradas en la esterilla de sensores. Además los asientos infantiles pueden poseer unos transpondedores, que dan información a través de un campo emisor codificado a las antenas receptoras. Así además de la detección del asiento, se puede saber que orientación tiene.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.10-MEDIDORES DE CAUDAL

### 5.10.1-SONDA VOLUMÉTRICA DE AIRE DE PRESIÓN DINÁMICA LMM

#### 5.10.1.1. Aplicación

La sonda volumétrica de aire de presión dinámica LMM fue utilizada en numerosos motores de gasolina equipados con las versiones de sistemas de inyección L-Jetronic o M-Motronic. Está situado entre el filtro del aire y la mariposa de admisión. Su función es determinar la carga según el principio de la presión dinámica, detectando para ello el flujo volúmico de aire  $Q_L$ .

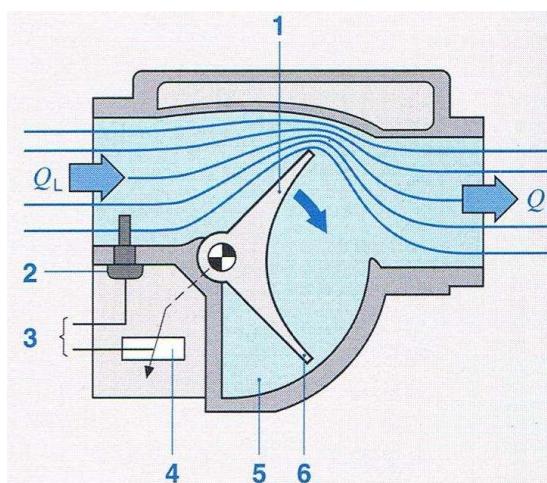


Figura 72: sonda volumétrica de aire de presión dinámica. 1)Plato sonda, 2)Sensor de temperatura del aire, 3)Conexión con ECU, 4)Potenciómetro, 5)Volumen de amortiguación, 6)Plato de compensación,  $Q_L$ )Flujo del aire de admisión.

#### 5.10.1.2. Estructura y funcionamiento

El plato sonda de móvil de la sonda volumétrica de aire, desempeña el papel de un diafragma variable. El flujo de aire de admisión desplaza el plato sonda contra la fuerza constante de un muelle antagonista, de forma que la sección de paso libre es mayor a medida que aumenta el volumen de aire.

Se ha elegido una variación de la sección del paso de aire, para obtener una relación logarítmica entre el ángulo del plato y el volumen de aire aspirado.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

Esta relación dota al sistema de una gran sensibilidad de la sonda volumétrica para pequeños caudales de aire, los cuales exigen una gran precisión de medición.

Un potenciómetro es el encargado de tomar la posición angular del plato sonda y convertirla en una tensión de salida, que es transmitida a la unidad de control.

### 5.10.2-MEDIDOR DE MASA DE AIRE POR HILO CALIENTE HLM

#### **5.10.2.1. Aplicación**

Este medidor, se encuentra en determinados motores de gasolina equipados con un sistema de inyección LH-Jetronic, M-Motronic o similar; tiene la función de sensor de carga térmico, y está montado entre el filtro de aire y la mariposa. Detecta el flujo de aire másico  $Q_M$  para determinar la carga del motor. El HLM es el medidor de aire más rápido de los que se encuentran en funcionamiento en la actualidad, siendo capaz de seguir oscilaciones de hasta 1kHz.

#### **5.10.2.2. Estructura**

El HLM consiste en un cuerpo tubular protegido en cada extremo por una rejilla, circulando a través de él el flujo de aire de admisión. En su interior, un hilo calefactable de 70  $\mu\text{m}$ , de platino, está tendido en forma de trapecio , y detecta así, toda la sección de flujo. En frente de él, una resistencia compensadora de temperatura penetra en el flujo de aire. Los dos componentes forman parte de un circuito de regulación y ejercen la función de resistencias dependientes de la temperatura. El circuito de regulación es en síntesis un circuito en puente y un amplificador.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

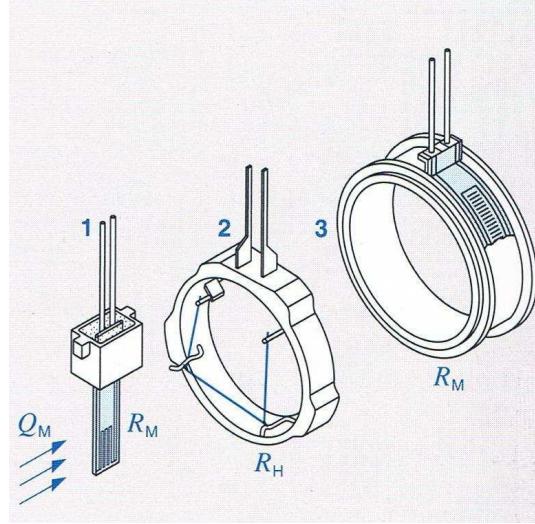


Figura 73 :medidor de masa de aire por hilo caliente. 1)Resistencia de compensación de la temperatura  $R_K$ , 2)Anillo sensor con hilo caliente  $R_H$ ,3)Resistencia de precisión  $R_M$ ,  $Q_M$ )Flujo de masa de aire.

### **5.10.2.3. Funcionamiento**

La resistencia de compensación mide primero la temperatura del aire de admisión entrante, que enfriá a continuación el hilo calefaccionado. Un circuito de regulación reajusta la corriente de calefacción de forma que el hilo caliente adopta una temperatura constante superior a la del aire de admisión. Este principio de medición tiene en cuenta la masa volúmica del aire en las proporciones correctas, puesto que ella determina el nivel de cesión de calor del hilo caliente al aire. La corriente de calefacción representa, pues, una medida del flujo de masa de aire. La corriente de calefacción genera en una resistencia de precisión  $R_M$  , una señal de tensión  $U_M$  que es proporcional al flujo de masa de aire y que se transmite a la unidad de control.

Por el contrario, el medidor no puede reconocer el sentido del flujo de aire. Además, para evitar la acumulación de suciedad, y con ello un error en los resultados, se somete en cada parada del motor a un proceso de limpieza del hilo de platino, subiendo su temperatura a  $1000^{\circ}\text{C}$ .

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.11-SENSORES DE GAS Y SONDAS DE CONCENTRACIÓN

### 5.11.1-MAGNITUDES DE MEDICIÓN

La concentración de una determinada sustancia indica la fracción de masa o de volumen con que está contenida en otra sustancia, o en una mezcla de otras sustancias. La propiedad principal de un sensor de concentración consiste en que es únicamente sensible a una sustancia de dición.

En el automóvil es necesario medir las siguientes magnitudes:

- Contenido de oxígeno de los gases de escape, para la regulación de la combustión.
- Contenido de monóxido de carbono, de óxido de nitrógeno y de humedad en el habitáculo, para vigilar la calidad del aire y el correcto funcionamiento del catalizador.
- Humedad del aire en sistemas de freno neumáticos, para vigilar el secador del aire.
- Humedad del aire exterior, para avisar en caso de superficie helada.
- Concentración de hollín en los gases de escape de motores Diesel. Esta medición no está del todo evolucionada, ya que se trata de una medición de concentración de partículas, y éstas obturan el sensor a su paso.

Así mismo, la introducción de pilas de combustible para el sistema de tracción de los automóviles, exigirá el desarrollo de otros sensores de gas, como por ejemplo para la detección de hidrógeno.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.11.2-SENSORES DE CALIDAD DEL AIRE

### **5.11.2.1-Aplicación**

Ese tipo de sensores comprueban continuamente la calidad del aire en la entrada de ventilación. Detectan especialmente los componentes nocivos de los gases de escape CO y NO<sub>x</sub>.

Además impiden el empañamiento de los cristales, detectando el contenido de vapor de agua en el aire.

### **5.11.2.2-Estructura y funcionamiento**

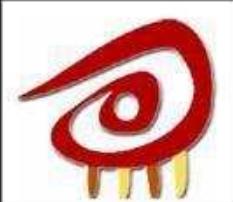
Este tipo de sensores integrados en la unidad control de la calidad del aire, son básicamente resistencia de capas gruesas que contienen óxido de estaño. En el momento en que las sustancias objeto de medición se depositan en ellos, la resistencia eléctrica de los sensores varía rápidamente en un amplio margen.

## 5.11.3-SONDAS LAMBDA DE DOS PUNTOS

### **5.11.3.1-Aplicación**

En los motores de gasolina que utilizan una regulación lambda de dos puntos, se hacen necesarias las sondas lambda de dos puntos. Este tipo de sondas, están dispuestas en el interior del tubo de escape, y detectan de una vez el flujo de gases de escape de todos los cilindros. Su modo de funcionamiento está basado en el principio de la célula galvánica de concentración de oxígeno en combinación con un electrólito sólido.

Las “sondas de dos puntos” indican si los gases de escape proceden de una mezcla rica o pobre ( $\lambda < 1$  o  $\lambda > 1$ ). La curva característica de variación brusca de estas sondas permite regular la mezcla a  $\lambda = 1$ .

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### **5.11.3.2-Tipos**

#### **Sondas digitiformes**

El electrólito sólido está constituido por un cuerpo cerámico cerrado por un lado, estanco a los gases, de dióxido de circonio estabilizado con óxido de itrio. Las superficies de la cerámica están provistas en ambos lados de electrodos realizados partiendo de una delgada capa porosa de platino.

El electrodo de platino en el lado externo, que está entrando en el tubo de escape, actúa como un pequeño catalizador: los gases de escape son sometidos allí a un tratamiento catalítico y obtienen un equilibrio estequiométrico de  $\lambda=1$ . El lado expuesto a los gases de escape está recubierto adicionalmente de una capa cerámica porosa que lo protege contra la suciedad. Un tubo metálico con varias ranuras protege el cuerpo cerámico contra esfuerzos mecánicos y choques térmicos.

#### **Sondas Lambda planares**

El principio de funcionamiento de las sondas planares corresponde al de las sondas digitiformes calefaccionadas con una variación brusca de la línea característica a  $\lambda=1$ . El electrólito sólido, se compone de hojas cerámicas laminadas superpuestas. Un tubo de doble pared lo protege contra influencias térmicas y mecánicas. La cerámica planar tiene la forma de una plaquita alargada de sección rectangular. La superficie de la célula de medición está provista de una capa microporosa de metal precioso. En el lado recorrido por los gases de escape, esta capa está recubierta adicionalmente por una capa protectora de cerámica porosa, para evitar daños por efecto de erosión causada por los residuos de los gases de escape. El calefactor está formado por un serpentín de metal precioso; está integrado en la plaquita cerámica de modo aislado y asegura un calentamiento rápido de la sonda.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 5.12-SENSORES DE TEMPERATURA

### 5.12.1- MAGNITUDES DE MEDICIÓN

La temperatura de gases o líquidos puede ser medida generalmente en cualquier punto localizado, mientras que la medición de temperatura suele realizarse en la superficie. Casi la totalidad de los sensores de temperatura comercializados necesitan un contacto directo del elemento a medir con el sensor, para tener una máxima precisión de medición de la temperatura. Pero sin embargo existen algunos casos especiales en los que se necesita de sensores sin contacto, que puedan determinar la temperatura de un cuerpo a través de su radiación térmica.

Para poder tener una buena resolución, y ser muy sensibles a cambios de temperatura, el sensor debe de ser lo más pequeño posible, esto es, tener una capacidad térmica pequeña. Además, para que no haya una alteración de la temperatura de la cápsula censora por parte del soporte fijador, debe de haber un aislamiento térmico eficaz entre el sensor y el soporte.

En el automóvil la medición de temperaturas se efectúa normalmente con termómetros de contacto, formados por materiales resistivos de coeficiente de temperatura positivo (PTC) o negativo (NTC).

### 5.12.2. APLICACIONES DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA

#### 5.12.2.1. Sensor de temperatura del motor

Este sensor está ubicado en el circuito del líquido refrigerante, para poder determinar la temperatura en la cabeza de combustión del motor a través del líquido refrigerante. Esta temperatura está entre -40 y +130 °C.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### **5.12.2.2. Sensor de temperatura del aire**

Este sensor está montado en el colector de admisión y su función es la de registrar la temperatura del aire de admisión del motor, para poder calcular junto con la medición de un sensor de presión barométrica, la masa de aire aspirada. También se puede utilizar para la adaptación de valores teóricos de otros circuitos reguladores como el EGR, o la regulación de la presión de alimentación.

#### **5.12.2.3. Sensor de temperatura del aceite del motor**

La temperatura del aceite del motor, sirve para poder calcular el estado en que se encuentra el aceite, y de esta forma determinar los intervalos de servicio del automóvil.

#### **5.12.2.4. Sensor de temperatura del combustible**

Este sensor suele estar montado en los vehículos Diesel, en la zona de baja presión de combustible, para así poder calcular con precisión el caudal inyectado.

#### **5.12.2.5. Sensor de temperatura de los gases de escape**

Este sensor es especialmente importante para sistemas anticontaminación, pues la temperatura de los gases de escape es determinante para su posterior tratamiento.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## **6. FUTURO DE LA DIAGNOSIS**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

La diagnosis del automóvil es un campo en constante expansión, y que tiene un futuro prometedor en cuanto a su desarrollo, debido a su influencia directa sobre algunos aspectos muy importantes dentro del campo automovilístico, como son:

- Demanda de la sociedad de vehículos con nuevas prestaciones
- Necesidad social de disminuir la siniestralidad, provocada en ocasiones por la falta de detección de fallos en los sistemas electrónicos del automóvil
- Constante implantación de las tecnologías de la información en el vehículo.
- Reducción de la contaminación emitida por el automóvil, que reduzca el impacto medioambiental.

La evolución de la diagnosis, está supeditada directamente al desarrollo de la tecnología electrónica. El 90% de las innovaciones en el automóvil, son de carácter electrónico. Prácticamente, a cada nuevo sistema adaptado al automóvil, le corresponde una ECU específica. Esto hace que la integración electrónica, sea especialmente importante en el caso de las ECUs, tanto por espacio, como por simplicidad de comunicación entre ECUs. Son numerosos los sistemas dependientes de una ECU para funcionar:

- Sistema antibloqueo de frenos (Anti Blocking System)
- Control adaptativo de la velocidad de crucero (Adaptative Cruise Control)
- Sistema de cambio de marcha dinámico (Adaptative Gearbox System)
- Sistema de climatización (Air Quality System)

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Control antideslizamiento (Anti Slide Control)
- Control automático de la temperatura (Automatic Temperature Control)
- Control de dirección y potencia en cada rueda (AWD-S all Wheel drive and Steering)
- Control continuo de subviraje (Continuous Damping Control)
- Cambio progresivo de la transmisión (Constant Variation Transmision)
- Sistema de inyección directa (Direct Inyection System)
- Asistencia de frenado de emergencia (Emergency Braking Assistance)
- Dirección asistida (Electro Hidraulic Power System)
- Estabilidad electrónica (Electronic Stability Program)
- Sistema de comunicación por radio por paquetes (General Packet Radio System)
- Sistema de localización global (Global Possitioning System)
- Sistema de telecomunicación universal (Universal Mobile Telecommunication System)

Con tal cantidad de ECUs, es totalmente necesaria tanto la integración electrónica particular de cada ECU, como la integración de sistemas. Así, en una misma ECU se pueden integrar diferentes sistemas, que simplifiquen tanto las conexiones, como la comunicación entre ECUs. La integración de ECUs está directamente relacionada con el desarrollo de redes de comunicación interna más rápidas y seguras, y con el desarrollo de nuevas redes cableadas (TTP, Flexray,etc...) e inalámbricas (bluetooth). Además, la creciente complejidad de los sistemas incorporados al automóvil, hace necesario que el control de los sensores y elementos de los sistemas, no sea muy complicado para facilitar su diagnosis y reparación.

Se tiene que evitar también, que la incorporación masiva de electrónica al automóvil, sea una nueva fuente de problemas, y en el caso de darse algún

	Evolución de los procesos de diagnosis electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

problema, éste se tiene que detectar lo antes posible. La diagnosis on board, es un método de detección eficaz, pero tiene lagunas importantes en algunos sistemas. En estos casos, se hace obligatorio el uso de la diagnosis externa sólo disponible en los talleres, para proceder a la detección del fallo. Es necesario pues potenciar la diagnosis de abordo, para obtener nuevos procesos y herramientas que abarquen todos los sistemas del vehículo, durante toda su vida útil.

El avance de las tecnologías de la información, también tienen un papel importante en el futuro desarrollo de la diagnosis, ya que van a permitir un claro avance en algunos aspectos de la diagnosis off board del vehículo como son:

- Las Scantool inalámbricas, que permiten la puesta a punto de sistemas, y detección de fallos sobre todo durante el funcionamiento en carretera del vehículo.
- La diagnosis remota, que además de reducir el tiempo de detección de fallos, permite incluso la reparación de éstos sin la necesidad de acudir al taller de reparación.

Está claro que en el futuro, los sistemas sensoriales, las ECUs, los protocolos de comunicación entre ECUs y con el exterior, y las redes de comunicación entre el vehículo y los centros de reparación, tendrán una importancia destacada en el desarrollo de la diagnosis.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 6.2. MEJORA DEL RENDIMIENTO DE LA DIAGNOSIS

El rendimiento en la diagnosis, es uno de los aspectos más importantes, y que más se debe mejorar, pues está directamente relacionado con la reducción de los costes de garantía, los tiempos de reparación o el método de detección de fallos. Se pueden establecer, tres campos de mejora:

- Diagnóstico continuo: el vehículo deberá estar continuamente diagnosticado por el sistema de diagnosis onboard, transmitiendo la información obtenida a los responsables de desarrollo, producción, talleres de reparación y al usuario. Esta diagnosis continua permitirá el conocimiento de las necesidades de reparación y mantenimiento del vehículo.
- Fácil reparación: después de la comunicación por parte del diagnóstico onboard, de la existencia de un fallo en algún sistema, el técnico correspondiente deberá ser capaz de localizar rápida y eficazmente la fuente del fallo. Probablemente, este fallo llevará asociado el malfuncionamiento de una o más piezas, que el técnico deberá sustituir.
- Comunicación de datos de funcionamiento: los ingenieros de desarrollo deberán tener un fácil acceso a los datos de funcionamiento recopilados por el sistema, durante la fase de pre-producción, producción y durante la vida útil del vehículo. Esto permitirá una rápida mejora de la fiabilidad de los sistemas, ya que los propios responsables del desarrollo de los sistemas, verán cual ha sido la fuente de los fallos.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

### 6.3. OBJETIVOS

Los objetivos a superar en los próximos años en relación a la diagnosis del automóvil, son los siguientes:

- Incrementar la fiabilidad y rendimiento de los elementos que intervienen en la diagnosis interna y externa del vehículo. Las ECUs y sus sensores asociados, los protocolos de comunicación y los interfaces hombre-máquina, que comunican al conductor el estado de funcionamiento del vehículo.
- Incrementar el uso de los útiles para el diagnóstico por parte de los talleres de reparación, tanto las franquicias de los propios fabricantes como los talleres independientes.
- Evitar puntos sin especificar en los estándares del proceso de diagnosis, poniendo a disposición del mercado soluciones software y hardware abiertas.
- Incorporar a la técnica del automóvil, los avances en materias de tecnologías como la electrónica o las comunicaciones, para aumentar la fiabilidad y las prestaciones de los vehículos. Esto reducirá la necesidad de revisiones periódicas con sus correspondientes reparaciones.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 6.4. TENDENCIAS DE MEJORA

El camino para la mejora de la diagnosis está claro en la actualidad, debido al importante desarrollo que ha sufrido en los últimos años. Se ha llegado a un punto, en el que parece que la mejora de lo ya existente es la única solución a corto y medio plazo. Se puede subdividir en tres, las tendencias de mejora que sufrirá la diagnosis en el futuro:

- Mejora de las centralitas de control de los sistemas, especialmente de los buses de comunicación internos.
- Tendencia de incremento de comunicación entre vehículo y exterior, a corta y a media distancia.
- Tendencia de incremento de la fiabilidad en la diagnosis, debido al gran número de ECUs, y de datos que hay que procesar.

### 6.4.1. CENTRALITAS DE CONTROL DE LOS SISTEMAS

En la figura 74 se puede observar la tendencia de los sistemas telemáticos en el campo de la automoción.

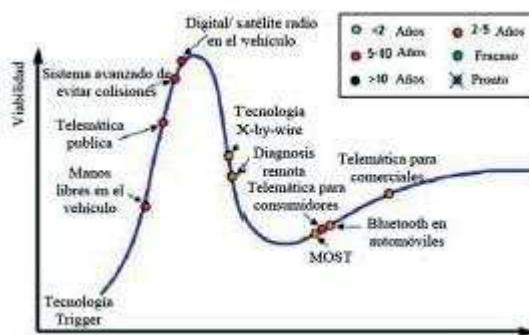


Figura 74: tendencia de la telemática

Los módulos “Gateway”, sirven como pasarelas entre las diferentes redes de comunicación. En la figura 75 se muestra un ejemplo de Gateway

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

desarrollado para la comunicación entre redes CAN, que son las redes que comunican las ECUs entre sí, y los equipos de audio multimedia.

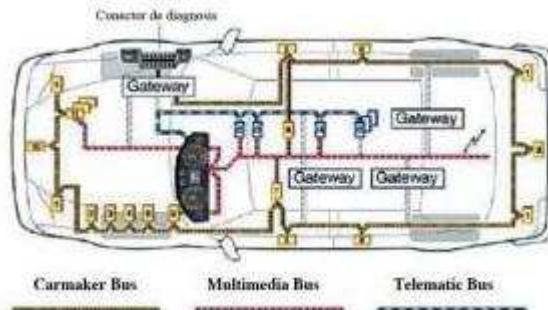


Figura 75: ejemplo de Gateway para la comunicación entre redes CAN

Todo parece indicar que los buses que más se usarán para comunicar a las ECUs y los sistemas de diagnóstico entre sí, serán TTP y Flex-ray. Mientras que para la comunicación entre los sistemas multimedia será MOST V2.

#### 6.4.2.COMUNICACIÓN ENTRE VEHÍCULO Y EXTERIOR

No es noticia decir, que la comunicación entre el vehículo y el entorno próximo y lejano a él, será uno de los mayores avances de la diagnosis del futuro. De hecho ya se están desarrollando numerosos servicios basados en la ciencia de las telecomunicaciones, tales como:

- Pago automático en peajes y gasolineras
- Aplicaciones para asistir al conductor en pro de su seguridad
- Recepción de información multimedia
- Actualización de mapas de carreteras
- Información del tráfico haciendo uso del DSRC (comunicación de corto alcance)
- Guiado hasta una plaza de aparcamiento vacía
- Info de la localización global del vehículo
- Guiado automático de la ruta

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

- Asistencia en carretera en caso de accidente (e-call)

Para poder hacer realidad estos y otros servicios, que comunican el automóvil con su entorno de forma inalámbrica, se han tenido que desarrollar algunas soluciones tecnológicas del ámbito de la comunicación:

- Conexión de datos de enlace corto DSRC (Dedicated Short Range Communication). Los enlaces inalámbricos de corto alcance serán muy útiles en flotas de vehículos, ya que poseen la ventaja de no necesitar el pago de las tasas de un operador de telecomunicaciones. Por el contrario, se debe afrontar el pago de la instalación de los postes de comunicación necesarios en las carreteras de tránsito.
- Telefonía móvil de banda ancha, que se corresponde con la cuarta generación de telefonía móvil. Los teléfonos 4G, ofrecen una alta velocidad en distancias cortas y permiten la comunicación a distancias mayores, con la condición de disminuir la tasa de transmisión de datos. Si la comparamos con la red WI-FI, ésta ofrece un ancho de banda significativo y permite cubrir áreas como campus, aeropuertos y hoteles, pero tiene menor alcance que la banda ancha. La ventaja de la telefonía 4G respecto a sus antecesoras es pues la velocidad, ya que alcanza hasta 100 megabits por segundo, a diferencia de la 3G, que se quedaba en 2 megabits por segundo.
- Comunicación vía satélite, disponible en sistemas instalados en el propio vehículo desde su fabricación. Su tamaño, condiciona su portabilidad y su precio. Este sistema, suele ser un terminal de área de red global (GAN), que opera con satélites de tipo Inmarsat.
- WiMAX, es la evolución del actual WiFi. Este protocolo, se basa en la combinación de las normas IEEE802.16<sup>a</sup> e HyperMAN, además de la utilización de la banda de frecuencias 2-11 GHz para su funcionamiento.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

WiMAX es parecido al ADSL pero sin hilos, que cumple perfectamente con la transmisión de sonido y datos en tiempo real.

- Llamada electrónica de emergencia (E-call). Es el típico ejemplo de demanda del automóvil del futuro. Es un sistema que notifica automáticamente un accidente o un fallo detectado por los sistemas de diagnóstico que requiere una intervención cualificada. Este servicio puede llevarse a cabo si el automóvil posee un sistema GPS o de telefonía móvil, para poder determinar automáticamente la situación del vehículo, y llamar a las asistencias.

Son numerosos los datos que es posible extraer del vehículo, de cara a un control del estado, y modo de funcionamiento de éste. El centro de diagnosis, podría obtener de cada vehículo infinidad de datos, que le darían una información casi total de todos los sistemas. Pero, ¿es esto necesario?. La verdad es que no, ya que la mayoría de los datos van a resultar irrelevantes o de muy escasa utilidad para el centro de reparaciones.

Por ejemplo, si lo que queremos es obtener un control de las emisiones contaminantes de un vehículo, sería necesario obtener los siguientes datos:

- Códigos de avería (DTC) y estado de los indicadores de avería del cuadro de instrumentos (MIL)
- Estado y antigüedad de los fluidos, como el aceite y la gasolina
- Información del modo de utilización del vehículo, referente al régimen de motor medio, velocidad máxima.....

Está claro, que no es necesario analizar todos los datos posibles, si no los correctos y necesarios en cada momento.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

#### 6.4.3. DIAGNÓSTICO FIABLE

Llevar a cabo un diagnóstico fiable, y sin errores de detección de la fuente del problema, es un tema muy importante. De nada sirve tener muchos sistemas electrónicos, que nos aporten muchas prestaciones, y sean muy rápidos, sino podemos saber la causa de un fallo que impide su funcionamiento.

Es por esto que se están desarrollando diversas estrategias para un diagnóstico fiable. El CAN BUS es una técnica ya conocida, que al ahorrar en cableado y utilizar señales redundantes que se auto comprueban, vela por la fiabilidad. La centralización de las ECUs de sistemas, es otro de los métodos más en alza ahora mismo. Si en vez de tener una ECU para cada sistema por separado, disponemos más de un sistema en cada ECU, además de reducir las conexiones eléctricas, compartiremos datos entre sistemas, evitando su duplicidad.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 6.5. NUEVOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS OBJETO DE DIAGNÓSTICO

### 6.5.1. CHASIS

#### 6.5.1.1. X-by-Wire

Los sistemas X-by-Wire, sustituyen a los tradicionales enlaces mecánicos e hidráulicos entre los controles del conductor y los mecanismos de dirección, acelerador y frenos con varios elementos electromecánicos, pedales y emuladores de dirección, y una compleja red de módulos de ECUs. Los tradicionales sistemas de frenada, acelerador y dirección, tales como la columna de dirección, eje intermedio, bomba, manguitos, fluidos, cinturones y los cilindros de potencia de frenada, serán eliminados por completo.

Los sistemas de dirección electromecánica, acelerador electrónico y frenos electromecánicos aportan un mayor ahorro de combustible. La eliminación de los fluidos hidráulicos es respetuosa con el medioambiente. Al tener menos componentes, simplifica el montaje y permite mayor flexibilidad en el diseño de la cabina. Se aprovecha que no existen conexiones mecánicas para realizar mejoras en los controles del conductor. Además, su diseño adaptado permite que los controles sean cambiados fácilmente para conducir a la izquierda o a la derecha. El sistema también soporta los esfuerzos de los fabricantes de coches para mejorar la resistencia al choque, ya que se elimina la temida columna de dirección, tan peligrosa en caso de colisión frontal.

Los sistemas X-by-Wire, al tratarse de sistemas electrónicos programables, ofrecen al fabricante de vehículos una rápida capacidad de adaptación, reduciendo así considerablemente el tiempo de desarrollo. La flexibilidad de programación y las rápidas estrategias de adaptación permiten que X-by-Wire cumpla rápidamente con las especificaciones técnicas de la

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

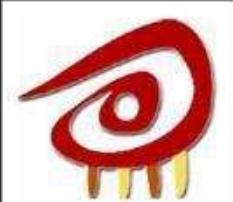
dirección y el manejo del vehículo, permitiendo al fabricante programar de la forma que desee para un vehículo concreto.

Mientras las tecnologías electromecánicas prometen muchos beneficios, deben ser analizadas cuidadosamente y verificadas para una operación segura. Un programa de seguridad muy bien desarrollado, debe establecerse entre el fabricante de vehículos y el suministrador de productos.

La tecnología X-by-Wire permite el control coordinado de la dirección, el acelerador y la frenada, mientras que ofrece integración adicional con otras funciones del chasis y del vehículo. Estos sistemas son programables y proporcionan una oportunidad para optimizar la conducción y el rendimiento de los sistemas de seguridad, que incluyen el control de la estabilidad del vehículo, y evitar colisiones.

Además los sistemas X-by-Wire, pueden estar complementados con un sistema de detección de colisión, para proporcionar en conjunto, un sistema muy eficaz de ayuda a la conducción, que pueda ayudar en determinados momentos al conductor. Cuando se detecta una posible colisión y es posible evitarla, los sistemas X-by-Wire se activan automáticamente para interferir en las acciones del conductor si fuera preciso. En teoría esta intromisión, ayudaría al conductor a permanecer en la vía, controlar lateralmente el vehículo, y evitar colisiones.

En relación a su diagnóstico, cabe destacar la gran importancia de la detección de cualquier anomalía en el mínimo tiempo, ya que en caso contrario sería prácticamente seguro un accidente de considerables consecuencias. Tanto la dirección, como el acelerador y los frenos, son sistemas de vital importancia para la seguridad del vehículo, de ahí la necesidad de su correcta diagnosis. Aspectos a diagnosticar pueden ser los sensores potenciométricos de giro, acelerador y frenado, así como los transmisores electromecánicos que actuarán

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónica en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

sobre los motores eléctricos correspondientes. Una unidad de mando por cada sistema, será también objeto de diagnóstico.

### **6.5.1.2. CVT**

Los sistemas de transmisión variable ya fueron ideados hace mucho, en concreto por Leonardo da Vinci hace 500 años. Y la primera patente de un variador continuo data de 1886.

La transmisión es una parte del automóvil, que si bien se ha ido mejorando a lo largo de los años, no había salido de los conceptos “manual” y “automática”. Sin embargo con el concepto “CVT”, se pueden conseguir las ventajas de ambos tipos de transmisión.

Aunque la implementación mecánica es complicada, y ha evitado que este sistema se haya utilizado muchos años atrás para motores de grandes pares, el concepto teórico es sencillo de comprender. La idea consiste en intentar pasar de un número preestablecido de relaciones de cambio, a tener casi una infinidad de relaciones. Esto se consigue con un cambio gradual de relación entre el giro del motor y las ruedas, para optimizar la relación de cambio en función de la velocidad del vehículo y las necesidades de ese momento.

Para ello, se disponen dos poleas cuyo diámetro interior efectivo es variable, y la transmisión de par entre las dos poleas se realiza por medio de una correa elaborada con eslabones metálicos. Al variar el diámetro de las poleas, se varía progresivamente la relación de desmultiplicación.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

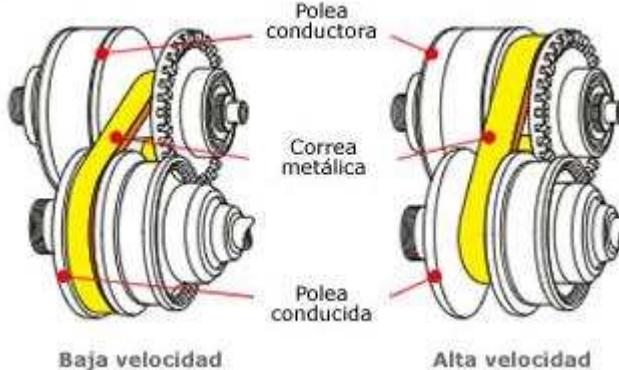


Figura 76: Modo de funcionamiento básico del variador continuo

Al ser la correa metálica un elemento inextensible, el aumento del diámetro de una de las poleas, implica la reducción de diámetro de la otra, consiguiendo así una infinidad de desarrollos para la variación de la marcha.

Existen varios sistemas de transmisión continua variable, desarrollados por varios fabricantes, pero todos ellos se basan en el mismo principio.

El sistema posee una serie de sensores y una centralita que actuará en función de la información que proporcionen los sensores. El objetivo será mantener el motor en el régimen de par máximo, para éste pueda trabajar con máxima eficiencia, ahorrando entre un 10% y un 20% de combustible. Si se demanda una conducción deportiva, entonces la transmisión tratará de mantener el motor en su régimen de potencia máxima.

La diagnosis de este sistema deberá atender al correcto funcionamiento de los sensores, así como la correcta regulación de marcha de la unidad electrónica correspondiente. Además se deberá detectar si una mala regulación es causada por un elemento electrónico, o por un elemento mecánico, como podría ser un desgaste acusado de la cadena de transmisión.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 6.5.2. ANTICONTAMINACIÓN

### 6.5.2.1. SCR

El NOx es un gas de efecto invernadero, producido sobre todo por la combustión de motores Diesel. Hasta ahora el sistema anticontaminación por excelencia ha sido la recirculación de gases de escape (EGR), pero se hace necesaria la introducción en el mercado automovilístico de otros sistemas anticontaminación.

El sistema SCR (Selective Catalytic Reduction), es un sistema anticontaminación basado en un nuevo catalizador.

Este nuevo catalizador, actúa en conjunto a otros componentes integrados en el sistema de escape que podemos ver en la siguiente figura 77.



Figura 77: estructura básica del sistema SCR.

Los componentes que integran el sistema son pues, el depósito de DEF ( Diesel Exhaust Fluid) que almacena el líquido catalizador, el dosificador de DEF que inyecta la cantidad necesaria de DEF, el catalizador SCR y el catalizador de amoníaco.

El sistema funciona inyectando pequeñas cantidades de DEF dentro del catalizador, donde es mezclado y reacciona con el NOx que se encuentra en el escape para producir gas de nitrógeno y vapor de agua, que serán los componentes expulsados a la atmósfera.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## 6.5.3.SEGURIDAD

### **6.5.3.1. Cruise Control Adaptado**

El Cruise Control adaptado es la última evolución en los controles de velocidad automáticos usados en turismos. Hasta ahora, los cruise control tan sólo eran capaces de mantener una velocidad prefijada por el conductor. No tenían en consideración otros factores muy importantes como la presencia de otro vehículo en su trayectoria, o si la velocidad prefijada era muy superior a la legal de la vía por la que se circulaba.

Los Cruise Control adaptados, instalados en vehículos de última generación, poseen un radar o un láser para mantener una distancia de seguridad respecto al vehículo precedente, tanto en vías rápidas como a bajas velocidades. Esto es especialmente útil en vías muy transitadas y lentes, donde el sistema frena y acelera de forma autónoma para mantener la distancia de seguridad establecida por el conductor.

### **6.5.3.2. Freno Emergencia**

El sistema regulador de frenada de emergencia BAS, detecta las frenadas de emergencia a través de una serie de sensores, que miden la velocidad y/o la fuerza con que se pisa el pedal del freno. Está demostrado que un gran porcentaje los conductores en situaciones de emergencia, pisan el pedal del freno con una determinada fuerza y velocidad. Esta maniobra es utilizada por el sistema BAS para identificar el inicio de una maniobra de frenada de emergencia.

En cuanto se ha detectado la situación de frenada de emergencia, el sistema BAS procede a la activación de una válvula electromecánica situada en el servofreno para elevar la presión en el circuito de frenado. Unos sistemas BAS proporcionan la máxima presión posible, pero hay otros capaces de modular la

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

fuerza de frenado de forma proporcional a la fuerza con la que el conductor ha activado el pedal del freno.

Para no bloquear las ruedas y perder la adherencia necesaria para frenar, el sistema BAS funciona en sincronización con uno de los sistemas más básicos de los automóviles modernos, el ABS. El BAS se encarga de subir la presión rápidamente, mientras que el ABS se encarga de que la presión ejercida por el BAS no sea excesiva.

Como opción, los intermitentes de emergencia, pueden encenderse de forma automática al activarse el sistema BAS, indicando así a los demás conductores que se está produciendo una frenada de emergencia.

Los elementos que conforman el sistema BAS son: el sensor de fuerza y/o velocidad situados en el pedal de freno, la válvula que aumenta la presión en el sistema de freno, y la ECU que gestiona el sistema.

#### 6.5.4. INTERFACE

##### **6.5.4.1. Head-up display**

Este sistema consiste básicamente en proyectar información, útil para el conductor, de una forma digital en el parabrisas. Lo comenzó a desarrollar experimentalmente General Motors en el año 1988, y lo comercializó por primera vez en el año 2001 en el modelo Corvette. El primer fabricante europeo en ofrecer este servicio fue BMW en el año 2003.

Para poder proyectar información en el parabrisas se utiliza un láser de luz ultravioleta, que proyecta la información sobre una parte o toda la superficie del parabrisas.

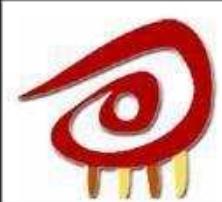
Las primeras versiones de este sistema, tan sólo proyectaban, el régimen de funcionamiento del motor y la velocidad a la que se circulaba. Pero poco a poco,

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

se fueron incorporando funciones a medida que se vinculaba este sistema con otros. Su vinculación con el GPS permitía proyectar también la velocidad máxima permitida en la vía en la que se circulaba, o incluso una indicación mediante flechas de la ruta a seguir.



Los últimos desarrollos de este sistema van mucho más allá, pues han conseguido unificar el head-up display con sistemas de última generación, como el sistema de visión nocturna o el sistema de detección de carril. Así por ejemplo, en condiciones de mala visibilidad, el sistema es capaz de proyectar en el parabrisas el límite de la carretera, o resaltar la figura de un peatón.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## **7. CONCLUSIONES TÉCNICAS**

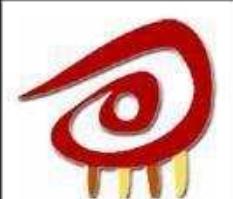
Cada vez son más las exigencias demandadas por parte de la sociedad al mundo de la ingeniería automovilística.

El constante aumento de concienciación medioambiental, hace que los automóviles sean cada vez más ecológicos, gracias a motores más eficientes que necesitan menos combustible para funcionar, nuevas conceptos de generación de movimiento (vehículos híbridos), tratamiento de los gases de escape, y aerodinámicas súper elaboradas.

La incesante lucha por reducir el número de siniestros en las carreteras, ha llevado al automóvil moderno a disponer de sistemas de seguridad activa impensables hasta hace poco tiempo. El ABS ya es obligatorio en todos los vehículos comercializados, y seguramente al ESP no le queda mucho tiempo. Sistemas X-by-Wire, suspensiones que se adaptan automáticamente a la carretera por la que circulamos, neumáticos más eficaces y resistentes al pinchazo, detectores de la presión de inflado del neumático, etc....son sistemas que contribuyen directamente a que ocurran los menos accidentes posibles.

Pero el número de accidentes nunca será nulo, y es por eso, que la seguridad pasiva está ahí, y trata de minimizar las consecuencias de un siniestro. Hace 20 años se hablaba de un airbag, ahora hablamos de casi una decena. Cinturones pre-tensables, estructuras con deformación programada, columnas de dirección inexistentes con el sistema Steer-by-Wire, etc.....

Además, existe un sistema para controlar prácticamente cualquier magnitud que nos imaginemos, a través de su correspondiente sensor. Los sensores, han revolucionado el mundo de la automoción. Normalmente se dice que ha sido la electrónica la causante de tal revolución. Pero, ¿qué habría hecho la electrónica sin los sensores?. Cada vez más pequeños, más precisos, más

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

ligeros, más resistentes, más duraderos. Y lo más importante, capaces de medir cualquier magnitud. El inconveniente viene cuando el sensor falla. Porque los sensores cada vez son mejores, pero también fallan.

Es entonces cuando entra en acción el tema principal de este proyecto, la diagnosis. Ante tantos y complejos sistemas y sensores, la diagnosis ha sufrido una evolución descomunal. Ya son dos las versiones de OBD instauradas, y la tercera está prácticamente ya en la calle. La ingeniería de telecomunicaciones, tiene que prestar sus avances al automóvil para que redes de comunicación cada vez más potentes y eficaces sean capaces de procesar la enorme cantidad de datos que la electrónica del automóvil genera.

Parece que las nuevas tendencias en cuanto a diagnosis se refiere, vienen marcadas por la diagnosis remota. Con este nuevo concepto de diagnosis, el usuario se ahorrará muchas visitas al taller, pues muchos problemas serán solventados a distancia. La ley anticontaminación se cumplirá obligatoriamente, pues además de sancionar al automovilista que circule contaminando más de lo legalmente establecido, se podrá incluso inmovilizar su vehículo. Y también se controlaran los usos que cada conductor dé a su automóvil, pues se dispondrán de detectores en las carreteras, que detectarán velocidades medias y máximas, tiempo de conducción sin descanso y kilómetros recorridos. Por supuesto, si se detecta una avería que pone en peligro a los demás o al propio automóvil, éste será retenido.

Como conclusión final obtenemos, que los automóviles son cada vez más seguros, más cómodos y menos contaminantes. Cada vez interfieren más en la conducción, dejando menos mano al conductor, que es quien debería de tener el mando de la conducción. Además los conductores van a estar cada vez más controlados hasta el punto del casi total control.

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Para la realización de este proyecto se han utilizado numerosas fuentes de información, tanto publicaciones como internet, aunque no ha sido nada fácil encontrar fuentes de contenido realmente técnico. La información sobre diagnosis normalmente va dirigida a técnicos de taller o al gran público, pero no a ingenieros que quieran investigar sobre la arquitectura interna de la diagnosis.

A continuación se detallan las fuentes de información utilizadas para la realización de este proyecto.

### **8.1 Páginas Web**

- <http://www.adaravp.com/>
- <http://www.afdc.energy.gov/>
- <http://www.truckscre.com/>
- <http://www.kenworth.com/>
- <http://infotruck.blogspot.com/>
- <http://www.bluecat.ie/>
- <http://www.interfacebus.com/>
- <http://www.prnewswire.co.uk/>
- <http://www.vmars.tuwien.ac.at/>
- <http://www.diariomotor.com/>
- <http://www.cruisecontrol.es/>
- <http://www.el4x4.com/>
- <http://www.motorspain.com/>
- <http://www.automocionblog.com/>

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

<http://www.fundacionfitsa.org/>

<http://www.xtec.cat/>

<http://www.autotecnic2000.com/>

<http://www.obdcenter.com/>

<http://www.cablematic.com/>

<http://www.cablediagnosis.com/>

<http://www.mecanicavirtual.org/>

<http://www.uah.es/>

<http://www.fullcustom.es/>

<http://www.vagclub.com/>

## 8.2 Textos

SINCRONIZACIÓN – INYECCIÓN ELECTRÓNICA Y CONTROL COMPUTARIZADO DE MOTOR OBD II (2008)

*Autor: Fabián Castellanos, Cesar*

MANUAL DE LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL (2005)

*Editorial: REVERTE*

*Autor: Karl-Heinz Dietsche*

AUTOMOBILE OR THE FUTURE (2002)

*Autor: Ray Trevett, Nathan*

PUESTA A PUNTO Y RENDIMIENTO DEL MOTOR (2002)

*Editorial: Marcombo*

	Evolución de los procesos de diagnóstico electrónico en el automóvil	16-02-2011
	Memoria	Primera

*Autor: Crouse, William H.*

**MANUAL DE DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL (2007)**

*Editorial: Ediciones CEAC*

*Autor: Gil, Hermógenes*

**DIAGNOSIS ELECTRÓNICA DEL AUTOMÓVIL (2005)**

*Autor: Mazo Quitas, Manuel*

**CURSO DE LECTRÓNICA, ENCENDIDOS Y DIAGNOSIS DEL AUTOMÓVIL (1997)**

*Editorial: Master Distancia*

*Autor: Atorrasagasti Olavarrieta, Juan Ramón*

**LA ELECTRÓNICA EN EL AUTOMÓVIL (2002)**

*Editorial: Ediciones CEAC*

*Autor: Gil, Hermógenes*