



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

**ANÁLISIS DE LOS SENSORES QUE DETERMINAN
LA ESTRATEGIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
EN UN MOTOR ENCENDIDO POR CHISPA**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título
de Ingeniero Electrónico**

AUTOR: LUIS ALBERTO ROMO VELEZ

DIRECTOR: Ing. Hugo Torres

CUENCA, ECUADOR

2007

**ESTE TRABAJO MONOGRÁFICO SIRVE COMO COMPLEMENTO DEL CURSO
DE GRADUACIÓN EN AUTOTRÓNICA REALIZADO EN LA CIUDAD DE
BUENOS AIRES, REPUBLICA DE ARGENTINA.**

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico con todo cariño y respeto a mis padres, quienes con amor y sacrificio me has sabido guiar y enrumbar hacia un futuro mejor.

Gracias queridos padres, quedará grabado en mi memoria su apoyo incondicional y sus sabios consejos que han ido forjando mi personalidad.

Agradecimiento

Quiero dejar constancia de un especial agradecimiento a la Universidad del Azuay, por haberme acogido en sus sabias aulas.

Al mismo tiempo un agradecimiento personal al Ingeniero Hugo Torres Salamea, dirigente de tesis, Ingeniero Juan Córdova Ocha, presidente, e Ingeniero Fernando Guerrero Palacios, vocal, quienes con su tesón y entrega supieron sembrar en mí conocimientos valiosos para mi superación.

Índice de Contenidos

| | |
|---------------------------|------|
| Dedicatoria..... | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice de contenidos..... | v |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| Introducción..... | 1 |

CAPÍTULO I: SISTEMA DE INYECCIÓN

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Introducción al sistema de inyección..... | 2 |
| 1.2 | Componentes del sistema de inyección “L – Jetronic”..... | 3 |
| 1.3 | Identificación de parámetros del sistema de inyección..... | 6 |
| 1.4 | Clasificación de los sistemas de inyección..... | 8 |
| 1.5 | Ventajas del sistema..... | 12 |

CAPÍTULO II: SENSORES

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Concepto y definición..... | 14 |
| 2.2 | Exigencias principales..... | 18 |
| 2.3 | Tendencias de los sensores en el automóvil..... | 19 |

CAPÍTULO III: SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Introducción..... | 23 |
| 3.2 | Medidor de caudal de aire..... | 23 |
| 3.2.1 | Sensores de diafragmas variables de detección..... | 25 |
| 3.2.2 | Sensor por hilo caliente..... | 27 |
| 3.2.3 | Sensor por película caliente..... | 29 |
| 3.3 | Sensor de velocidad de rotación..... | 31 |
| 3.3.1 | Concepto..... | 31 |
| 3.3.2 | Principio de medición..... | 31 |
| 3.3.3 | Características..... | 32 |
| 3.3.4 | Magnitudes..... | 35 |
| 3.4 | Sensor de posición..... | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.1 | Sensor de mariposa..... | 37 |
| 3.4.2 | Sensor de pedal acelerador..... | 39 |
| 3.5 | Sensor de temperatura..... | 43 |
| 3.5.1 | Concepto..... | 43 |
| 3.5.2 | Características..... | 44 |
| 3.5.3 | Principio de medición..... | 45 |
| 3.6 | Sensor de gas, sonda de concentración..... | 50 |
| 3.6.1 | Concepto..... | 50 |
| 3.6.2 | Principio de medición..... | 50 |
| 3.6.3 | Características..... | 52 |
| 3.7 | Tratamiento de las señales..... | 54 |
| 3.8 | Procesamiento de los datos en el vehículo..... | 59 |

CAPÍTULO IV: DETECCIÓN DE FALLAS

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Fallas en el sistema de inyección..... | 63 |
| 4.2 | Métodos para determinar las fallas..... | 67 |
| 4.3 | Determinación de las fallas en base al comportamiento del motor..... | 71 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| CONCLUSIONES..... | 75 |
|--------------------------|-----------|

| | |
|-----------------------------|-----------|
| RECOMENDACIONES..... | 77 |
|-----------------------------|-----------|

| | |
|--------------------------|-----------|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 80 |
|--------------------------|-----------|

Resumen

Esta monografía tiene por objeto dar a conocer el funcionamiento de los sensores que determinan el tiempo de inyección en un motor de encendido por chispa, así como la localización de fallas en el sistema de inyección.

Los sensores que definen en tiempo de inyección son: medidor de caudal de aire, sensor de velocidad de rotación, sensor de posición, sensor de temperatura del motor y sonda de concentración de oxígeno.

El primer capítulo ilustra a cerca del sistema "L – Jetronic".

El segundo de las señales de los sensores en el automóvil.

El tercer de todo cuanto se refiere a los sensores que definen el tiempo de inyección.

El cuarto de las fallas en el sistema de inyección debido al mal funcionamiento de sensores y componentes.

Abstract

This monographic has for object to give knowledge about the sensors operation that determine the time of injection in a motor of having lit by spark, as well as the localization of flaws in the injection system.

The sensors that define the time of injection are: flow meter of air, sensor of rotation speed, position sensor, sensor of temperature of the motor and probe of oxygen concentration.

The first chapter illustrates about the system "L - Jetronic."

The second one talks about the signals of the sensors in the automobile.

The third one talks about all that refers to the sensors that define the time of injection.

The fourth one talks about the flaws in the injection system due to the bad operation of sensors and components.

Romo Vélez Luis Alberto
Trabajo de Graduación
Ing. Hugo Torres Salamea
Mayo del 2007

“ANÁLISIS DE LOS SENSORES QUE DETERMINAN LA ESTRATEGIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EN UN MOTOR ENCENDIDO POR CHISPA”

Introducción

Al finalizar los estudios de tercer nivel de electrónica, sé claramente que inicio un empinado sendero en el que no tendré las manos dispuestas como hoy a entregar ayuda, sino solo mi propia responsabilidad.

El presente trabajo de graduación tiene varias razones que inculcaron en mi persona el deseo de investigación sobre los siguientes acontecimientos, que los enumeraré de acuerdo con cada capítulo analizado:

En el primer capítulo, realizo una ilustración general del sistema de inyección “L – Jetronic”, para que a partir de la misma se conozca los parámetros que determinan el tiempo de inyección y las ventajas con respecto al carburador.

El segundo capítulo, contiene la información detallada de las diferentes clases de señales que proporcionan los sensores en un automóvil y qué condiciones deben cumplir los sensores en el mundo automotor actual.

El tercer capítulo, brinda información del concepto, principio de funcionamiento y características de los sensores que establecen el tiempo que la válvula inyectora permanecerá abierta, así como el tratamiento y procesamiento de sus señales.

El cuarto capítulo, demuestra las fallas que pudieran aparecer en los sistemas de inyección debido al mal funcionamiento de sensores y componentes e incluso el procedimiento para su reparación.

La metodología manejada, es de tipo eminentemente investigativo, siguiendo los pasos de análisis y síntesis, de la información obtenida en la diferente bibliografía seguida para la misma.

CAPÍTULO I

SISTEMA DE INYECCIÓN

1.1 Introducción al sistema de inyección

El rendimiento del motor y las emisiones contaminantes dependen directamente de la composición de la mezcla (aire y combustible) que ingresa a la cámara de combustión. Desde hace un tiempo atrás, aumentó la tendencia a preparar la mezcla por medio de un equipo de inyección de combustible. Esta tendencia se explica por ventajas que supone la inyección de combustible en relación con las exigencias de potencia, rapidez, consumo, así como de limitación de elementos contaminantes en los gases de escape.

El objetivo principal de los sistemas de inyección es conseguir una dosificación de combustible lo más exactamente posible a las condiciones de marcha y estado del motor. Antiguamente los motores con carburador, el aire debía arrastrar al combustible, por depresión a través de conductos, esto genera efectos de inercia por la diferencia de densidad y rozamiento del aire y de la gasolina, que dificultan la elaboración correcta de la mezcla. Con los sistemas de inyección, estos problemas no tienen lugar debido a que la cantidad de combustible inyectado no depende de la depresión en el conducto de aspiración.

Los sistemas de inyección presentan la desventaja de ser más costosos porque en su fabricación se utilizan componentes de precisión mecánicos y electrónicos.

1.2 Componentes del sistema de inyección "L – Jetronic"

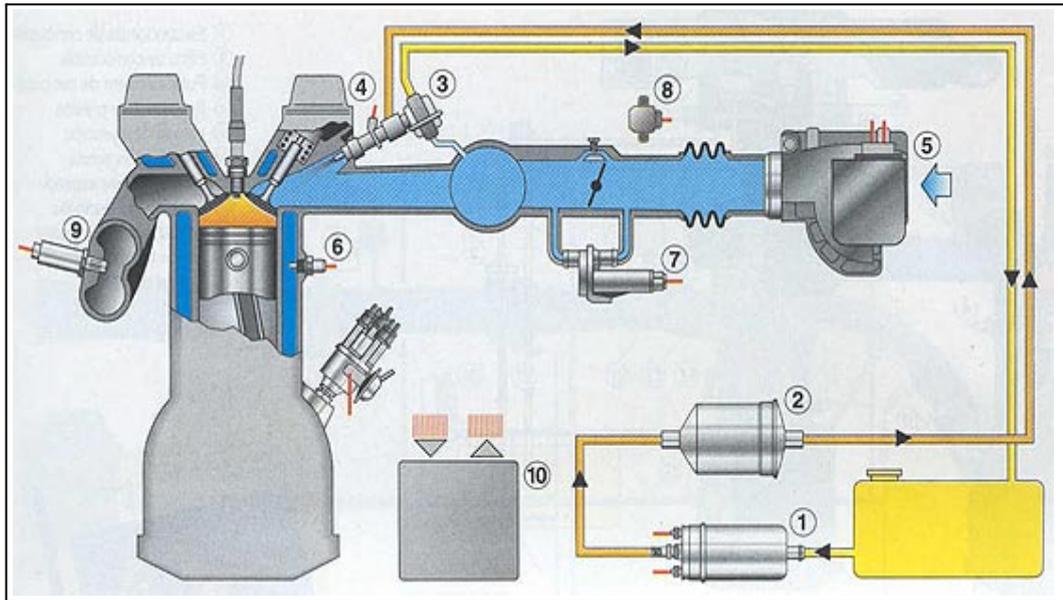


FIGURA 1

Sistema de inyección "L – Jetronic"

<http://www.todomecnica.com/sistemas-inyeccion-gasolina.html>

El sistema L – Jetronic de Bosch fue introducido en 1974. El sistema "L" es la base para la mayor parte de los sistemas de inyección de combustible. El sistema se reconoce fácilmente por el medidor de flujo de aire o caja de aire; éste medidor está ubicado en el sistema de admisión, entre el filtro de aire y la mariposa del acelerador. Desde que se estableció éste sistema y su resultado han satisfecho las necesidades de muchos fabricantes. A continuación se presenta los componentes que conforman el sistema L - Jetronic:

- 1) **Bomba de combustible:** La bomba es accionada por un motor eléctrico a más de 3500 rpm. La bomba puede estar muy cerca del tanque de combustible o dentro del mismo. La bomba es capaz de alcanzar presiones de 8.27 bars -120psi-. El combustible succionado por la bomba pasa por una válvula de retención, desde el tanque hacia el interior del cuerpo de la bomba llenándolo totalmente. Esto garantiza que, aunque el tanque este casi vacío, no haya fallas en el suministro de combustible y se dañe después en el arranque.
- 2) **Filtro de combustible:** El filtro puede ser metálico o de plástico, es de extrema importancia, porque es la única defensa verdadera que tiene el sistema de inyección de combustible contra la contaminación interna. Es capaz de filtrar

partículas bastante pequeñas como 10 ó 40 micras. Esta filtración es necesaria debido a que la abertura en la punta del inyector es considerablemente pequeña.

3) Regulador de presión de combustible: Cumple las funciones de mantener la presión del combustible a un valor constante en cualquier condición de trabajo del motor y mantener una presión residual en el sistema con el motor detenido para facilitar el arranque. Una membrana cargada por un resorte destapa el canal cuando se sobrepasa la presión ajustada, con lo que el combustible puede retornar al depósito. “El regulador controla la presión de combustible entre 2.06 y 2.75 bars -30 y 40 psi- en la mayor parte de las aplicaciones en marcha mínima en vacío”¹. Cuando el acelerador esté abierto e ingrese mayor cantidad de aire, la presión de combustible se incrementa entre 0.34 y 0.68 bars -5 y 10 psi-. Esto logra que la presión adecuada se mantenga a través de la punta de inyector. Una presión incorrecta del combustible puede provocar que el motor funcione con mezcla pobre o rica. Si la presión del combustible es muy baja, el motor funcionará con mezcla pobre. Si la presión del combustible es bastante alta, el motor funcionará con mezcla rica.

4) Válvula de inyección: En los actuales sistemas de inyección se utilizan inyectores accionados eléctricamente, o sea, válvulas de regulación eléctrica. Son dispositivos que tienen dos estados estables, es decir, abiertos o cerrados. Cuando están abiertos permiten el paso del combustible, y cuando están cerrados lo bloquean. La unidad de control electrónico es la encargada de mandar los impulsos eléctricos que accionará la apertura de los inyectores, el tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo que la aguja permanece abierta, y debido a que la presión es constante en el sistema, la cantidad de combustible inyectado es proporcional al tiempo de duración del impulso, enviado por la UCE.

5) Medidor de flujo de aire: “El medidor de flujo de aire no sólo es uno de los sensores del sistema, también es parte del sistema de admisión de aire. Todo el aire que pasa a través del motor se utiliza como parte de la relación aire - combustible que pasa a través del medidor de flujo de aire.”¹ Por eso la importancia que no exista fugas de aire en el medidor. A tal fuga se lo llama aire falso. El aire falso entra al múltiple de admisión y se utiliza como parte de la carga aire combustible.

¹ Watson. Manual de fuel inyección bosch. [S.A]. 67 - 68.

6) Sensor de temperatura del motor: La medición de la temperatura del motor se realiza a través de una resistencia eléctrica variable del tipo NTC (Negative Temperature Coefficient) que esta en contacto directamente con el líquido de refrigeración. Estas resistencias disminuyen su resistencia proporcionalmente al incremento de la temperatura. Esta variación es detectada por UCE, la cual ajusta entonces los pulsos de inyección de acuerdo a su interpretación de la temperatura del motor, disminuye los pulsos de inyección a medida que el motor se calienta y los incrementa cuando el motor esta frío.

5) Motor paso a paso: “Sirve para la regulación del motor a régimen de ralentí. Al ralentí, el motor paso a paso actúa sobre un caudal de aire en paralelo con la mariposa, realizando un desplazamiento horizontal graduando la cantidad de aire que va directamente a los conductos de admisión sin pasar por la válvula de mariposa”¹

7) Interruptor de mariposa: El interruptor del acelerador informa a la unidad de control electrónico cuando esta cerrado el acelerador, cuando esta completamente abierto y cuando se mueve hacia la posición abierta.

“Puesto que el medidor de flujo de aire registra cambios en el volumen de aire que entra al motor y el volumen de aire está muy relacionado con la posición del acelerador, es necesario que el interruptor del acelerador solo informe a la UCE cuando el acelerador esta cerrado o cuando esta completamente abierto. Dos contactos dentro del interruptor del acelerador llevan a cabo esta función.”²

6) Sonda lambda: Se conoce también como sensor de oxígeno. Su propósito es detectar posibles excesos o pérdida de oxígeno que provocan la intervención de la UCE para evitarlos. El dispositivo consiste en electrodos de platino separados por una capa de cerámica de dióxido de circonio. A partir de los 350°C la cerámica se vuelve conductora para los iones de oxígeno, provocando una tensión eléctrica en la sonda.

Como la tasa de oxígeno de los gases de escape es función de la riqueza de la mezcla, la sonda es capaz de detectar y medir esta riqueza. A medida que el contenido de oxígeno disminuye, el voltaje del sensor se incrementa, éste voltaje de salida está en el rango de 100 a 900 mV.

¹ <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyeccion-gasolina.html>

² Watson. Manual de fuel inyection bosch. [S.A]. 65

10) Unidad de control electrónica: Es la parte fundamental del equipo de inyección, debido a que recibe todas las informaciones de los sensores y sondas, y se encarga de su tratamiento para dar las órdenes correspondientes para una correcta dosificación del combustible. El resultado final de la acción de la unidad de control electrónica es la determinación del tiempo e instante de la inyección. La energía para hacer funcionar la UCE es entregada a través de un relevador controlado por el interruptor de encendido.

1.3 Identificación de parámetros del sistema de inyección

Los sistemas de inyección basan su funcionamiento en el control eléctrico de las válvulas de inyección; el **tiempo que el inyector permanece abierto**, esto determina el caudal de combustible que ingresa al motor. Los sistemas de inyección inyectan únicamente lo necesario, para que al mezclarse con el aire formen una mezcla inflamable.

El grado de riqueza de la mezcla puede variar según las condiciones de funcionamiento del motor, así con el motor frío se enriquece ligeramente hasta que el motor alcanza la temperatura normal de servicio. También durante la aceleración se inyecta una cantidad extra de gasolina para originar un aumento instantáneo de la potencia.

El control de la dosificación se realiza a través de la medición de los siguientes parámetros:

- Caudal de aire.
- Régimen de giro.
- Estado de carga del motor.
- Temperatura del motor.
- Oxígeno residual de la mezcla (sonda lambda).
- Condiciones de funcionamiento.

Estos parámetros se miden a través de **sensores** capaces de modificar proporcionalmente una variable eléctrica de acuerdo con la magnitud que controlan. Los sensores transmiten a la unidad de control electrónica la información que luego será procesada para transmitir las órdenes pertinentes al sistema. La UCE

básicamente aumenta o disminuye los pulsos (tiempo) de inyección en función de los parámetros que acabamos de citar.

En el siguiente esquema (Figura 2) se puede observar las funciones del sistema de inyección indirecta, en donde se diferencian los procesos al que se ven sometidos tanto el aire como el combustible hasta ser mezclados. Las relaciones electrónicas, en línea discontinua, entre algunos elementos y la unidad de control electrónico.

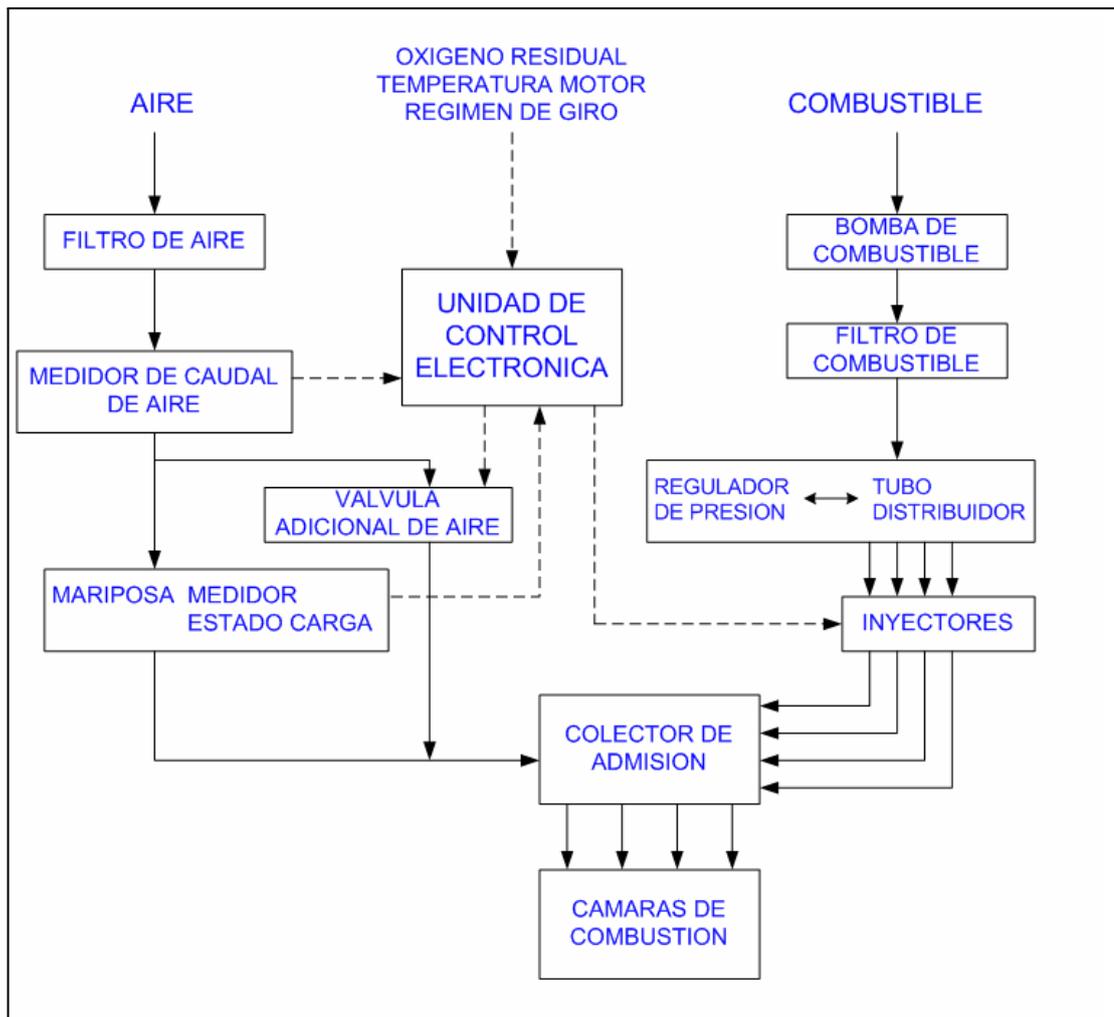


FIGURA 2
Esquema de las funciones del sistema de inyección

El combustible empieza en el depósito de combustible, de donde es aspirada por la bomba eléctrica de combustible, la cual es accionada por la unidad de control electrónica, a través de un relé. La bomba impulsa el combustible hasta el filtro, al

tubo distribuidor, llegando al regulador de presión, en donde la presión de inyección es establecida. Finalmente a la presión adecuada pasa a los inyectores.

Por su parte, el aire es aspirado y pasa por un filtro de aire, luego pasa por el medidor de caudal de aire, el cual envía la información a la unidad de control electrónica. La cantidad de aire que entra viene regulada por la mariposa, que a través del medidor de estado de carga informa a la UCE, y por la válvula adicional de aire, controlada por la UCE.

Finalmente, el aire recibe el combustible de los inyectores y la mezcla se pasa por el colector de admisión, a las cámaras de combustión.

1.4 Clasificación de los sistemas de inyección

Los sistemas de inyección se pueden clasificar en función de cuatro características:

1) Por el número de inyectores:

- **Monopunto:** (Figura 3) Existe un solo inyector, como en el caso del carburador este inyector se encuentra ubicado antes de la mariposa. La principal diferencia con el carburador es la cantidad de combustible no depende de la depresión en el colector.

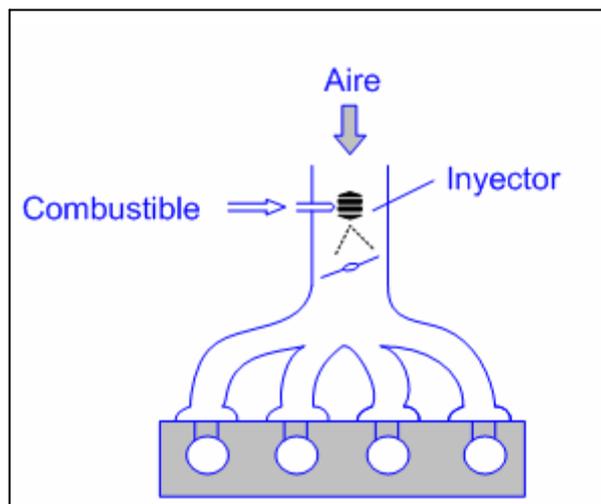


Figura 3
Monopunto

- **Multipunto:** (Figura 4) Se dispone de un inyector para cada cilindro, pudiendo ser de tipo directa o indirecta.

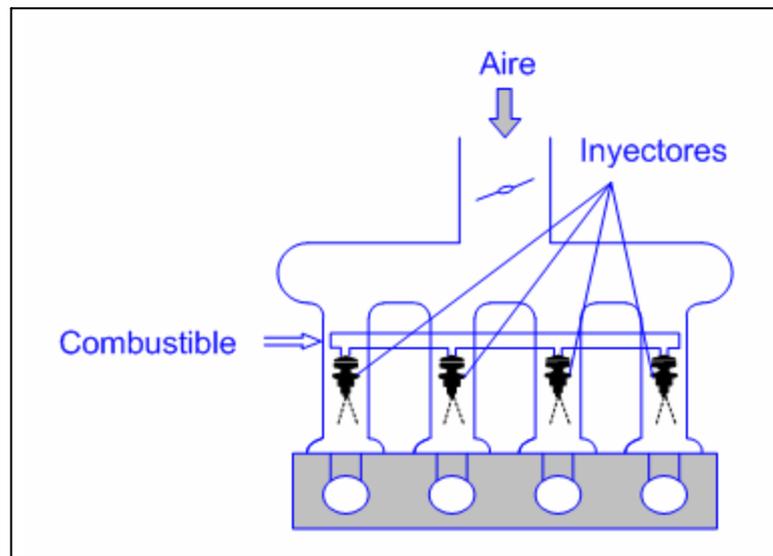


FIGURA 4
Multipunto

2) Por la ubicación de inyector:

- **Directa en el cilindro:** (Figura 5) El inyector se introduce directamente en la cámara de combustión y abastece el combustible al interior de ella. Este sistema de alimentación es el más novedoso; sin embargo, aún se utiliza poco debido al poco tiempo disponible para realizarse la mezcla, así como por problemas tecnológicos del inyector (alta presión y temperaturas).
- **Indirecta en el colector de admisión:** (Figura 5) El inyector se encuentra en el colector de admisión, muy cerca de la válvula de admisión.

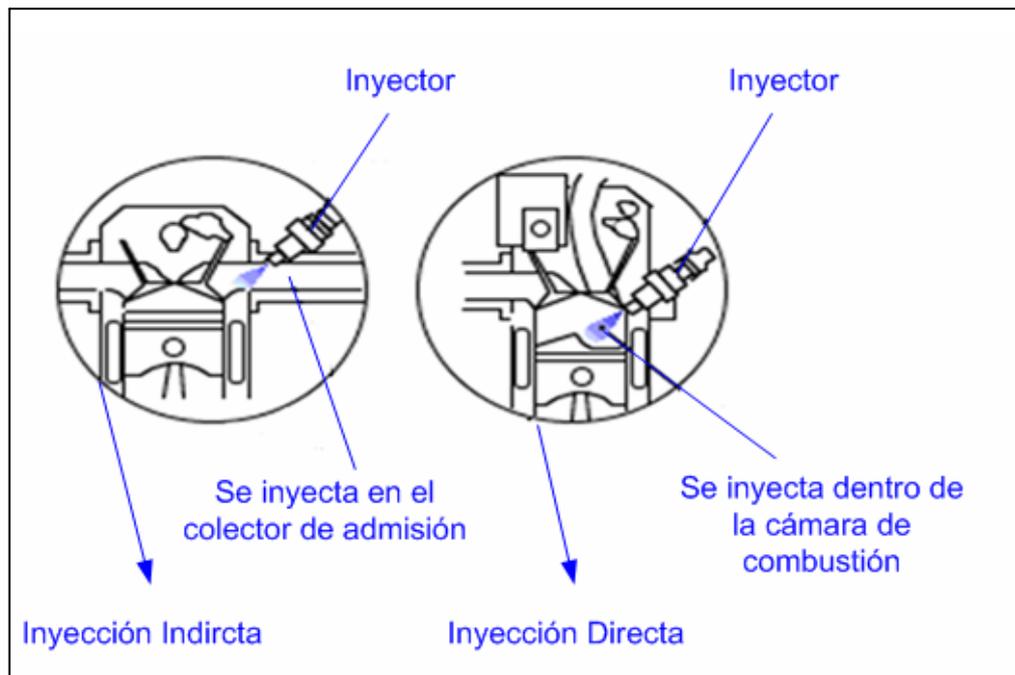


FIGURA 5

Inyección directa e indirecta

<http://mecanicavirtual.iespana.es>

3) Por el número de inyecciones:

- **Inyección continua:** “Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.”¹
- **Inyección intermitente:** Inyectan el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según las órdenes que envía la unidad de control electrónica. Esta a su vez se divide en tres tipos:
 - 1) **Secuencial:** La inyección se produce solo en el momento de apertura de la válvula de admisión. El inyector regula la cantidad de combustible por el tiempo que permanece abierto y la frecuencia de apertura depende directamente del régimen de giro del motor. Los inyectores funcionan de uno en uno en forma sincronizada.
 - 2) **Semisecuencial:** El combustible es inyectado de forma que éstos abren y cierran de dos en dos.

¹ <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyeccion-gasolina.html>

3) Simultanea: Deben ser necesariamente indirecta y se basa en inyectar el combustible al mismo tiempo todos los inyectores a una cierta frecuencia que no coincide con la apertura de la válvula de un determinado cilindro, de modo que el combustible inyectado se acumula en el colector de admisión, mientras la válvula de admisión permanece cerrada. Cuando se abre la válvula se produce el ingreso de la mezcla acumulada.

En el esquema (Figura 6) muestra una comparación de los tres tipos de inyección intermitente.

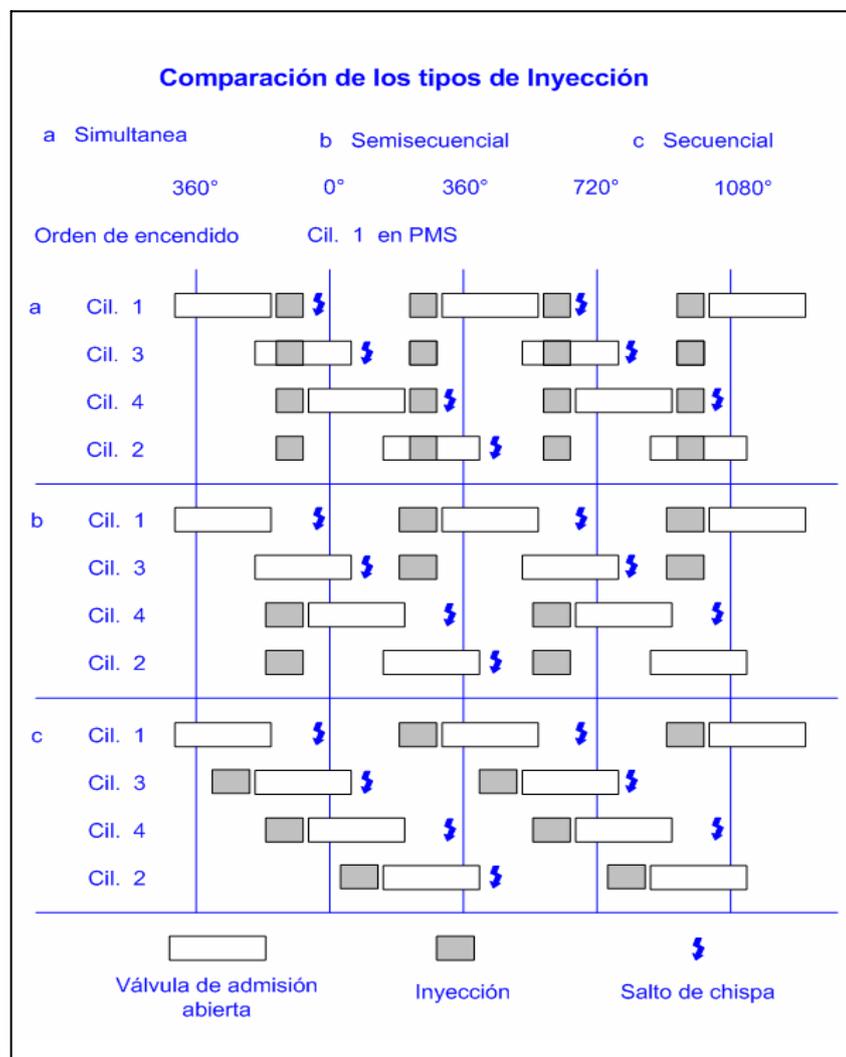


FIGURA 6

Comparación de los tipos de inyección

<http://mecanicavirtual.iespana.es/inyecci-gasoli-intro.htm>

4) Según las características de funcionamiento:

- **Inyección Mecánica:** Control y accionamiento mecánico de los inyectores (ya en desuso). Por ejemplo (K - Jetronic).
- **Inyección Electromecánica:** Control electrónico y accionamiento de los inyectores mecánico. Por ejemplo (KE – Jetronic).
- **Inyección Electrónica:** Control y accionamiento electrónico de los inyectores. Por ejemplo (L – Jetronic, LE – Jetronic, Motronic).

1.5 Ventajas del sistema

La ventaja de la inyección de combustible con respecto a un carburador es evidente. “Un carburador tiene un rango dinámico de operación muy limitado como dispositivo para vaporizar el combustible y mezclarlo con aire. Para operarlo a fondo, el carburador debe introducir una restricción en el flujo de aire del motor. Como dispositivo de flujo continuo, este no puede ajustar inmediatamente la demanda de los cambios transitorios.”¹ En un sistema de inyección el combustible es alimentado directamente en la turbulencia del aire a la entrada de cada cilindro o directamente en la cámara de combustión y así es más enteramente mezclado, y cada inyección de combustible es exactamente medido para dar una mezcla precisa de aire – combustible.

La unidad de control electrónico monitorea las condiciones de operación del motor, y cambiar la cantidad de combustible inyectado basado en el método de “disparo a disparo” y “cilindro a cilindro”. “Tiempo atrás se creía que la inyección de combustible debía realizarse en un instante muy preciso. Pero hasta un cierto punto el combustible puede ser inyectado en cualquier momento, permaneciendo en la recámara hasta ser utilizado.”¹

Los sistemas de inyección electrónica ahorran combustible, debido a que inyectan solo lo necesario para que el motor funcione correctamente con cualquier carga y régimen de giro y además con la ayuda de una electroválvula o inyector en cada cilindro se consigue una mejor distribución de la mezcla.

¹ Bojko. Manual de inyección electrónica. 2004. 14.

Permite la supresión del carburador y dar forma a los conductos de admisión, permitiendo corrientes aerodinámicamente favorables, mejorando el llenado de los cilindros y con lo cual favorecemos el par motor, la potencia y de solucionar problemas de carburación como: la escarcha, la percolación y las inercias de la gasolina.

Limitan los elementos contaminantes en los gases de escape porque permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra al motor; debido a que la concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/combustible.

“Mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consigue tiempos de arranque más breve y una aceleración más rápida y asegura desde el ralentí.”¹ Durante la fase de calentamiento se realiza los ajustes correspondientes para que el motor marche correctamente y tenga una buena admisión de aire, ambas con un consumo mínimo de combustible.

¹ <http://mecanicavirtual.iespana.es/inyecci-gasoli-intro.htm>

CAPÍTULO II

SENSORES

2.1 Concepto y definición

El concepto de sensor (Figura 7) es equivalente a las nociones de sonda y transmisor, el nombre “transmisor” se debería evitar en lo posible para magnitudes de medición especiales; sin embargo los sensores en parte también reciben el nombre de “medidor”.

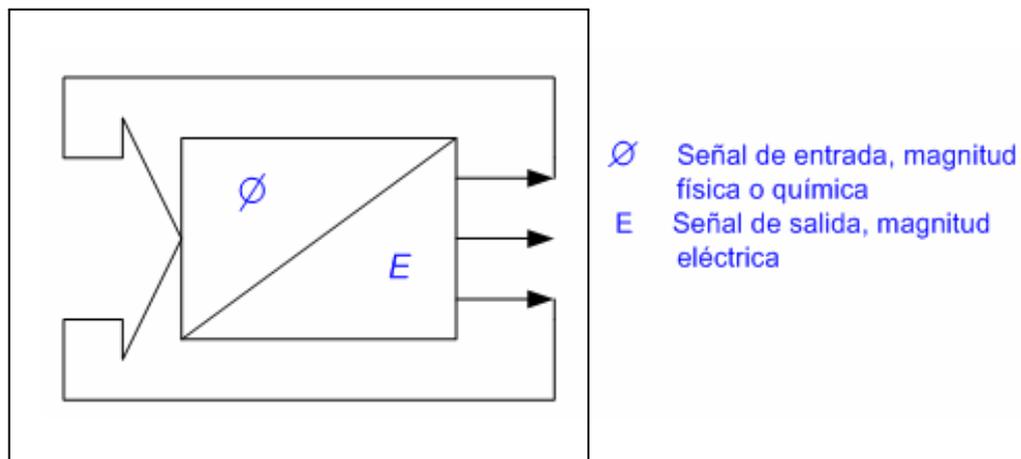


FIGURA 7
Símbolo de sensor

La función básica (Figura 8) de los sensores es convertir una magnitud física o química en una magnitud eléctrica, teniendo en cuenta magnitudes perturbadoras. “Las magnitudes eléctricas consideradas no sólo son la corriente y la tensión, sino también las amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el período, la fase o la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como parámetros eléctricos “resistencia”, “capacitancia” e “inductancia”.”¹

La señal de salida eléctrica del sensor (Figura 8) es función de la magnitud física o química a la entrada del sensor y de las perturbaciones. Por su parte, la señal a medir (entrada del sensor) es función de la salida y las perturbaciones.

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 4.

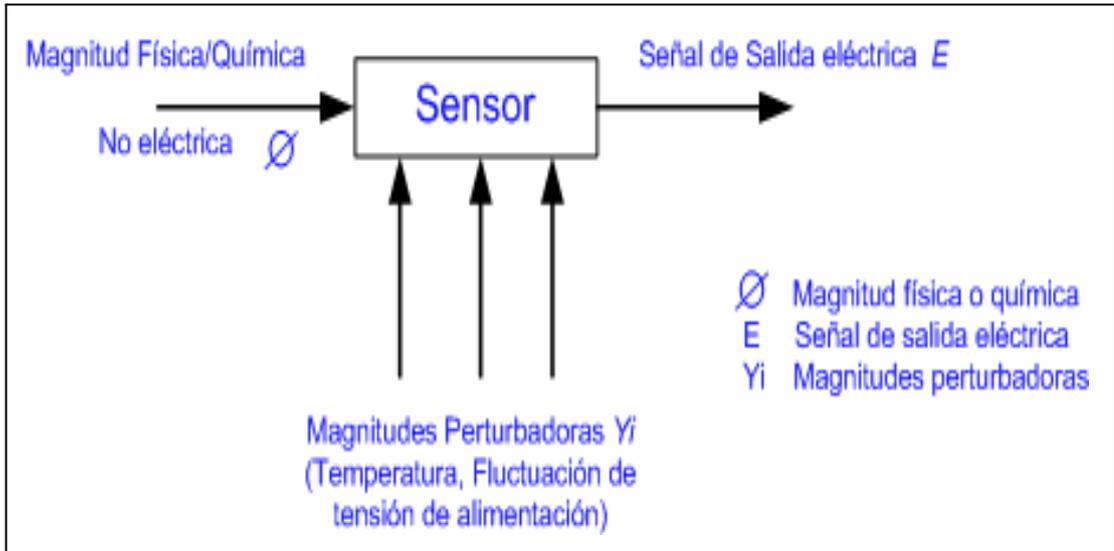


FIGURA 8
Función básica de un sensor

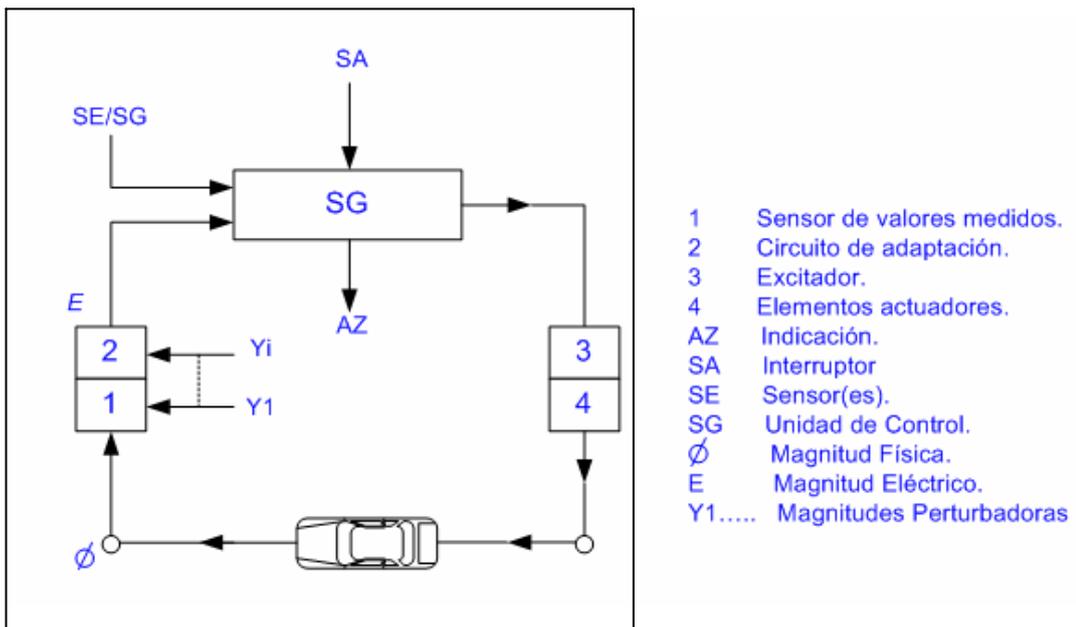


FIGURA 9
Circuito de adaptación de los sensores en el automóvil

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Los sensores y actuadores en los automóviles constituyen las interfaces entre el vehículo y la unidad de control (tratamiento de los datos). Un circuito de adaptación (Figura 9) se encarga de adecuar las señales de los sensores para la unidad de control.

La aplicación de sensores no sería posible sin la utilización de circuitos de adaptación. De hecho, la calidad de medición de los sensores queda definida en unión con circuitos de adaptación.

Los sensores para los automóviles pueden clasificarse en tres categorías.

- **Función y aplicación.**
- **Clase de curva característica.**
- **Clase de la señal de salida.**

Función y aplicación.

Ésta categoría a su vez se subdivide en:

- Sensores funcionales, destinados a mando y regulación.
- Sensores para fines de seguridad y aseguramiento.
- Sensores para la vigilancia del vehículo, por ejemplo OBD (diagnosís a bordo) y para la información de los pasajeros.

Clases de curvas características.

Los sensores destinados para el mando, la regulación y la vigilancia presentan curvas características distintas (figura 10).

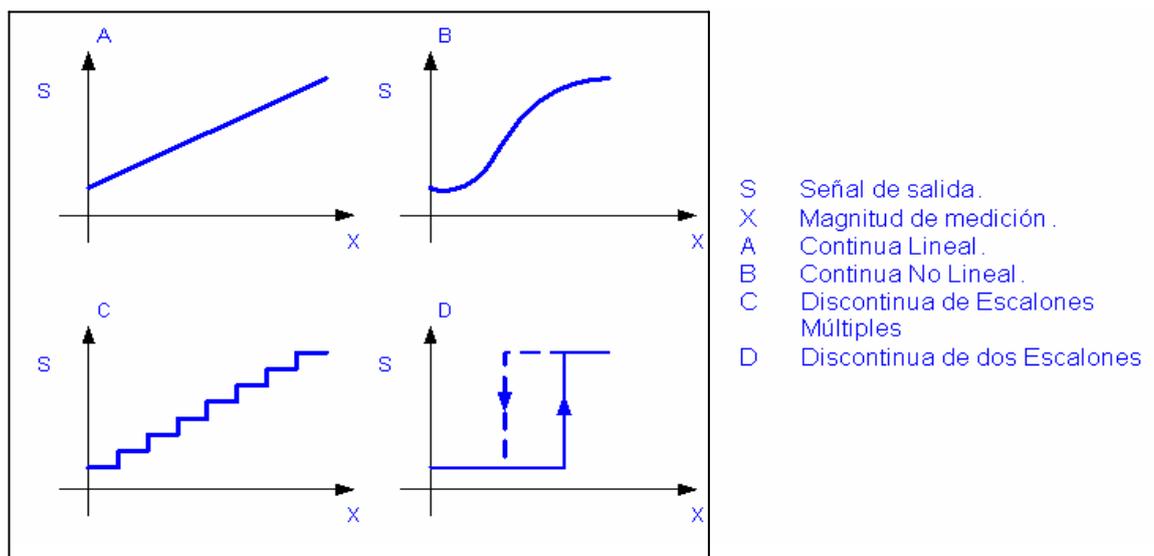


FIGURA 10

Clases de curvas características

Curvas características continuas lineales.

Esta curva se utiliza en particularmente para tareas de mando sobre un campo de medición amplio.

La ventaja fundamental de este tipo de curva es la facilidad de verificar y ajustar.

Curvas características continuas no lineales.

La curva no lineal sirve para regular una magnitud de medida dentro de un margen estrecho; por ejemplo regulación de los gases de escape a $\lambda = 1$.

Curvas características discontinuas de dos escalones.

Esta clase de curvas sirve para vigilar valores límites; es decir, de darse el caso de alcanzar el valor límite, es posible poner una fácil solución. Si la solución es difícil, se puede dar un aviso preventivo. (Por lo general estas curvas tienen histéresis).

Clase de señal de salida.

Los sensores se diferencian por la clase de su señal de salida (Figura 11).

Señal de salida analógica.

- Corriente/tensión o amplitud de la corriente/tensión.
- Frecuencia/duración de período.
- Duración de impulso.

Señal de salida digital.

- De dos escalones (codificado binario).
- De varios escalones desiguales (codificado analógico).
- De varios escalones equidistantes (codificado analógico y digital).

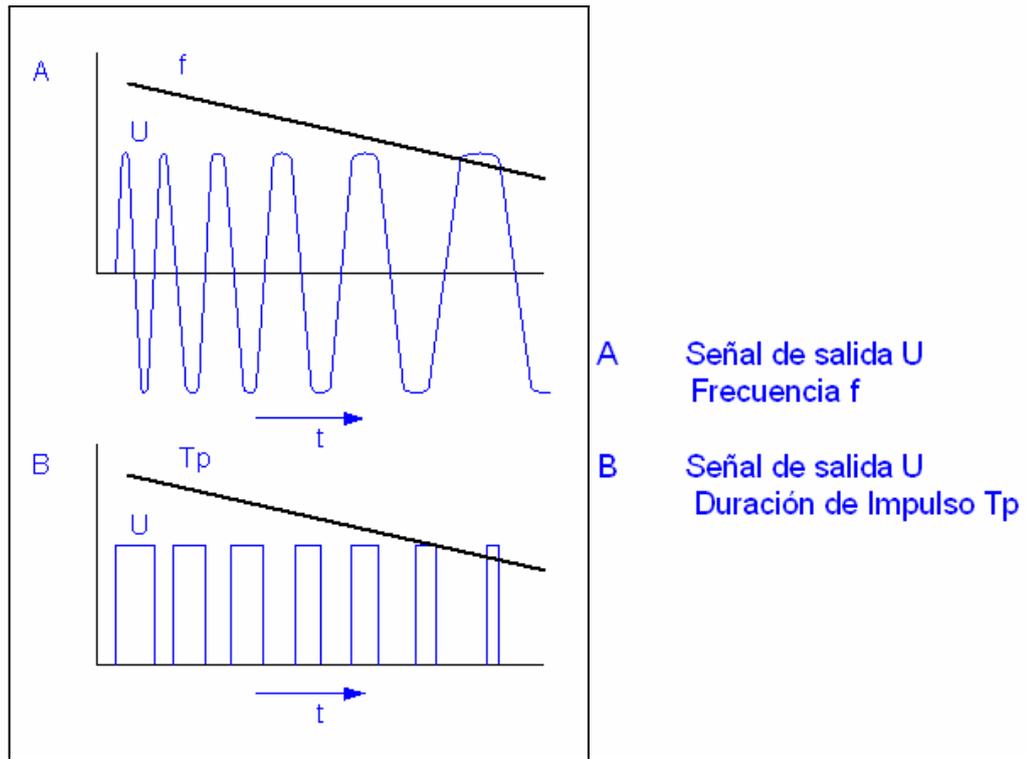


FIGURA 11
Formas de señales

2.2 Exigencias principales.

Los sensores destinados para automóviles están fabricados para responder a las exigencias de sistemas electrónicos de los vehículos. Son cinco factores que en el desarrollo se debe tomar en cuenta.

Alta Fiabilidad.

La fiabilidad se puede ordenar según su importancia:

- Dirección, frenos y protección de los pasajeros.
- Motor, tren de rodaje y neumáticos.
- Confort, diagnóstico, información y protección.

Bajos costos de fabricación.

En un automóvil el número de sensores corresponde de 60 a 70, por lo que tal cantidad de sensores supone reducción en los costos de fabricación. Los costos de los sensores son aproximadamente 100 veces menores que los sensores de convencionales de igual rendimiento.

Duras condiciones de funcionamiento.

Los sensores se encuentran en lugares expuestos del vehículo. Están sometidos a fuertes cargas y reciben todo tipo de esfuerzos.

- Mecánicos (vibraciones, golpes).
- Climáticos (temperatura, humedad).
- Químicos (niebla, combustible, aceite).
- Electromagnéticos (sobretensiones, inversión de polaridad).

Compactibilidad.

El crecimiento de los sistemas electrónicos, la forma cada vez más compacta de los automóviles y el confort de los pasajeros, obligan la construcción de sensores muy compactos. La necesidad por ahorrar combustible exige una reducción del peso del vehículo.

Precisión.

La precisión de los sensores de los vehículos comparada con las exigencias impuestas a los sensores industriales es modesta, con algunas excepciones. Las tolerancias admisibles son comúnmente mayores o iguales al 1% del valor final de medición, teniendo en cuenta influencias inevitables como el envejecimiento. Sin embargo, los sistemas cada vez más complejos y sofisticados exigen una mayor precisión.

2.3 Tendencias de los sensores en el automóvil.

Las medidas de desarrollo de los sensores están definidas por las exigencias de los sistemas (Figura 12).



FIGURA 12

Exigencias principales de los sensores y medidas de desarrollo

- La **alta fiabilidad** se logra por la utilización de componentes y materiales muy seguros, así como técnicas garantizadas. Esto se pretende conseguir en los sensores interrogables por radio, de acoplamiento por antena, que no requieren de cableado alguno.
- Los **bajos costos de fabricación** se logra mediante procesos automatizados. Es decir, se puede realizar una producción de 100 a 1000 sensores sobre una rodaja de silicio. Los procesos automatizados son rentables sólo cuando se trata de series grandes.
- Para soportar las **duras condiciones de funcionamiento** se toma medidas de protección que implica un conocimiento amplio de la técnica de encapsulamiento de los sensores. Los sensores de fibra óptica poseen una buena inmunidad contra perturbaciones electromagnéticas. Su utilización en el futuro dependerá fundamentalmente del desarrollo de elementos de medición y factores económicos.
- La **compactibilidad** se desarrolla conjuntamente con las tecnologías de miniaturización de los componentes electrónicos. La tendencia denominada

mecatrónica aumenta con el objetivo de reducir costos y espacio; es decir, en el futuro reemplazará a casi todos los otros sistemas conocidos.

- Para garantizar la **precisión**, es necesario disminuir las tolerancias de fabricación y mejorar las técnicas de equilibrado y compensación. Un adelanto importante lo aporta la integración híbrida del sensor y de la electrónica de tratamiento de señales en el lugar de medición, hasta llegar a circuitos digitales complejos tales como los convertidores analógico – digitales y los microcontroladores (Figura 13).

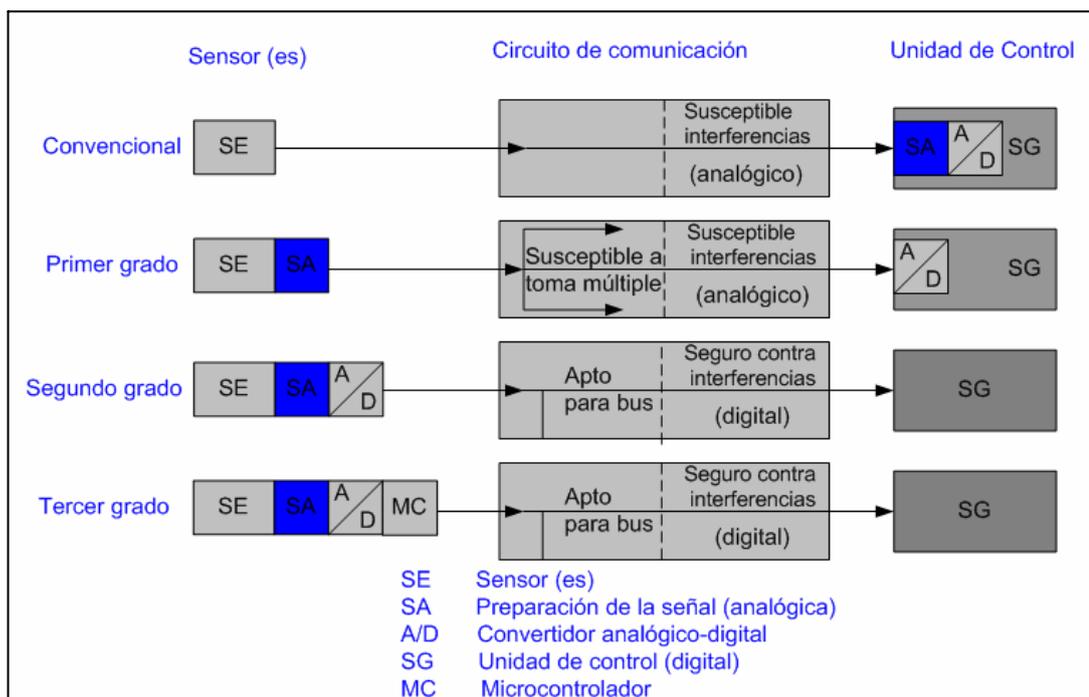


FIGURA 13

Grados de integración de los sensores

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Los sensores de tercer grado son llamados también “sensores inteligentes” ofrecen las siguientes ventajas:

- Descongestiona la unidad de control.
- Interfase uniforme, flexible y compatible con bus.
- Corrección de errores del sensor en el lugar de medición.
- Utilización de los sensores por diferentes sistemas.
- Amplificación y demodulación en el mismo lugar.

Debido a la detección y digitalización de las señales de medición simultáneamente con de las magnitudes perturbadoras, los “sensores inteligentes” pueden calcular prácticamente sin error la magnitud de medición, utilizando un modelo matemático, ya que la señal a medir es función de las señales perturbadoras.

Los parámetros de modelado son determinados en un proceso inicial que corresponde al antiguo equilibrado, y memorizados en una memoria PROM del sensor (Figura 14). Así, se puede mejorar la rapidez de respuesta, es decir, la dinámica de los sensores.

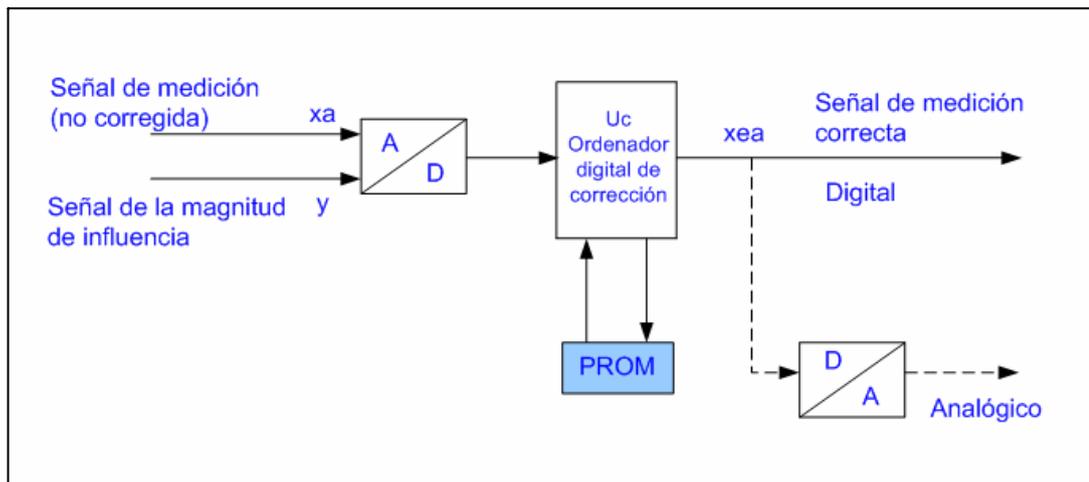


FIGURA 14

Módulo de corrección de un sensor de tercer grado

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

CAPÍTULO III

SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

3.1 Introducción

En los sistemas de inyección la cantidad de combustible introducido al motor se define mediante el tiempo en que el inyector permanece abierto (véase el capítulo “Sistema de inyección”). El tiempo de inyección se controla a través de varios parámetros, los cuales serán medidos por sensores (Figura 15).

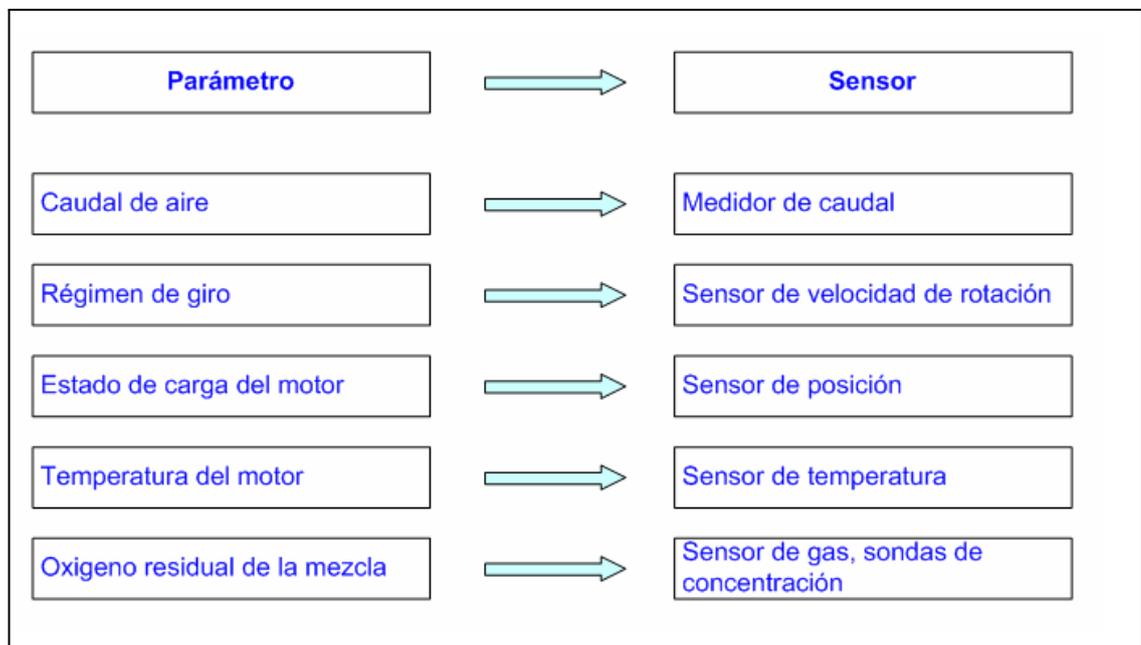


FIGURA 15

Parámetros que determinan el tiempo de inyección y sus sensores

3.2 Medidor de caudal de aire

El término “cantidad de aire” no precisa si se trata de un volumen o de una masa. Pero la combustión se basa en relaciones de masa, por lo tanto el objetivo de la medición es la masa de aire de admisión. El flujo de masa de aire es el parámetro más importante, al menos en los motores de encendido por chispa y está comprendido entre 400 y 1200 Kg/h, esto varía según la potencia del motor.

“Las severas exigencias impuestas a causa de las emisiones de gases de escape y del consumo obligan a alcanzar exactitudes de 1 al 2% del valor medido. El motor no recibe el aire en forma de corriente continua, sino al ritmo de los tiempos de apertura de las válvulas de admisión. Y así ocurre que la corriente de masa de aire sea afectada entonces por fuertes pulsaciones (particularmente si la mariposa está ampliamente abierta) en el punto de medición que se encuentra siempre en el tramo de admisión entre el filtro de aire y la mariposa”¹ (Figura 16).

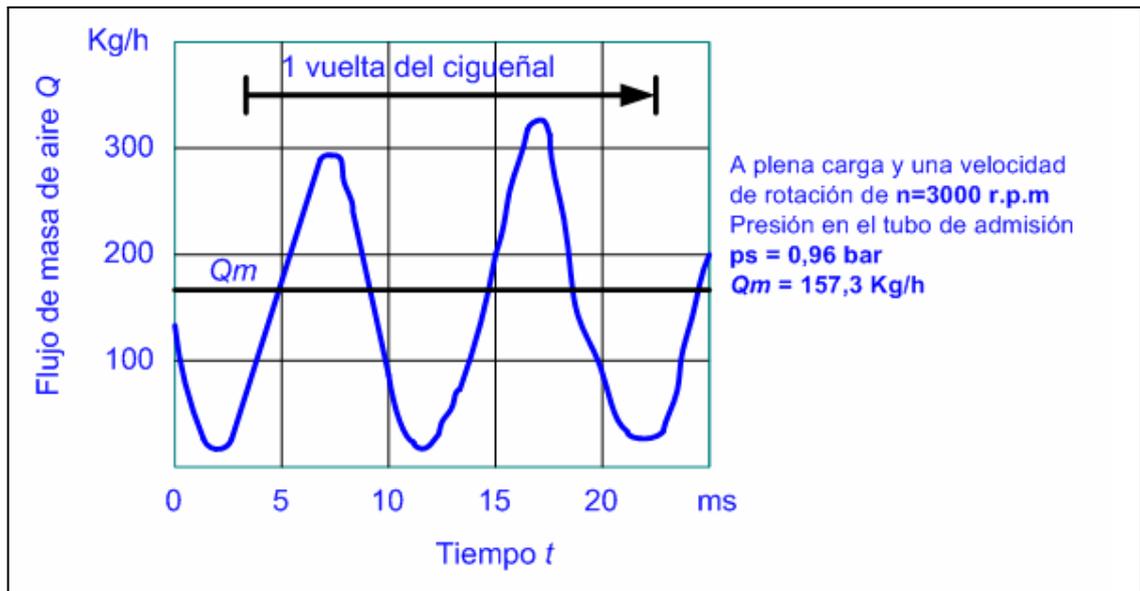


FIGURA 16

Flujo de masa de aire en el colector de admisión

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Para la medición de la cantidad de aire en el automóvil se han impuesto los que funcionan según el principio de la presión dinámica, que contienen piezas mecánicas móviles y necesitan una corrección para compensar las variaciones de masa volumétrica; sin embargo, actualmente se utiliza los medidores de flujo de masa con principios térmicos (de hilo caliente o película caliente), que pueden medir variaciones rápidas de la cantidad de flujo sin emplear piezas mecánicas.

Todos los medidores de caudal, incluso en el automóvil, están calibrados para un régimen laminar, “se caracteriza porque todas las partículas se mueven con mayor velocidad cuanto más alejadas se encuentran de las paredes del conducto”² y por un régimen turbulento, “se presenta cuando la velocidad del líquido es muy grande o cuando la conducción presenta bruscos cambios de dirección, se caracteriza por la presencia de torbellinos porque las líneas de corriente se cortan entre sí.”²

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 96.

² Océano. Enciclopedia temática. 1997. 221.

3.2.1 Sensores de diafragmas variables de detección.

El cálculo de la diferencia de presión en los sensores de diafragmas de ajuste se basa en dos leyes:

1. Ecuación de la continuidad:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = cte$$

Donde: S_1 y S_2 : Superficie que atraviesa el aire (en este caso).

v_1 y v_2 : Velocidad que posee el aire (en este caso).

2. Ecuación de Bernoulli:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 \cdot v_2^2 = cte$$

Donde: P_1 y P_2 : Presión de aire en dos puntos diferentes.

ρ_1 y ρ_2 : Densidad del aire.

v_1 y v_2 : Velocidad que posee el aire (en este caso).

Sea el medidor de la (Figura 17), suponiendo que la $\rho_1 = \rho_2$.

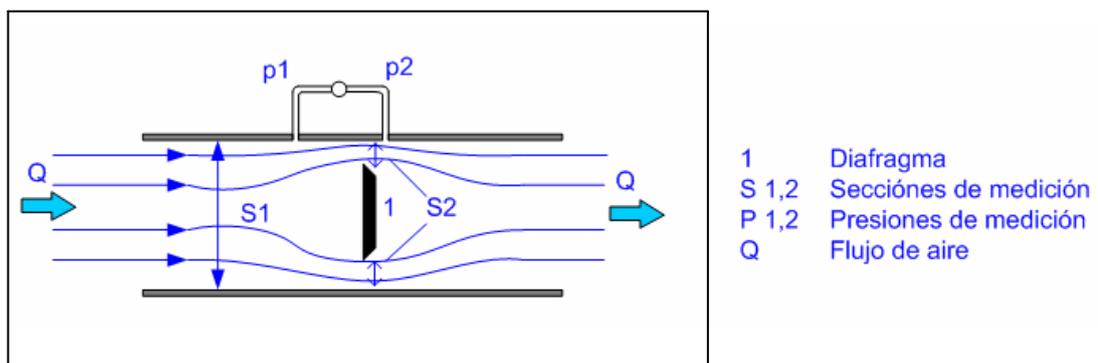


FIGURA 17

Medidor de flujo de presión dinámica

Se puede escribir de la ecuación de Bernoulli que:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

Sí: (ecuación de la continuidad):

$$S_1 > S_2 \Rightarrow v_1 < v_2$$

Por lo que resulta que: $p_1 - p_2 > 0$

Es decir: $p_1 > p_2$

Por lo tanto, el plato avanza hacia el interior, debido a que $P_1 > P_2$. La posición del plato (Figura 18) representa la medida del flujo de aire, que se encuentra en relación con la presión (P_1) antes ya definida.

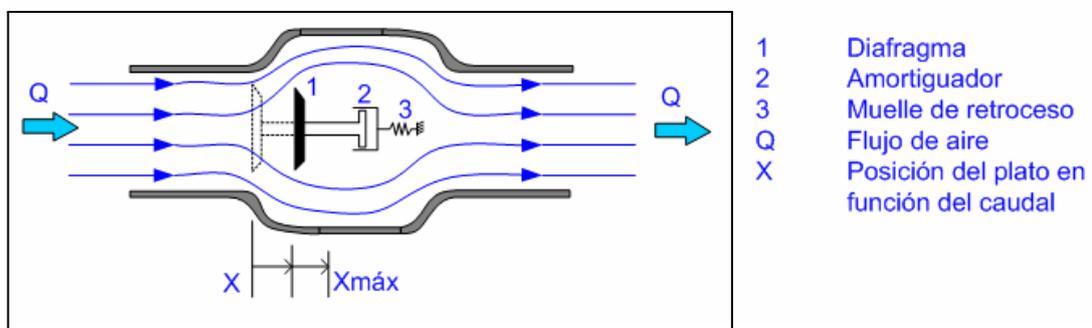


FIGURA 18

Medidor de caudal de presión dinámica con disco móvil

Al presentarse frecuencias de pulsaciones muy elevadas, los platos no pueden seguir a la magnitud de medición. Entonces algunos estados de carga pueden causar errores, que sólo se pueden compensar mediante recursos de software.

Si la densidad ρ del aire de admisión varía por razón de variaciones de la temperatura o de la presión, la modificación total de la masa volumétrica se detecta a través de un sensor de temperatura y un sensor barométrico.

La sonda volumétrica de aire es utilizada en motores de gasolina con sistemas de inyección L – Jetronic o M – Motronic.

El plato sonda (Figura 19) desempeña el papel de un diafragma variable. El flujo de aire de admisión desplaza el plato sonda contra la fuerza de un muelle, de manera que la sección de paso se vuelve mayor a medida que aumenta el volumen de aire.

Un potenciómetro toma la posición angular del plato sonda y la convierte en una tensión de salida, la misma que será transmitida a la unidad de control. Un plato de compensación unido fijamente al plato sonda, amortigua las oscilaciones debido al aire aspirado.

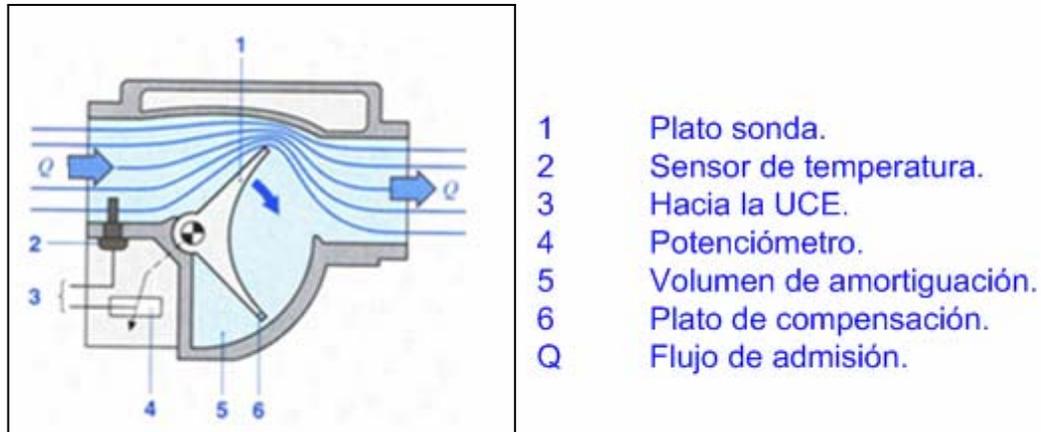


FIGURA 19

Sonda volumétrica de presión dinámica

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Hay que tener en cuenta las variaciones de la masa volumétrica al variar la temperatura del aire, la unidad de control determina un valor de corrección a partir del sensor de temperatura. En el sistema M – Motronic además de la corrección de temperatura, se hace una corrección barométrica.

3.2.2 Sensor por hilo caliente.

“Al recorrer una corriente I_H por un delgado hilo metálico de resistencia eléctrica R , el hilo se calienta. Si este hilo es barrido simultáneamente por un flujo de densidad volumétrica ρ a la velocidad v , se establece entonces un equilibrio entre la potencia eléctrica P_{el} suministrada y la potencia disipada P_V por efecto del flujo de aire.”¹

$$P_{el} = I_H^2 \cdot R = P_V = C_1 \cdot \alpha \cdot \Delta\tau$$

Donde: P_{el} : Potencia eléctrica suministrada.

I_H : Corriente eléctrica que atraviesa el hilo.

R : Resistencia eléctrica del hilo metálico.

P_V : Potencia disipada.

C_1 : Calor específico del material.

α : Coeficiente de transferencia térmica.

$\Delta\tau$: Diferencia de temperatura ($t_{CALEFACCIÓN} - t_{FLUJO}$).

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 99.

$$\alpha = \sqrt{Q} + C_2$$

Donde: Q: Flujo de masa de aire.

C_2 : Pérdida de calor.

El coeficiente de transferencia térmica α , es función del flujo de masa de aire, pero se produce una pérdida de calor cuando el flujo está en reposo; ésta pérdida es representada por C_2 .

$$I_H = \sqrt{C_1 \cdot (\sqrt{Q} + C_2) \cdot \left(\frac{\Delta\tau}{R}\right)}$$

Un aumento de la corriente en el hilo (I_H), es obvio que ocasionaría una subida de la $\Delta\zeta$ decreciente en función del flujo másico de aire Q. Pero si la corriente de calefacción se regula de manera que se mantenga constante el nivel de sobretemperatura también al aumentar el paso de aire, el parámetro del flujo de aire corresponde entonces a un aumento de la corriente.

La ventaja principal es que la resistencia de calefacción eléctrica se encuentra siempre a la misma temperatura, se emplea un hilo de platino de 70 μ m de grosor; por lo tanto, la corriente del hilo dependerá únicamente del flujo másico del aire. Curva característica del medidor de caudal por hilo caliente (Figura 20).

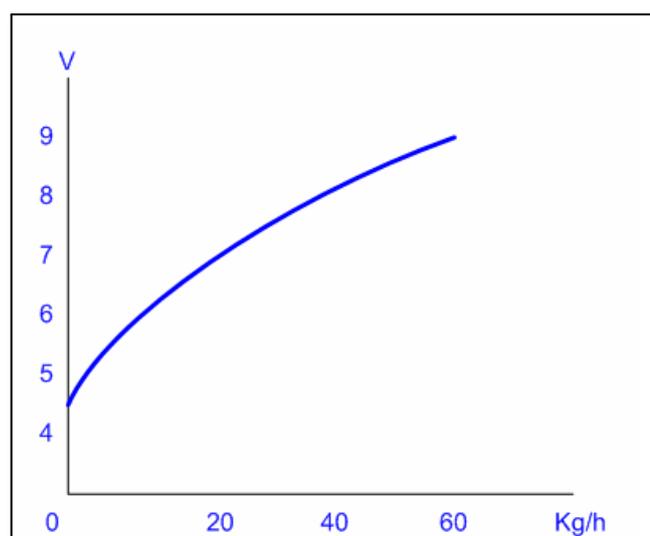


FIGURA 20

Curva característica del medidor de caudal por hilo caliente

Si la temperatura de la resistencia de calefacción es constante, el medidor funcionaría para un flujo de masa de aire constante; pero una temperatura más elevada del flujo, ocasiona una reducción de corriente, y consecuentemente, un error de medición. Se evita el error mediante un circuito que contiene una resistencia llamada de “compensación” de igual tipo (platino), con un valor óhmico elevado.

En realidad, el medidor fue utilizado con eficiencia cuando se logró estabilizar el hilo de platino mediante aleaciones, y se logró que su valor de resistencia no cambiara debido a efectos de craqueo e incrustaciones en el hilo. Para eliminar estos residuos, había que someter el hilo a una temperatura aproximadamente de 1000°C después de cada fase de funcionamiento.

3.2.3 Sensor por película caliente.

El medidor está ubicado posterior al filtro de aire en el tramo de admisión (conducto de medición).

El sensor está formado por una célula de medición, la cual es regada por la corriente de aire en la entrada, y un sistema electrónico, el mismo que informará a la unidad de control electrónica.

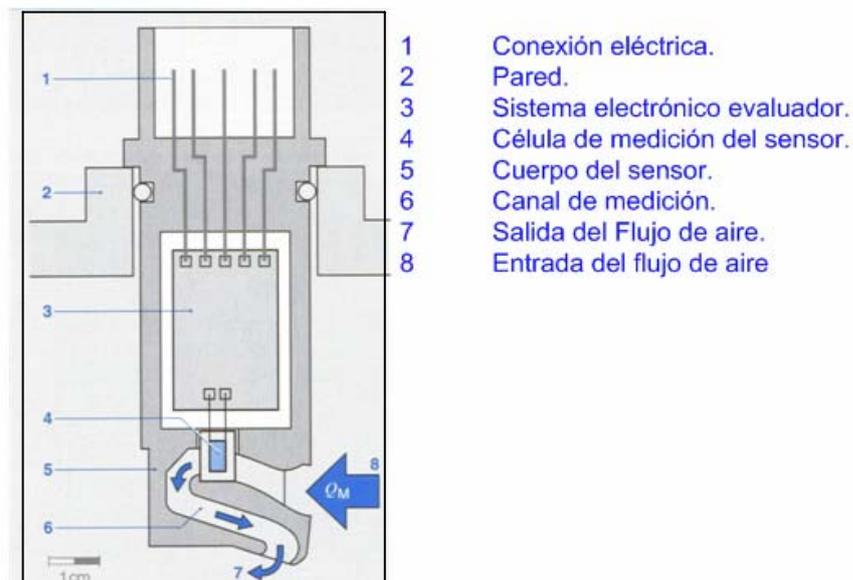
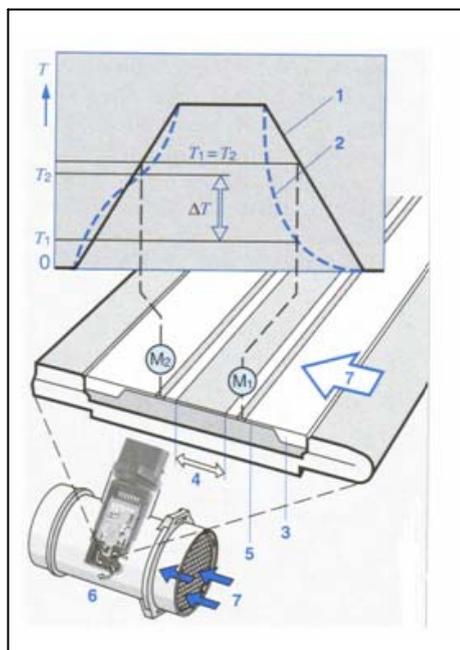


FIGURA 21

Esquema del medidor de masa de aire de película caliente

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Dos resistencias calefactores introducidas cada una en el centro de la célula de medición respectiva (Figura 22) calientan dos membranas (M_1 , M_2) y las mantienen a una temperatura constante. Las membranas que dependen de la temperatura están colocadas simétricamente respecto a las resistencias calefactores y tienen como objetivo detectar la variación de la temperatura. Cuando no existe paso de aire, las temperaturas en ambos lados son las mismas. Cuando pasa aire las temperaturas sobre las membranas varía. El lado de aspiración la temperatura varía de forma más pronunciada, pues la corriente de aire enfría ésta parte; en el lado opuesto, orientado hacia el motor, toma la corriente de aire, pero con calor; por lo que la temperatura no varía demasiado; esto genera una diferencia de temperaturas (ΔT) entre las dos membranas de medición.



- 1 Perfil de temperatura sin corriente de aire.
- 2 Perfil de temperatura con corriente de aire.
- 3 Célula de medición del sensor.
- 4 Zona caliente.
- 5 Membrana del sensor.
- 6 Conducto de medición.
- 7 Corriente de aire aspirado.
- M1, M2 Puntos de medición.
- T1, T2 Temperaturas en T1 y T2.

FIGURA 22

Principio de funcionamiento del medidor de masa de película caliente

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

El calor cedido al aire, y la diferencia de temperaturas entre las membranas de medición del sensor, depende de la masa de aire que pasa. Por ser la membrana muy fina, el sensor reacciona rápidamente a las variaciones. La diferencia de resistencia entre las membranas, el sistema electrónico integrado en el sensor la convierte una señal de tensión analógica entre 0V y 5V, adecuada para unidad de control. Partiendo de la curva característica del medidor almacenada en la unidad de control (Figura 23), la tensión medida es convertida en un valor de masa de aire [Kg/h].

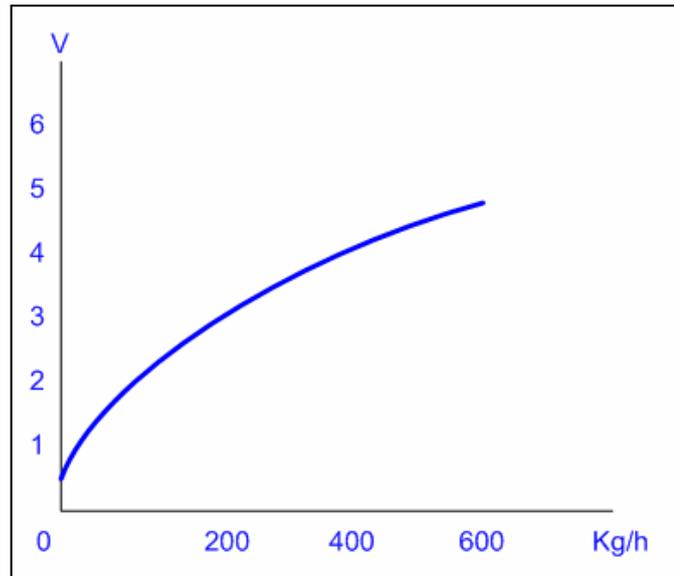


FIGURA 23

Curva característica del medidor de masa de película caliente

3.3 Sensor de velocidad de rotación

3.3.1 Concepto

Son sensores inductivos, “ellos aprovechan la ley de la inducción para medir la velocidad (de rotación), generando en su salida bipolar una tensión U_A , que es proporcional a la variación en el tiempo de un flujo magnético Φ (w número de espiras).”¹

3.3.2 Principio de medición

$$U_A = U_{ind} = w \cdot d\phi / dt$$

Donde: U_A : Tensión de salida.

U_{ind} : Tensión inducida.

w : Número de espiras.

$d\phi/dt$: Variación del flujo magnético con respecto al tiempo.

El flujo magnético Φ es también una función de la posición angular x , y del entrehierro d_L :

Si $\phi = \phi(x, d_L)$ y $d_L = const$

Donde: ϕ : Flujo magnético.

x: Posición angular.

d_L : Entrehierro

Se obtiene entonces:

$$U_A = U_{ind} = w \cdot d\phi / dx \cdot dx / dt$$

Donde: dx/dt La velocidad a medir.

$d\phi/dx$ Variación del flujo con respecto a la posición.

De la ecuación, la debilidad de este tipo de sensores es que si el ancho de entrehierro d_L no es constante, debido a vibraciones o de juego mecánico, provoca una variación del flujo en función del tiempo, consecuentemente un error en la medición de la velocidad.

Este efecto puede producir impulsos de tensión que no pueden ser distinguidos de las verdaderas señales de velocidad. Estos impulsos pueden tener una amplitud grande, pues el flujo varía con el entrehierro de forma exponencial. Estos sensores no pueden detectar velocidades demasiado lentas (casi estáticas o estáticas), ya que su señal de salida tiende a ser nula.

3.3.3 Características

Los sensores de velocidad de rotación inductivos contienen tres componentes principales (Figura 24).

- Bobina fija.
- Pieza de hierro dulce (espiga polar).
- Imán permanente.

La variación del flujo genera una tensión de salida debido al movimiento de la pieza de material magnético.

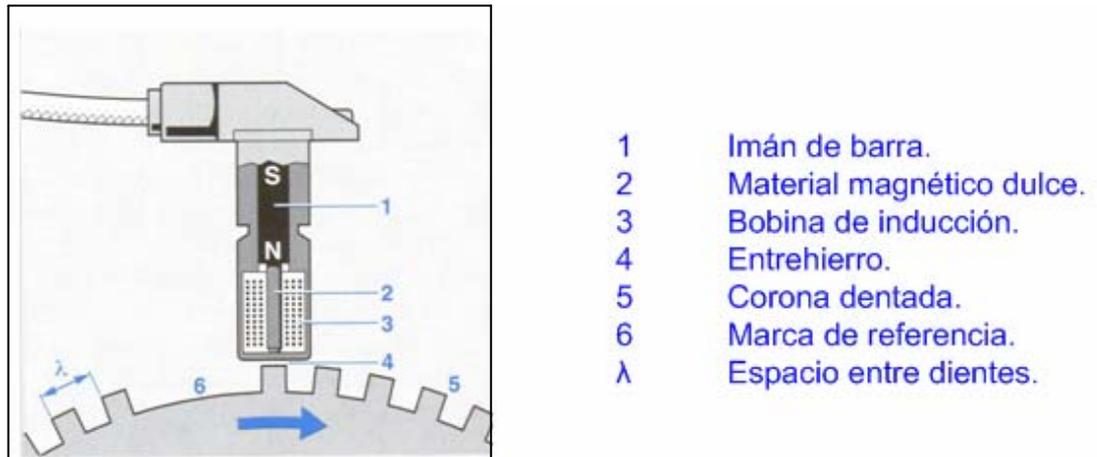


FIGURA 24

Sensor de velocidad de rotación inductivo

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Los sensores inductivos poseen un imán de barra con espiga polar que contiene una bobina de inducción. Si una rueda dentada ferromagnética gira en frente de este detector, se induce en la bobina una tensión que es proporcional a la variación del flujo magnético en función del tiempo. En la punta de la espiga polar es afilada para la detectar dientes finos, ya que esto provoca la concentración del flujo. La rueda dentada puede contener en su periferia una o varias marcas. El flujo y la tensión inducida para una sola marca de referencia se muestran a continuación (Figura 25a). Para detectar la marca periférica se aprovecha el pasaje por cero en el centro del flujo máximo, (la ley de la inducción dice que, la amplitud de la señal es proporcional a la velocidad de rotación). Cuando los dientes de la rueda son uniformes y si la distancia entrehierro no es muy estrecha, la tensión es casi una senoide (Figura 25, b).

La unidad de control es segura y fiable cuando el voltaje pico a pico de la señal (V_{pp}) es aproximadamente de 30 mV como mínimo. Pero, la desventaja es que su tensión de salida es demasiado elevada para grandes velocidades, por encima de 100 V, lo cual complica el procesamiento por vía electrónica. Estos picos de tensión son recortadas mediante diodos Zener. Sin embargo, la amplitud de la señal de tensión depende de la distancia de entrehierro y del tamaño de los dientes. El entrehierro puede ser detectado a la mitad o un tercio de un espacio entre dientes:

$$d_L \leq \lambda / (2 \dots 3)$$

Donde: d_L : Entrehierro.

λ : Distancia entre dientes.

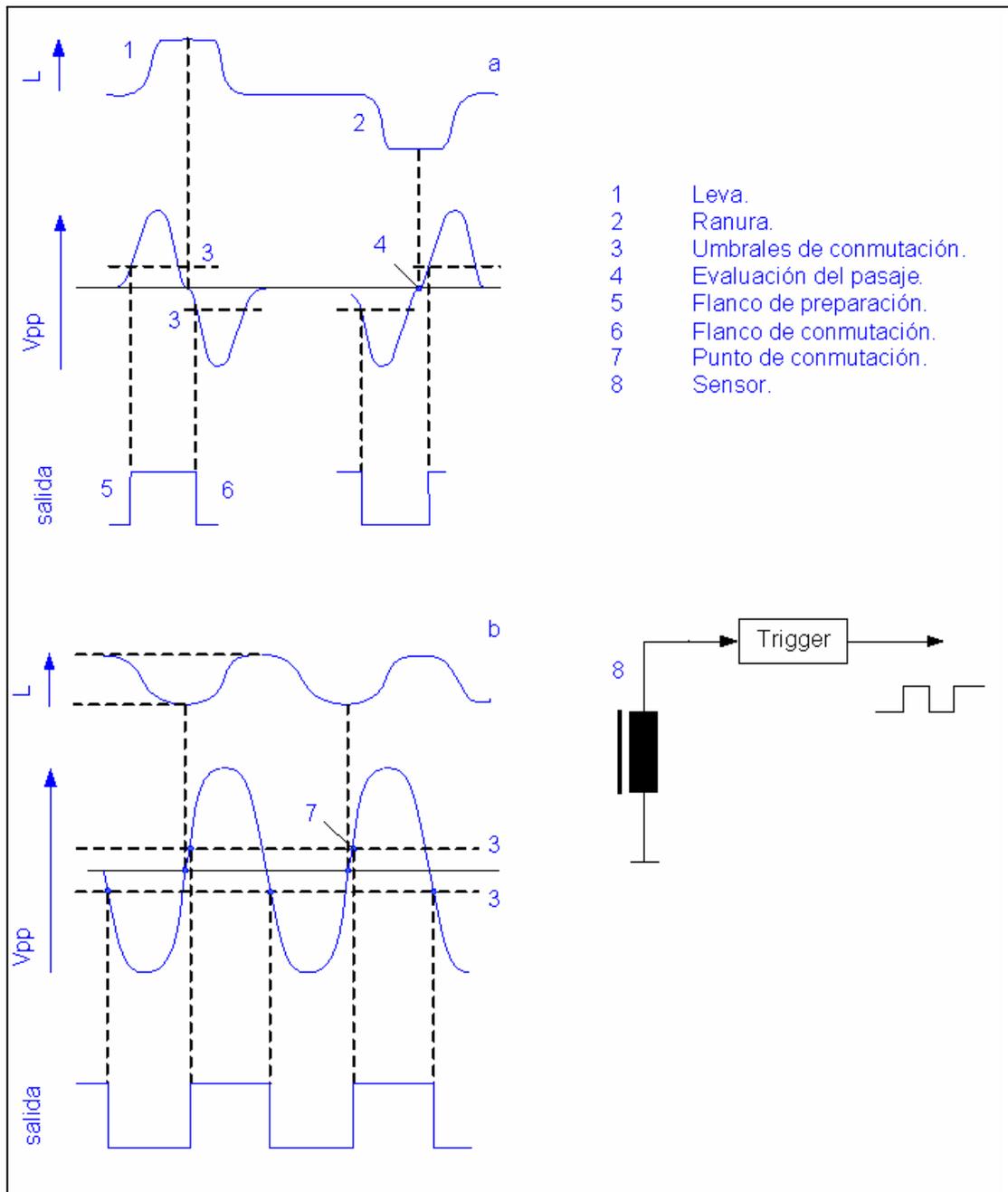


FIGURA 25

Diagrama del flujo y de la tensión en un sensor inductivo

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Ventajas:

- Fabricación económica.
- Alta estabilidad a perturbaciones.
- Amplio margen de temperaturas.

Desventajas:

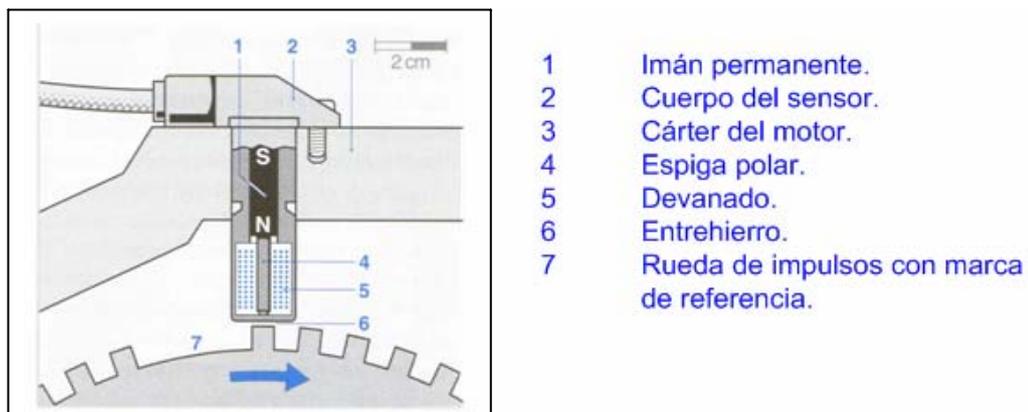
- La señal de salida es dependiente de la velocidad de rotación, poca detección para movimientos casi estáticos.
- Sensible a variaciones de la distancia entrehierro.
- Límites de reducción del tamaño, cuando es un bobinado convencional.

3.3.4 Magnitudes

Los sensores de revoluciones inductivos del motor, se utilizan para:

- Medir el número de revoluciones del motor.
- Detectar la posición de cigüeñal (posición de los pistones del motor).

La señal de este sensor es una de las más importantes para la unidad de control electrónico. El número de revoluciones se calcula a través del período de tiempo que existe entre las señales del sensor. El sensor se encuentra frente a la rueda dentada (Figura 26), separado una distancia entrehierro. El imán permanente genera un campo magnético que se extiende sobre espiga polar y penetra en la rueda dentada ferromagnética. El flujo a través de la bobina depende de si delante del sensor está un hueco o un diente de la rueda. Un diente concentra el flujo del imán permanente, esto provoca una intensificación del flujo a través de la bobina. En caso contrario, un hueco debilita el flujo magnético a través de la bobina.

**FIGURA 26****Estructura del sensor de revoluciones inductivo**

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

“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 lo tanto, al número de revoluciones”¹ (Figura 27).

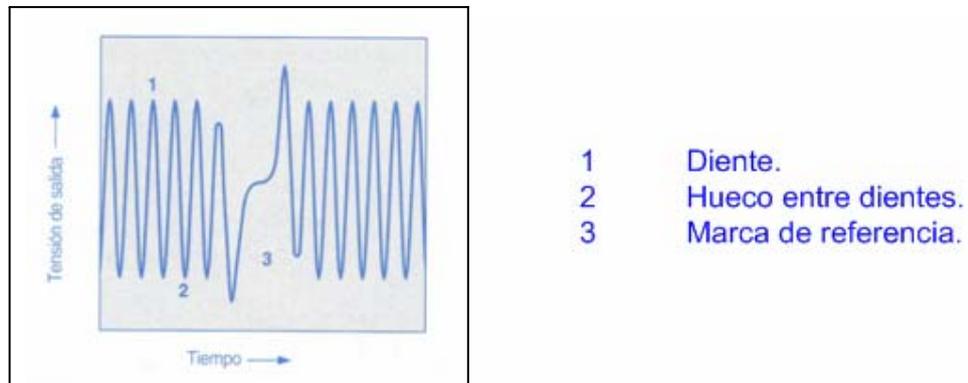


FIGURA 27

Señal del sensor de revoluciones inductivo

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

La amplitud de la tensión existe a partir de un número mínimo de 30 revoluciones por minuto. El número de dientes de la rueda dentada generalmente tienen 60 divisiones, existiendo en ellas un hueco que corresponde a dos dientes. Por lo tanto, la rueda tiene $60 - 2 = 58$ dientes. El hueco debido a los dientes faltantes es una marca de referencia y está asignado a una posición específica del cigüeñal (PMS del primer cilindro). Esto sirve para sincronización de la unidad de control.

Un trigger convierte la tensión sinusoidal de amplitud variante en una tensión rectangular de amplitud constante. Esta señal será evaluada por un microcontrolador en la unidad de control.

3.4 Sensor de posición

La tendencia de este tipo de los sensores de posición es el uso de sensores sin contacto, que no presentan desgaste y ofrecen una duración más larga y mayor fiabilidad. Sin embargo, factores económicos obligan a seguir usando sensores de contacto.

Una de las señales de mayor importancia para la gestión electrónica es la posición de la mariposa. Ella no solo detecta el estado de ralentí, media o plena carga del

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 52.

motor, sino además la voluntad del conductor del pedido de mayor potencia para aceleraciones, o subida de pendientes.

3.4.1 Sensor de mariposa.

“Este sensor detecta el ángulo de giro de la mariposa de aire del motor de gasolina. Los motores equipados con 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 (ralentí, carga parcial, plena carga) y como señal de marcha de emergencia en caso de fallar el sensor de carga principal (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 los dos campos angulares.”¹

El sensor de mariposa es un sensor angular **potenciométrico** que puede tener una o dos curvas características que son lineales. Los cursores fijados en el brazo detector sujeto al árbol de la mariposa se deslizan a lo largo de las pistas resistivas que les corresponde. El ángulo de giro de la mariposa es convertido a una relación de tensiones (Figura 28), siendo la tensión de funcionamiento 5V.

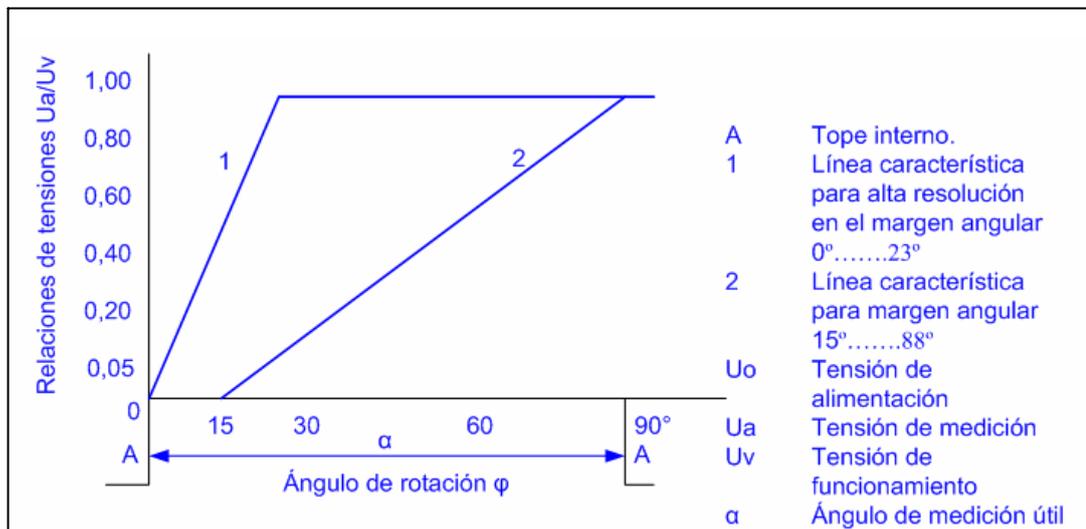


FIGURA 28

Líneas características del sensor de mariposa

Generalmente en el brazo cursor se coloca una segunda pista de contacto, con una capa de material conductor de bajo ohmiaje (Figura 29).

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 29.



FIGURA 29

Estructura del sensor de mariposa

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Para el control de las sobrecargas (Figura 30), está aplicada la tensión a la pista de medición a través resistencias en serie y para el calibrado del punto cero. La curva característica depende del ancho de la pista de medición.

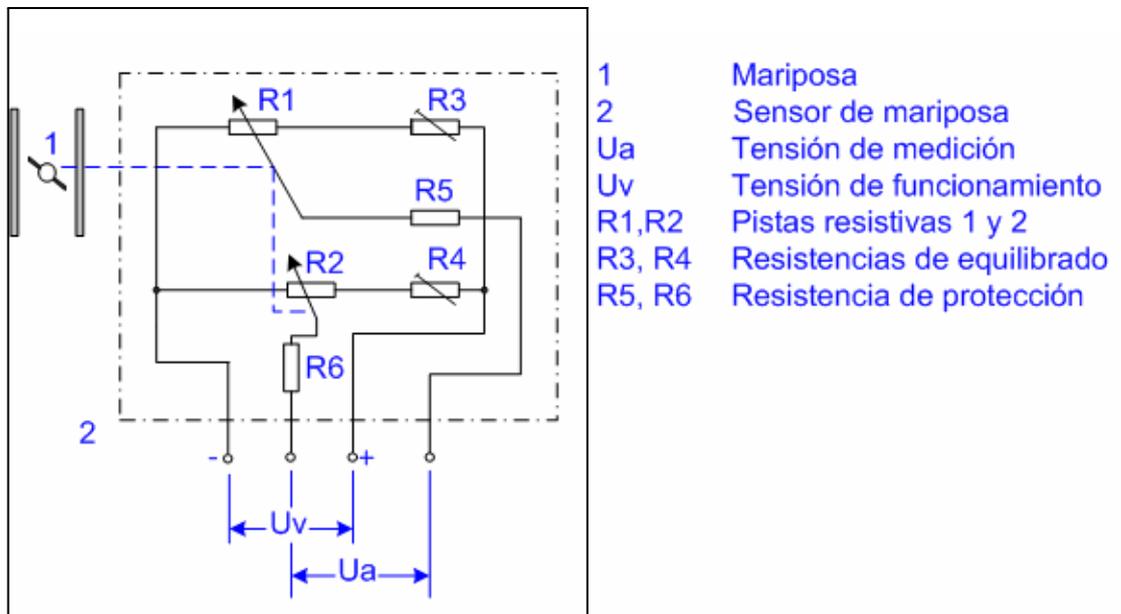


FIGURA 30

Circuito del sensor de mariposa

Existe una gran cantidad de ventajas evidentes de los sensores potenciométricos; sin embargo, tiene que enfrentar un número considerable de graves desventajas.

Ventajas:

- Estructura sencilla.
- Efecto de medición grande (carrera de medición \cong tensión de alimentación).
- Amplia gama de temperatura (<250°C).
- Alta precisión (menor al 1% del valor final de medición).
- Facilidad de calibrado (por láser).
- No se requiere electrónica.
- Numerosos fabricantes.
- Curva característica lineal.

Desventajas:

- Desgaste mecánico (sensor de contacto).
- Errores de medición a causa de restos de abrasión.
- Variación de la resistencia de contacto entre cursor y pista de medición.
- Ensayos complicados y costosos.
- Limitación del tamaño.
- Generación de ruido.
- Levantamiento del cursor en caso de fuertes vibraciones.

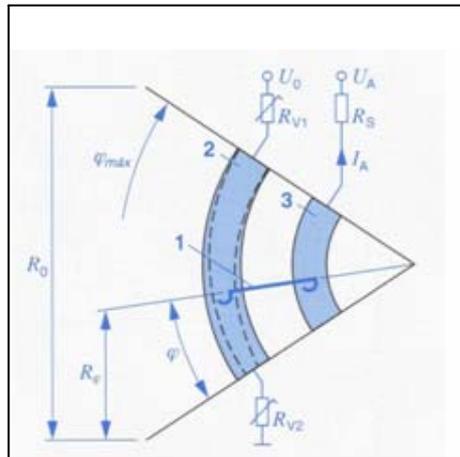
3.4.2 Sensor de pedal acelerador.

El conductor puede acelerar, reducir o mantener constante la velocidad accionando la mariposa del motor a través del pedal acelerador, para permitir o restringir el paso de aire, mecánicamente con un cable o un varillaje en un mando convencional.

Cuando el motor posee un sistema electrónico, un sensor en el pedal acelerador reemplaza la unión mecánica del pedal con la mariposa. La función del sensor es detectar la posición angular del pedal y enviar la información a la unidad de control del motor.

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 de sensor almacenada, la unidad de control convierte esta tensión en recorrido relativo o posición angular del acelerador.”¹ (Figura 31).

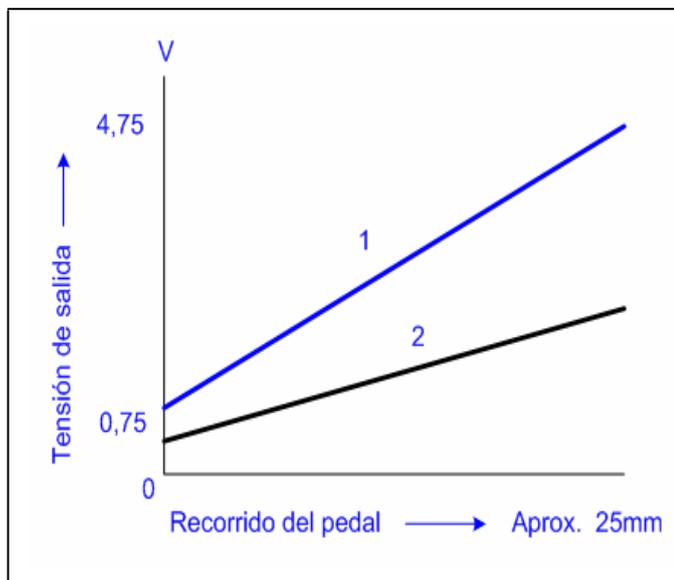


- 1 Cursor
- 2 Pista de resistencia
- 3 Pista de contacto
- Ia Corriente del cursor
- Uo Tensión de alimentación
- Ua Tensión de medición
- R Resistencia
- φmax Angulo de rotación máximo
- φ Ángulo de medición

FIGURA 31

Potenciómetro de cursor

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.



- 1 Potenciometro 1 (potenciometro piloto)
- 2 Potenciometro 2 (media tension)

FIGURA 32

Línea característica del sensor de pedal acelerador con potenciómetro

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 32.

Con objetivo de diagnóstico y para el caso de un funcionamiento irregular hay un segundo sensor. El sensor trabaja con los dos potenciómetros y en todos los puntos de contacto el segundo potenciómetro suministra siempre la mitad de la tensión del primero, para que la unidad de control reciba dos señales independientes y de esta manera identificar posibles defectos (Figura 32).

Sensor de ángulo hall de pedal acelerador.

“Si una corriente fluye en un conductor (o semiconductor) y se le aplica un campo magnético perpendicular a dicha corriente, entonces la combinación de corriente y campo magnético genera un voltaje perpendicular a ambos. Este fenómeno se denomina Efecto Hall.”¹ (Figura 33). “En caso de utilizar silicio como material base, se puede integrar sobre la plaqueta 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.”²

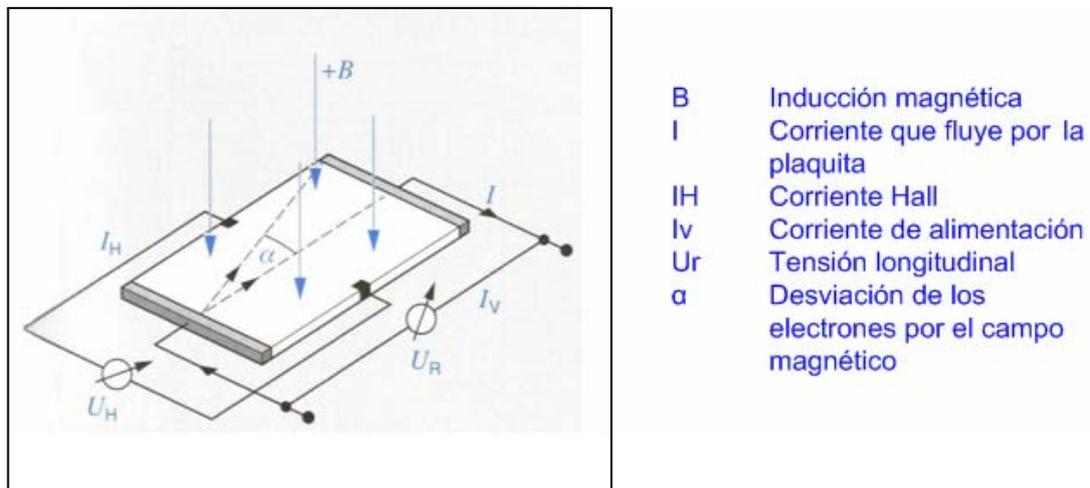


FIGURA 33

Efecto Hall

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Con un imán móvil y piezas conductoras fijas de hierro dulce se puede obtener directamente una señal lineal de salida incluso para grandes márgenes angulares (Figura 34). Consiste en destinar el campo magnético del imán móvil a través de un sensor Hall colocado entre dos piezas semicirculares conductoras de flujo. El flujo magnético que atraviesa el sensor Hall depende del ángulo de rotación φ .

¹ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Sensores_2003.pdf

² Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 17.

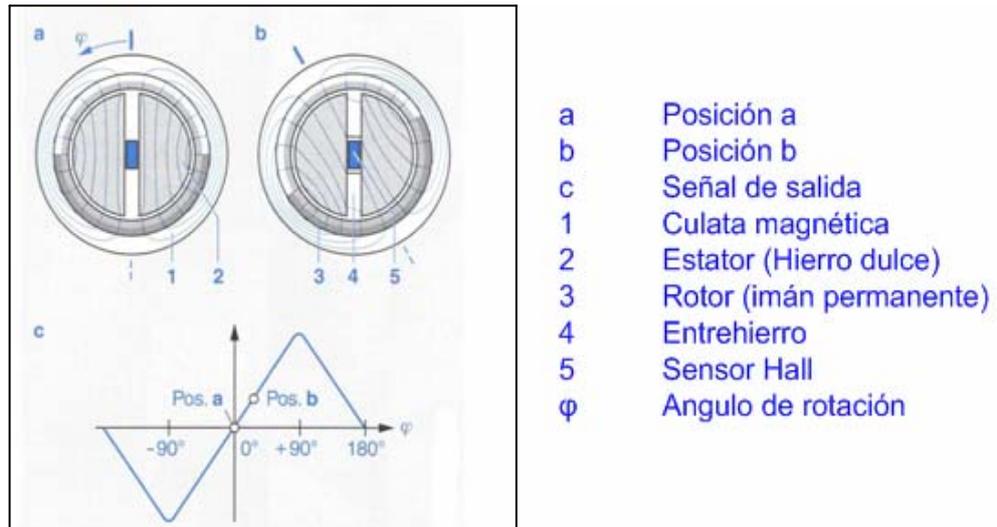


FIGURA 34

Sensor Hall de imán móvil

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

El sensor Hall ARS1 (Angle of Rotation Sensor) se basa en el principio de imán móvil. Su ángulo de medición es aproximadamente de 90° (Figura 35).

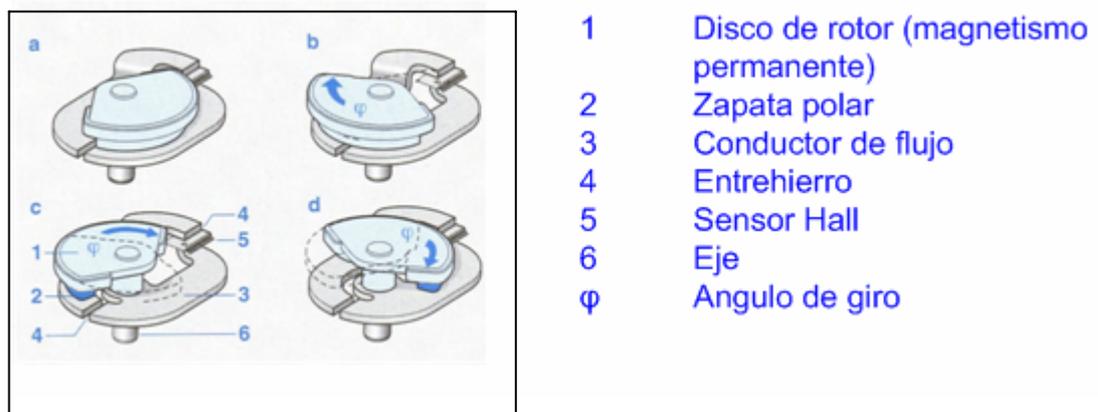


FIGURA 35

Sensor Hall ARS1

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

El flujo magnético de un rotor, formado por un disco semicircular de magnetismo permanente, es reconducido al rotor por medio de la zapata polar, conductores de flujo y el eje. El flujo es conducido en mayor o menor intensidad dependiendo de la posición angular del rotor, a través de los dos conductos de flujo y el sensor Hall detecta la medida del flujo. De esta manera se consigue una característica lineal.

3.5 Sensor de temperatura

3.5.1 Concepto

La temperatura es una magnitud no direccional que caracteriza el estado energético de un medio y que puede depender del lugar y del tiempo.

$$T = f(x, y, z, t)$$

Donde: x, y, z Coordenadas espaciales

t Tiempo,

T Temperatura en escala centesimal o la escala de Kelvin.

Un buen aislamiento térmico entre el sensor y su soporte es fundamental, con el objeto de que la temperatura medida por el sensor no sea alterada por la temperatura propia que posee su fijación, que por lo general son diferentes. La energía calorífica que genera la mayoría de los sensores al estar en funcionamiento debe mantenerse a un nivel lo más bajo posible (< 1mW), debido a que el resultado de la medición puede ser alterado.

La dinámica de un sensor de temperatura lo expresa la constante de tiempo ζ . Esta magnitud indica el tiempo que el sensor necesita para alcanzar p. ej. Al 63%, 90% o 99% de su valor final.

“Este tiempo depende no sólo de la capacidad térmica de la sonda, sino también muy esencialmente del coeficiente de transferencia del calor respecto al medio en cuestión. Cuanto mayor es el coeficiente, con tanta más rapidez indica el sensor su valor final. Este coeficiente es naturalmente mucho mayor para los líquidos que para los medios gaseosos. Hay que tener en cuenta también que el coeficiente de transferencia de calor depende mucho de una eventual velocidad de flujo v del medio en cuestión. El coeficiente aumenta aproximadamente con la \sqrt{v} . La constante de tiempo de un sensor de temperatura se debería indicar siempre, por tanto, en relación a una velocidad de flujo determinada de un medio bien definido.”¹

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 118.

3.5.2 Características

Sensor de temperatura del motor

Este sensor está en contacto directo con líquido refrigerante (Figura 36) del motor, con el objeto de determinar la temperatura del motor basándose en la temperatura del refrigerante (campo de medición $-40\dots\dots\dots+120^{\circ}\text{C}$).

La medición temperatura en el motor de un automóvil se lo realiza a través de termómetros que están en contacto con el líquido refrigerante, los cuales están constituidos por componentes resistivos de coeficiente de temperatura positivos (PTC) o negativo (NTC), aprovechando su dependencia de la temperatura. La transformación de una magnitud resistiva en una magnitud de tensión se efectúa en la mayoría de las veces mediante una resistencia térmica neutra, formando un divisor de tensión, esto tiene como efecto finalizar la señal.

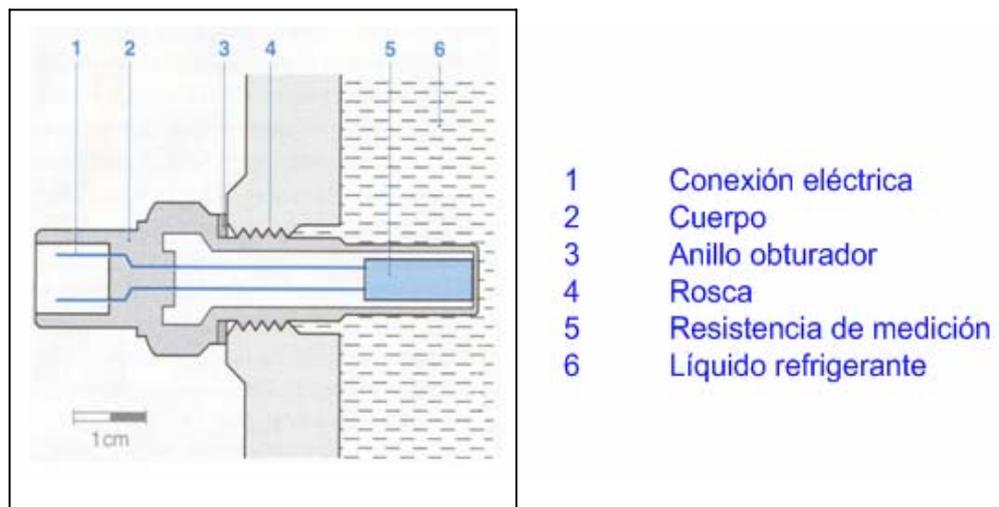


FIGURA 36

Sensor de temperatura del líquido refrigerante

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Sin embargo, los sensores de temperatura del motor normalmente son de tipo **NTC** (coeficiente de temperatura negativo), esporádicamente son de tipo PTC (coeficiente de temperatura positivo), por lo tanto, su resistencia disminuye al subir la temperatura.

3.5.3 Principio de medición

Resistivos

“La resistencia eléctrica de varios materiales cambia de manera reproducible con la temperatura. Estos materiales están en dos categorías: Materiales conductivos (metales) y semiconductores. Los materiales conductivos son llamados termómetros resistivos o detectores de temperatura resistivos y se introdujeron primero. Los materiales semiconductores se introdujeron más recientemente y son llamados termistores.”¹ “Las resistencias eléctricas constituidas por elementos bipolares dependientes de la temperatura son particularmente apropiadas para la medición de temperaturas.”² La conversión en una señal de tensión analógica se hace mediante la agregación de una resistencia fija R_v , creando de esta manera un divisor de tensión (Figura 37).

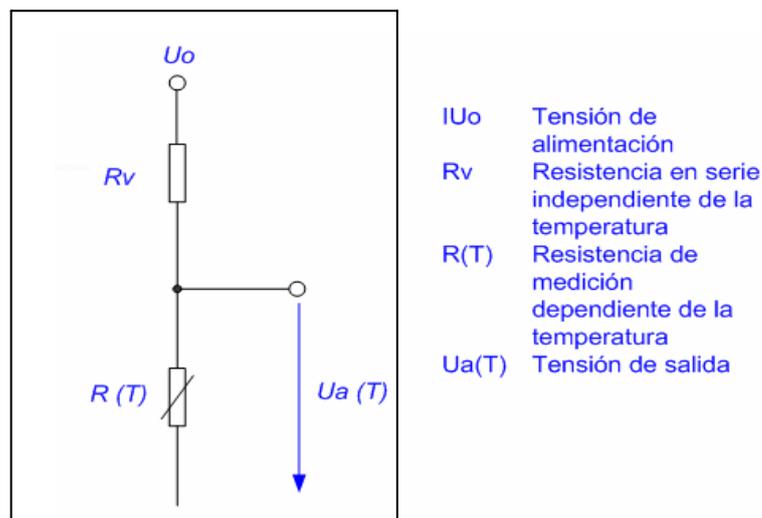


FIGURA 37

Circuito de linealización y conversión de resistencia a tensión

$$U_A(T) = U_0 \cdot \frac{R(T)}{R(T) + R_v}$$

Donde: $U_A(T)$: Tensión de salida.

U_0 : Tensión de alimentación

$R(T)$: Resistencia de medición.

R_v : Resistencia fija en serie.

¹ Webster. Interfacing sensors to IBM PC. [S.A]. 202 – 204.

² Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 119.

La desventaja del circuito divisor de tensión es que disminuye la sensibilidad de medición del sensor, dependiendo del dimensionamiento; sin embargo, logra un efecto de linealización (Figura 38), lo cual es bastante ventajoso. La resistencia neutra del circuito divisor de tensión se dimensiona de manera que su valor corresponda a la resistencia de medición a una temperatura de referencia T_0 (p. ej. 20°C):

$$R_v \approx R(T_0)$$

Donde: R_v : Resistencia fija o neutra.

$R(T_0)$: Valor de resistencia a una temperatura de referencia T_0 .

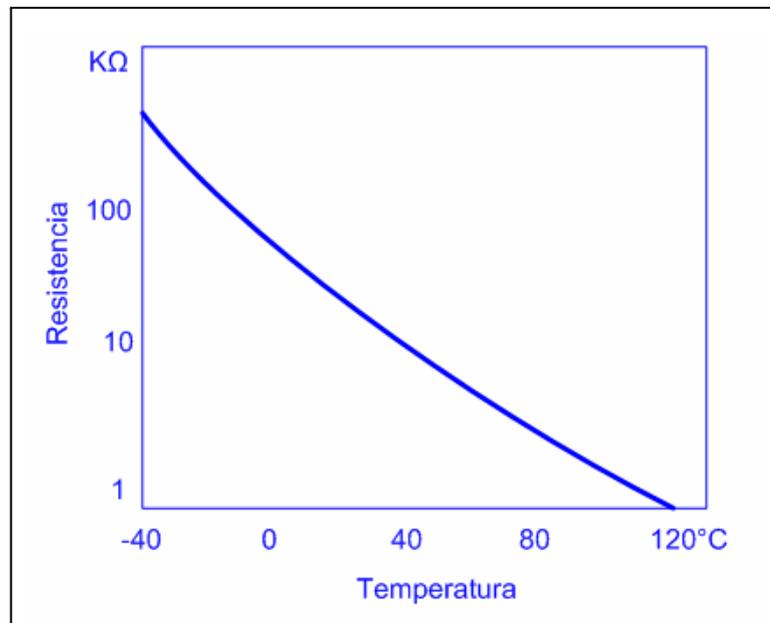


FIGURA 38

Curva característica de un sensor de temperatura NTC

El divisor de tensión es alimentado por una tensión de 5 V. La tensión que se mide en la resistencia depende de la temperatura del líquido refrigerante. Este valor analógico es convertido a digital. La unidad de control tiene almacenada la curva característica que indica la temperatura que corresponde a cada valor de tensión.

Termistores

Los termistores son resistencias térmicamente sensibles fabricados de materiales semiconductores. Debido a su alta sensibilidad y fabricación económica, generalmente las resistencias semiconductoras son a base de óxidos de metales pesados o de cristales mixtos oxidados (manganeso, cobalto, cobre, magnesio, titanio, uranio y otros). Se solidifican en forma de perlas o de discos (Figura 39). Ya que su curva característica de temperatura es muy pronunciada, reciben el nombre de “termistores”.

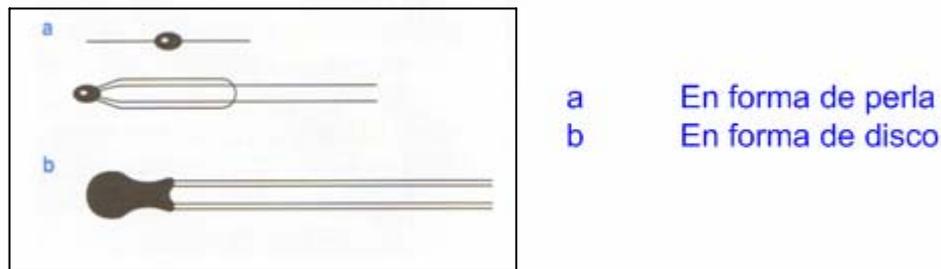


FIGURA 39

Forma física de los termistores

[Interfacing sensors to IMB PC.](#)

La siguiente ecuación exponencial, representa aproximadamente su curva característica:

$$R(T) = R_0 \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Siendo R_0 : $R(T_0)$

B : 2000.....5000K = const

T : Temperatura de medición (Kelvin)

T_0 : Temperatura de referencia (generalmente, 298.15 K).

De la ley matemática se puede inferir que, el termistor no es apto para medir grandes rangos; salvo que se considere una buena linealización y “reconoce” pequeños cambios térmicos. Podemos observar en la ecuación, un aumento de la temperatura produce una disminución del valor de la resistencia y de la pendiente de la característica (Figura 40).

Los termistores pueden calificarse como sensores moduladores, o sea necesitan de una fuente de alimentación por lo se debe evitar el autocalentamiento, y esto se logra trabajando con voltajes y corrientes pequeñas. Si se tiene cuidado y la potencia disipada en el dispositivo se mantiene en el orden de los miliwatts se pueden lograr resoluciones hasta del orden de $0,01^{\circ}\text{C}$.

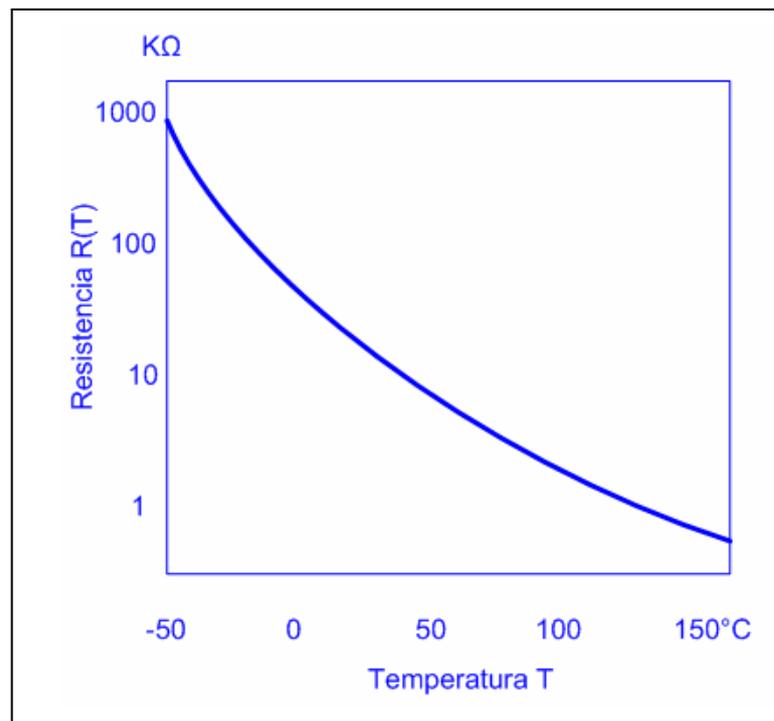


FIGURA 40
Curva característica de un termistor

La estabilidad de los termistores al envejecimiento prematuro se ha mejorado en comparación con los sensores resistivos, de modo que sus resoluciones conservan a lo largo de su vida útil.

Termoresistencias (PT 100)

Los materiales para la fabricación de termoresistencias se escogen en función de la variación natural que exhiben los metales con la temperatura. El material más popular es el platino. Su coeficiente de variación no es de los mejores pero tampoco es malo (su resistencia varía $0,385 \Omega/^{\circ}\text{C}$); sin embargo lo realmente atractivo del platino es su alta linealidad.

La siguiente ecuación es la base para el cálculo de estos sensores:

$$R(T) = R_0 (1 + a \cdot T + b \cdot T^2 + \dots)$$

Siendo: R_0 Resistencia nominal a 0°

a, b Coeficientes térmicos

$R(T)$ Resistencia medida

T Temperatura medida

Pero dicha ecuación podemos aproximar a:

$$R(T) \approx R_0 + \alpha T$$

Donde: α Coeficiente térmico calculado a partir de una temperatura de referencia T_0

De la ecuación podemos decir que, estos tipos de sensores son muy lineales sobre un amplio rango de medición (Figura 41), son medianamente sensibles, no poseen histéresis y tienen un offset de 100Ω a 0°C .

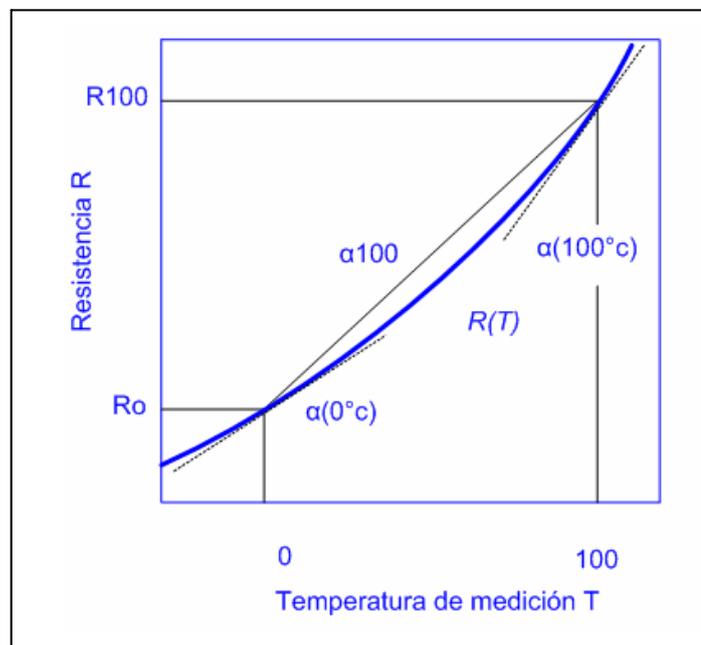


FIGURA 41

Curva característica de una termoresistencia

3.6 Sensor de gas, sonda de concentración

3.6.1 Concepto

“La concentración de una sustancia determinada indica la fracción de masa o de volumen con que está contenida en otra sustancia o en una mezcla de otras sustancias. La propiedad de un sensor de concentración (llamado a menudo también sonda de concentración) consiste en que es únicamente sensible a una sustancia de medición e “ignora” (en el caso ideal) a ser posible totalmente a otras sustancias.”¹

Los sensores de gas casi siempre están expuestos directamente y sin protección a sustancias extrañas, corren el riesgo de un daño irreversible (envenenamiento). El plomo que se encuentra eventualmente en el combustible o en los gases de escape pueden ocasionar daños irreparables de las sondas electrónicas de oxígeno (**sonda lambda**).

3.6.2 Principio de medición

Sonda lambda de dos puntos

Están ubicadas en el tubo de escape y detectan el flujo de gases de escape de los cilindros. Las sondas de dos puntos revelan si los gases de escape son generados por una mezcla rica ($\lambda < 1$) o pobre ($\lambda > 1$). La curva característica de la sonda es una variación brusca que permite regular la mezcla a $\lambda = 1$ (Figura 42).

La sonda está constituida por un electrolito sólido, el cual está compuesto por un cuerpo cerámico cerrado por un lado, inmune a los gases. Las superficies de la cerámica están provistas en ambos lados de electrodos de platino. El electrodo de platino que está dentro en el tubo de escape, funciona como un catalizador: los gases de escape de ese lugar son objeto de un tratamiento catalítico y obtienen un equilibrio estequiométrico ($\lambda = 1$). El lado opuesto esta revestido de una capa cerámica que protege contra la suciedad (Figura 43).

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 108

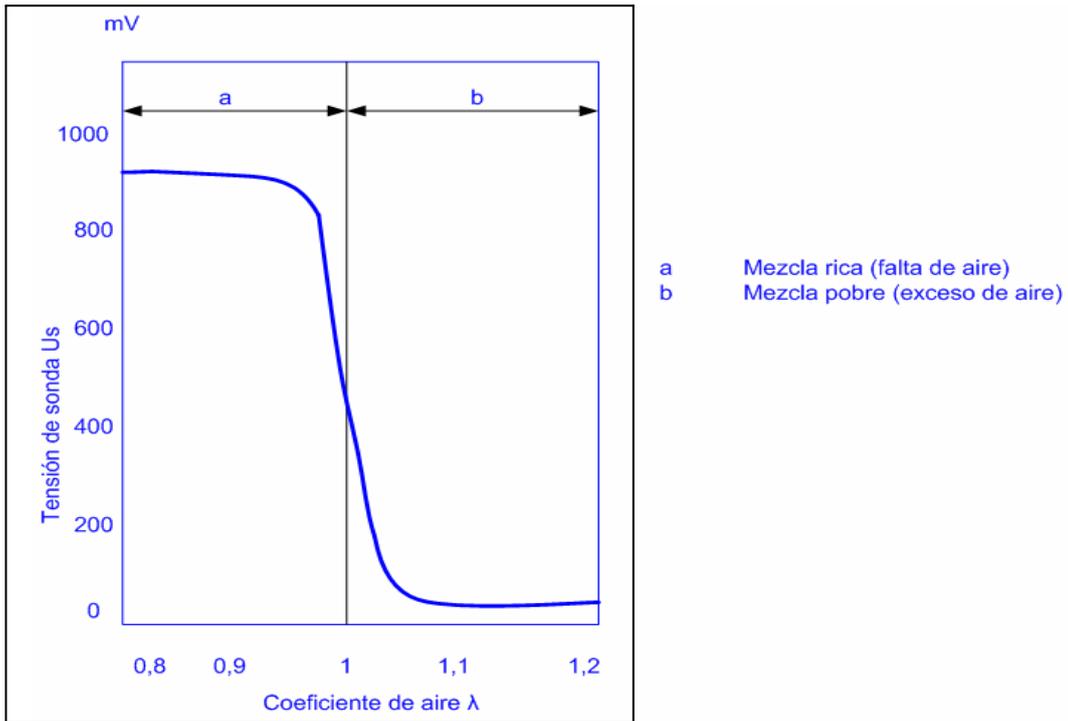


FIGURA 42

Curva característica de la sonda lambda de dos puntos

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

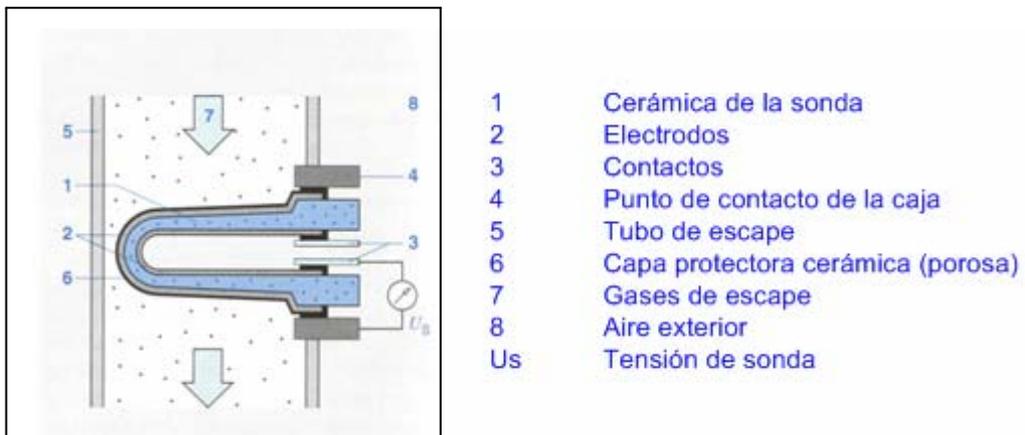


FIGURA 43

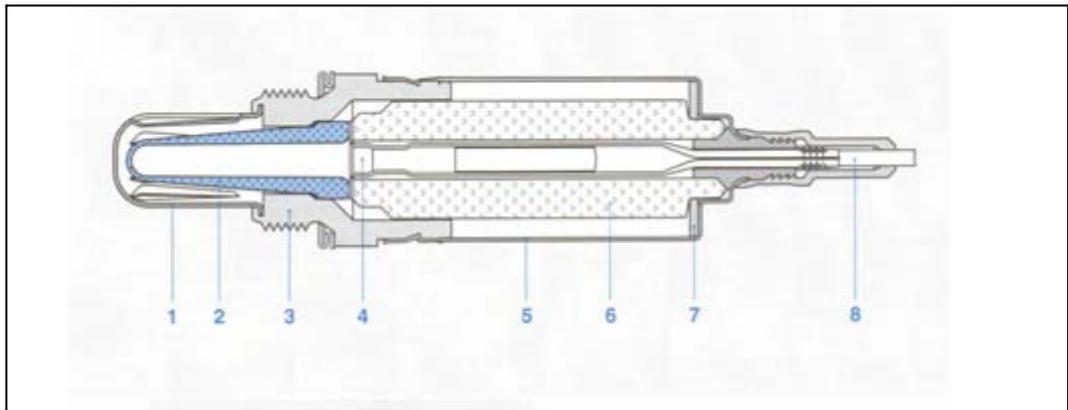
Estructura de la sonda lambda de dos puntos

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

3.6.3 Características

Sonda no calefaccionada de dos puntos

Un tubo cerámico de apoyo y un resorte sostienen el elemento cerámico activo dentro de la caja de la sonda y aseguran estanqueidad (Figura 44). Un talón de contacto entre el tubo de apoyo y la cerámica activa de la sonda constituye la unión eléctrica entre el electrodo interno y el cable de conexión.



- 1 Tubo de protección
- 2 Cerámica activa de la sonda
- 3 Caja de la sonda
- 4 Talón de contacto
- 5 Casquillo de protección
- 6 Tubo cerámico de apoyo
- 7 Resorte
- 8 Cable de conexión

FIGURA 44

Sonda no calefaccionada de dos puntos

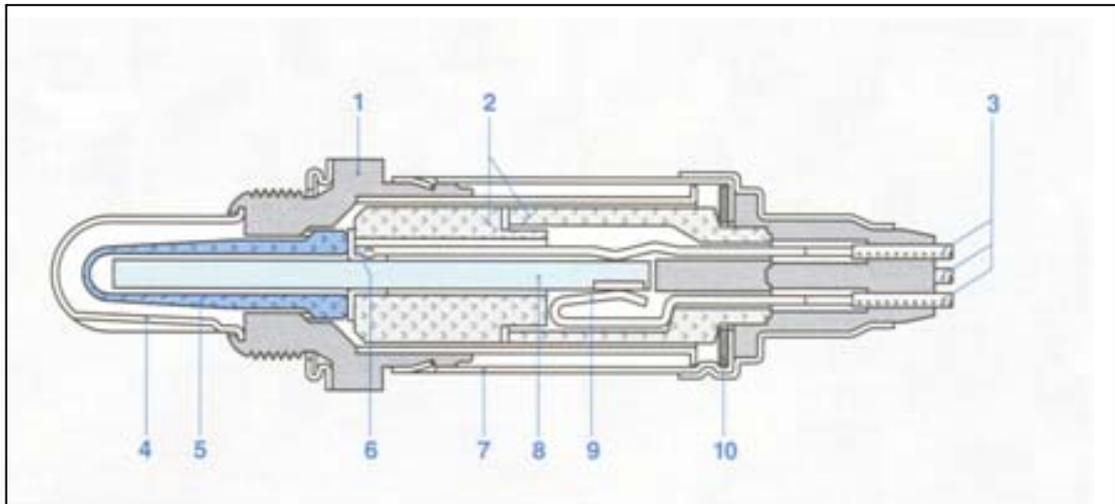
Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Un casquillo de protección sostiene y fija toda la estructura interna de la sonda. Protege también el interior contra la suciedad. El cable de conexión está introducido en el talón de contacto que conduce al exterior y es protegido por una gorra estable a la temperatura, contra la humedad y movimientos mecánicos.

Sonda calefaccionada de dos puntos

La sonda calefaccionada (Figura 45) posee un elemento calefactor. La calefacción proporciona un rápido calentamiento de la cerámica, alcanzándose la temperatura

de servicio dentro de 20 a 30 segundos después de que el motor arrancó, con lo que asegura ya la regulación de la lambda. Por tener la sonda de calefaccionada siempre una temperatura óptima de funcionamiento, las emisiones de gases de escape son bajas y estables.



- 1 Caja de la sonda
- 2 Tubo cerámico de apoyo
- 3 Cable de conexión
- 4 Tubo protector
- 5 Cerámica activa de la sonda
- 6 Talón de contacto
- 7 Casquillo de protección
- 8 Elemento calefactor
- 9 Conexiones a presión del elemento calefactor
- 10 Resorte

FIGURA 45

Sonda calefaccionada de dos puntos

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Funcionamiento de sonda lambda de dos puntos

La cerámica de la sonda lambda de dos puntos, se vuelve conductora de los iones de oxígeno a partir de una temperatura de **350°C**. Debido que los gases de escape contienen siempre una cantidad de oxígeno, incluso funcionando el motor en mezcla rica, se produce una tensión eléctrica entre los electrodos a causa del diferente porcentaje de oxígeno. De esta manera es posible utilizar el porcentaje de oxígeno de los gases de escape como medida de la relación aire – combustible.

La tensión generada por la sonda dependiendo del porcentaje de oxígeno de los gases de escape alcanza 800 a 1000 mV para una mezcla rica ($\lambda < 1$), y 100 mV para una mezcla pobre ($\lambda > 1$). La transición de la zona rica a la zona pobre se produce a una tensión de 450 a 500 mV.

La temperatura del cuerpo cerámico influye en la conductividad de los iones de oxígeno y, en consecuencia, en la tensión suministrada en función de la cantidad de aire λ (los valores de la figura 42 rigen para aproximadamente 600°C).

“Además, el tiempo de respuesta a una variación de tensión en caso de cambiar la composición de la mezcla depende mucho de la temperatura. Si esos tiempos de respuesta son de algunos segundos cuando la cerámica tiene una temperatura inferior a 350°C, la sonda reacciona ya tras un tiempo inferior a 50 ms al tener una temperatura óptima de funcionamiento de 600°C. Por eso está desactivada la regulación lambda después del arranque el motor hasta alcanzarse la temperatura mínima de funcionamiento de unos 350°C. El motor funciona entonces de modo controlado.

Si las temperaturas son demasiado elevadas, se acorta la vida útil. Por eso la sonda ha de estar montada de modo que no se sobrepasen los 850°C durante un largo funcionamiento a plena carga; para un corto período de tiempo se admite un límite máximo de 930°C.”¹

3.7 Tratamiento de las señales

“Los sensores electrónicos han ayudado no solo a medir con mayor exactitud las magnitudes, sino a poder operar con dichas medidas. Pero no se puede hablar de los sensores sin sus acondicionadores de señal, ya que normalmente los sensores ofrecen una variación de señal muy pequeña”²

El acondicionamiento de señales puede tener las siguientes funciones, dependiendo de la necesidad:

- **Amplificación:** Se aplica cuando los niveles de voltaje que va a medir son demasiado pequeños. La amplificación se usa para maximizar la efectividad de su digitalizador. Al amplificar la señal de entrada, la señal se

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 115.

² http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Sensores_2003.pdf

acondicionada usa más efectivamente el rango del convertidor analógico – digital y mejora la precisión y resolución de la medición

- **Filtrado de frecuencias:** Son necesarios para eliminar cualquier componente de frecuencia no deseada en una señal; principalmente para evitar el *aliasing* (es una señal falsa, generada por un muestreo más lento, con respecto a la frecuencia máxima de la señal analógica) y reducir la señal de ruido.
- **Linealización:** Algunos sensores producen señales que no son lineales en relación con la magnitud física que están midiendo. La linealización se lo puede realizar por medio de acondicionamiento de la señal o por software.
- **Atenuación:** Es todo lo contrario a la amplificación. Es necesario cuando el voltaje que se va a digitalizar es mayor que el valor límite del digitalizador. “Esta forma de acondicionamiento de señal disminuye la amplitud de la señal de entrada, para que la señal acondicionada este dentro del rango del ADC.”¹
- **Multiplexor de señales:** Con esta función se puede rutear secuencialmente un cierto número de señales a un solo digitalizador, con el objetivo de tener un sistema económico y extendiendo el número de conteo de las señales.
- **Interfase para bus (CAN): (Controller Area Network)** Es un protocolo de comunicaciones serie, utilizada para conectar distintos procesos de aplicación con el propósito de asegurar la exploración del vehículo (comando, supervisión, mantenimiento y gestión).
- **Autovigilancia, diagnosis a bordo (OBD): (On Board Diagnostics)** Las características de a bordo están incorporadas en el hardware y en el software de la computadora de a bordo de un vehículo para monitorear prácticamente todos los componentes que pueden afectar las emisiones.
- **Conversión analógico/digital o digital/analógico:** “Estos adaptadores, como acondicionadores de señal, son los amplificadores operacionales en sus diferentes estructuras de montaje, pasando por filtros o procesadores

¹ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/>

analógicos, convirtiendo estas señales de analógico a digital para posteriormente ser procesados los datos con un DSP o un microcontrolador y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital analógico:¹ (Figura 46).

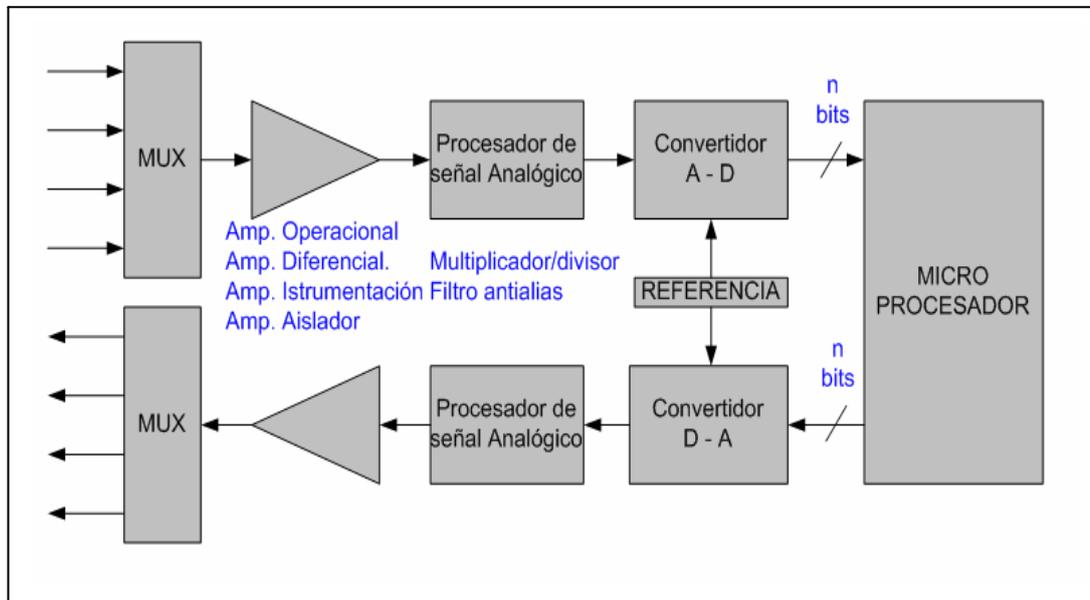


FIGURA 46

Conversión analógico/digital y digital/analógico

http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Sensores_2003.pdf

“Todas estas funciones están generalmente disponibles en forma de circuitos integrados de aplicación específica llamados ASIC (**A**pplication **S**pecific **I**ntegrated **C**ircuits).”² Estos circuitos integrados pueden ser instalados en el lado del sensor o en la unidad de control electrónica. Sin embargo, en algunos casos las funciones están repartidas en los dos lados.

Del primer al tercer grado de integración de los sensores (Figura 47) brinda la ventaja de que el sensor y la **preparación de señales** (SA) son equilibrados y compensados en común (inmunes a perturbaciones).

¹ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Sensores_2003.pdf

² Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 134.

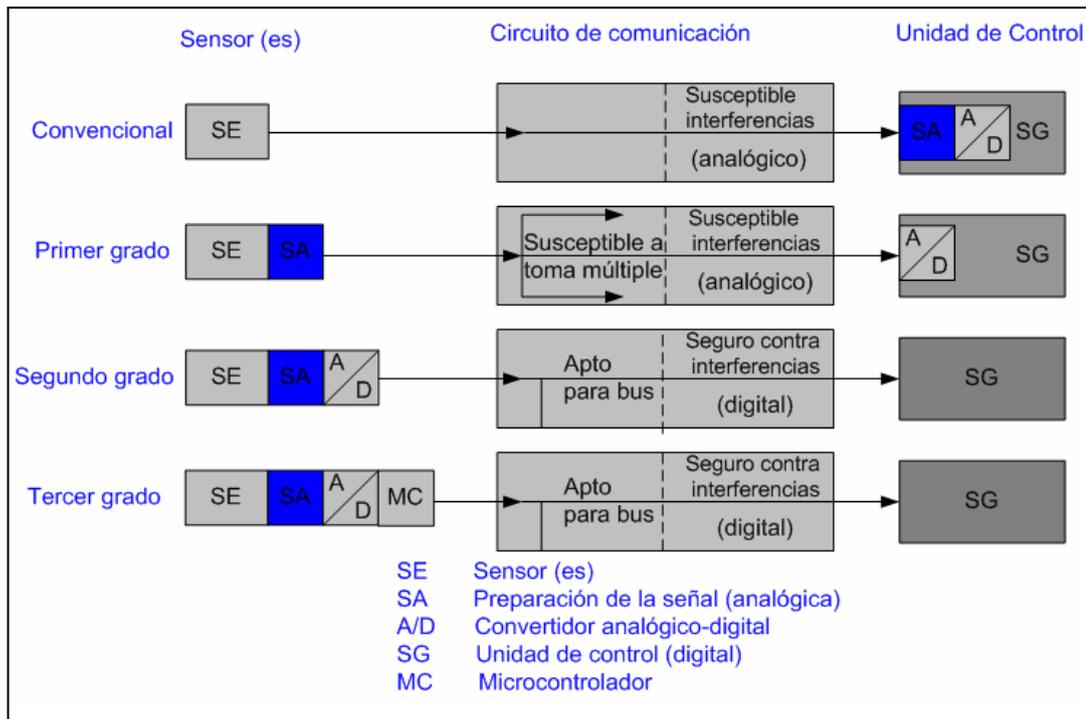


FIGURA 47

Grados de integración de los sensores

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

“Al principio los ASIC fueron concebidos preferentemente para ser montados en unidades de control. Por eso no pudieron tomarse en consideración ciertas exigencias que se basan en propiedades especiales, en parte individuales, de los sensores. Ahora, los circuitos se conciben en general para ser montados directamente en el sensor. Los ASIC pueden en este caso ejercer la función de un sensor “inteligente”, memorizando magnitudes individuales para el equilibrado y compensado y efectuando así correcciones en caso de errores o defectos.”¹ Sin embargo, por aspectos económicos, en la actualidad se utilizan otros métodos de integración más convenientes, que corresponde a la tecnología actual (p. ej. híbridos de capas gruesas, cajas de chip comunes). Estos sistemas son más flexibles y más fácil de acoplar a otras aplicaciones.

ASIC CC340

Este circuito es un amplificador de señales (Figura 48). Este módulo en técnica CMOS representa un amplificador analógico diferencial. Con la ayuda de un circuito de corrección, se puede regular simultáneamente el desplazamiento (offset) y la amplificación, en función de una señal.

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 135.

El ASIC CC340 es adecuado para amplificar muy exactamente la tensión de salida de un sensor de presión y al mismo tiempo detectar la temperatura de funcionamiento; y así corregir la temperatura en una sección del circuito. Las dos funciones de corrección (desplazamiento y amplificación) se toman de la EEPROM; de esta forma se puede corregir un amplio margen de temperatura no lineales.

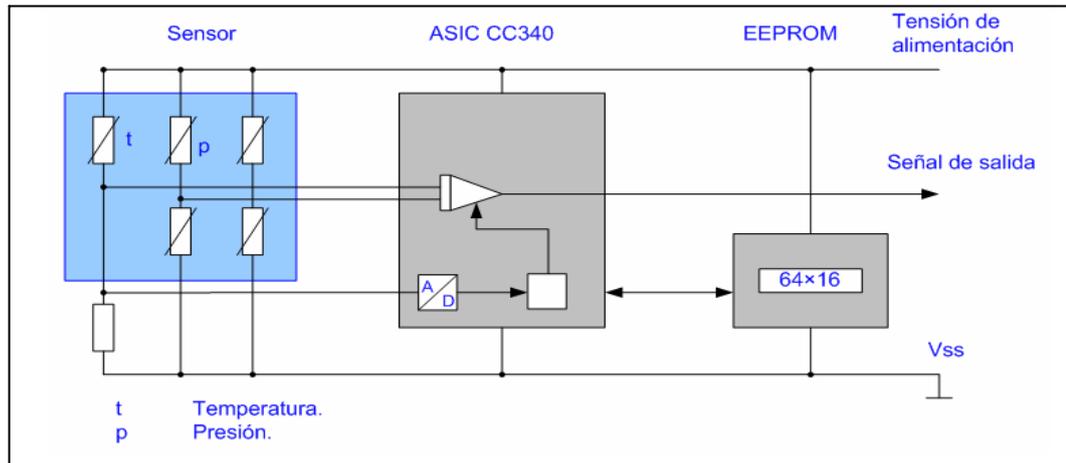


FIGURA 48

Amplificador de señales ASIC CC340 y de la EEPROM

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

ASIC CC400

“El CC400 permite la evaluación digital de sensores inductivos por medio de una posibilidad de equilibrado y corrección especialmente adaptada al tipo de sensor. Con este ASIC es posible mejorar considerablemente no sólo las propiedades de los sensores micromecánicos, sino también las de los sensores macromecánicos (p. ej. Sensores inductivos o capacitivos). Eso se logra mediante la integración de la electrónica y la simplificación simultánea de los sensores.”¹ (Figura 49).

El valor de inductancia (sensor de revoluciones) y el valor de su temperatura de funcionamiento detectada por un sensor de temperatura de tipo NTC, son convertidos en el valor de una duración de período fácilmente digitalizable. Con esos dos valores se deriva casi sin error el valor de la medición correspondiente en un mapa bidimensional. En el ASIC se memoriza un número reducido de valores, con el objetivo de mantener comprimido el espacio de memoria. En caso de necesidad el ASIC interpola entre esos valores. La duración de medición y el cálculo es inferior a 0,5 ms.

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 138.

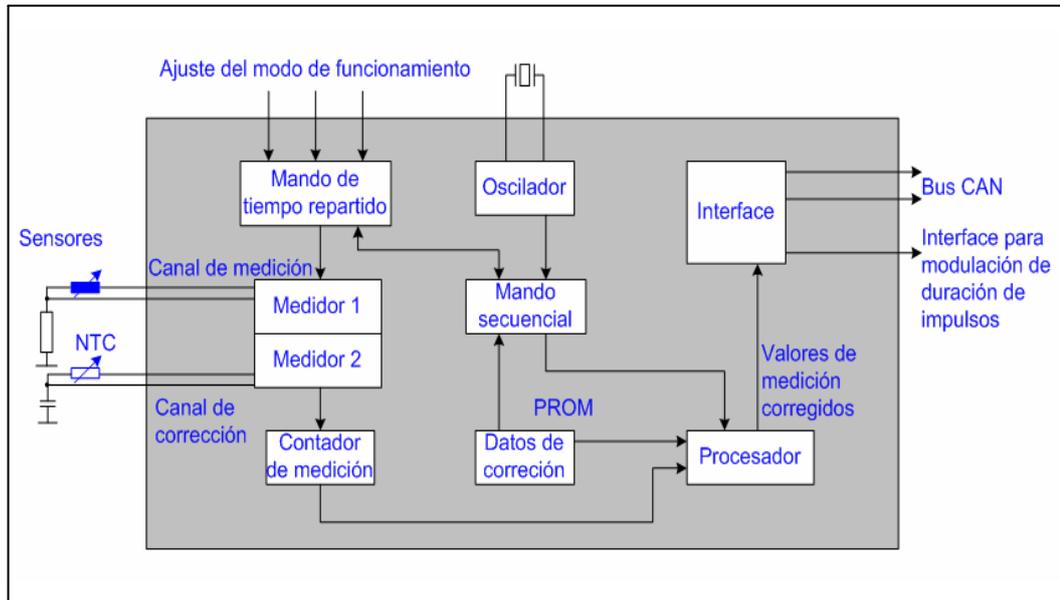


FIGURA 49

Evaluación de sensores inductivos, ASIC CC400

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

3.8 Procesamiento de los datos en el vehículo

El gran número de subsistemas existentes en el automóvil sólo se puede satisfacer mediante conceptos de mando y regulación muy desarrollados. Las magnitudes detectadas por los sensores las convierte la unidad de control electrónica en señales necesarias para activar los distintos actuadores. Las señales de entrada pueden sea analógicas (p. ej. curva de tensión del sensor de presión), digitales (p. ej. posición de un interruptor) o en forma de impulsos (p. ej. señal de rotación). Para el procesamiento de estas señales primero se efectúa un correspondiente tratamiento (amplificación, filtrado de frecuencias, linealización y conversión analógico/digital).

En pocos componentes se puede integrar unos ordenadores de gran rendimiento con sus respectivas memorias de programa y de datos, gracias a la tecnología actual de semiconductores. Los vehículos de hoy poseen muchas unidades de control digital. "Muchas propiedades ventajosas y funciones adicionales se consiguen mediante la sincronización de los procesos controlados por las diversas unidades electrónicas y la adaptación recíproca y constante de sus parámetros es tiempo real."¹

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 140.

Antiguamente el intercambio de información entre las unidades de control se realizaba por medio de líneas individuales, pero es útil para un número reducido de señales. En la actualidad, una topología de redes adecuada al automóvil para la transmisión de datos entre las unidades de control facilita las posibilidades.

Microordenador

“Además de la unidad central (CPU) para realización de operaciones aritméticas y vinculaciones lógicas, un microordenador comprende módulos funcionales específicos para detectar señales externas y generar las señales destinadas a la activación de los elementos actuadores”¹ (Figura 50).

Capacidad de cálculo

Esta característica de la unidad central depende de tres factores: de su arquitectura, de la anchura de las palabras y del producto de la frecuencia del reloj interna (generalmente de 1 a 40 MHz) por el número medio de los ciclos de reloj requeridos por instrucción (típicamente de 1 a 32 ciclos, dependiendo la arquitectura de la unidad central y de la instrucción).

Unidad de control

Señales de entrada digitales

Señal de un sensor digital (p. ej. impulsos de velocidad de rotación de un sensor de efecto Hall) o señal de posición de un interruptor. Su tensión es de 0 V a la tensión de batería.

Señales de entrada analógicas

Señales de sensores analógicos (p. ej. sensor potenciométrico, sonda lambda). El campo de tensiones de pocos mV a 5 V.

Señales de entrada en forma de impulsos

Señales de sensores inductivos de velocidad de rotación, después del tratamiento de la señal, se procesa como señal digital. Su tensión de 0,5 V a 100 V.

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 140.

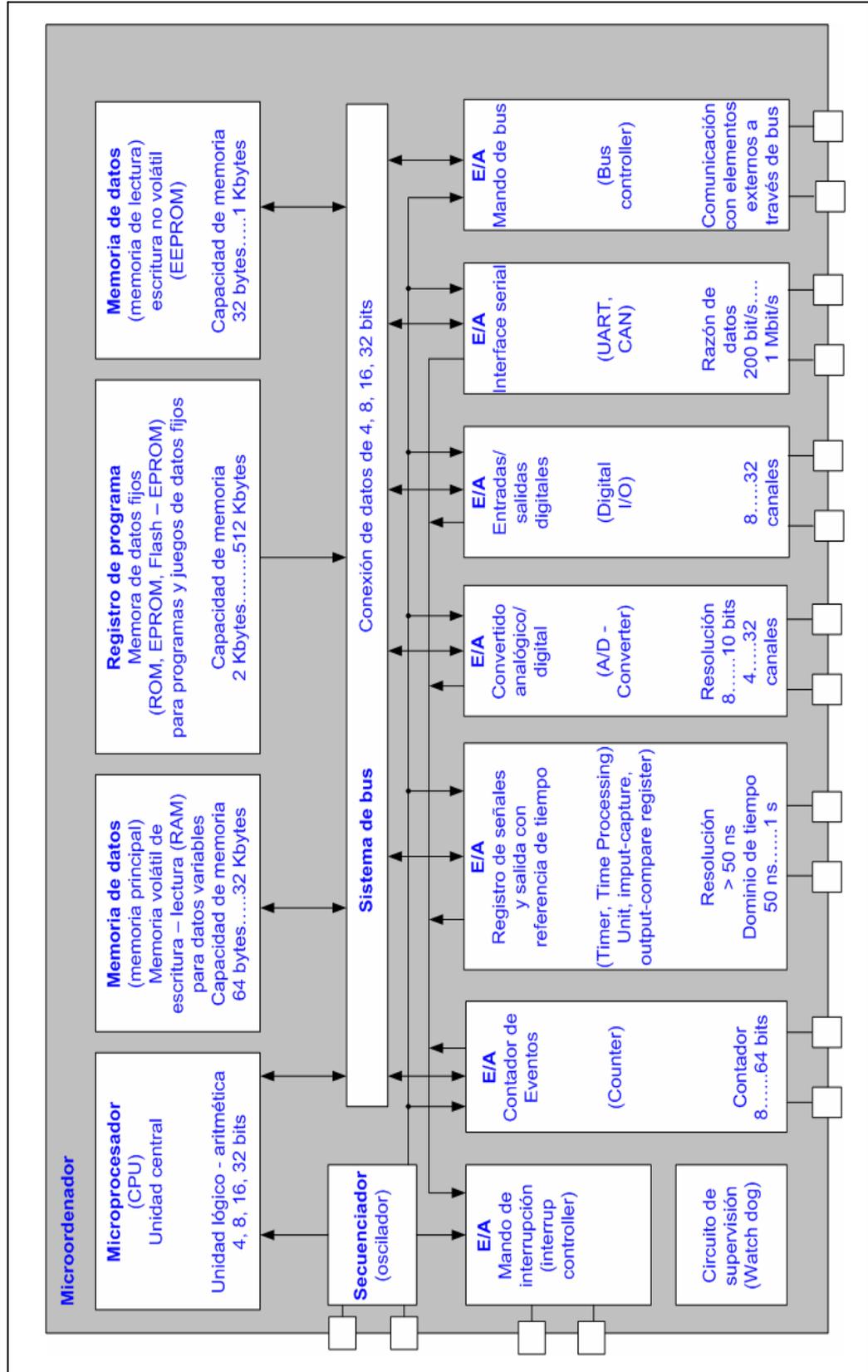


FIGURA 50

Microordenador

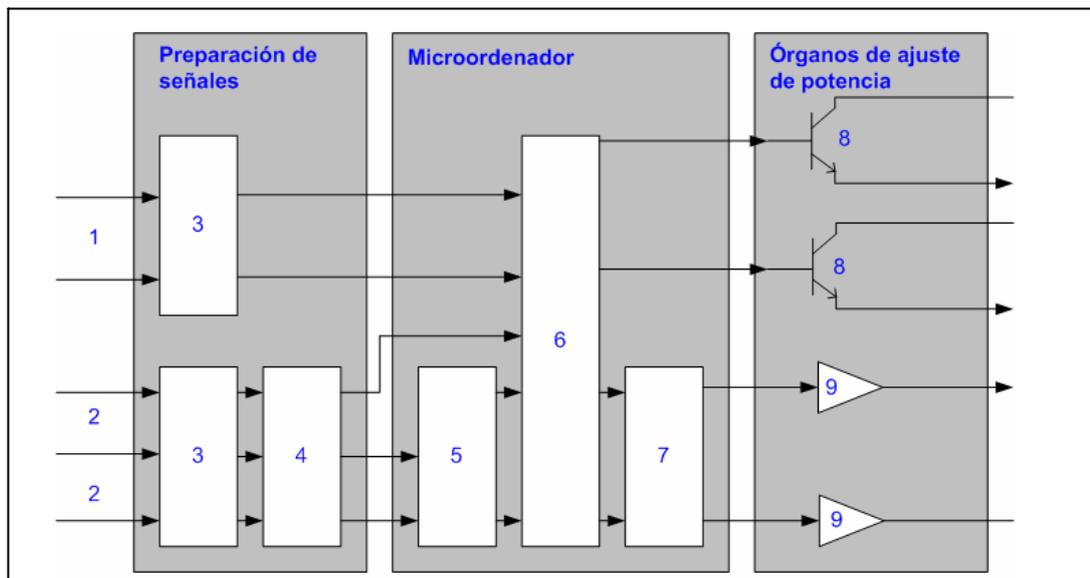
Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

Preparación de las señales

Pueden ser circuitos de protección pasivos o activos. En los **pasivos** circuitos R o RC y en los **activos** elementos semiconductores resistentes a tensiones elevadas, limitan las señales de entrada a niveles de tensión admisibles. Campo de tensión de 0 V a 5 V.

Tratamiento de señales

“El tratamiento de señales en las unidades de control se efectúa generalmente de modo digital. Las señales periódicas rápidas en tiempo real se tratan en módulos de hardware, concebidos especialmente para la función respectiva.”¹ Gracias a este modo de trabajar se reduce considerablemente las exigencias de tiempo de respuesta de la unidad central. Los algoritmos de mando y regulación se efectúan por software; los juegos de datos son memorizados en forma de parámetros, curvas características y campos multidimensionales.



- 1 Señales de entrada digitales
- 2 Señales de entrada analógica
- 3 Circuitos de protección
- 4 Amplificador, filtro
- 5 Convertidor A/D
- 6 Tratamiento digital de señales
- 7 Convertidor D/A
- 8 Interruptor de potencia
- 9 Amplificador de potencia

FIGURA 51

Tratamiento de señales en la unidad de control

Robert Bosch. Los sensores en el automóvil.

¹ Zabler. Los sensores en el automóvil. 2002. 142.

CAPÍTULO IV

DETECCIÓN DE FALLAS

4.1 Fallas en el sistema de inyección

Antes de proceder a buscar averías sobre el sistema de inyección, es necesario que primero se cumplan las siguientes especificaciones:

Circuito de arranque

- Batería correctamente cargada.
- El arranque arrastra normalmente el motor.

Prueba de compresión

A menos que el motor se encuentre en óptimas condiciones, el sistema de inyección no puede controlar con precisión la cantidad de combustible al motor. La cantidad de aire dentro del múltiple de admisión es uno de los parámetros más importantes a la unidad de control para decidir cuanto tiempo permanecerá abierto las válvulas inyectoras. Debido a que el desgaste del motor puede afectar la cantidad de aire que fluye a través del múltiple de admisión, cualquier localización de falla debe empezar por verificar si el motor se encuentra en buenas condiciones.

Para la prueba de compresión se debe asegurar que el medidor de compresión se instala perfectamente y que el acelerador se encuentre totalmente abierto, para una buena lectura.

Ajuste de válvula

Si bien la prueba de compresión detectará las válvulas demasiado mal ajustadas, no se debe confiar en que todas las válvulas están bien ajustadas. Para ajustar las

válvulas se debe seguir el procedimiento descrito por el manual de servicio para el automóvil en el cual se está trabajando.

Fugas de vacío

Debido a que la cantidad de aire en el interior del múltiple de admisión es fundamental para determinar la cantidad de combustible que el motor requiere. “Todo el aire que entre al sistema de admisión entre el medidor de flujo y la válvula de admisión será aire falso. El aire falso puede provocar que el sistema de combustible funcione en mezcla pobre.”¹ Para detectar si existe una fuga de vacío es con el propano. Primero calentar el motor, a velocidad de ralentí, recorrer con un soplete de propano sobre la junta donde el ensamble del acelerador se acopla con el múltiple de admisión.

Sistema de encendido

Luego de que se verificó que el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, se procede a comprobar el estado de los componentes del sistema de encendido.

Revisar los platinos para observar si están quemados o picados, verificar si la detención es correcta. Revisar si la tapa del distribuidor y el rotor no tienen rajaduras o quemaduras. Las bujías no siempre pueden ser verificadas con un analizador de motor; por lo que se aconseja cambiar si existe alguna duda sobre el estado de la bujía. Medir la resistencia de los cables para bujías, estos cables casi no debe tener resistencia. También observar si no existen rajaduras o quemaduras en el aislamiento de los alambres, ya que pueden provocar que la chispa del encendido haga arco a tierra.

Nota: Si todas estas pruebas son satisfactorias, entonces revise el sistema de inyección.

Para probar el sistema de inyección de combustible, las pruebas deben comenzar con la **comprobación de la presión del combustible.** Para esta prueba se debe conectar el medidor de presión en la parte superior del distribuidor de combustible, al lado del tubo de entrada del combustible. Encender el motor y dejar en marcha mínima, la presión debe ser de 30 a 35 psi (D – Jetronic, L – Jetronic,

LH – Jetronic) y 100 psi (K – Jetronic, KE – Jetronic). Si el problema se presenta solo en el momento de la aceleración o cuando el motor está bajo carga, entonces la medida de la presión de combustible se deberá realizar bajo las mismas condiciones en la que ocurre el síntoma.

Si se observa en el medidor una presión demasiado alta, existen dos posibles motivos:

1. El regulador de presión está defectuoso.
2. La línea de retorno de combustible del regulador al tanque de combustible está obstruido.

Para comprobar cual de los dos está fallando, en primer lugar apagar el motor, luego quitar la línea de retorno del regulador de presión de combustible y colocar una manguera de prueba, para que el combustible de retorno del regulador de presión sea bombeado a un recipiente. Volver a encender el motor, si la presión de combustible en este momento es normal, reparar la obstrucción en la cañería de retorno. Si la presión aún permanece alta, reemplazar el regulador de presión de combustible.

Si la presión de combustible es baja, existen las siguientes causas posibles:

1. Verificar si el sistema no posee fugas externas, la consecuencia de una fuga de combustible resultará una pérdida significativa en la presión de combustible.
2. Comprobar que existe suficiente combustible en el tanque, para que la bomba de combustible pueda funcionar con facilidad.
3. Revisar la ventilación del tanque de combustible, en caso de haber un problema, el aire no puede ingresar para reemplazar al combustible que succiona la bomba. Se crea un vacío y la bomba ya no puede succionar el combustible con facilidad; la solución es quitar el tapón de gasolina, si se soluciona el problema, reemplazar las válvulas de ventilación del tanque de combustible.

4. Puede haber una obstrucción en el filtro de combustible en el tanque, reduciendo el volumen de combustible succionado, provocando una disminución de la presión.
5. El filtro principal puede encontrarse obstruido. Si este filtro está tapado el volumen de combustible se reducirá, provocando una pérdida en la presión.
6. Si la presión baja constantemente, la causa principal puede ser el regulador de presión de combustible. Apretar la cañería de retorno, si la presión aumenta, reemplazar el regulador de presión.
7. Una reducción del volumen de combustible, puede se ocasionado por la obstrucción en el tubo distribuidor, lo cual provoca una reducción de la presión cuando la demanda de combustible sea alta. Comprobar si esta tubería esta en buen estado.
8. Comprobación de caída de voltaje a través de la bomba de 12 Volts. Conectar la terminal roja del voltímetro a la terminal positiva de la bomba, y la terminal negra del voltímetro a la terminal negativa de la bomba de combustible. Si la lectura es menor a 12 Volts, hacer contacto la terminal negra del voltímetro al chasis. Si el voltaje subió a 12 Volts, reparar o limpiar la tierra de la bomba de combustible. Si la medición permanece menor a 12 Volts, sustituir el cable positivo de la bomba de combustible, ya que posee una alta resistencia.
9. Luego de que los filtros has sido reemplazados, se aprieta las líneas de presión y no se incrementa la presión de combustible y la caída de tensión en la bomba es de 12 Volts; entonces la bomba de combustible esta defectuosa, y debe cambiarse.

No hay presión de combustible

Debido a que la bomba de combustible es eléctrica, puede haber problemas eléctricos. Existen dos fusibles y un relé que mantienen a la bomba de combustible funcionando. Revisar que los fusibles no se encuentren abiertos, quemados o con corrosión en los extremos. El relé debe hacer un “clic” cuando el motor este arrancando. En caso de no hacerlo, cambiar el relé, si aún persiste el problema, revisar el cableado del relé al interruptor de encendido.

Prueba de flujo en el inyector

Si el automóvil presenta marcha mínima errática, funcionamiento brusco y baja de potencia, es fundamental confirmar la relación de flujo de combustible en los inyectores.

Quitar los inyectores, dejándolos unidos a la riel de combustible. Colocar cada inyector en una probeta graduada. Sacar las bujías, desconectar la terminal de la batería a la bobina y arranque el motor durante 1 minuto. Observar la cantidad de combustible que fluye para cada uno de los inyectores. Si la cantidad de combustible varía más del 10%, limpiar o reemplazar los inyectores.

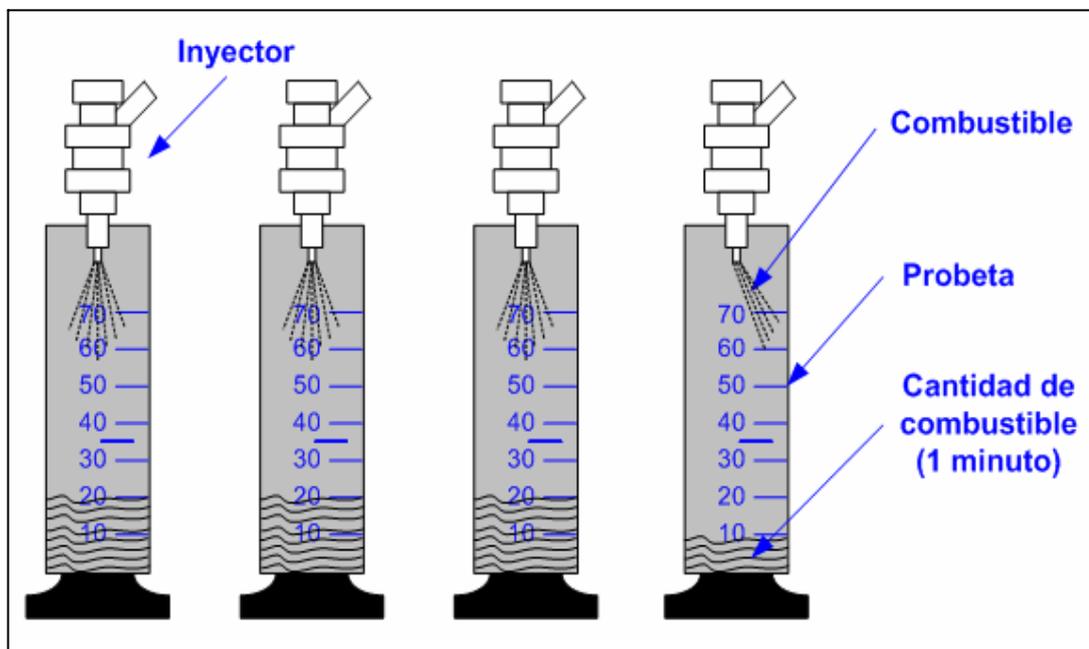


FIGURA 52

Prueba de flujo de combustible a través de los inyectores

4.2 Métodos para determinar las fallas

Existen dos métodos para determinar fallas en el sistema de inyección:

1. Diagnóstico por síntomas que presenta el motor.
2. Autodiagnóstico del vehículo.

Para el **diagnóstico por síntomas que presenta el motor**, es necesario conocer cómo probar los sensores y componentes del sistema de inyección; a continuación se presenta algunos ejemplos:

¿Cómo probar el medidor de flujo de aire?

Se debe realizar tres pasos cuando se prueba un medidor de flujo de aire:

1. Probar el interruptor de la bomba de combustible, mediante un ohmiómetro al interruptor; el medidor mostrará un circuito abierto (ohmios infinitos) o cerrado (cero ohmios). Cuando se mueve la mariposa del acelerador el medidor cambiará de valor.
2. Verificar si el sensor de temperatura de aire está en buenas condiciones; para ello, conectar el ohmiómetro a las terminales del sensor de temperatura de aire, el valor se debe verificar en las especificaciones del fabricante.
3. Dejar el alambrado del vehículo conectado al medidor de flujo de aire y conectar un voltímetro a la terminal de salida del sensor. Con la mariposa cerrada el voltaje deberá ser baja; abriendo lentamente a la mariposa, el voltaje tendrá que incrementar gradualmente. Como el medidor es potenciométrico, está sujeto a desgastes, comprobar que la mariposa tenga un movimiento suave.

¿Cómo probar el sensor Hall?

Con la utilización de osciloscopio, conectar éste a la señal del sensor Hall. Girar la armadura, el osciloscopio pudiera mostrar una onda cuadrada o una línea plana que sube y baja con la rotación de la armadura.

Mediante un voltímetro, conectar a la terminal de salida del sensor Hall. El medidor deberá indicar un valor alto (4 Volts o más) o un valor bajo (aproximadamente 0 Volts). Girar lentamente la armadura, si el voltímetro indica una lectura baja, pues ahora debe mostrar un valor alto y viceversa. Si al mover la armadura cambia el valor del medidor, el sensor está en buenas condiciones.

¿Cómo probar el sensor lambda?

El medidor indicado para probar un sensor lambda es un voltímetro. Conectar éste a la terminal de salida del sensor lambda. Calentar el motor a la temperatura de funcionamiento (600°C), posteriormente aumentar la velocidad del motor a 2000 rpm por un tiempo de dos minutos aproximadamente. Permitir que el motor regrese al estado de ralentí y verificar el voltímetro. Si el valor varía entre 100 mV y 900 mV, la sonda lambda se encuentra en buenas condiciones.

Si no es así, el sensor requiere de más pruebas, porque puede estar contaminado. Conectar la terminal que va hacia la unidad de control, a tierra; esto engaña a la unidad de control, indicándole que el motor está funcionando en mezcla pobre, por lo que deberá enriquecer la mezcla. El voltaje en el sensor deberá aumentar. Si no lo hace, enriquecer la mezcla con propano, si ahora sí incrementa el voltaje, quiere decir que la unidad de control o el circuito actuador pueden estar defectuosos.

Tocar con un dedo la terminal positiva de la batería y con el otro dedo tocar el alambre que va hacia la unidad de control, esto mandará un pequeño voltaje, indicándole a la unidad de control que la el motor está funcionando en mezcla rica; el voltaje en el sensor deberá disminuir. Si no lo hace, empobrecer la mezcla creando una fuga de vacío. Si ahora si disminuye, entonces el sensor está en buenas condiciones y la unidad de control o el circuito actuador pueden estar defectuosos.

¿Cómo probar el motor paso a paso?

Se debe realizar una prueba funcional. Arrancar el motor en frío, si la velocidad es lenta durante dos o tres minutos, entonces el motor paso a paso está bien. Si no hay un cambio en la velocidad del motor mientras funciona, revisar el conducto para asegurar de que no existe obstrucción. Si el conducto esta abierto, comprobar que haya corriente en el conector que va al motor paso a paso. En caso de haber, reemplazar el motor paso a paso.

¿Cómo probar el sensor de la mariposa?

Con la ayuda de un ohmiómetro, Colocar entre las terminales de los extremos del sensor de la mariposa. La lectura debe estar comprendida entre 4 y 5 Kohms.

Acelerar lentamente, el valor indicado no debe variar. Cambiar las conexiones del medidor. Conectar a la terminal central y a una terminal del extremo del sensor. Acelerar lentamente y observar la lectura. El valor debe aumentar al acelerar. Ahora conectar el ohmiómetro a la terminal central y a la terminal del otro extremo del sensor. Acelerar lentamente y tome la lectura; el valor indicado al acelerar debe disminuir.

¿Cómo probar un sensor de presión?

La mejor herramienta, para probar el sensor de presión es un voltímetro. Con el conector conectado y el encendido puesto, pero el motor apagado, la terminal que va la señal de presión deberá medir 4,5 Volts, si se obtiene éste valor, encender el motor y el voltaje de la señal deberá disminuir a 1,5 Volts. Si se obtuvieron estas lecturas, el sensor de presión está en buenas condiciones.

El voltaje en circuito abierto del conector puede comportarse en algunas ocasiones de manera irregular. El alambre que lleva la señal de la presión normalmente tendrá cero Volts.

El **autodiagnóstico del vehículo**, se le conoce con el nombre de **OBD (On Board Diagnostics)**, las características de autodiagnóstico están incorporadas en el hardware y en el software de la computadora de a bordo de un vehículo, para monitorear prácticamente todos los componentes que pueden afectar las emisiones.

Acciona actuadores e interpreta las señales de los sensores del motor distribuidos en el vehículo. En caso de encontrar anomalías, estas son almacenadas e identificadas con claves de servicio, clasificando el tipo de falla. Estas claves pueden ser detectadas con equipos externos para el diagnóstico y posteriormente la reparación del vehículo.

Operaciones de diagnóstico

Se debe seguir ciertos pasos para obtener un diagnóstico eficiente y confiable. La habilidad y la experiencia del técnico es un factor que se debe considerar; sin embargo se debe seguir una secuencia para obtener el diagnóstico:

1. Recibir toda la información posible del propietario.
2. Comprobar factores elementales (p. ej. estado de carga de la batería, si existe combustible, el avance al encendido, etc.) Verificar el motor por posible existencia de cables sueltos o quemados, conectores desconectados o dañados o cualquier anomalía clara.
3. Efectuar el diagnóstico por síntomas del motor.
4. Ahora sí, realizar el autodiagnóstico del vehículo.

4.3 Determinación de las fallas en base al comportamiento del motor

Existen muchos componentes en el sistema de inyección que pueden causar diferentes síntomas. Como regla básica antes de localizar fallas, verificar que estén en buen estado el sistema de encendido y el sistema de admisión.

No hay arranque, la bomba de combustible no funciona.

Probar el circuito de la bomba de combustible (p. ej. fusibles, el relé, el cableado y la propia bomba).

No hay arranque, la bomba de combustible funciona.

Probar el circuito del relé principal, la fuente de alimentación a la unidad de control electrónica y la tierra de la unidad de control electrónica. Comprobar que el sistema de encendido genere una chispa eficiente y si la unidad de control está recibiendo los pulsos de los diferentes sensores y los inyectores aún fallan en producir pulsos, reemplazar la unidad de control electrónica.

Se detiene el motor cuando esta frío.

Comenzar por verificar el motor paso a paso, arrancar el motor en frío y quitar la manguera del múltiple de admisión del lado del motor paso a paso, para facilitar el flujo de aire. Si la velocidad del motor aumentó significativamente, reemplazar el motor paso a paso (un incremento mínimo es normal). Revisar el sensor de temperatura del refrigerante es importante para que el motor funcione en frío.

Falla de encendido o mal funcionamiento en vacío.

Este síntoma es posible que cause el sistema de encendido y el sistema de admisión, más no el sistema de inyección.

Revisar los circuitos del sensor de temperatura del refrigerante y el tubo que va desde múltiple de admisión al medidor de caudal de aire, en busca de evidencias de aire falso. Si estas pruebas son correctas, realizar la prueba de flujo del inyector, y si también es satisfactoria, entonces algo básico no está bien.

Falla durante la marcha normal.

Realizar una prueba de presión y cantidad del combustible, con especial cuidado en una posible caída de presión de combustible que coincida con la falla. Si la presión no varía, probar el medidor de caudal de aire, el sensor de temperatura del refrigerante.

Falta de potencia.

La causa más factible de la falta de potencia relacionada con el sistema de inyección de combustible es la baja presión de combustible. Comprobar que la presión y la cantidad del combustible se encuentren dentro de los parámetros normales, si estas pruebas son satisfactorias. Probar el sensor de temperatura del refrigerante y el medidor de caudal de aire. Si estos sensores están de acuerdo a las especificaciones, realizar una prueba de flujo del inyector, limpiar o reemplazar las válvulas inyectoras.

Paro del motor en desaceleración.

Revisar que el motor, el sistema de encendido y el sistema de admisión se encuentren en buenas condiciones. Verificar que las mangueras y que el cableado no esté tenso pues puede ocasionar una desconexión mientras el motor se fuerza y se balancea. Comprobar el ajuste del tope del acelerador y la velocidad en ralentí.

Velocidad de marcha en vacío, demasiado alta o demasiado baja.

Verificar y ajustar, si es necesario, el tope del acelerador y el freno a la velocidad de marcha mínima (ralentí).

El motor falla bajo carga.

El sistema de encendido es la causa más probable de que el motor falla bajo carga; sin embargo, con un suministro insuficiente de combustible (motor funcionando con mezcla pobre) puede dar como resultado que se trabe el sensor de caudal de aire o inyectores restringidos. Realizar la prueba de igualación de flujo del inyector.

El motor se para de inmediato después del arranque, en caliente.

Si la relación de aire – combustible es demasiado pobre, dará como resultado que el motor se apague. Si la presión del sistema es demasiado alta o baja, la relación de aire – combustible será incorrecto; dando como consecuencia un funcionamiento del motor con mezcla rica o pobre. Cualquiera de estas condiciones provocará que el motor se detenga después de arrancar.

Consumo excesivo de combustible.

Comprobar el ajuste de monóxido de carbono, siguiendo las siguientes instrucciones:

1. Desconectar todos los accesorios eléctricos.
2. Operar el equipo analizador de gases de acuerdo a sus instrucciones, después instalar el conducto en el extremo trasero (salida) del tubo de escape.

Anomalías de funcionamiento constatadas (Figura 53).

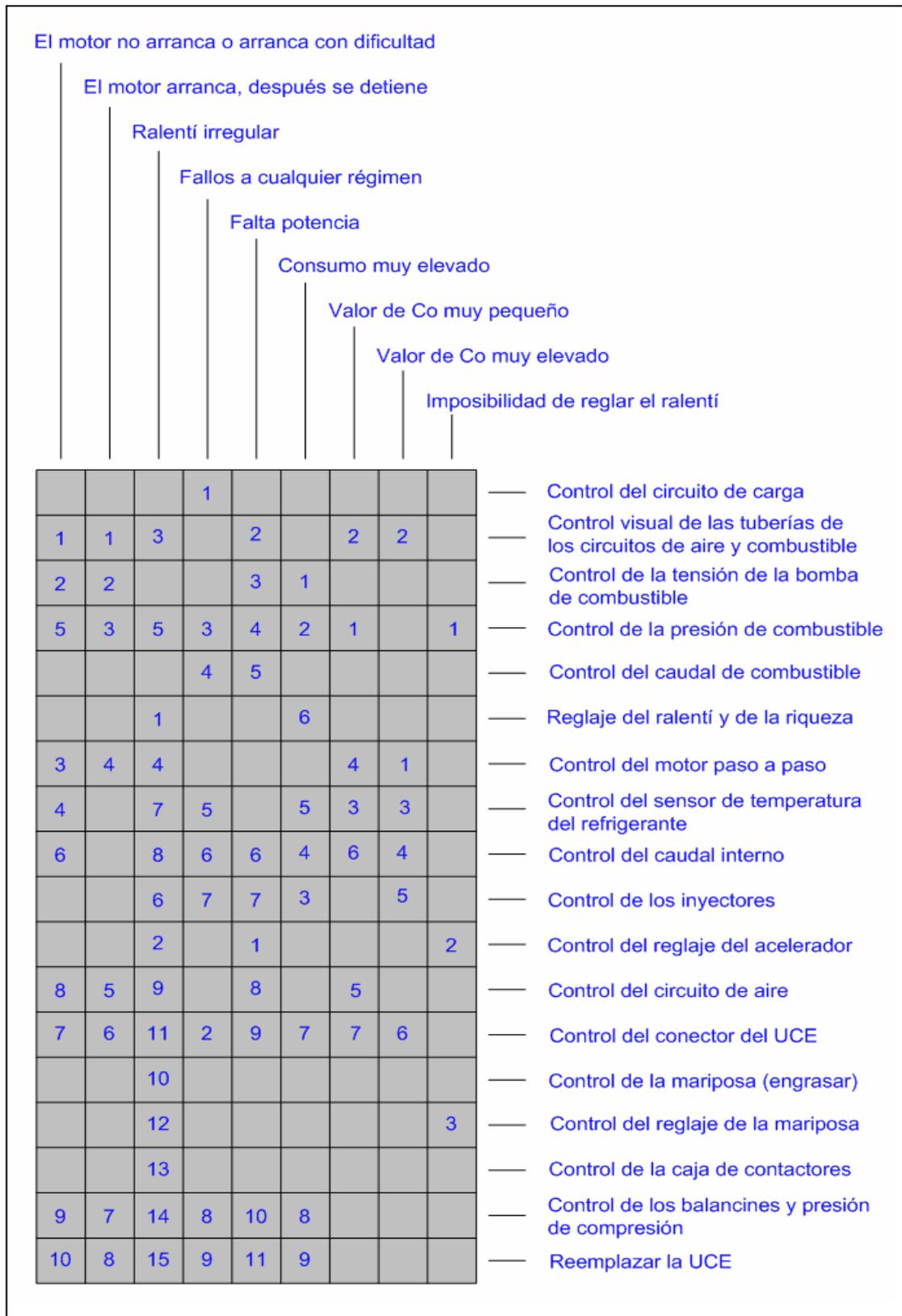


FIGURA 53

Anomalías del motor constatadas

CONCLUSIONES.

- La finalidad del sistema de inyección es conseguir una dosificación “exacta” de combustible a las condiciones de marcha y estado del motor. El tiempo que el inyector permanece abierto determina la cantidad de combustible inyectada y se controla mediante una serie de parámetros detectados a través de sensores.
- El combustible puede ser inyectado en cualquier momento, permaneciendo en la recámara hasta ser utilizado, y no necesariamente el combustible debe ser inyectado en un instante preciso.
- La tendencia hacia los sistemas de inyección se explica por ventajas que supone en relación con las exigencias de potencia, rapidez, consumo de combustible y limitación de elementos contaminantes en los gases de escape.
- El objetivo de los sensores es convertir una magnitud física o química en una magnitud eléctrica, teniendo en cuenta magnitudes perturbadoras (p. ej. temperatura, fluctuación de tensión).
- Las magnitudes eléctricas consideradas no son sólo la tensión y la corriente, sino también sus amplitudes, la frecuencia, el período, la fase, así como parámetros eléctricos “resistencia”, “capacitancia” e “inductancia”
- Los sensores y actuadores en el automóvil constituyen las interfases entre el vehículo y la unidad de control. Las magnitudes detectadas por los sensores las convierte la unidad de control electrónica en señales necesarias para accionar los distintos actuadores.
- La combustión se basa en relaciones de masa de aire, por lo tanto el objetivo de un medidor de caudal de aire es la masa de aire de admisión y es el parámetro más importante en los motores de encendido por chispa.
- Los sensores de velocidad de rotación son inductivos, éstos aprovechan la ley de la inducción para medir la velocidad, generando una tensión que es proporcional a la variación del flujo magnético en el tiempo.

- La desventaja de los sensores inductivos, es que no pueden detectar velocidades demasiado lentas ya que su señal de salida tiende a ser cero y para velocidades muy elevadas su tensión de salida es demasiado elevada, ya que el flujo varía con el entrehierro de forma exponencial.
- La medición de la temperatura en el motor de un automóvil se lo realiza por medio de elementos resistivos, dependientes de la temperatura. La desventaja de utilizar elementos resistivos es que disminuye la sensibilidad del sensor.
- La dinámica en los sensores de temperatura no solo depende de la capacidad térmica de la sonda, sino principalmente del coeficiente de transferencia del calor respecto al medio en cuestión.
- Una sonda lambda es sensible únicamente a una sustancia de medición (oxígeno) e ignora casi totalmente a otras sustancias. La sonda lambda funciona, se vuelve conductora de los iones de oxígeno, a una temperatura de 350°C. Dependiendo de la señal de salida generada por la sonda, según el porcentaje de oxígeno de los gases de escape, la unidad de control tomará la decisión de empobrecer o enriquecer la mezcla (relación aire – combustible).
- El plomo que se encuentra en el combustible o en los gases de escape puede “envenenar” (dañar) a las sondas electrónicas de oxígeno.
- Los sensores de última tecnología brindan la ventaja de que el sensor y la preparación de señales (p. ej. amplificación, filtrado, linealización, interfase para bus, etc.) son equilibrados y compensados en común (inmunes a perturbaciones).
- Si el motor no se encuentra en óptimas condiciones, el sistema de inyección no puede controlar con precisión la cantidad de combustible inyectada al motor.
- El aire falso que ingrese al motor puede provocar que el sistema de inyección de combustibles funcione siempre en mezcla (aire – combustible) pobre.

RECOMENDACIONES.

- Para reconocer el sistema de inyección de combustible utilizado, comprobar el tipo de sistema de medición del aire que se está utilizando (p. ej. El sistema D – Jetronic utiliza un sensor de presión, el sistema L – Jetronic, un medidor de flujo de aire, LH – Jetronic, un medidor masivo de aire).
- Es recomendable para la medición de la cantidad de aire en el automóvil los medidores de flujo de masa con principios térmicos (de hilo caliente o película caliente), que pueden medir variaciones rápidas de la cantidad de flujo sin emplear piezas mecánicas. En el caso de los medidores según el principio de la presión dinámica, éstos contienen piezas mecánicas móviles y necesitan una corrección para compensar las variaciones de masa volumétrica.
- En los sensores inductivos las velocidades demasiado elevadas generan picos de tensión, superiores a los 100 Vots, éstos podrían ser recortados mediante diodos Zener.
- En los sensores de posición potenciométricos, es mejor tener en el brazo cursor una segunda pista de contacto, con una capa de material conductor de bajo ohmiaje, con el objeto de que la unidad de control reciba dos señales independientes y para de esta manera identificar posibles defectos.
- Es aconsejable un buen aislamiento térmico entre el sensor de temperatura del refrigerante y su soporte, con el objeto de que la temperatura medida no sea alterada por la temperatura propia que posee su fijación, que por lo general son diferentes.
- Es conveniente la utilización de una sonda lambda calefaccionada, debido a que proporciona un rápido calentamiento de la cerámica, alcanzándose la temperatura de servicio dentro de 20 a 30 segundos después de que el motor arrancó, con lo que asegura que las emisiones de gases de escape son bajas y estables.

- Resulta favorable la utilización de combustible sin plomo, ya que el plomo es un elemento químico que puede dañar potencialmente las sondas de concentración.
- Se recomienda antes de localizar fallas en el sistema de inyección, verificar que estén en buen estado el motor, el sistema de encendido y el sistema de admisión.
- Para detectar si existe una fuga de vacío recorra un soplete de propano sobre la junta donde el ensamble del acelerador se acopla con el múltiple de admisión.

Las **precauciones a tomar** durante una intervención sobre un sistema de inyección:

1. No arrancar el motor si los terminales de la batería no están correctamente ajustados.
2. No desconectar la batería cuando el motor este girando.
3. Desconectar la batería durante una operación de carga.
4. No utilizar nunca una fuente de tensión mayor a 12 voltios, para poner en marcha el motor.
5. No desconectar la caja electrónica de inyección mientras que el circuito de encendido esta con tensión.
6. Antes de poner un conector, verificar:
 - El estado de las diferentes clavijas (deformaciones, oxidación, etc.)
 - La existencia en el conector, de una junta de goma que asegura la estanqueidad.
7. En caso de soldadura eléctrica, desconectar la caja electrónica de inyección.

8. Durante el control de presiones del módulo de compresión:
 - Desabrochar el conector del módulo de encendido.
 - Interrumpir la alimentación del combustible en los inyectores.
9. No utilizar una lámpara testigo para probar conductibilidad del circuito.

BIBLIOGRAFÍA.

Referencias bibliográficas:

- **BOJKO. Juan. Manual de Inyección Electrónica. Argentina. Artes Gráficas Negri S.R.L. 2004. 658. 1ª edición.**
- **BOHNER. Max. Tecnología del automóvil. España. Editorial Reveté. [S. A]. 2ª edición.**
- **BOYLESTAD. Robert. Teoría de Circuitos. México. Tipográfica Barsa. 1997. 6ª edición.**
- **GONZALEZ SANZ Angel. Bruño. Tecnología de la Automoción 2.1. 1980.**
- **GONZALEZ SANZ Angel. Bruño. Tecnología de la Automoción 2.2. 1980.**
- **HERMOGENES Gil. Ceac. La Electrónica en el Automóvil. 2002. 1ª edición.**
- **OCÉANO. Grupo Editorial. Enciclopedia temática estudiantil. España. Carlos Gispert. 1997. 1064. 1ª edición.**
- **SANTANDER RUEDA Jesús. Diseli. Manual Técnico de Fuel Injection. 2005. 1ª edición.**
- **WATSON. Ben. Manual de Fuel Inyection Bosch. México. Prentice-Hall Hispanoamericana. [S.A]. 183. 1ª edición.**
- **WEBSTER. Jhon. Interfacing sensors to IBM PC. EEUU. J. G. Webster (ed). [S.A]. 332. 1ª edición.**
- **ZABLER. Erich. Los sensores en el automóvil. Alemania. Robert Bosch GmbH. 2002. 148. 1ª edición.**

Referencias electrónicas

- <http://www.automotriz.net/tecnica/sensor-de-oxigeno.html>
- http://www.bairesrobotics.com.ar/data/Sensores_2003.pdf
- <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all>
- <http://mecanicavirtual.iespana.es/invecci-gasoli-intro.htm>
- <http://www.todomecanica.com/inyeccion-y-encendido.html>
- <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyeccion-gasolina.html>
- <http://www.todomecanica.com/sonda-lambda-bosch.html>