www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

TRATADO
DE ELECTRONICA AUTOMOTRIZ

VOLUMEN 2

FUNCIONAMIENTO DE SENSORES

Jorge Alberto Garbero
Ingeniería Electrónica

Email : electronicaautomotriz2010@hotmail.com

www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

SISTEMAS CONTROLADOS ELECTRONICAMENTE

Introducción

Actualmente la mayoría de los vehículos, o prácticamente todos, contienen todos los sistemas de control electrónico disponibles:

- Sistema antibloqueo de ruedas en el momento de frenado del vehículo. (ABS) Antilock Brake System.
- Control electrónico de velocidad. (Control de Velocidad de Crucero). Electronic Speed Control.
- Control electrónico de motor. Electronic Engine Control.
- Control de climatización. Climate Control.
- Sistemas de dirección y suspensión. Steering and Suspensión System.
- Sistema de bolsas de seguridad de inflado automático suplementarias. Supplemental Air Bag System.
- Instrumentación electrónica. Electronic Instrumentation.

Cada uno de estos sistemas tiene un punto en común, son todos sistemas controlados electrónicamente. Estos sistemas contienen componentes eléctricos que proveen constantemente información a varias unidades procesadoras de señal. Estas unidades procesadoras interpretan la información recibida y realizan ajustes a medida que es necesario, de modo de mantener las condiciones óptimas de operación del sistema.

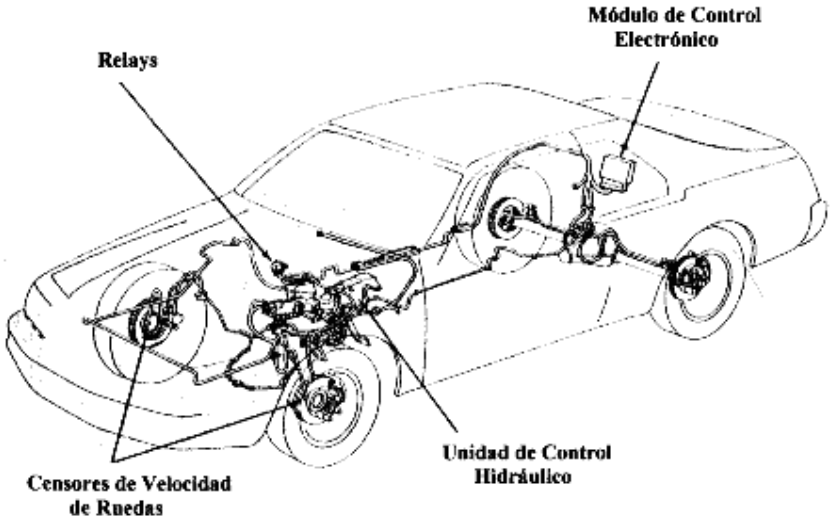


Fig. 1

Sistema Antibloqueo de Ruedas

Este sistema previene, durante un frenado de emergencia, el bloqueo de alguna o de todas las ruedas del vehículo en forma automática. Esto es logrado por medio de la ***modulación hidráulica*** de la presión en el circuito de frenos.
Un sistema típico de ABS incluye un módulo de control (electronic controller), sensores de velocidad de giro de ruedas (wheel speed sensors), una unidad de control hidráulico (HCU) y el cableado correspondiente al conexionado del conjunto.

La inteligencia del sistema antibloqueo está contenida en el módulo de control electrónico. El módulo de control monitorea la operación del sistema en todo momento.
El módulo de control procesa la información proveniente de los sensores de velocidad colocados en cada rueda.
Cuando se aplican los frenos, si el módulo de control electrónico observa que alguna (algunas) rueda está en la condición de bloqueo, enviará las órdenes correspondientes al HCU (Unidad de Control Hidráulico) de modo que la presión de frenado sea aliviada en esa (esas) rueda.

Control Electrónico de Velocidad

El Sistema de Control Electrónico de Velocidad es utilizado para mantener una velocidad de marcha constante del vehículo, velocidad que previamente ha sido seleccionada por el conductor.
El sistema está conformado por un conjunto de servo control, sensor de velocidad del vehículo, módulo de control electrónico, componentes eléctricos y de vacío.
En determinadas aplicaciones, el sistema de control de velocidad está integrado en el PCM (Control Electrónico de Motor) y en otras aplicaciones este control está contenido como módulo aparte.
Cuando el conductor activa el sistema de control de velocidad, el módulo de control electrónico monitorea la ***frecuencia*** de la señal proveniente del sensor de velocidad, esta información es almacenada como dato. Cuando la frecuencia de la señal cambia, el módulo de control activa el conjunto de servo control de modo de mantener constante la velocidad de marcha.

Sistema Control Electrónico de Motor

En el Módulo de Control Electrónico de Motor (Electronic Engine Control - EEC) se encuentra contenido el centro inteligente del sistema de operación del motor. Este sistema está conformado por un Conjunto Electrónico de Control (Electronic Control Assembly – ECA), distintos sensores que envían señales eléctricas conteniendo información hacia las entradas del ECA, señales eléctricas de salida del ECA que constituyen los mandos que este envía hacia los distintos actuadores que maneja y conductores que conectan las entradas, salidas y la alimentación eléctrica del ECA.

El ECA es un **Microcomputador.** El constantemente evalúa o procesa las señales de entrada provenientes del sistema de operación del motor y determina la mejor secuencia de operación para sus órdenes de salida.
El ECA constantemente monitorea las condiciones de operación del motor a través de las informaciones recibidas desde varios sensores localizados en el motor y en el compartimento de motor. Entre otros y solamente citando algunos estos son, el Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (Engine Coolant Temperature Sensor – ECT), Sensor de Presión Absoluta (Manifold Absolute Pressure Sensor – MAP), Sensor de Temperatura del Aire Admitido (Air Charge Temperature – ACT), Sensor de Velocidad del Vehículo (Vehicle Speed Sensor – VSS), Sensor de Detonación (Knock Sensor - KS) y la Sonda de Oxígeno (Exhaust Gas Oxygen Sensor – EGO).

El ECA maneja cosas tales como la Mezcla de Aire/Combustible, Tiempos de Avance del Encendido y la Velocidad de Rotación del Motor en ralenti, nombrando algunas de las tantas funciones que realiza. Incluidas en estas está el manejo de los Inyectores de Combustible, el Módulo de Encendido, la Válvula de Recirculación de Gases de Escape (EGR) y la Válvula Bypass de Aire Controladora de RPM en Ralenti (ISC – BPA solenoid).

Todos estos componentes trabajan en conjunto para lograr el mejor rendimiento del motor y mantener una baja emisión de gases contaminantes.

Transmisión Controlada Electrónicamente

En los sistemas de transmisión controlados electrónicamente, el flujo del fluido a través del cuerpo de la válvula ya no es controlado totalmente por válvulas mecánicas y resortes.

En lugar de ello, el flujo del fluido y su dirección son controlados por solenoides localizados sobre el cuerpo de la válvula o dentro de él. Estos solenoides proporcionan un control muy preciso de los cambios de marcha.
Los solenoides son controlados por un módulo electrónico que monitorea la velocidad del vehículo, la carga de motor y el ángulo de apertura de la mariposa. En base a estas informaciones determina la relación de marcha apropiada para lograr la mejor condición de manejo.

Sistema Electrónico Control de Climatización

Este sistema utiliza los siguientes componentes periféricos: Sensor de Temperatura Bajo Sol, Sensor de Temperatura Interior, Sensor de Temperatura Ambiente y Sensor de Temperatura de Motor.
El control electrónico mantendrá el interior del vehículo a la temperatura seleccionada por el conductor y regulará el flujo de aire a través de los paneles del tablero, conductos de piso y las boquillas de los desempañadores del parabrisas y ventanillas.
Cuando el sistema es situado en el modo AUTOMATICO (AUTO) y la temperatura deseada es seleccionada y prefijada, el control de climatización proporcionará aire caliente o frío automáticamente, de acuerdo a las condiciones de temperatura del habitáculo con respecto a la temperatura seleccionada.

Dirección de Potencia de Asistencia Variable y Suspensión Activa

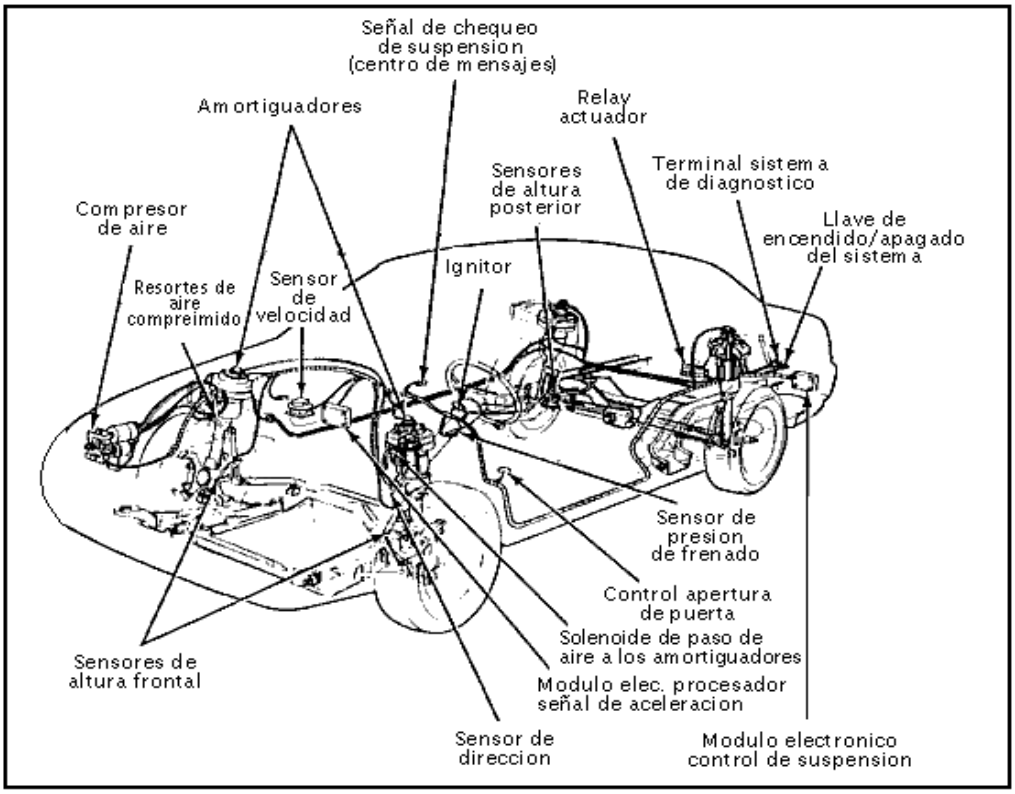


Fig. 2

- Algunos modelos de vehículos actuales están equipados con un Sistema de Dirección de Potencia de Asistencia Variable, sensible a la velocidad. (Fig. 2)
  El sistema tiene un censor de velocidad de las ruedas delanteras (sobre las que acciona la dirección), un sensor de velocidad de vehículo, un módulo de control electrónico y una válvula actuadora.
  El sistema de dirección variable monitorea al sensor de velocidad del vehículo (sensor montado en la transmisión) y al sensor de velocidad de ruedas delanteras (localizado en

el eje de dirección) para por un lado, determinar la velocidad del vehículo y por otro lado conocer la relación de velocidad entre ambas ruedas y así determinar el ángulo que adoptan.
Basándose en la información proveniente de estos sensores, el sistema ajusta el flujo del fluido hidráulico hacia la caja de dirección de potencia por medio de la válvula actuadora localizada en la caja de dirección o en la bomba.
A velocidades elevadas, una pequeña asistencia hidráulica es necesaria. Por el contrario, durante el manejo a bajas velocidades o cuando se realizan maniobras de estacionamiento, mayor asistencia hidráulica es necesaria.

- El Sistema de Suspensión Activa utiliza un Módulo de Control Electrónico, Sensores de Variación de Altura del Vehículo y Amortiguadores de Dureza Variable para controlar la amortiguación de la suspensión. (Fig. 2)
  El módulo de control monitorea la información enviada por los sensores del vehículo.
  Cuando la condición cambia, el módulo de control electrónico activa los solenoides de paso de aire comprimido, de modo de ajustar la altura del vehículo para pasajeros y/o equipaje o para vehículo cargado (pasajeros, equipaje, etc.).

Sistema de Bolsas de Seguridad de Inflado Automático Suplementarias (Air Bag)

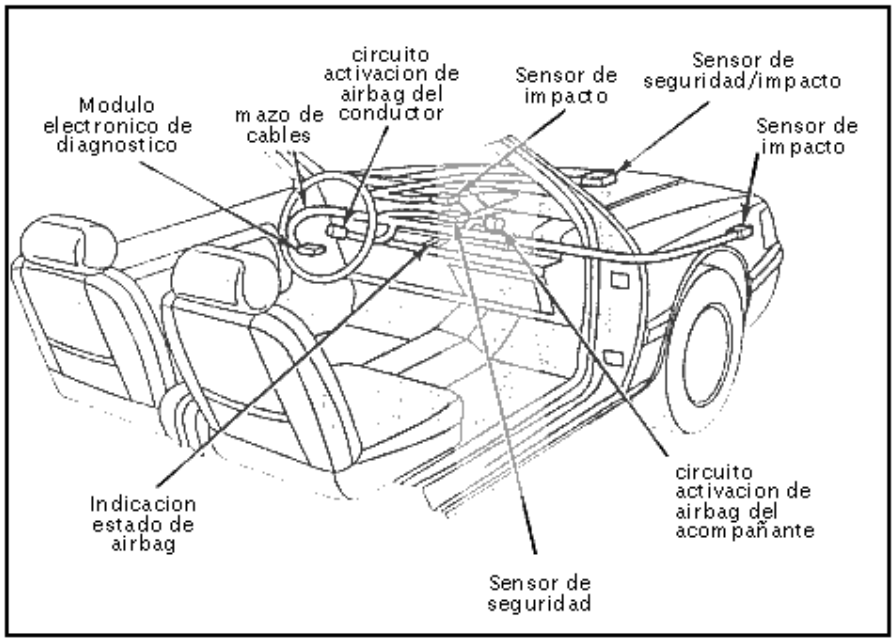


Fig. 3

Este sistema electrónico puede dar aviso de mal funcionamiento y generar códigos de autodiagnóstico (DTCs).
Utiliza sensores de impacto y de seguridad o prevención (Fig. 3)
El sistema está dividido en dos sub sistemas:

1. Este sub sistema posee bolsa de seguridad de inflado automático y su correspondiente componente de inflado, tanto para el conductor solamente o para el conductor y acompañante (asiento/s delantero/s).
2. Este sub sistema eléctrico incluye los sensores de impacto y monitoreo de diagnóstico.
   El circuito electrónico de monitoreo chequea continuamente la condición del sistema. El controla a los sensores de impacto y su conexionado, al indicador montado en el panel de instrumentos, la alimentación eléctrica del sistema y a las bolsas en si mismas.

Los sensores de impacto y los sensores de seguridad están montados distribuidos en el frente del vehículo.
El propósito de ambos es que de acuerdo a la información recibida el sistema pueda diferenciar si el vehículo ha sufrido un impacto moderado que no requiera el desplegado de las bolsas de seguridad, o si el impacto ha sido lo suficientemente intenso como para que estas deban ser activadas.
El sistema está diseñado de modo que se cierre el circuito de masa, cuando el vehículo sufra una fuerza de impacto igual a la generada por un vehículo que desplazándose a 40 km/h impacte contra otro vehículo u obstáculo que se encuentre detenido.
El sistema no activará el inflado de las bolsas de aire si solamente recibe confirmación de impacto de alguno de los dos sensores de seguridad. Los contactos del sensor de seguridad se cerrarán solamente cuando exista una desaceleración del vehículo suficientemente rápida como para hacer necesario el despliegue de las bolsas de aire. Cuando los contactos de un sensor de seguridad se cierran, el circuito de alimentación desde la batería al sistema, quedará cerrado.
Las bolsas de seguridad de inflado automático solamente se desplegaran cuando al menos un sensor de impacto y uno de seguridad se cierren al mismo tiempo.

Instrumentación Electrónica

La mayoría de los sistemas de control electrónico que se han visto anteriormente son sistemas que realizan sus funciones sin dar indicaciones visibles de sus resultados.
En los vehículos actuales, en el Panel de Instrumentos, pueden verse claramente los efectos de un sistema electrónico.
El Panel de Instrumentos Electrónico cosiste en un módulo basado en un computador que procesa la información proveniente de sensores y que controla la información presentada en los displays. En estos displays de presentación de información para el conductor pueden estar incluidos el Velocímetro, el Odómetro, el Nivel y Presión de Aceite, la Temperatura de Motor, el Nivel de Combustible, la Condición de la Batería e incluir también un Centro de Mensajes.

Descripción de la terminología utilizada

Mezcla aire/combustible
La relación de las cantidades de aire y combustible que son mezclados antes de ser quemados en la cámara de combustión. La relación ideal es de 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible, esta relación es denominada “RELACION ESTEQUIOMETRICA IDEAL”.

Ambiente
La condición predominante (usualmente la temperatura) en el ámbito que rodea a un objeto.

Sensor de ambiente
Un sensor utilizado para proporcionar la lectura de la temperatura ambiente.

Temperatura ambiente
Temperatura del aire que rodea a un objeto. Temperatura a la cual el motor de un vehículo comienza a funcionar luego de estar inactivo por varias horas.

Amortiguación
Término normalmente utilizado para definir la respuesta y/o rango de rebote de un sistema de suspensión o de un amortiguador.

Monitor de diagnóstico
Un circuito electrónico que continuamente controla el estado de un sistema electrónico.

Emisiones
Un término genérico utilizado para definir los gases emitidos por el conducto de escape de un vehículo.

Frecuencia
Se refiere al número de veces que se repite en un segundo el mismo ciclo de variación de nivel (corriente o tensión) de una señal eléctrica.

Hidráulico
Un componente que opera por presión de un fluido.

Centro de mensaje
Un display que proporciona al conductor importante información de como está operando el vehículo, display que no se encuentra incluido en paneles de instrumentos normales.

Microcomputador
Un componente que toma información, la procesa, toma decisiones en base a ellas y al programa que le fue grabado en su memoria ROM y así produce órdenes de salida de estas decisiones. Los microcomputadores son generalmente pequeños y a veces son denominados ***microprocesadores o procesadores.***

Modulación
Amplificación utilizada para incorporar la información contenida en una señal de baja frecuencia (tal como la palabra o música) en una onda de alta frecuencia producida por un oscilador.

Sensor de temperatura **(Fig. 4)**

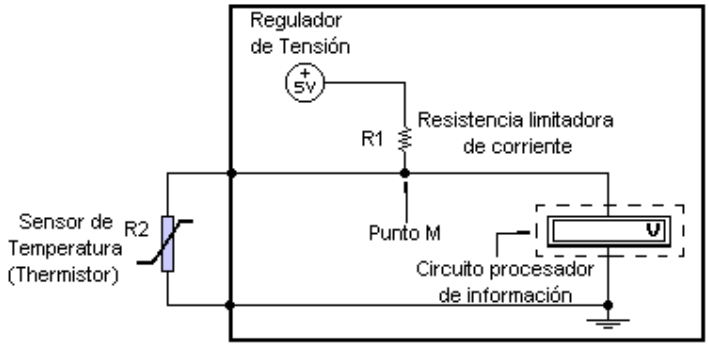


Fig. 4

Uno de los componentes de sensado más comúnmente utilizado en aplicaciones en el automotor es el ***Sensor de Temperatura.***
Circuitos de sensores de temperatura son utilizados en distintos sistemas electrónicos para controlar la temperatura de varios componentes, fluidos e incluso la del aire.
El Control Electrónico de Motor, Control Electrónico de la Transmisión y la Instrumentación Electrónica, son ejemplos de sistemas que contienen circuitos con sensores de temperatura.
El circuito electrónico empleado para sensar la temperatura, es básicamente el mismo para cualquiera de los tres sistemas citados.

El circuito está compuesto por un ***Módulo de Control Electrónico***, un ***Sensor de Temperatura***, conductores y conectores.
El Módulo de Control Electrónico contiene un ***Regulador de Tensión (+ 5 Volt)***, un ***Resistor Limitador de Corriente (R_1)***, y un ***Circuito electrónico de Procesamiento de la Información***, circuito este que convierte la información analógica que recibe en una información digital.

El ***Regulador de Tensión*** alimenta al circuito con un nivel de tensión constante.
El ***Módulo de Control Electrónico*** interpreta cualquier variación de tensión que se produzca en el ***Punto M*** como un cambio en la resistencia del sensor, cambio que debería producirse por un cambio en la temperatura. Debido a esta condición de medición del sistema es que el nivel de tensión con que se alimenta al circuito debe ser preciso y constante (regulado).

El ***Resistor Limitador de Corriente*** es un ***Resistor Fijo*** que protege al circuito evitando una sobrecarga por intensidad de corriente. Este resistor limita a un máximo la intensidad de corriente demandada al regulador si por algún accidente se produce un cortocircuito a masa en el conexionado que une el módulo de control y el sensor de temperatura.

El ***Circuito Procesador de la Información,*** ubicado en el ***Módulo de Control,*** mide el nivel de tensión presente en cada momento en el ***Punto M***. Este nivel de tensión depende de la resistencia que tenga en cada instante el ***Sensor de Temperatura*** y ese valor resistivo depende del nivel de temperatura a que está expuesto dicho sensor.

- **El *Sensor de Temperatura* es un *Resistor Variable en Función de la Temperatura* del medio al que está expuesto y que está sensando.**
  En este tipo de sensor, su valor resistivo "*aumenta*" a medida que la temperatura del medio que está censando "*decrece*" y por el contrario, su valor resistivo *"decrece"* a medida que la temperatura del medio "*aumenta*".
  Estos sensores, en los que su resistencia varía en función de la temperatura a que están expuestos, son denominados *"Thermistores".*
  En este caso en particular, se está haciendo referencia a un thermistor del "*Tipo NTC*" (Coeficiente de Temperatura Negativo).

Existen thermistores del *"Tipo PTC"* (Coeficiente de Temperatura Positivo). Estos tipos de thermistores trabajan exactamente al revés que los descriptos anteriormente, cuando la temperatura *"aumenta",* su valor resistivo "*aumenta".* Cuando la temperatura "*decrece"* su valor resistivo "*decrece".*

El circuito del sensor de temperatura está conformado como un ***"Circuito Divisor de Tensión"*** (Fig. 4). En este circuito la **"resistencia limitadora de corriente" (R_1)** se encuentra dispuesta en serie con un **"resistor variable" (R_2). Con esta configuración de circuito, se genera una caída de tensión a través de los extremos del thermistor que es directamente proporcional al valor de resistencia que adopte en cada instante el sensor (valor producto de la temperatura que está soportando).**
La fórmula utilizada para determinar el nivel de tensión en el **"punto M"** (caída de tensión a través del sensor) es:

$$V_M = \frac{R_2}{R_T} \times V_r$$

V_M = Nivel de tensión de información medida en el Punto M por el Circuito Procesador**.**
R_2 = Valor resistivo del Sensor de Temperatura para el momento en que se está efectuando el cálculo.
R_T = Resistencia Total del Circuito ($R_1 + R_2$)
V_r = Nivel de Tensión de Referencia + 5 V. (Tensión entregada por el regulador de tensión)

Por ejemplo si:

V_r = 5 volt ; R_1 = 1,5 KΩ ; R_2 = 1,5 KΩ luego si aplicamos estos valores en la fórmula dada:

$$V_M = \frac{1{,}5\ K\Omega}{3\ K\Omega} \times 5\ Volt = 2{,}5\ Volt$$

Si la temperatura desciende el valor resistivo del sensor (R_2) se incrementará, supongamos que su valor alcanza los 3 KΩ. Ahora en el punto M el nivel de tensión será:

$$V_M = \frac{3\ K\Omega}{4{,}5\ K\Omega} \times 5\ Volt = 3{,}33\ Volt$$

Si el nivel de temperatura aumenta, el valor resistivo de R_2 disminuirá, supongamos que alcanza un valor de 270 Ω. Ahora en el punto M el nivel de tensión será:

$$V_M = \frac{0{,}27\ K\Omega}{1{,}77\ K\Omega} \times 5\ Volt = 0{,}76\ Volt$$

Durante la operación normal del sistema, cuando la temperatura a ser censada comienza a aumentar, la resistencia del sensor comienza a decrecer y por lo tanto el nivel de tensión en el punto M también decrecerá. Por el contrario, si la temperatura decrece, la resistencia del sensor aumentará y por lo tanto el nivel de tensión en el punto M aumentará también.
El módulo de control utiliza los niveles de tensión presentes en el punto M como una entrada de información para determinar que tipo de cambios se están sucediendo en el sistema.
Este circuito produce una señal de tensión análoga que puede variar aproximadamente en un rango comprendido entre algo más que 0 Volt y algo menos que 5 Volt.
Durante condiciones anormales del circuito, tales como circuito abierto o cortocircuito, este no puede proveer una medición representativa de la temperatura para la cual está diseñado censar. Asimismo, cualquier valor de resistencia del sensor que exceda los parámetros del diseño afectará el nivel de la tensión presente en el punto M, dando así al módulo de control una información incorrecta de la temperatura real censada.
La apertura del circuito entre el módulo de control y el sensor de temperatura, o el sensor de temperatura y masa, dará como resultado una lectura de 5 Volt en el punto M.

Un corto circuito a masa en el circuito entre el módulo de control y el sensor de temperatura resultará en una lectura cercana a 0 Volt en el punto M.
Un nivel de tensión en el punto M más elevado que el máximo que el circuito puede producir (este máximo se daría con temperaturas inferiores a 0º C), puede suceder si se generan resistencias de contacto elevadas entre el módulo de control y el sensor de temperatura o entre este y masa.

Circuito Sensor de Posición por medio de un potenciómetro

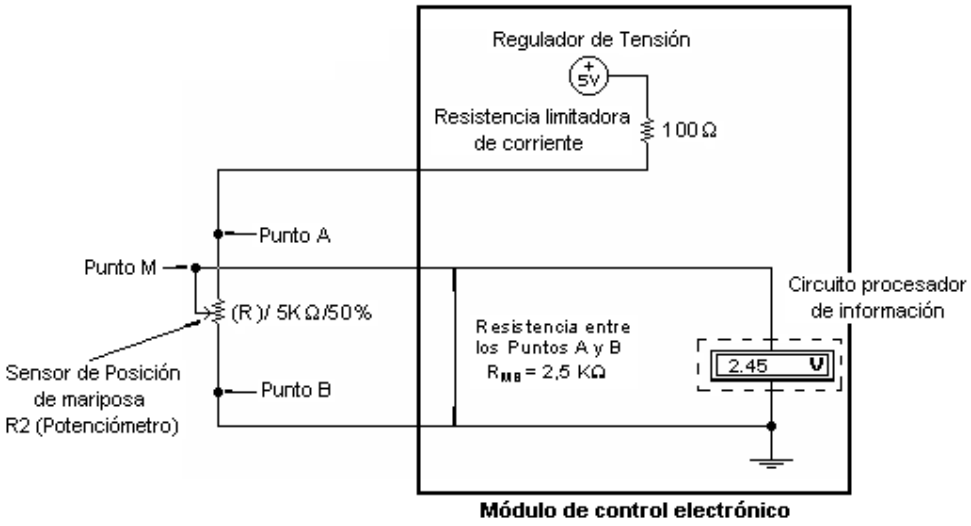


Fig. 5

Muchos sistemas controlados electrónicamente requieren de un componente que pueda monitorear el desplazamiento y recorrido de un elemento mecánico, de modo que el circuito de control pueda estar informado permanentemente de la posición en que se encuentra dicho elemento.
El circuito eléctrico de un ***Sensor de Posición*** es muy similar al de un sensor de temperatura.
El circuito eléctrico está conformado (Fig. 5) por un ***Módulo de Control***, un ***Sensor de Posición (potenciómetro – R_2)***, conductores eléctricos y conectores.
El ***Módulo de Control*** contiene un ***Regulador de Tensión***, una ***Resistencia Limitadora de Corriente*** y un ***Circuito Procesador de Información***.
Aunque el Sensor de Posición es una resistencia variable, su operación es diferente a la de un Sensor de Temperatura. En este último la resistencia del sensor, como ya se explico, varía con la temperatura, en el Sensor de Posición la resistencia es variada mecánicamente.
El sensor de posición (potenciómetro) consiste en un resistor fijo (comprendido entre los Puntos A y B) sobre el que se desliza un patín (cursor) estableciendo contacto sobre él (Fig. 6).

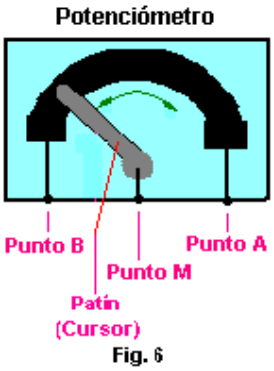


Fig. 6

El patín o cursor es mecánicamente solidario con el componente que debe ser monitoreado, por ejemplo el ángulo de apertura de la mariposa de la garganta de admisión movida por el pedal y cable del acelerador; la posición del pedal del acelerador en sistemas con acelerador electrónico; apertura de la válvula EGR, etc..
Cuando la posición del componente mecánico cambia , la resistencia del sensor de posición cambia. El módulo de control, determina en cada instante la posición adoptada por el componente mecánico censado, leyendo por medio de su circuito procesador de información el nivel de tensión presente en el **Punto M** (Fig. 5).
El circuito de este sensor está también conformado como un ***divisor de tensión***, pero a diferencia del sensor de temperatura, el circuito procesador de información monitorea el nivel de la tensión de información entregada por el sensor a través de una línea de retorno. Conexión entre el Punto M y el Circuito Procesador de Información.
A pesar que los circuitos del ***sensor de temperatura*** y del ***sensor de posición*** están ambos diseñados como ***circuitos divisores de tensión***, la resistencia total del ***sensor de posición*** no varía (mientras en el sensor de temperatura si), por lo tanto el método de cálculo para determinar el nivel de tensión de información difiere ligeramente del estudiado anteriormente.

La fórmula utilizada para determinar el nivel de tensión en el **Punto M** es ahora:

$$V_M = \frac{R_{MB}}{R_T} \times V_r$$

- V_M = Nivel de tensión de información medida en el punto M por el Circuito Procesador de Información
- R_{MB} = Valor de la resistencia existente entre los Puntos M y B.
- R_T = Resistencia Total del Circuito ($R_1 + R_2$) siendo R_2 la resistencia fija del sensor, existente entre los puntos A y B.
- V_r = Nivel de Tensión de Referencia (Tensión entregada por el regulador de tensión de alimentación del circuito).

- Por ejemplo si nos remitimos a la Figura 5:

V_r = 5 Volt ; R_1 = 100 Ω ; R_{MB} = 2,5 KΩ (por estar el cursor al 50% del recorrido entre A y B) ; …. luego $R_T = R_1 + R_2$ = 100 Ω + 5000 Ω = 5100 Ω

$$V_M = \frac{2{,}5\ K\Omega}{5{,}1\ K\Omega} \times 5\ Volt = 2{,}45\ Volt$$

- Supongamos ahora que el cursor debido al movimiento del eje del componente se mueve hacia el Punto A hasta alcanzar el 85% del recorrido total, el valor de la resistencia entre los Puntos M y B será ahora de (Fig. 7):
  R_{MB} = 4250 Ω

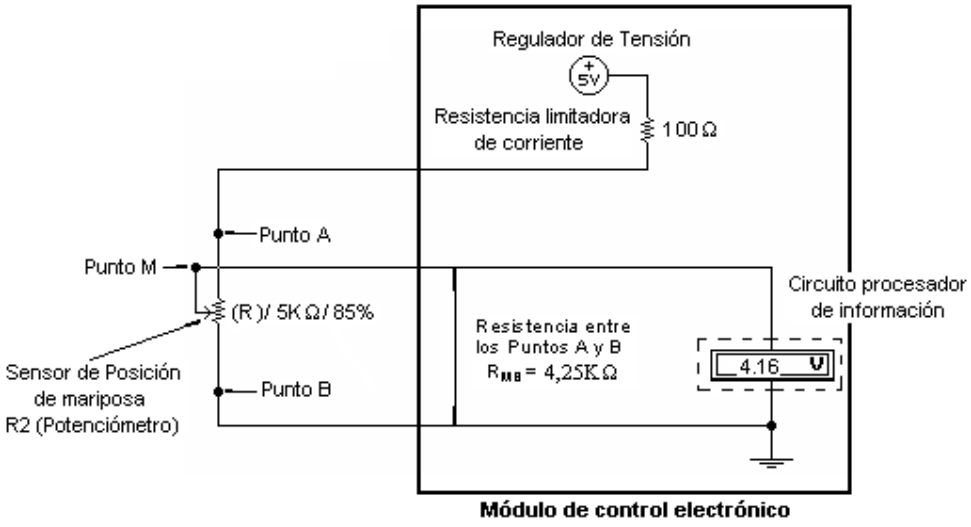


Fig. 7

Los demás parámetros no varían debido a que son constantes.
El nivel de la tensión de información leída en el Punto M será ahora:

$$V_M = \frac{R_{MB}}{R_T} \times V_r = \frac{4{,}25\ K\Omega}{5{,}1\ K\Omega} \times 5\ Volt = 4{,}16\ Volt$$

- Consideremos que ahora el eje del componente censado gira en el sentido opuesto al anterior. Ahora el cursor se deslizará hacia el Punto B y asumimos que alcance un valor igual al 10% del recorrido total, el valor de la resistencia entre los puntos M y B será ahora de (Fig. 8):
  $R_{MB} = 500\ \Omega$
  Los demás parámetros como ya se vio anteriormente no varían.

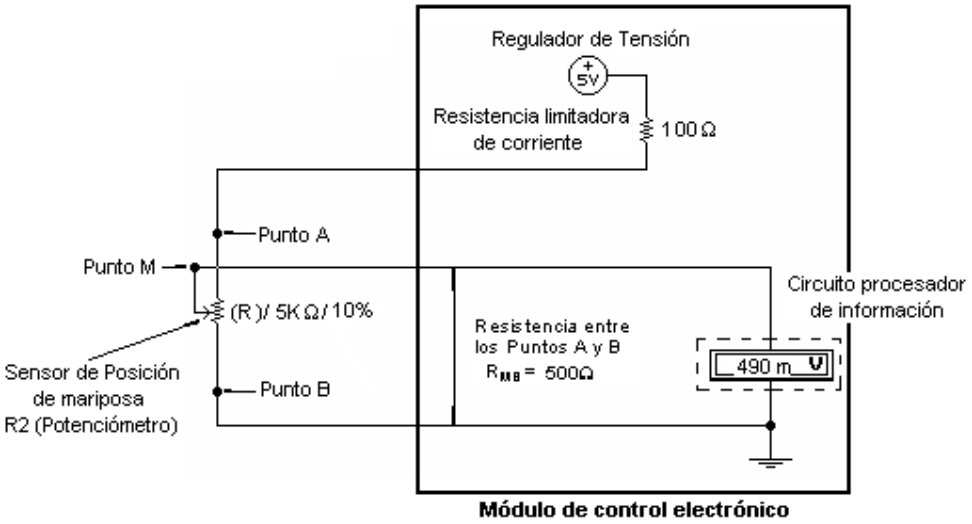


Fig. 8

El nivel de tensión de información será en este caso:

$$V_M = \frac{R_{MB}}{R_T} \times V_r = \frac{0{,}5\ K\Omega}{5{,}1\ K\Omega} \times 5\ Volt = 0{,}49\ Volt$$

Durante la operación normal del sistema, cuando la posición del componente comienza a ser censada en su movimiento hacia un extremo de su recorrido, la resistencia del sensor de posición aumentará o disminuirá, dependiendo de cómo se haya diseñado el circuito. El módulo de control electrónico utiliza el nivel de tensión monitoreada para determinar que tipos de cambios están ocurriendo en el sistema.
Si la resistencia del sensor de posición aumenta, el nivel de tensión monitoreado aumentará.
Si la resistencia del sensor de posición disminuye, el nivel de tensión monitoreado disminuirá.
El circuito del sensor de posición, produce una señal de información que consiste en una tensión analógica (nivel de tensión monitoreado por el módulo), normalmente el rango de variación de dicha tensión se encuentra aproximadamente entre 0,5 Volt y 4,5 Volt. Esta condición se cumple siempre que la resistencia del sensor sea la que corresponda al diseño del circuito, cualquier valor de resistencia que se encuentre fuera de los límites del diseño, podrá dar informaciones erróneas de la real posición en la que se encuentra el sensor.

- Si se produce una apertura del circuito entre el módulo de control y el Punto A del sensor de posición o entre el Punto M del sensor y el módulo de control, dará como resultado una lectura de 0 Volt en la línea de información.
  El mismo nivel de información se producirá si se abre el sensor propiamente dicho, en el extremo donde recibe la tensión de referencia, o si se abre el cursor.
- Si la apertura del circuito se produce en el sensor propiamente dicho en su extremo que va conectado a masa, o en la línea que conecta este extremo con masa, en la línea de

información se tendrá presente un nivel de tensión de información de 5 Volt.

- Un corto circuito a masa en la línea que alimenta con la tensión de referencia al sensor o en la que conecta la salida de información con el módulo, dará como resultado un nivel de tensión de información de 0 Volt.
- Si la línea que conecta el retorno del sensor con la masa del módulo es corto circuitada a masa, el nivel de la señal de entrada no se verá afectado.
- Una resistencia mayor que lo normal insertada en cualquiera de las conexiones del sensor con el módulo (por ejemplo resistencia de contacto en los conectores), producirá un nivel de información erróneo.
  Si dicha resistencia está insertada en la línea por la que el sensor recibe la tensión de referencia, el nivel de tensión de información será menor al real de acuerdo a la posición que el componente tiene en ese momento.
  Si dicha resistencia se encuentra presente en la línea de conexión del sensor con el módulo, el nivel de la tensión de información será mayor al real, de acuerdo a la posición que el componente tiene en ese momento.

Interruptores utilizados como sensores de posición

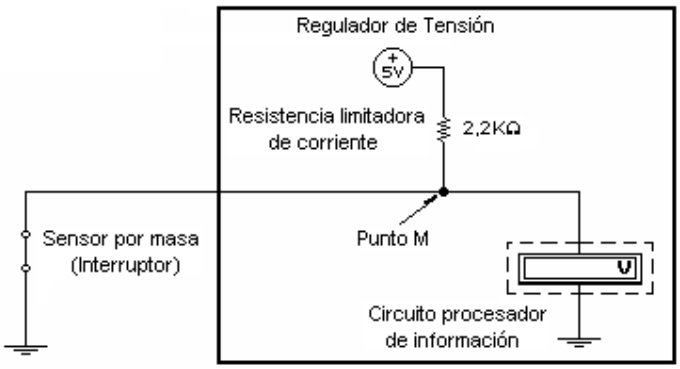


Fig. 9

En ciertas aplicaciones solamente es necesario conocer dos posiciones definidas que puede adoptar un componente, por ejemplo si un pedal de freno está presionado o liberado. En estos casos la utilización de un interruptor es suficiente para cumplir la función de sensor (Fig. 9). Casi todos los sistemas controlados electrónicamente contienen como mínimo un interruptor actuando como sensor.
El tipo de señal (información) que provee un sensor de posición conformado por un interruptor es ***"digital",*** los niveles que puede adoptar esta señal son solamente dos tensiones bien definidas, **"On/OFF"; "HI/LOW"; o en definitiva "5 Volt y 0 Volt".**
En los circuitos que utilizan un interruptor como sensor de posición, el interruptor puede estar **"referido a masa (negativo) o referido a la tensión de referencia (positivo)".**

- ***Sensor de posición con el interruptor referido a masa (negativo)***

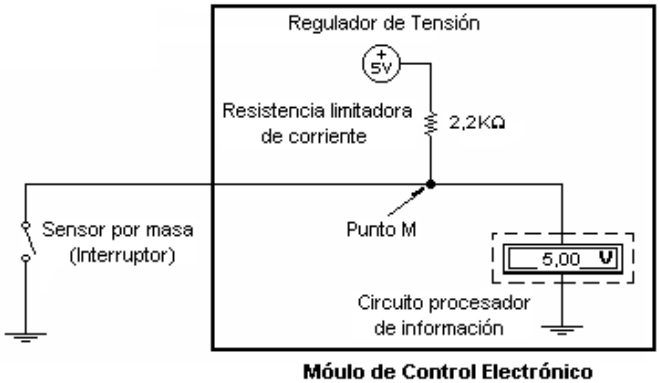


Fig. 10

El circuito eléctrico de un sensor de posición por medio de interruptor (Fig. 10), es similar al circuito de un sensor de temperatura. Obviamente, la mayor diferencia radica que en serie con la resistencia limitadora de corriente se ha conectado un interruptor en lugar del sensor de resistencia variable con la temperatura.
Durante la operación normal del circuito, cuando el interruptor se encuentra abierto, el circuito se completa desde el **regulador de tensión (+ 5 Volt),** la **resistencia limitadora de corriente (2,2 KΩ),** cerrándose a masa a través del **circuito procesador de información.**

El valor de la **resistencia de entrada** del **circuito procesador de información** debe ser por lo menos **10 veces mayor** que el valor de la **resistencia limitadora de corriente,** para que el nivel de la tensión de información en el **Punto M** esté prácticamente en **5 Volt.**

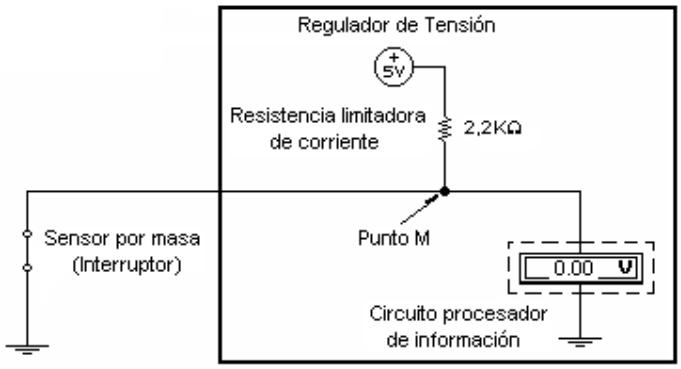


Fig. 11

Cuando el interruptor esté cerrado (Fig. 11), él completará el cierre del circuito a masa y por lo tanto el nivel de la tensión de información en el **Punto M será 0 Volt,** puesto que toda la tensión de referencia se encontrará aplicada sobre la **resistencia limitadora de corriente.**

- Si se abre el circuito entre el módulo electrónico de control y el interruptor (sensor) dará como resultado un nivel de tensión constante de 5 Volt en el Punto M.
- Si el circuito entre el módulo electrónico de control y el interruptor (sensor) se corto circuita a masa, dará como resultado un nivel de tensión constante de 0 Volt en el Punto M.

Es evidente que cualquiera de estas dos situaciones darán una falsa información al módulo electrónico de control.

- ***Sensor de posición con el interruptor referido a positivo***

Este circuito utiliza los mismos componentes que el circuito presentado anteriormente, con la excepción que el módulo de control electrónico no provee la tensión de referencia (Fig. 12).

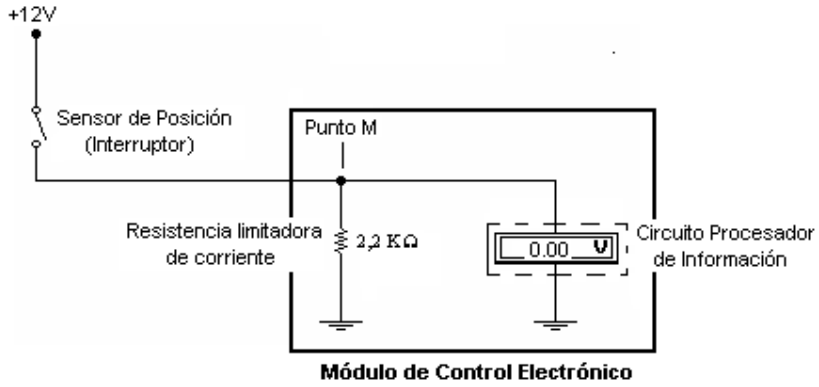


Fig. 12

El circuito es alimentado eléctricamente desde una fuente externa al módulo de control, tal como la batería del vehículo.
Observe que ahora la resistencia limitadora de corriente se encuentra conectada entre el interruptor (sensor) y masa

- Durante la operación normal del sistema, cuando el interruptor se encuentra abierto, no habrá tensión aplicada al circuito, por lo tanto no existirá circulación de corriente a través de la resistencia limitadora de corriente y el nivel de tensión en el Punto M será de 0 Volt.

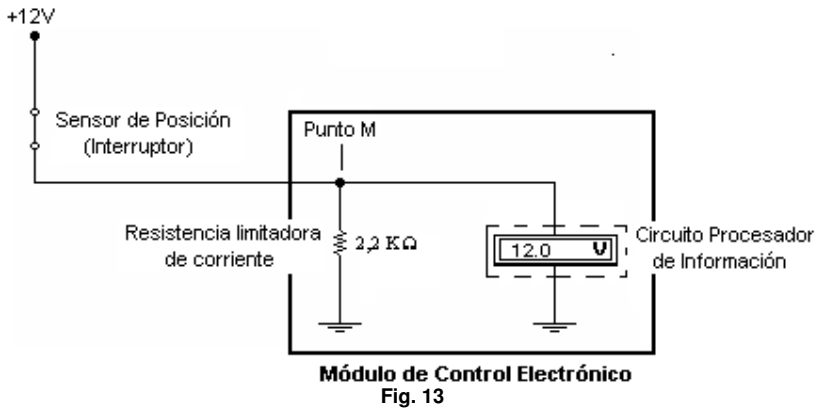


Fig. 13

Cuando el interruptor se encuentre cerrado (Fig. 13), la tensión de batería quedará aplicada directamente entre los extremos de la resistencia limitadora de corriente (2,2 KΩ), por lo tanto el nivel de la tensión de información en el Punto M será de + 12 Volt.

- Si se produce la apertura de la conexión que une el interruptor con el módulo de control electrónico, el nivel de la tensión de información en el Punto M será de 0 Volt constantes.
- Si la conexión que une al interruptor con el módulo de control electrónico se corto circuita a masa, el nivel de la tensión de información en el Punto M será de 0 Volts constantes.
- **Si la línea de conexión entre el interruptor y el módulo se corto circuita a masa, evidentemente se producirá un corto circuito entre Positivo y Negativo de batería a través de dicha conexión, circunstancia que provocará la apertura del fusible de protección del circuito.**

Generadores de Señales

Captores Magnéticos de Reluctancia Variable

(Generadores de corriente alternada casi sinusoidal)

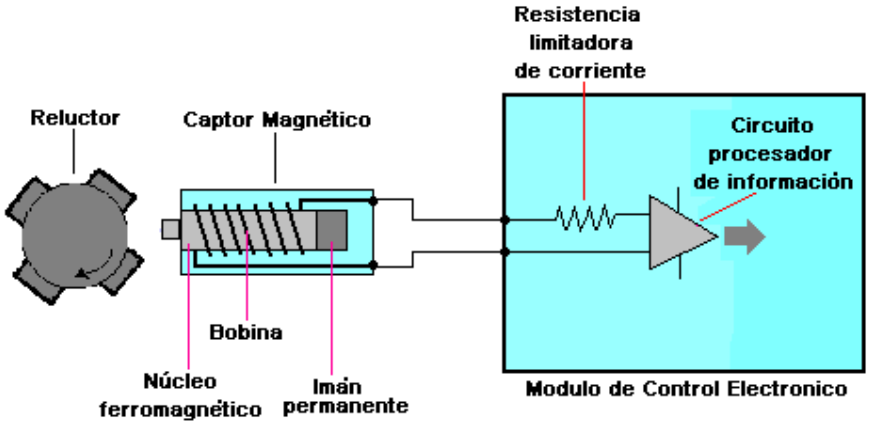


Fig. 14

Los Captores Magnéticos son comúnmente utilizados en cualquier sistema electrónico donde la velocidad de rotación de un elemento deba ser conocida, por ser un factor de operación del sistema.
En **Sistemas de Encendido Electrónico Sin Distribuidor,** en **Sistemas de Inyección de Combustible y Encendido Controlados por Calculador Electrónico** y en **Sistemas de Freno con Antibloqueo (ABS)** son utilizados este tipo de captores.

El circuito consiste en un **Módulo de Control Electrónico**, un **Captor Magnético**, un **Reluctor**, conductores de conexión y conectores (Fig. 14).
El Módulo de Control Electrónico contiene una **Resistencia Limitadora de Corriente** y un **Circuito Procesador de Señal (información),** este circuito actúa en forma similar a la de un Voltímetro de Corriente Alternada.
El captor magnético es un **Captor de Reluctancia Variable**.
Un captor de reluctancia variable es un componente que por contar en su núcleo con un imán permanente, está generando continuamente un campo magnético uniforme y de intensidad constante (Fig. 15).

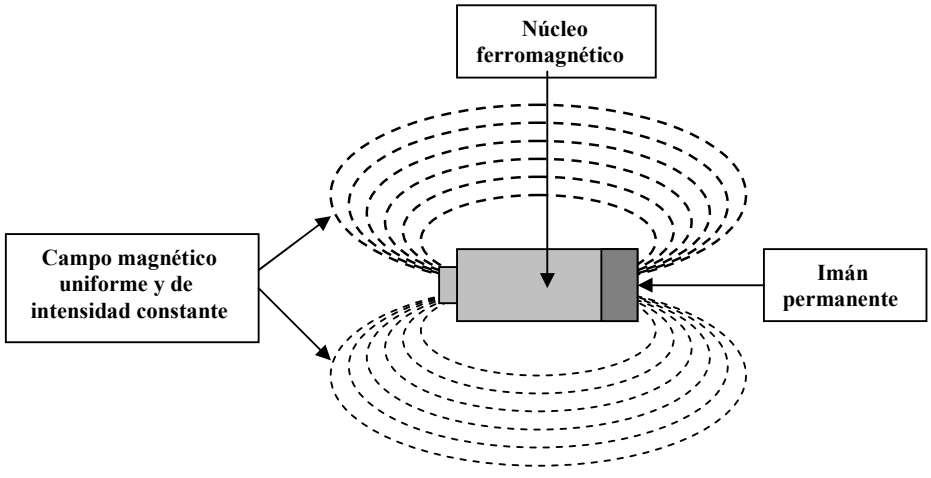


Fig. 15

La uniformidad de el campo magnético y su intensidad en ciertos puntos puede ser modificada, estas variaciones son logradas mediante el pasaje de un componente formado por material ferromagnético (reluctor) a través del campo magnético del captor.

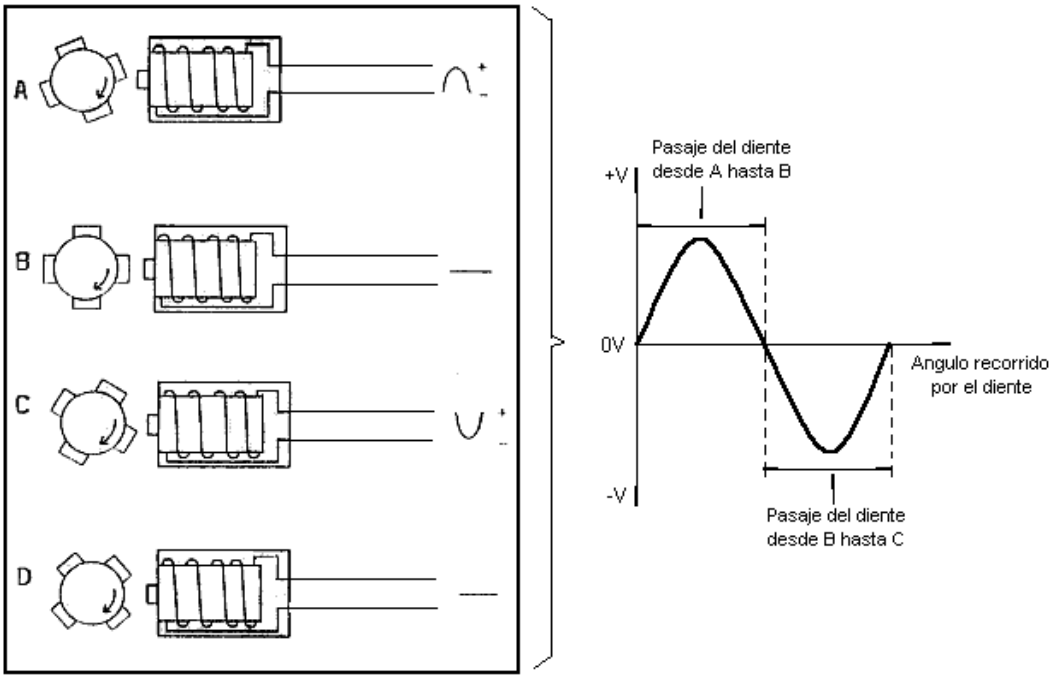


Fig. 16

El captor produce una señal de corriente alternada de conformación casi senoidal (Fig. 16), esta señal es enviada al módulo de control electrónico.
La señal se produce cuando un diente del reluctor pasa frente al captor.
Cuando un diente del reluctor comienza a aproximarse al captor (“A” en Fig. 16), las líneas de fuerza del campo magnético se desviarán cortando en su movimiento las espiras de la bobina del captor. Este cambio en el campo magnético inducirá una tensión positiva en dicha bobina, cuanto mayor sea el cambio producido en el campo magnético, mayor será el nivel de la tensión inducida en la bobina.
Cuando el diente del reluctor llega a enfrentarse con el captor no se produce ninguna desviación del campo magnético, por lo tanto la tensión inducida es igual a cero (“B” en Fig. 16).
El reluctor seguirá girando, el diente comenzará a alejarse del captor. Ahora las líneas de fuerza del campo magnético comenzarán a desviarse en sentido opuesto al que se produjo inicialmente, cuando el diente se estaba acercando al captor. Nuevamente comenzará a inducirse una tensión en la bobina del captor pero de sentido opuesto, o sea negativo (“C” en Fig. 16).
Cuando el reluctor alcance la posición “D” en Fig. 16, el nivel de la tensión inducida en la bobina del captor será nuevamente cero, completándose así un ciclo de la corriente alternada inducida en el.
Debido al giro continuo del reluctor, cuando un diente se está alejando del captor otro se está acercando, lo que dará una sucesión de ondas de corriente alternada casi sinusoidal inducidas en la bobina del captor (Fig. 17). La frecuencia de esta corriente alternada depende de la velocidad a la que está girando el reluctor, que a su vez depende de las RPM del motor en ese instante.

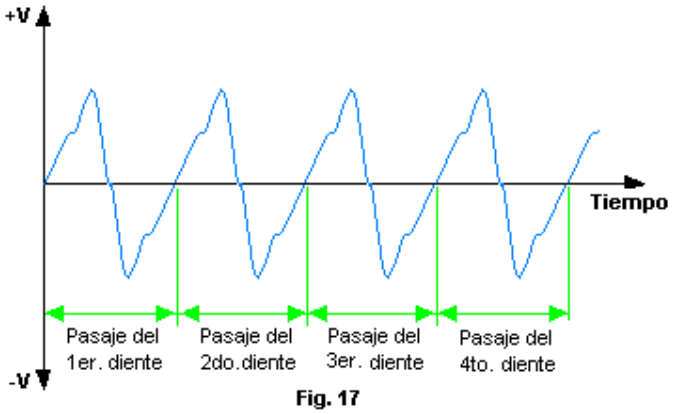


Fig. 17

La señal generada por este tipo de circuito puede ser visualizada por medio de un osciloscopio. Una forma de onda normal generada por un captor de reluctancia variable, señal mostrada por la pantalla de un osciloscopio, será muy similar a la presentada en la Fig. 18.

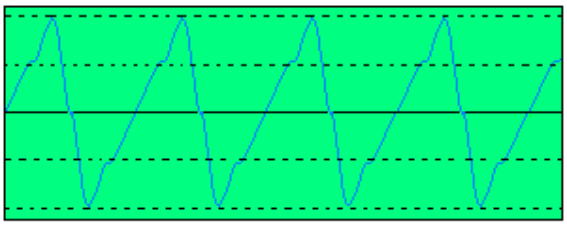


Figura 18 - Señal normal

- Una resistencia insertada en serie en el circuito mayor que la normal (por ejemplo resistencia de contacto en conectores), producirá una caída en el nivel de tensión de la señal que llega al módulo de control electrónico (Fig. 19).

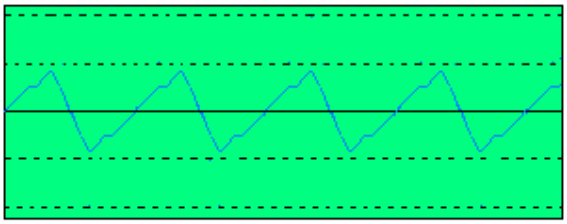


Figura 19 - Nivel de señal reducido

- Un nivel inferior al normal en la señal puede producirse también por una posición incorrecta del captor con respecto al reluctor, esta circunstancia puede ser causada por una distancia de separación entre los mismos (gap) mayor a la máxima especificada (generalmente la máxima distancia admitida es de 1 mm.).

- Si el nivel de la señal que recibe el módulo de control electrónico llega a un nivel suficientemente bajo, el circuito electrónico no podrá interpretar la información recibida, dando origen así a una falla en el sistema.

- Un corto circuito a masa o una apertura en la continuidad del circuito darán también como resultado, falta de información al módulo de control electrónico.

En la descripción de funcionamiento anterior de un Captor de Reluctancia Variable, por razones prácticas se ha tomado como ejemplo un reluctor de 4 dientes solamente.

El análisis de funcionamiento es válido totalmente para sistemas que utilizan Ruedas Fónicas de:

- 60–2 dientes, como utiliza Renault / Fiat / Peugeot / VW / Alfa Romeo / General Motors / etc,(Fig. 19 A)
- o de 36-1 dientes, como utiliza Ford. (Fig. 19B)

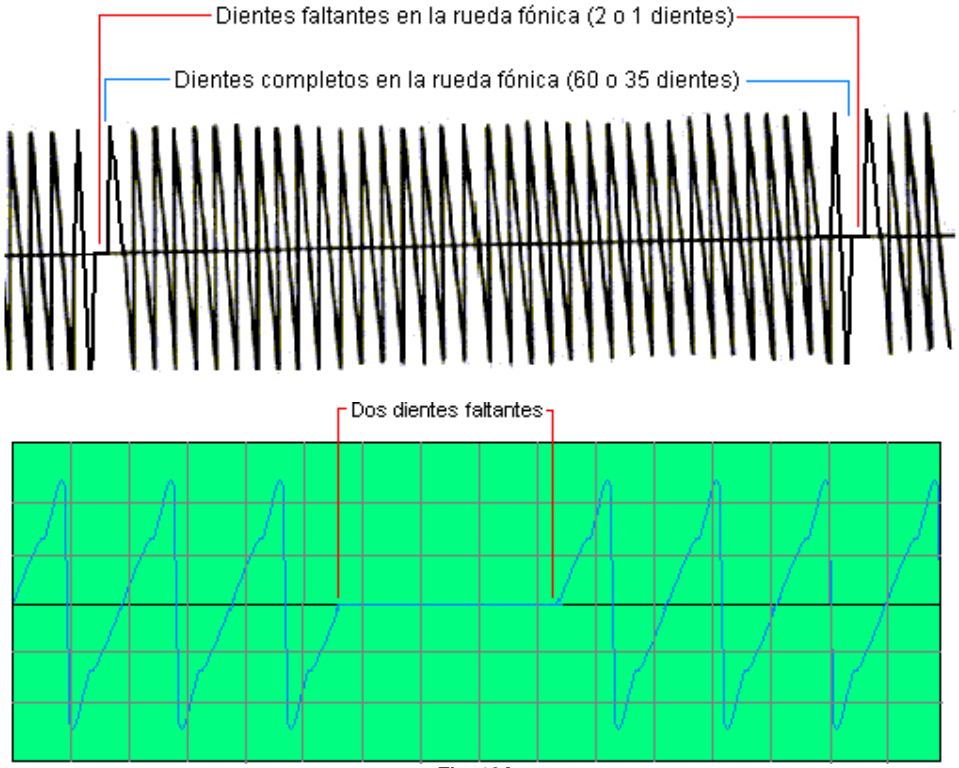


Fig. 19A

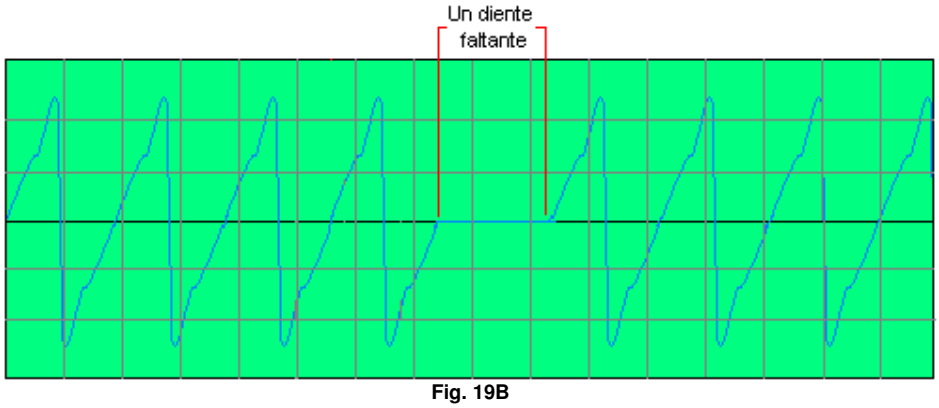


Fig. 19B

La FRECUENCIA y la AMPLITUD de la señal dependen de la velocidad a la que está girando la RUEDA FÓNICA, o sea depende de las RPM del motor.

- ***A menores r.p.m. menor frecuencia y menor amplitud.***
- ***A mayores r.p.m. mayor frecuencia y mayor amplitud.***

Sensor de Oxígeno o Sensor Lambda (λ)

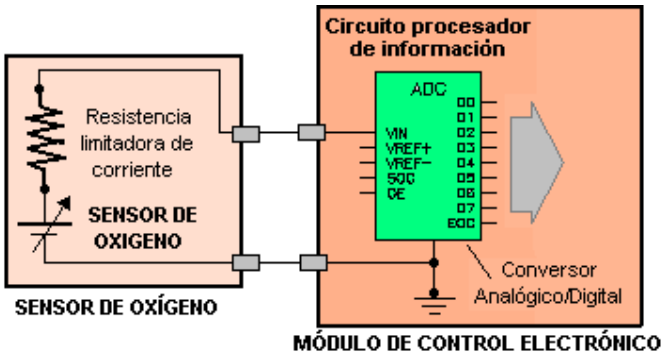


Fig. 20

Un sensor especial utilizado solamente en los Sistemas de Control Electrónico de Motores es el **Sensor de Oxígeno**, también denominado **Sonda Lambda (Sonda λ).** Este componente se monta en el tubo de escape de gases residuales de la combustión o directamente en el múltiple de escape.
La finalidad de este componente consiste en proveer al Módulo de Control Electrónico de Motor información (realimentación) del contenido de oxígeno en los gases residuales de escape, de modo que este pueda determinar si la mezcla aire/combustible aportada al motor se encuentra en la condición Normal (Lambda = 1), Rica (Lambda < 1), o Pobre (Lambda > 1), permitiéndole de este modo al Módulo de Control ajustar más finamente los tiempos de inyección de combustible.

El circuito eléctrico del sensor de oxígeno esta formado por un Módulo de Control electrónico, el Sensor de Oxígeno, conectores y el cableado necesario para interconectar eléctricamente estos componentes. (Fig. 20)

El sensor de oxígeno es un **Generador de Corriente Continua Variable** que informa al módulo de control mediante una **señal de tensión análoga** cuyo rango de variación se encuentra comprendido entre **CERO (0) y UN (1) Volt**.
La resistencia dispuesta en serie con el sensor (resistencia limitadora de corriente), protege al sensor de intensidades de corriente de sobrecarga que podrían producirse si sucediera un corto circuito en la línea de conexión del sensor de oxígeno al módulo de control.

El sensor de oxígeno consiste en un tubo cerrado en un extremo, construido con Cerámica de Dióxido de Zirconio (ZrO_2), estando las caras del mismo, tanto la interna como la externa, recubiertas por una delgada capa de platino poroso. (Fig. 21)

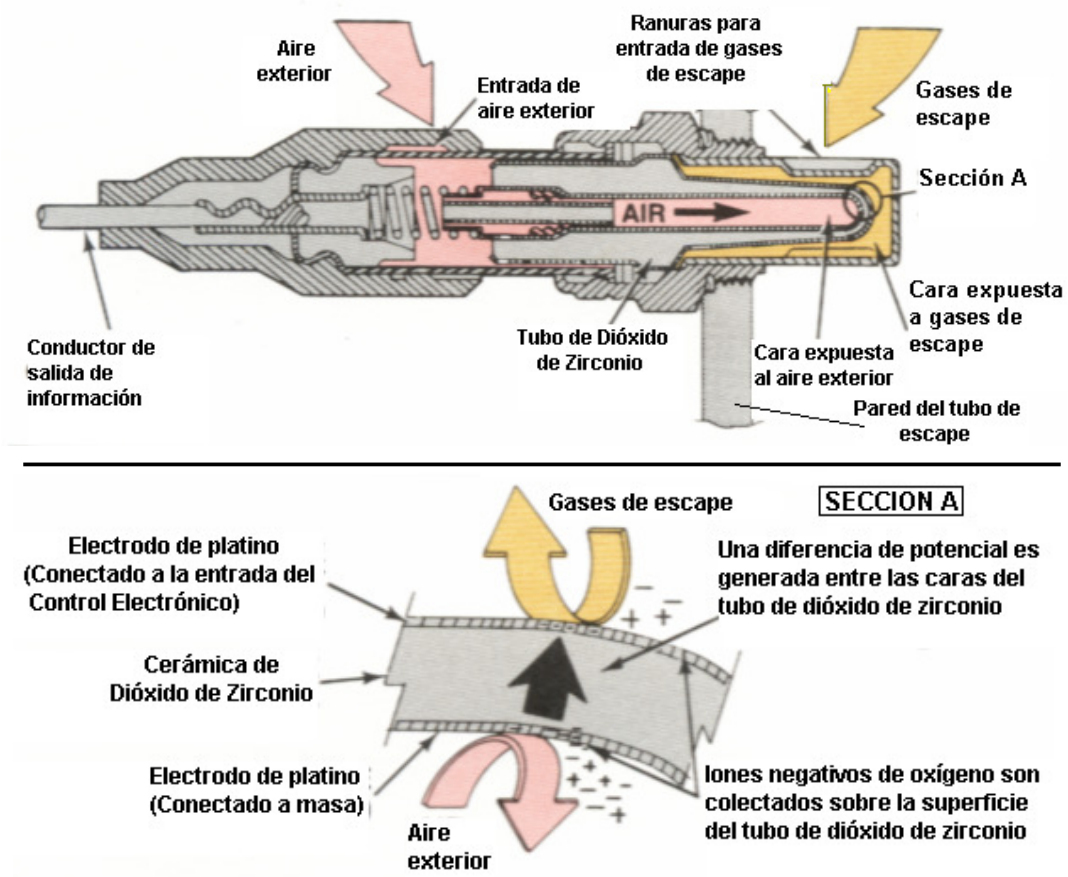


Fig. 21

El interior del tubo de cerámica de ZrO_2 está relleno de aire exterior, el que se puede considerar contiene un 21% de oxígeno. Cuando su cara exterior queda expuesta a los gases de escape, los que muy difícilmente contendrán el mismo nivel de oxígeno, se produce una reacción química entre sus caras interna y externa. Esta reacción genera una diferencia de potencial eléctrico entre dichas superficies. Esta es una reacción química que tiene cierta similitud con la reacción química que se produce en una pila, cuyos electrodos están compuestos por diferentes metales.

Esta reacción química se produce en estas condiciones de exposición, ante los diferentes niveles de oxígeno contenido en el aire exterior y en los gases residuales de la combustión, siempre que la temperatura del sensor haya alcanzado los 350º C o más.

La tensión generada por el sensor variará a cada instante en concordancia con el nivel de oxígeno que contengan los gases de escape. El contenido de oxígeno en el aire exterior puede prácticamente considerarse constante.

- **El nivel de tensión generada por el sensor aumentará en la medida que el contenido de oxígeno en los gases de escape disminuya.**

- **El nivel de tensión generada por el sensor disminuirá en la medida que el contenido de oxígeno en los gases de escape aumente.**

Cualquier anormalidad que se produzca en el circuito dará como resultado una información errónea sobre la composición de la mezcla aire/combustible suministrada al motor, produciendo ajustes incorrectos de los tiempos de inyección decididos por el módulo de control electrónico.

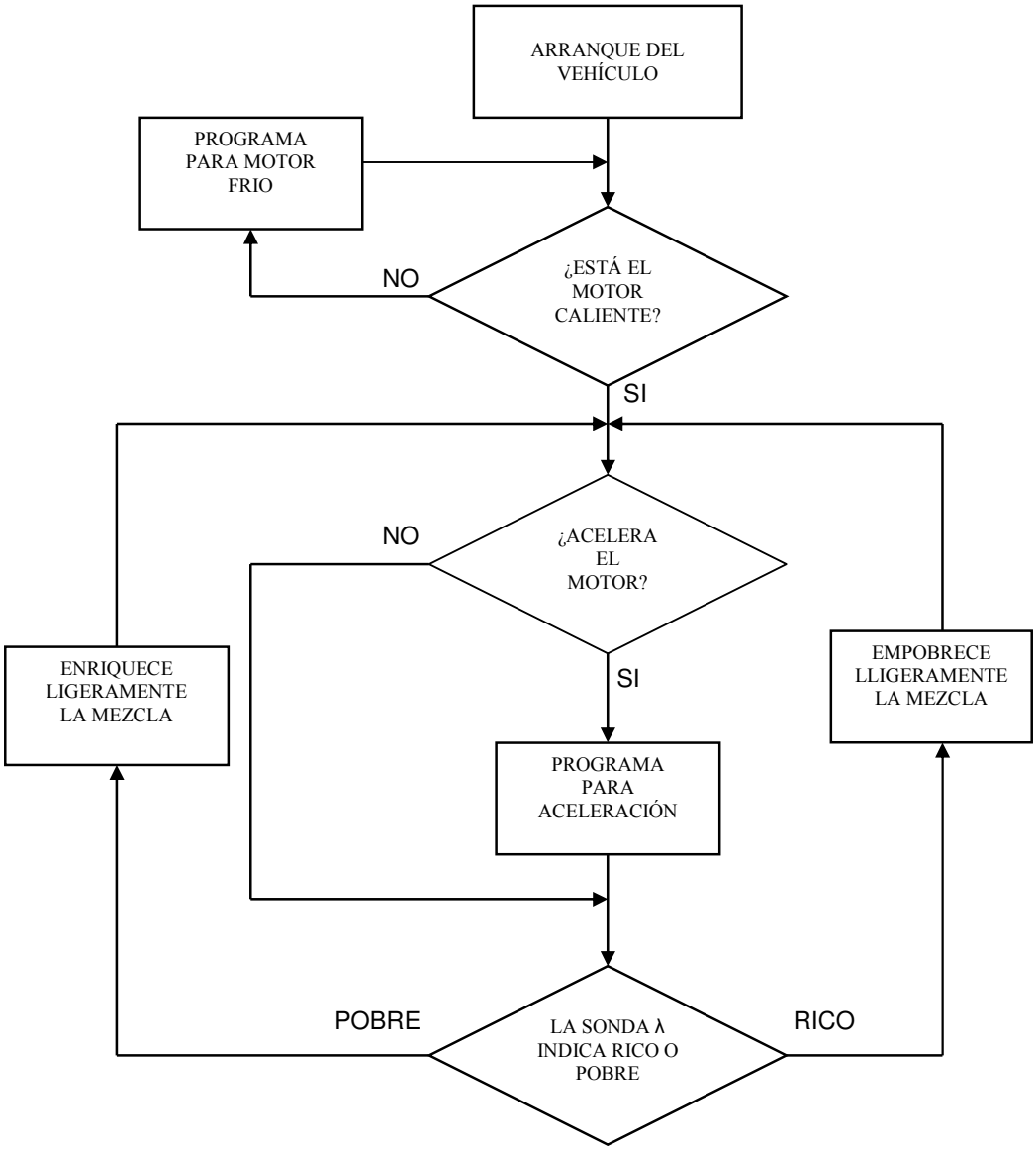
- El módulo de control leerá un nivel de tensión proveniente del sensor de 0 Volt constante, si se produce la apertura o la puesta a masa del circuito de conexión entre el sensor y el módulo.

- Una conexión deficiente entre el sensor y el módulo de control, generalmente provocada por resistencia de contacto entre pines macho y hembra de conectores, provocará una caída de tensión sobre esa resistencia. Dicha tensión es parte de la tensión generada por el sensor, por lo tanto el nivel de la tensión de información que recibirá el módulo de control será menor a la realmente generada por el sensor, dando lugar a que se produzca un error en el tiempo de inyección que impone el módulo de control a los inyectores.

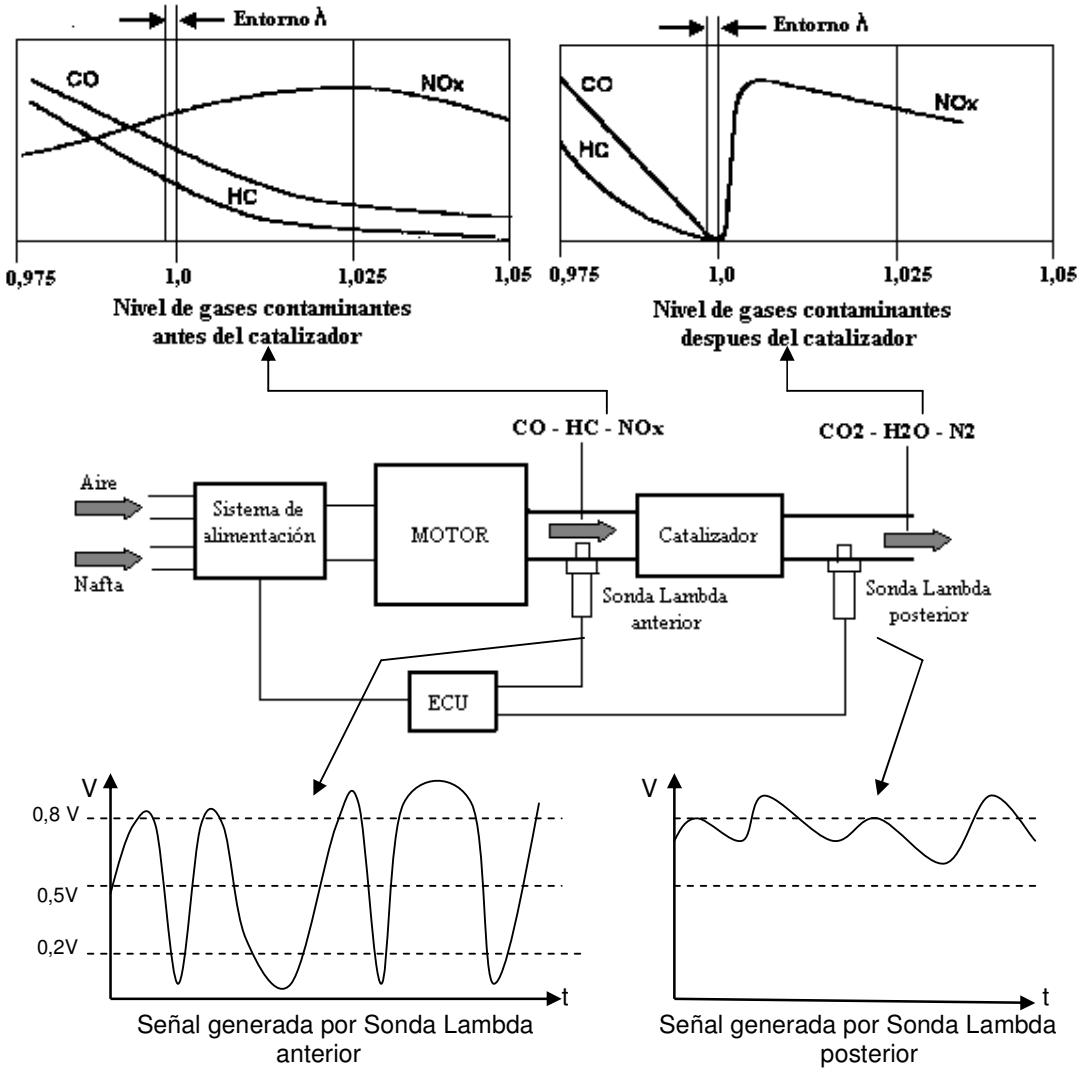
- Adicionalmente a estos problemas, se debe tener en cuenta que debido a la alta impedancia que presenta el circuito, este es muy sensible a recibir señales espurias generadas por campos magnéticos externos, como por ejemplo, los producidos por los cables de bujías. Debido a estas posibilidades de recibir interferencias, el conductor que conecta al sensor con el módulo de control electrónico es protegido por una malla de blindaje conectada a masa.

FUNCIONAMIENTO DE LA REGULACIÓN LAMBDA

PROGRAMA QUE MANEJA LA ECU



SONDA LAMBDA POSTERIOR AL CATALIZADOR



Todos los catalizadores utilizados actualmente en nuestro medio son Catalizadores de Tres Vías.

El catalizador prácticamente utiliza todo el Oxígeno (O_2) remanente de la combustión para terminar de oxidar el CO y los HC y reducir los Óxidos Nitrosos.

Las reacciones químicas que se producen en el catalizador entre los distintos gases son las siguientes:

$CO + (½)\ O_2 \rightarrow CO_2$

$H_2 + (½)\ O_2 \rightarrow H_2O$

$CO + NO \rightarrow (½)\ N_2 + CO_2$

$H_2 + NO \rightarrow (½)\ N_2 + H_2O$

Al ser utilizado casi todo el Oxígeno remanente de la combustión, en los procesos químicos que se suceden en el catalizador, la concentración de Oxígeno en los gases de escape que llegan a la Sonda de Oxígeno (Sonda λ) posterior al catalizador es muy pequeña. Recuerde que la Sonda λ compara la concentración de Oxígeno en el aire exterior con la concentración de este mismo gas en los gases de escape. Cuando la concentración de Oxígeno en los gases de escape, es menor a la del aire exterior, la Sonda λ genera una tensión comprendida entre 0,8 Volt a 1,2 Volt. Observe que en este caso la concentración de Oxígeno en los gases de escape es muy pequeña, inferior al 1%, por lo tanto el nivel de la señal de información, generada por la Sonda λ Posterior al Catalizador puede llegar a variar en un pequeño entorno, entre 0,7 Volt y 1,2 Volt.

Esta información es utilizada por la ECU para monitorear la eficiencia del catalizador.

Si la ECU determina que todo el sistema que ella controla, en lo que hace a la dosificación de aire/combustible y encendido, está funcionando correctamente, pero la Sonda λ posterior al catalizador comienza a comportarse como la Sonda λ anterior al mismo, entenderá que el catalizador ha perdido su eficiencia y almacenará un código de falla, encendiendo a su vez la MIL.

Sensor Generador de Corriente Continua Pulsante de Frecuencia Variable con la Presión

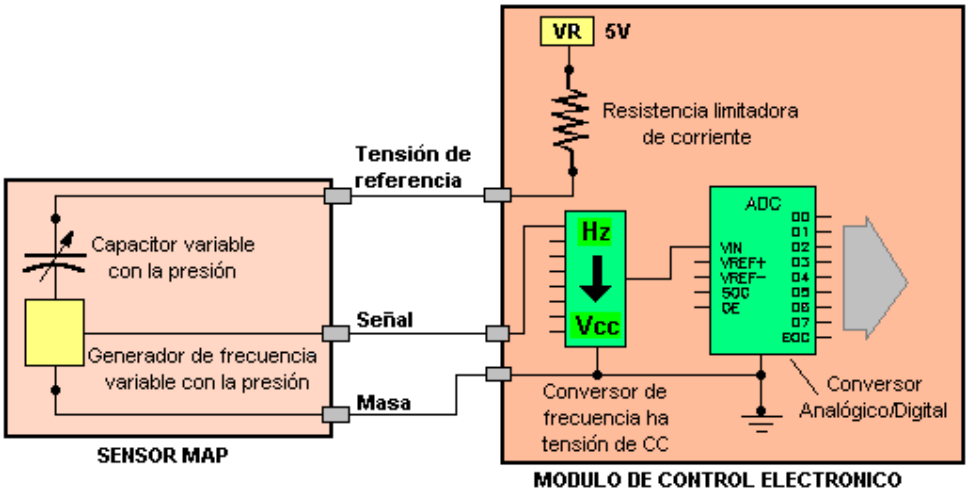


Fig. 22

La empresa FORD utiliza en varios de sus modelos de automóvil, un sistema de Control Electrónico del Motor cuyos Sensores de Presión Absoluta en el Múltiple de Admisión (MAP – Manifold Absolute Pressure) y de Presión Barométrica (BP – Barometric Pressure), difieren de los sensores vistos hasta ahora en el tipo de señal de información que entregan al calculador de a bordo.

Los descriptos hasta el momento, informan por medio de una tensión analógica que puede variar desde algunos cientos de milivolt hasta cerca de cinco volt.

Los sensores de FORD a los que nos estamos refiriendo, tienen la particularidad de generar una señal de información que es una Onda Cuadrada cuyos límites son 0V y + 5V, pero la frecuencia de dicha señal es variable con la presión a la que están expuestos dichos sensores. (Fig. 23)

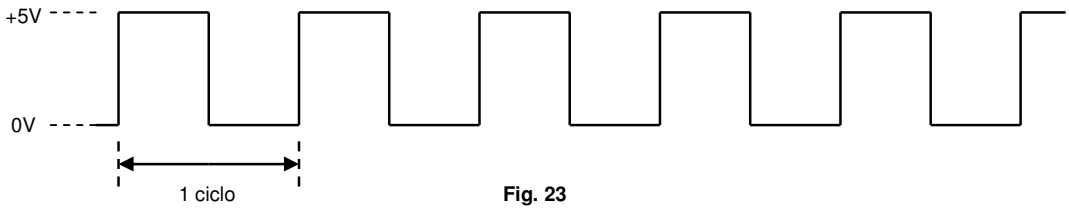


Fig. 23

Recuerde que la Frecuencia de una Señal es la cantidad de ciclos que se suceden en un segundo.

Tabla 1

Depresión en el múltiple de admisión (mmH_g)	($pulg.H_g$)	Frecuencia de la señal (Hertz)
0	0	150
100	4	136
200	8	125
300	18	115
400	19	105
500	20	97

El circuito está conformado por un **Módulo de Control Electrónico**, un **Sensor MAP**, conectores y conductores de conexionado entre los componentes. (Fig. 22)
El **Módulo de Control Electrónico** contiene:

- **Un Regulador de Tensión (+ 5 Volt)**
- **Una Resistencia Limitadora de Intensidad de Corriente**
- **Un Conversor de Frecuencia a Tensión de C.C.**
- **Un Procesador de Señal**

- El regulador de tensión suministra al circuito una tensión de alimentación de nivel constante, + 5 Volt.
- La resistencia limitadora de intensidad de corriente, protege al regulador de tensión de un nivel de corriente de sobrecarga que se podría producir ante un cortocircuito a masa en la línea de alimentación del sensor.
- El sensor reacciona ante los diferentes niveles de presión a la que esta expuesto, enviando al módulo de control señales de frecuencia cambiante en función de los cambios que se producen en dicha presión.
- El conversor de frecuencia a tensión de C.C., acondiciona la señal enviada al módulo de control por el sensor, convirtiendo las distintas frecuencias en tensión de C.C. cuyos niveles son proporcionales a la frecuencia de la señal recibida.
- El procesador de señal convierte las tensiones analógicas salientes del conversor de frecuencia/tensión, en señales digitales binarias.

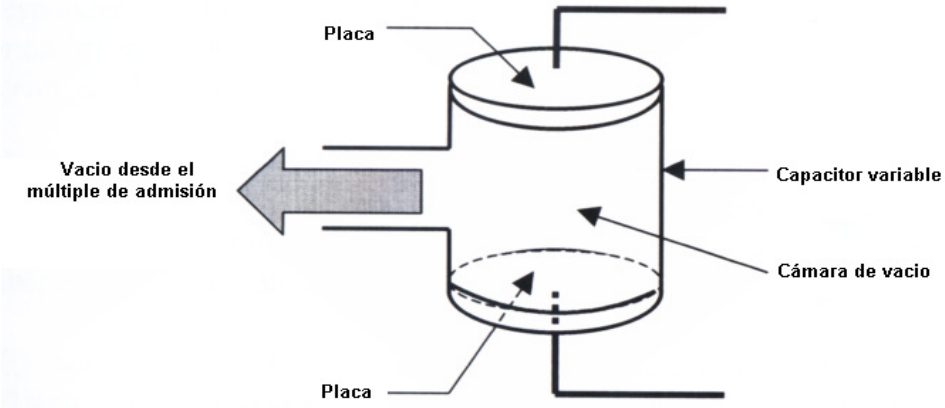


Fig. 24

- **El Sensor MAP consiste en un oscilador electrónico (generador de frecuencias) cuya frecuencia de oscilación depende en cada instante del valor de Capacidad que presenta el Capacitor Variable.**
- **El Capacitor Variable está formado por dos Placas Elásticas, que son las tapas de cierre de una Cámara de Vacío. (Fig. 24)**
- **De acuerdo al vacío producido en las cámaras de combustión del motor en cada momento, vacío que es transmitido por medio de un conducto a la cámara de vacío que constituye el capacitor variable, las placas del capacitor se desforman acercándose entre sí en mayor o menor grado.**

Tengamos presente que el valor de capacidad de un capacitor es directamente proporcional a la superficie de las placas enfrentadas, e inversamente proporcional a la distancia que las separa.
En este caso se tienen placas iguales en superficie, las que no cambian de tamaño, pero si varía la distancia que las separa, de acuerdo al nivel de presión a que están expuestas, por lo tanto en función de los cambios que se produzcan en esa presión variará la capacidad del capacitor. **(Fig. 25)**

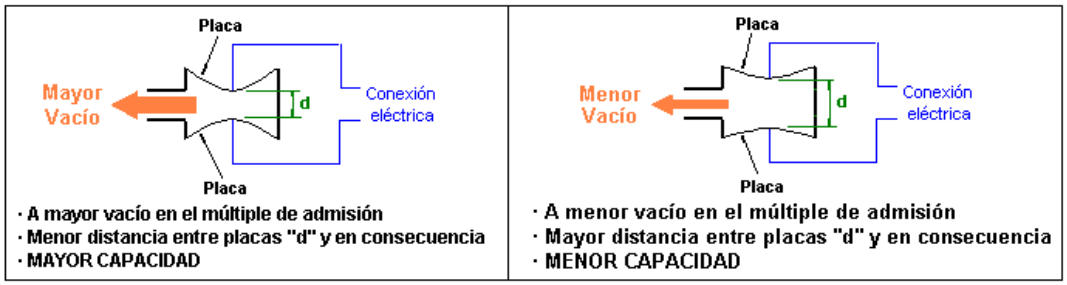


Fig. 25

Como ya se describió, la frecuencia generada por el sensor (oscilador) depende en cada instante del valor de la capacidad del capacitor variable con la presión.
La respuesta de este circuito es la siguiente:

- **A mayor valor de capacidad, consecuencia de un mayor nivel de vacío, menor es la frecuencia de la señal generada. (ver Tabla 1)**
- **A menor valor de capacidad, consecuencia de un menor nivel de vacío, mayor es la frecuencia de la señal generada. (ver Tabla 1)**

Para cada nivel de presión corresponde un nivel de capacidad del capacitor variable. Debido a que la frecuencia de oscilación del circuito generador de frecuencia es dependiente de la capacidad del capacitor, para cada nivel de presión en el múltiple de admisión corresponde una frecuencia determinada de la señal generada. De esta forma el Sensor informa en todo momento al Módulo de Control Electrónico, sobre la presión existente en el circuito de admisión de aire del motor.

Cualquier anormalidad que se produzca en el circuito dará como resultado una falsa información recibida por el módulo de control. Esta falsa información puede ocasionar por ejemplo, error en los cálculos realizados por el módulo de control para determinar el tiempo de inyección de combustible y el avance del encendido.

- El módulo de control electrónico recibirá como información una señal de cero ciclo/segundo (Hertz) si la línea de alimentación del sensor (tensión de referencia) se interrumpe o se corto circuita a masa.
- El módulo de control electrónico recibirá como información una señal de cero ciclo/segundo (Hertz) si la línea de señal que va del sensor al módulo de control se interrumpe o se corto circuita a masa.
- Si se produce una resistencia de contacto importante entre pines macho/hembra de los conectores que unen el cableado existente entre el sensor y el módulo de control, también se pueden producir falsas informaciones.

  Dichas resistencias de contacto aparecerán en serie con cualquiera de las líneas de conexión eléctrica que comunican al sensor con el módulo de control. Estas resistencias si son lo suficientemente elevadas ocasionarán pérdida de amplitud de la señal, pudiendo llegar a un punto tal que el circuito conversor de frecuencia a tensión de C.C. no llegue a leerlas, perdiéndose así la información.

Sensores por Efecto Hall

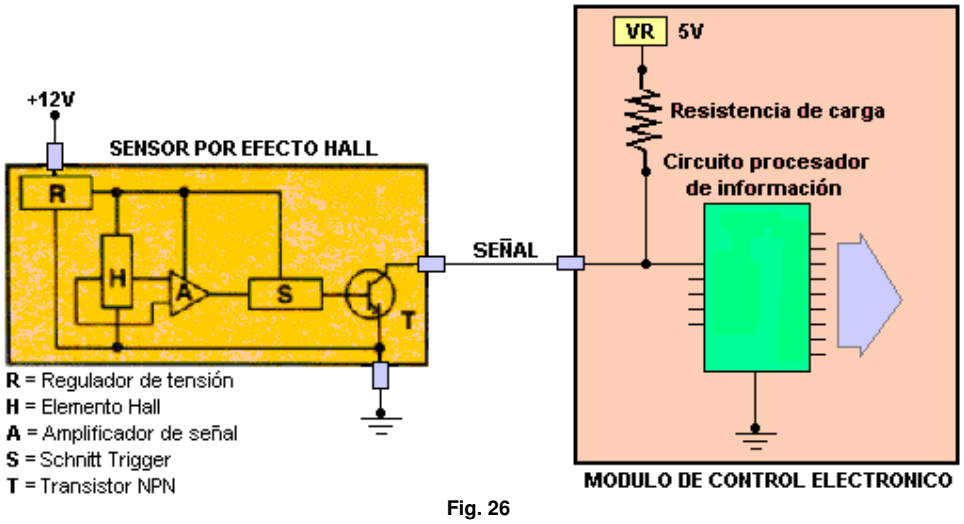


Fig. 26

Algunos Sistemas Electrónicos de Control de Suspensión, de **Control de Motor** o de **Control de Velocidad del Vehículo** utilizan **Sensores de Posición por Interruptor Referido a Masa**, llamados **Dispositivos por Efecto Hall**.

El circuito del sensor por efecto Hall actúa de la misma forma que un sensor de posición que utiliza un interruptor referido a masa. La diferencia fundamental radica en como la conmutación a masa se produce.

En el caso de un sensor de posición por interruptor referido a masa, en el circuito existe un interruptor mecánico (ver Páginas 12, 11 y 14).
"El circuito Hall utiliza un Interruptor Electrónico"

- El circuito del sensor por efecto Hall está conformado por un **Módulo de Control Electrónico**, un **Dispositivo por efecto Hall**, conectores y conductores que **interconectan entre sí a ambos dispositivos electrónicos.(Fig. 26)**
- **El Módulo de Control Electrónico** contiene un **Regulador de Tensión (+ 5 V),** una **Resistencia Limitadora de Corriente** que constituye la carga de colector del **transistor** (**T) de salida del Sensor Hall** y un **Circuito Procesador de Información**.

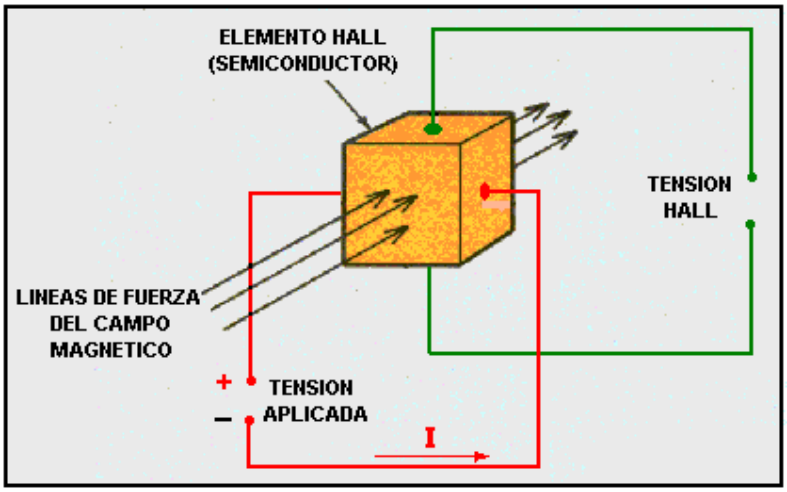


Fig. 27

El corazón de un dispositivo por efecto Hall es el elemento Hall propiamente dicho, identificado como "H" en la Fig. 26.

En 1897 el físico E.H. Hall observó que una tensión se desarrollaba a través de un conductor, por el que circulaba una corriente eléctrica, cuando dicho conductor era sumergido en un campo magnético, siempre que las líneas de fuerza de este campo fueran perpendiculares a la dirección de circulación de esa corriente eléctrica.(Fig. 27)

Más recientemente, en los **dispositivos por efecto Hall**, el **simple conductor** utilizado inicialmente como elemento sensor fue reemplazado por un **semiconductor.**
La razón de utilizar un semiconductor en lugar de un simple conductor, obedece a que el nivel de la Tensión Hall desarrollada en un semiconductor es mucho mayor a la desarrollada en un conductor, considerando que ambos están recorridos por la misma intensidad de corriente y están sometidos a un campo magnético de igual intensidad.
Los dispositivos Hall utilizados en la actualidad consisten en un elemento semiconductor y un imán permanente.(Fig. 28)

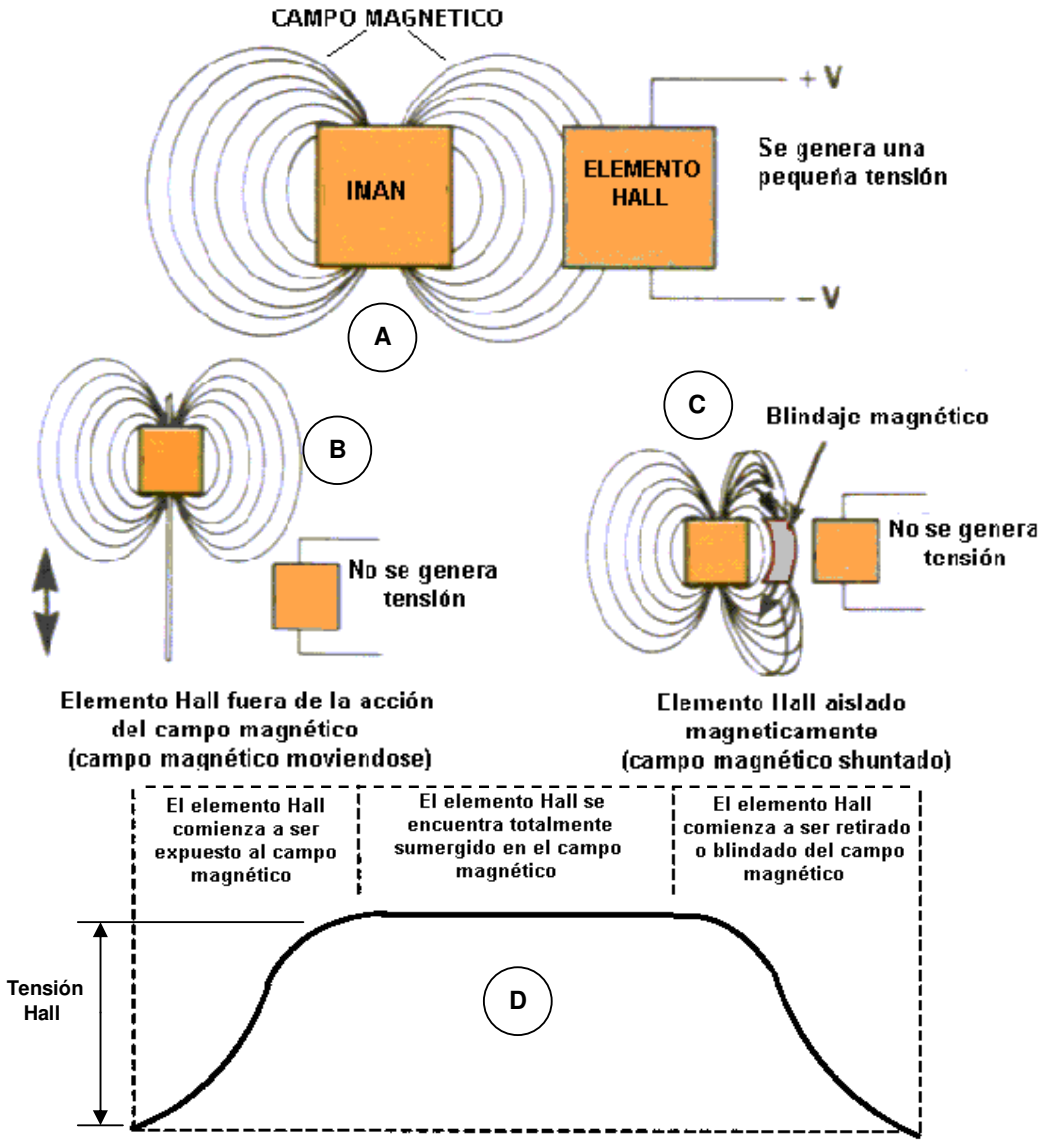


Fig. 28

A medida que un elemento Hall recorrido por una corriente eléctrica comienza a ser expuesto a un campo magnético, una tensión comienza a ser generada por dicho elemento (denominada Tensión Hall). El nivel de dicha tensión se va incrementando a medida que el elemento es inmerso más y más en el campo magnético, es decir a medida que mayor cantidad de líneas de fuerza del campo magnético lo atraviesen. El nivel máximo de tensión Hall generada por el elemento será alcanzado, cuando este se encuentre totalmente sumergido en el campo magnético. (Fig.28 – A)
Si el elemento comienza a ser retirado o blindado de la influencia del campo magnético (Figs. 28 – B y 28 – C), el nivel de la tensión Hall generada comenzará a disminuir, llegando a nivel cero cuando ya el elemento se encuentre fuera de la acción del campo magnético.

A causa que el elemento Hall genera una tensión de muy baja amplitud esta señal debe ser amplificada para poder ser utilizada por los circuitos del sensor.
El nivel de la tensión generada por el elemento Hall "H" (Fig. 26) es incrementado por el Amplificador de Tensión "A" (Fig. 26), pero la forma de onda permanece invariable. Esta tensión ya amplificada es conformada por la etapa Schmitt Trigger "S" (Fig. 26), para luego ser aplicada a la base del Transistor de Conmutación "T" (Fig. 26)
.

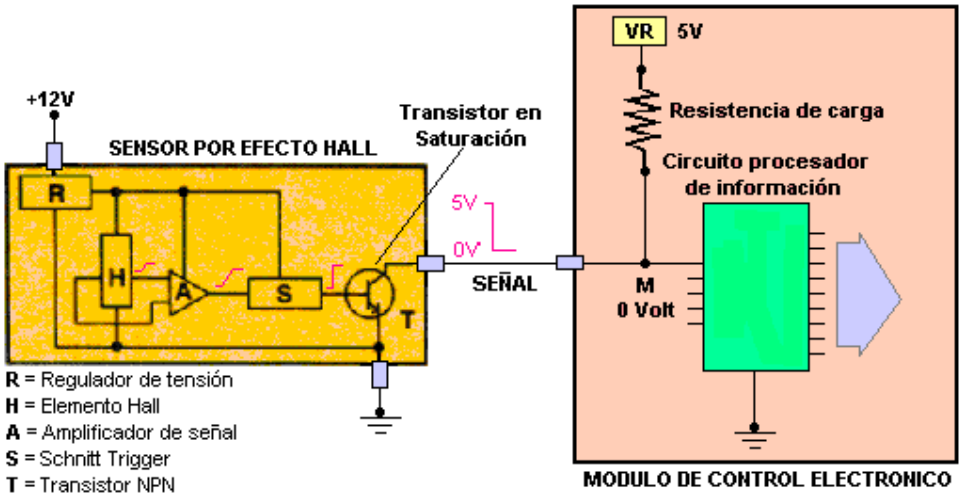


Fig. 29

Observe la Fig. 29:
cuando el elemento Hall (H) está expuesto al campo magnético del imán permanente genera una pequeña tensión de C.C., ese nivel de tensión es elevado (amplificado) por el amplificador de tensión (A), luego conformado por la etapa Schmmitt Trigger (S) para ser aplicada a la base del transistor (T). Este transistor por ser del tipo NPN al recibir una polarización positiva en su Base respecto de su Emisor, entra en el estado de plena conducción (saturado). Al estar el transistor en saturación su resistencia Colector/Emisor es muy pequeña, por lo tanto el nivel de tensión en el Punto M es casi cero, en la práctica aproximadamente 0,4V.

Observe ahora la Fig. 30:
Al quedar el elemento Hall (H) fuera del campo magnético del imán permanente no genera tensión. Al no generar tensión alguna, la polarización de la juntura Base/Emisor del transistor (T) es igual a cero, en esta condición el transistor no conduce, transistor cortado. Al estar el transistor polarizado al corte su resistencia Colector/Emisor puede considerarse tendiendo a infinita, por tanto el nivel de tensión en el Punto M es prácticamente el nivel de la tensión de referencia VR.

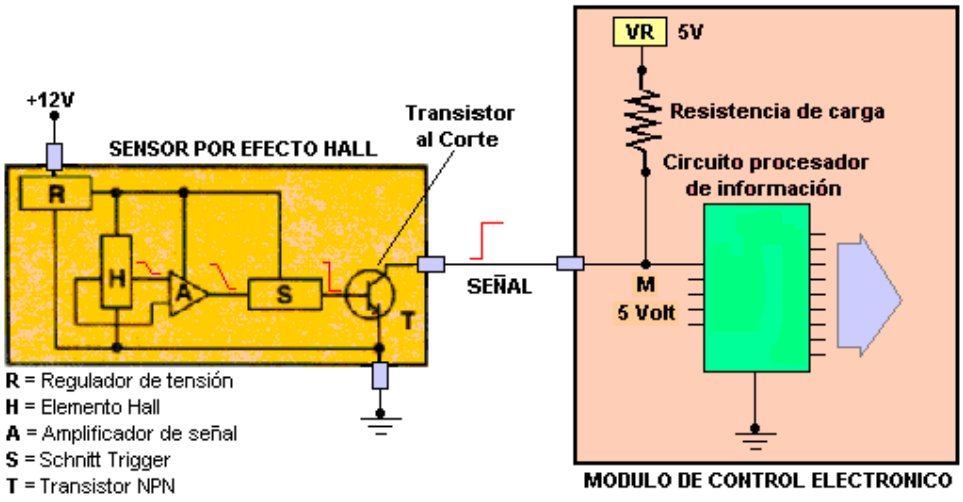
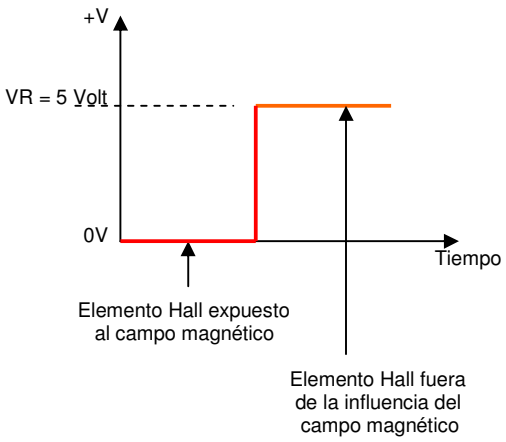


Fig. 30

La forma de onda de la señal entregada por el sensor es por lo tanto la siguiente:



Los sensores por efecto Hall son muy utilizados en la industria automotriz para informar RPM del motor, posición del cigüeñal, referencia de cilindro 1 (sensor de fase), velocidad del vehículo, carga que está soportando el vehículo en los sistemas con suspensión inteligente, entre algunas de las tantas utilizaciones.

SENSORES POR ALAMBRE CALIENTE

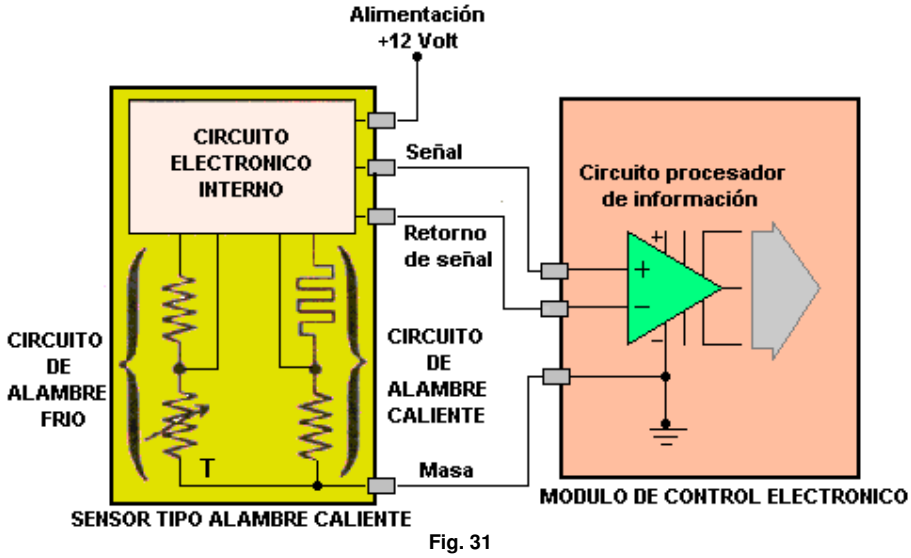


Fig. 31

Otro dispositivo especial utilizado solamente en los Sistemas de Control Electrónico de Motores lo constituyen los **Sensores de Masa de Aire de Admisión,** conocidos normalmente como **MAF** (Mass Air Flow Sensor).
Estos dispositivos son utilizados para medir la cantidad de aire que está siendo admitida por el motor. Cuando decimos cantidad de aire nos estamos refiriendo al peso del mismo no al volumen.
Son ubicados en el conducto de toma de aire entre el filtro de aire y la mariposa que, solidaria con el acelerador, regula el paso de aire que ingresa a los cilindros.
El circuito eléctrico del sensor MAF está constituido por el **Sensor MAF**, el conjunto del **Módulo Electrónico de Control**, los conectores y los cables que conectan a estos dos componentes.(Fig. 31)

- **El sensor informa a la ECU por medio de una señal consistente en una tensión análoga de corriente continua, cuyo nivel es directamente proporcional, en cada instante, a la masa de aire admitido por el motor.**
- **El sensor recibe alimentación de tensión positiva desde la batería a través del relay de potencia, tomando el negativo de batería (masa) en el Módulo de Control Electrónico.**
- **El sensor contiene un circuito denominado "de alambre caliente", un circuito denominado de "alambre frío" y un circuito electrónico destinado al proceso de la señal.**
- **Los circuitos de "alambre caliente" y "alambre frío" están conectados eléctricamente de modo que conforman una disposición denominada comúnmente "Puente de Wheatstone".**
- **Un "Puente de Wheatstone" no es más que dos simples circuitos serie conectados en paralelo entre sí y en paralelo a su vez con la fuente que los alimenta. (Fig. 32)**

En el circuito de la Fig. 32 el voltímetro indicará 0 Volt cuando se cumpla la condición:

$$R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$$

Si varía el valor resistivo de cualquiera de las resistencias, el puente se desbalancea y aparece una diferencia de potencial entre los puntos "A" y "B" del circuito, tensión que será indicada por el voltímetro.

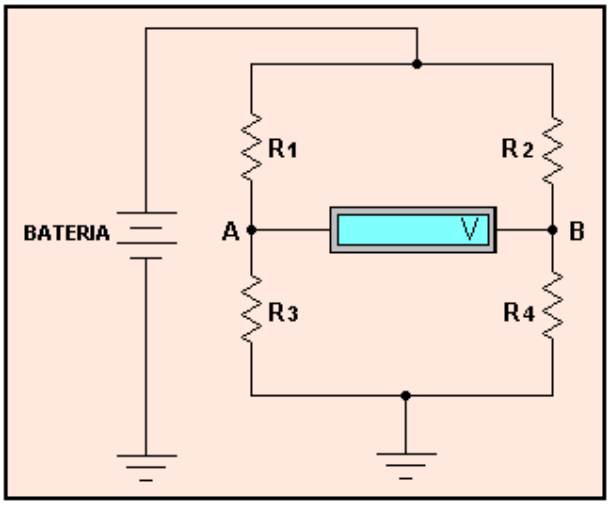


Fig. 32

SENSOR TIPO ALAMBRE CALIENTE

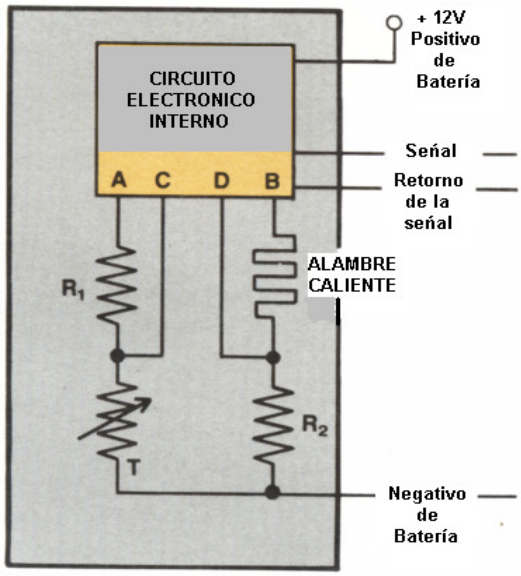


Fig. 33

En el circuito del alambre frío (Fig. 33), una resistencia fija **R_1** es dispuesta en serie con una resistencia variable con la temperatura, **thermistor "T"** creando así un divisor de tensión, observe que este circuito es similar al utilizado en el Sensor de Temperatura de Aire Admitido (ATS). El thermistor está localizado en el centro de la corriente de aire y varía su resistencia en función de la temperatura del aire admitido por el motor. El Circuito Electrónico Interno del sensor suministra una tensión de un nivel fijo y regulado al circuito de alambre frío en el punto **"A"**. La caída de tensión a través de cada resistencia, la **R_1** y la resistencia del **thermistor "T",** dependerá en cada momento del valor resistivo que esté adoptando el thermistor.

- **Cuando la temperatura del aire a que está expuesto el sensor es baja, la resistencia del mismo es alta, por lo tanto la tensión en el punto "C" es alta. (Fig. 33)**
- **Cuando la temperatura del aire al que está expuesto el thermistor aumente, la resistencia del thermistor disminuirá, cayendo en él una porción menor de la tensión de fuente, disminuyendo así el nivel de tensión en el punto "C".**
- Se desprende de la descripción dada en los dos puntos anteriores que el thermistor utilizado en el circuito de alambre frío es del tipo "NTC".

En el circuito de alambre caliente una resistencia fija **R_2** es dispuesta en serie con una resistencia **"Alambre Caliente",** la que es precalentada por el pasaje de una corriente eléctrica a través de ella. Este tipo de resistencia es de una construcción especial, de modo que genere una cierta temperatura proporcional a la corriente que la recorre.

- **Este elemento también cambia su resistencia cuando es calentado, esto causa que responda al calor generado como lo haría un thermistor, variando su resistencia , con la diferencia que en este caso el Alambre Caliente se comporta como un thermistor PTC, es decir aumenta su resistencia a medida que aumenta su temperatura.**

El circuito electrónico del sensor aplica una tensión de nivel fijo y regulado en el punto **"B",** un nivel determinado de intensidad de corriente fluirá a través de **R_2** y del **alambre**. Esta circulación de corriente por el alambre provocará un aumento de temperatura en el mismo, causando a su vez una caída de tensión entre los extremos de la resistencia **R_2**, el nivel de esta caída de tensión es proporcional a la intensidad de la corriente circulante por esta resistencia estableciendo un cierto nivel de tensión en el punto **"D" (Fig. 33).**

Para determinar la cantidad de aire que está siendo absorbido por el motor, tanto el thermistor **Alambre Frío**, como el **Alambre Caliente** son montados mecánicamente dentro de un pequeño conducto calibrado de pasaje de aire, preparado en el gabinete del sensor. Como este último se encuentra montado a su vez en el tubo de admisión de aire, una muestra del aire admitido pasa por el referido conducto.

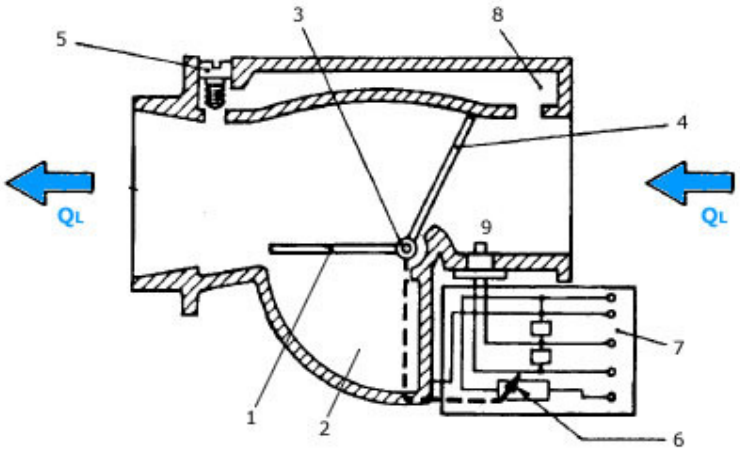
Ese flujo de aire al entrar en contacto con la superficie del **alambre caliente** absorbe parte del calor que en el se está generando por efecto del pasaje de la corriente eléctrica, esta absorción de calor produce en el alambre una disminución de temperatura. Esta disminución de temperatura en el alambre, produce una disminución de su resistencia, dando como consecuencia un nivel de tensión en el punto **"D"** mayor al que se tenia anteriormente.

Comparando los niveles de tensión existentes en cada momento en los puntos"C" y "D", el circuito electrónico del sensor produce una señal consistente en una tensión analógica de corriente continua que es directamente proporcional a la masa de aire admitida por el motor.

SENSORES DE FLUJO DE AIRE ADMITIDO
(SONDAS VOLUMÉTRICAS)

Se encuentra entre el filtro de aire y la mariposa. Tiene la función de detectar el flujo volumétrico de aire aspirado por el motor a fin de determinar, en todo momento, la carga que está soportando el motor.

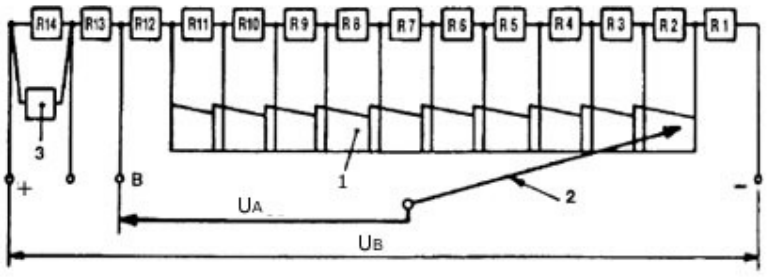
Esquema interno de la sonda volumétrica LMM



1.- Plato de compensación
2.- Volumen de amortiguación
3.- Eje
4.- Plato sonda
5.- Tornillo de ajuste de la mezcla de ralentí
6.- Cursor del potenciómetro
7.- Placa cerámica con resistencias y pistas conductoras
8.- Conducto de derivación (ralentí)
9.- Sonda de temperatura de aire
QL.- Flujo de aire de admisión

Fig. 33

Esquema eléctrico del potenciómetro



1.- Rampa
2.- Cursor
3.- Termistacia
UA.- Tensión de salida
UB.- Tensión de batería
R1...R14.- Resistencias ohmicas

Fig. 34

El plato sonda móvil de la sonda volumétrica de aire (Fig.33-4) desempeña el papel de un diafragma variable. El flujo del aire de admisión **Q_L** desplaza el plato sonda contra la fuerza constante de un resorte antagónico, de manera que la sección de paso libre se vuelve mayor a medida que aumenta el volumen de aire.

La variación de la sección de paso libre de la sonda volumétrica de aire en función de la posición del plato sonda se ha elegido de manera que obtuviera una relación logarítmica entre el ángulo del plato y el volumen de aire aspirado. Eso ha dado por resultado una gran sensibilidad de la sonda volumétrica de aire para pequeños caudales de aire que exigen una alta precisión de medición. La precisión requerida es de un 1 a un 3 % del valor de medición a lo largo de un campo de $Q_{max} : Q_{min} = 100 : 1$.

Un potenciómetro cuyo cursor (Fig. 33-6) toma la posición angular del plato sonda y la convierte en una tensión de salida U_A (Fig. 34) , que es transmitida a la unidad de control. A fin de que el envejecimiento y la derivación térmica del potenciómetro no influyan en la precisión, la unidad de control evalúa solamente relaciones de resistencia.

Otro efecto que hay que tener en cuenta procede de las carreras de admisión de los diversos cilindros, que producen oscilaciones en el sistema de admisión del motor. El sensor sólo puede seguir tales oscilaciones de frecuencia hasta 10 Hz. A fin de reducir estas influencias todo lo posible, un plato de compensación (Fig. 33-1) unido fijamente con el plato sonda de medición y trabajando en cooperación con un "volumen de amortiguación" (Fig. 33-2), amortigua las oscilaciones originadas por el aire aspirado pulsante.

La medición según el principio de presión dinámica no determina el flujo másico real del aire aspirado por el motor, por esta razón para la dosificación precisa del combustible es necesaria por tanto realizar una corrección de la masa volumétrica teniendo en cuenta la temperatura del aire.
A fin de tener en cuenta las variaciones de la masa volumétrica del aire al fluctuar la temperatura del aire de admisión, la unidad de control determina un valor de corrección a partir de la resistencia termo sensible de un sensor de temperatura (Fig. 33-9) integrado en la sonda volumétrica de aire.

SENSORES PIEZOELECTRICOS

La mayoría de los circuitos electrónicos necesitan para su operación información sobre varios tipos de presiones, por ejemplo:

- **Presión de aire**
- **Presión de fluidos**
- **Presión causada por vibraciones mecánicas**

Las presiones enumeradas son tipos de presiones que necesitan ser monitoreadas.

- **Circuitos de Sensores PIEZOELECTRICOS son utilizados a veces en circuitos electrónicos como transductores de presión a señal eléctrica, de modo de poder brindar información sobre la presión que debe ser monitoreada.**

- **La denominación "Piezoeléctrico" proviene del vocablo griego que significa "Presión".**

La **Instrumentación Electrónica** y los **Controles Electrónicos de Motor** son ejemplos de sistemas que utilizan este tipo de circuitos. Ambos sistemas se valen de Sensores Piezoeléctricos, pero el **Sensor de Detonación** (también conocido como Sensor de Pistoneo o Knock Sensor) empleado en **Sistemas de Control Electrónico de Motores** difiere del **Sensor Piezoeléctrico de Presión**.

- **Por ser diferentes ambos sistemas serán descriptos individualmente.**

Sensores de Detonación

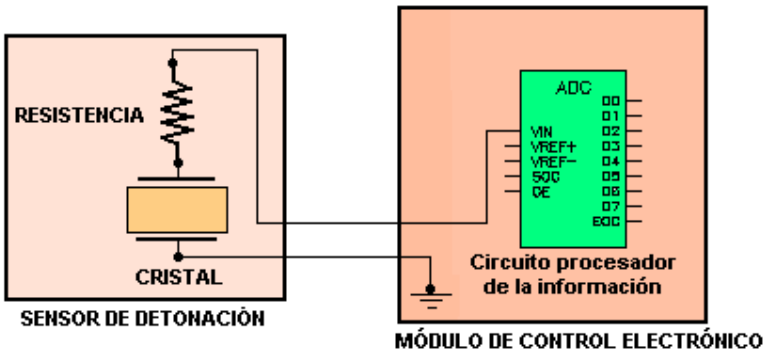
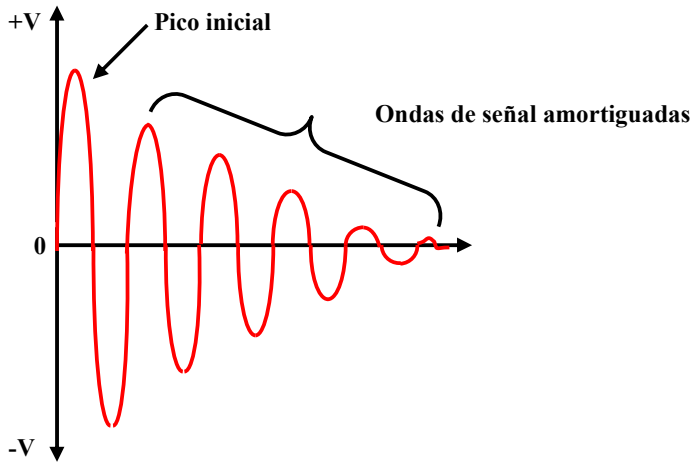


Fig. 35

Los dispositivos piezoeléctricos empleados en los sistemas de control electrónico de motor son denominados **"Sensores de Detonación"** en su acepción inglesa **"Knock Sensor".**
El circuito eléctrico del censor de detonación está formado por un **Sensor Piezoeléctrico (Cristal),** un **Módulo de Control Electrónico,** conectores y conductores.

- **El sensor de detonación reacciona ante los golpeteos o vibraciones mecánicas producidas en el motor a causa de las detonaciones generadas en los cilindros y los convierte en una señal eléctrica de corriente alternada que puede tener amplitudes de 1 Volt o más (Fig. 35).**



Señal producida por el sensor cuando se produce una detonación

Fig. 36

El **Sensor de Detonación** en sí consiste en un **Generador de Tensión (cristal piezoeléctrico)** y una **Resistencia** en serie con él. Este sensor produce una aguda y definida señal de corriente alternada cada vez que se produzca en el motor una detonación (Fig. 36).
La resistencia dispuesta en serie con el sensor protege a este de las sobre corrientes que se pudieran producir si se corto circuita a masa la línea de conexión entre el sensor y el módulo de control.

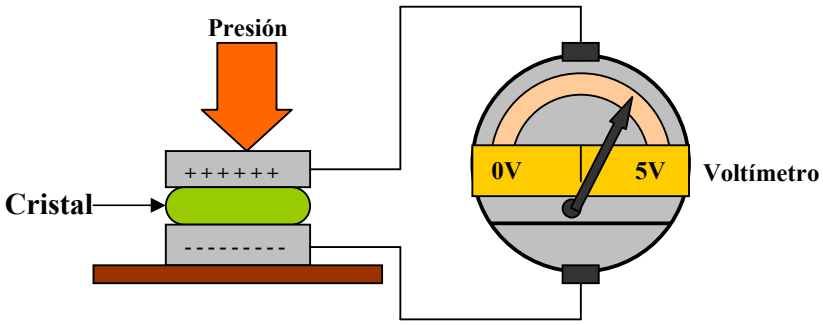


Fig. 37

- El generador está formado por un delgado cristal piezoeléctrico con forma de disco el que está recubierto en ambas caras por una placa metálica (Fig. 37).

Cuando en el motor se produce una detonación, las ondas de choque se transmiten a través de la masa metálica del block de motor, ejerciendo una presión sobre las placas metálicas, esta presión comprime el disco de cristal piezoeléctrico el que como respuesta genera un determinado nivel de tensión.

- **Todo cristal piezoeléctrico genera una tensión cuando es sometido a una deformación mecánica**

- **El cristal piezoeléctrico al ser comprimido y descomprimido por las deformaciones que sufre el block al propagar las ondas de choque producidas por la detonación, genera tensiones cuyo nivel es proporcional a la intensidad de las ondas de choque producidas por la detonación.**

- **Una fuerte detonación provocará una fuerte presión sobre el cristal. Ante esta intensa presión el cristal responderá generando un pico de tensión de señal importante que se irá amortiguando en el tiempo (Fig. 36).**

- **El sensor genera un pico de tensión por cada detonación que se produce.**

El Módulo de Control Electrónico utiliza esta información para corregir los grados de avance del encendido.

Cualquier anormalidad que se produzca en el circuito dará como resultado un nivel falso en la información brindada por el censor al Módulo de Control Electrónico.
Este módulo leerá un nivel de tensión constante igual a cero si la línea de señal se abre o se corto circuita a masa.
Una conexión pobre entre el sensor y el módulo de control ofrecerá una resistencia excesiva insertada en serie en el circuito. Parte de la tensión generada por el sensor caerá en esta resistencia, de esta manera el módulo de control recibirá un nivel de señal menor al producido por el sensor pudiendo dar lugar a que el módulo de control ignore alguna detonación que se este produciendo.

Sensores Piezoresitivos de Presión

Este sensor no es utilizado para detectar detonaciones en las cámaras de combustión, se aplican en circuitos de medición de niveles de presión.
Si bien está construido en base a un cristal piezoeléctrico, su método de operación es diferente al del Sensor de Detonación.

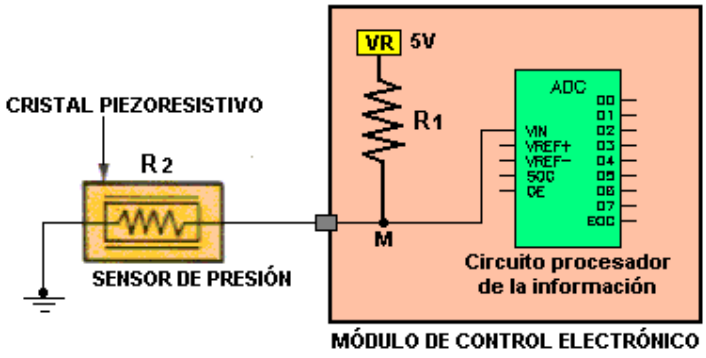


Fig. 38

- El circuito está conformado por un **Sensor Piezoresistivo de Presión**, un **Módulo de Control Electrónico**, conectores y conductores (Fig. 38).
- El circuito interno del **Módulo de Control Electrónico** está conformado con un **Regulador de Tensión "VR"**, una **Resistencia Limitadora de Corriente "R_1"** y un **Circuito Electrónico Procesador de Información**. (Fig. 38).
- El **Regulador de Tensión** suministra al circuito una tensión de nivel constante **(+ 5 Volt)**.
- La **Resistencia Limitadora de Corriente "R_1",** es una resistencia fija que protege al circuito de excesos de intensidad de corriente que podrían producirse si la línea de conexión dispuesta entre el módulo de control y el sensor se corto circuita a masa.
- El **Circuito Procesador de Información,** mide constantemente el nivel de tensión desarrollado en el **Punto M,** este nivel depende del valor resistivo que adopte, para cada nivel de presión, la resistencia interna "**R_2**" (Fig. 38) del sensor piezoeléctrico, efecto conocido como **Piezorresistividad.**

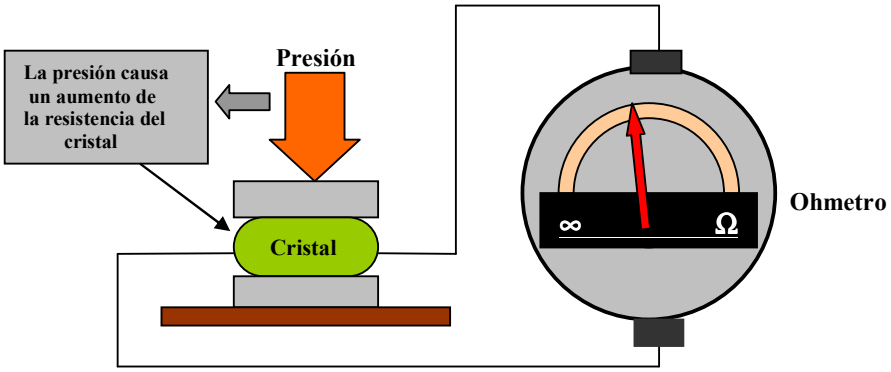


Fig. 39

- **El sensor piezoresistivo actúa como una resistencia variable, frente a las diferencias de presión a que es sometido. O sea que la resistencia interna del cristal piezoresistivo (Fig. 39) cambia cuando el nivel de presión aplicada al mismo cambia.**
- ***La resistencia interna del sensor se incrementa, cuando el nivel de presión a que está sometido aumenta.***
- ***La resistencia interna del sensor disminuye, cuando el nivel de la presión a que está sometido disminuye.***

Conectando una resistencia limitadora de corriente **R_1** (Fig. 38) en serie con la resistencia variable con la presión **R_2** (resistencia interna del sensor – Fig. 38), vemos que se conforma un **Circuito Divisor de Tensión**.

- **Observe que esta disposición de circuito guarda una total similitud con el ya estudiado en Sensores de Temperatura, Figura 4.**
- **Esta disposición de circuito permite al Módulo de Control Electrónico determinar el nivel de presión que está soportando el cristal del sensor, midiendo la caída de tensión que se produce a través de la resistencia interna de este.**
- **La el cálculo para determinar el nivel de tensión en el Punto M del divisor de tensión formado, es el siguiente:**

$$V_M = V_r \times \frac{R_2}{R_T}$$

Siendo:
V_M = nivel de tensión monitoreado en el Punto M
R_2 = valor de la resistencia del sensor de presión (cristal)
R_T = resistencia total del circuito $R_T = R_1 + R_2$
V_r = tensión de referencia regulada por el circuito regulador de tensión

- Por ejemplo se pueden plantear ejemplos numéricos:

1. V_r = 5 Volt ; R_1 = 1 KΩ ; R_2 = 1 KΩ

Con los valores dados $R_T = R_1 + R_2 = 1\ K\Omega + 1\ K\Omega = 2\ K\Omega$

luego la tensión existente en el Punto M será:

$$V_M = V_r \times \frac{R_2}{R_T} = 5 \times \frac{1\ K\Omega}{2\ K\Omega} = \mathbf{2{,}5\ Volt}$$

2. Si aumenta el nivel de presión a que está sometido el cristal, la resistencia interna de este aumentará, por ejemplo consideremos que se eleva a **R_2 = 4 KΩ**

Ahora el nivel de tensión en el Punto M será:

$R_T = 1K\Omega + 4\ K\Omega = 5\ K\Omega$

$$V_M = 5 \times \frac{4\ K\Omega}{5\ K\Omega} = \mathbf{4\ Volt}$$

3. Si disminuye el nivel de presión a que está sometido el cristal, la resistencia interna del mismo disminuirá, por ejemplo consideremos que disminuye a **R_2 = 200 Ω**

R_T = 1 KΩ + 200 Ω = 1,2 KΩ

$$V_M = 5 \times \frac{200\ \Omega}{1{,}2\ K\Omega} = \mathbf{0{,}83\ Volt}$$

Niveles fuera de rango en la tensión de información desarrollada en el Punto M se producirán si:

- **Se corta la línea de conexión entre el Sensor y el Módulo de Control Electrónico, en el Punto M se medirá + 5 Volt.**
- **La línea de conexión entre el Sensor y el Módulo de Control Electrónico se corto circuita a masa, en el Punto M se medirá 0 Volt.**
- **Por alguna razón aumenta la resistencia de contacto entre el Sensor y masa o entre el Sensor y el módulo, el nivel de tensión en el Punto M dará una falsa información sobre la presión que realmente está siendo monitoreada.**

www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

SENSORES DE PRESION BASADOS EN GALGAS EXTENSIOMETRICAS (STRAIN-GAGE)

MAP (MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE) Y BP (BAROMETRIC PRESSURE)

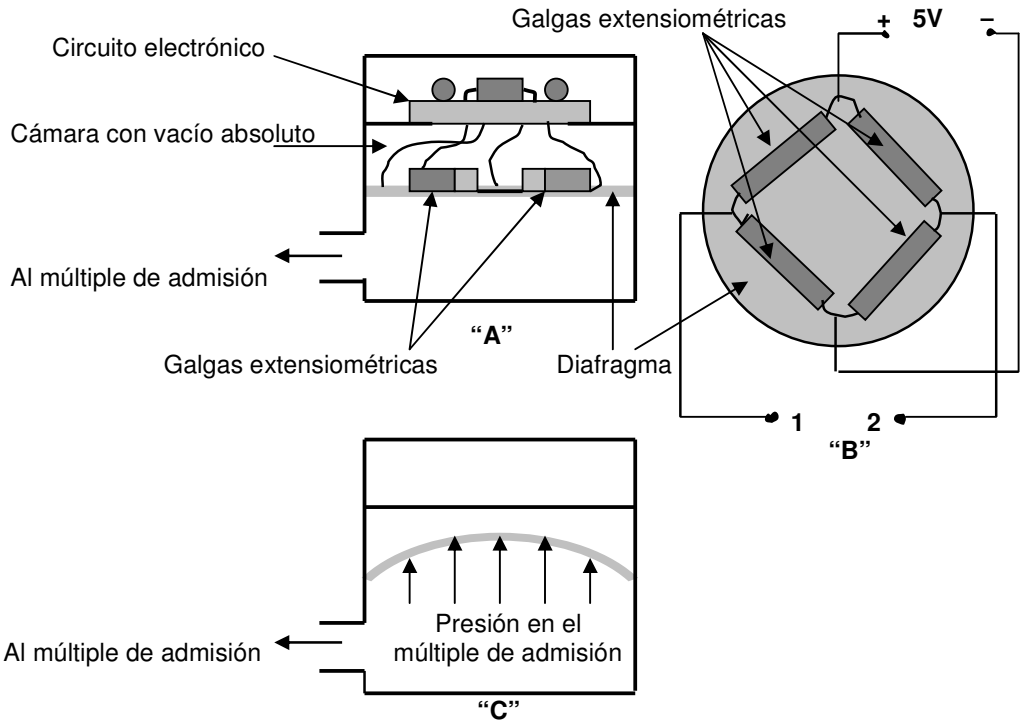


Fig. 40

- **En las Páginas 23 a 25 se describió el funcionamiento de sensores MAP y BP utilizados por FORD los que entregan su información por medio de una señal con forma de onda cuadrada de amplitud constante, pero cuya frecuencia varia en función de la presión a la que están sometidos.**

- **La señal que entregan los sensores que se describen a continuación consiste en una tensión de corriente continua cuya amplitud varia en función de la presión a la que se los somete. Esa señal puede variar entre 0 Volt y casi 5 Volt.**

Sensor MAP

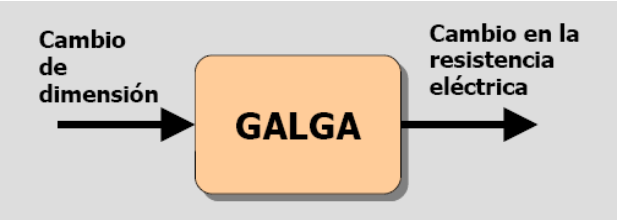
El sensor consiste en una cámara dividida en dos partes, selladas herméticamente entre sí, por una placa cerámica muy delgada (diafragma) de forma circular que tiene propiedades elásticas. En una de las dos cámaras así formadas se practica el vacío absoluto, la segunda cámara se comunica con el múltiple de admisión por medio de un tubo o en forma directa. (Fig. 40 A")

Observe que una de las caras del diafragma queda expuesta al vacío absoluto y la otra a la presión que exista en cada momento en el múltiple de admisión

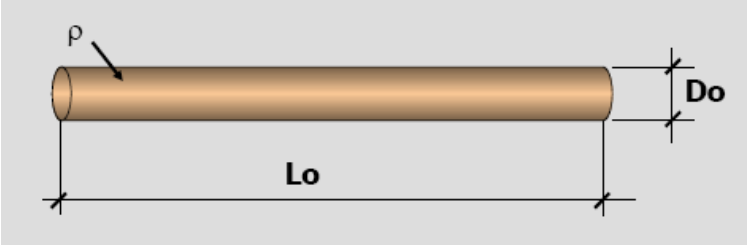
Sobre el diafragma se forman por depósito, cuatro resistores dispuestos geométricamente de tal manera que resulten sensibles a cualquier deformación del mismo. (Fig. 40 "B")
Los materiales más comúnmente utilizados para la formación de estos resistores **denominados galgas extensiométricas son:**

- **Constantan (Níquel-Cobre).**
- **Chromel (Níquel-Cromo).**
- **Aleaciones (Hierro-Cromo-Aluminio).**
- **Semiconductores (Silicio).**

El funcionamiento del sistema se basa en los siguientes principios:



Se basa en que la resistencia eléctrica de un cuerpo depende de la geometría del mismo



En el caso de un conductor de longitud "L" y sección uniforme "D", la resistencia eléctrica "R" viene dada por:

R = ρ.L/D (#1)
ρ = resistividad eléctrica del material (constante).

Cuando el diafragma se deforma (Fig. 39 "C") por estar expuesta una de sus caras a la presión existente en el múltiple de admisión y la otra al vacío absoluto, las galgas también sufren una deformación, produciéndose en ellas un estiramiento y por consiguiente una reducción de su sección.

Si se observa la ecuación del cálculo de resistencia de un conductor (#1) es evidente que si "L" aumenta y "A" disminuye, el valor de la resistencia aumenta. La resistencia de las galgas han sufrido una variación.

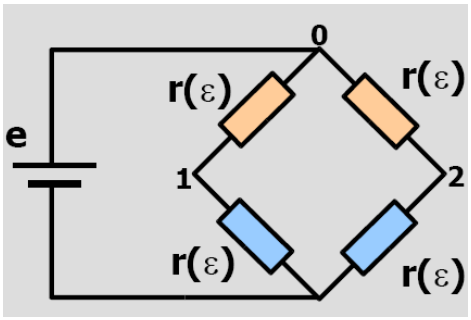


Fig. 41

Las galgas están dispuestas conectadas eléctricamente entre si conformando un Puente de Wheastone (Figs. 40 "B" y 41)
El diseño de este puente hace que cuando ambas caras del diafragma estén expuestas a la misma presión, vacío absoluto (diafragma sin deformación – Fig. 39 "A"), la diferencia de potencial entre los puntos "1" y "2" sea de 0 Volt, (puente en equilibrio).
Cuando se ejerza alguna presión sobre la cara que está expuesta a la presión existente en el múltiple de admisión el diafragma se deformará, el puente se desequilibrara y aparecerá una diferencia de potencial entre los puntos "1" y "2", cuyo nivel será proporcional a la diferencia de presión entre el vacío absoluto y la presión en el múltiple.

La diferencia de potencial desarrollada entre los puntos “1” y “2” del Puente de Wheastone es enviada a un circuito electrónico que acondiciona los distintos niveles generados, para así brindarlos como información a la ECU de la presión existente en cada momento en el múltiple de admisión.

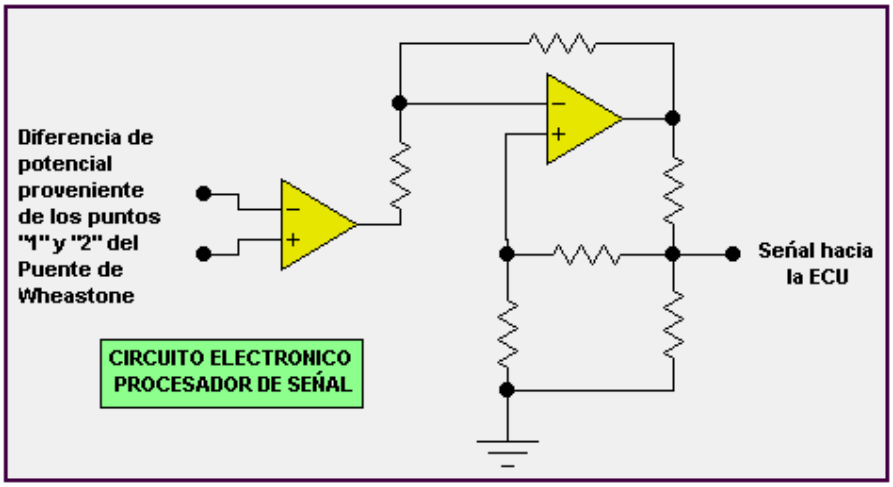


Fig. 42

El nivel más elevado se producirá con el vehículo en contacto y el motor detenido, aproximadamente 4,75 Volt .
Observe que en este caso la presión en el múltiple de admisión es la atmosférica.

La presión atmoférica Standard se considera de:
1013,25 hectoPascal (hPa)

A continuación se da como ejemplo el nivel de señal (tensión en Volt), entregada por el Sensor MAP a la Unidad de Control Electrónico en algunos vehículos.

Depresión en el múltiple de admisión	Nivel de tensión entregada por el sensor FIAT	Nivel de tensión entregada por el sensor General Motors
0	4,16 Volt	4,60 Volt
100	3,48 Vot	3,80 Volt
200	2,79 Volt	3,00 Volt
300	2,11 Volt	2,25 Volt
400	1,42 Volt	1,55 Volt
500	0,73 Volt	0,90 Volt
600	0,05 Volt	0,30 Volt

Sensor BP

El Censor de Presión Barométrica (BP) o de altitud tiene un diseño igual al del MAP, la única diferencia que existe entre uno y otro radica en que la segunda cámara en lugar de estar comunicada con el múltiple de admisión está comunicada con la atmósfera.

SENSORES OPTICOS

Otro componente que permite el monitoreo de posición y/o rotación es el **Sensor Optico.**
Los sistemas de

- **Dirección asistida electrónicamente**
- **Velocidad de giro y posición del cigüeñal**

utilizan en algunas marcas y modelos de automóviles **Sensores Opticos** para estos fines.
La operación de los sistemas es la misma en todos los casos.

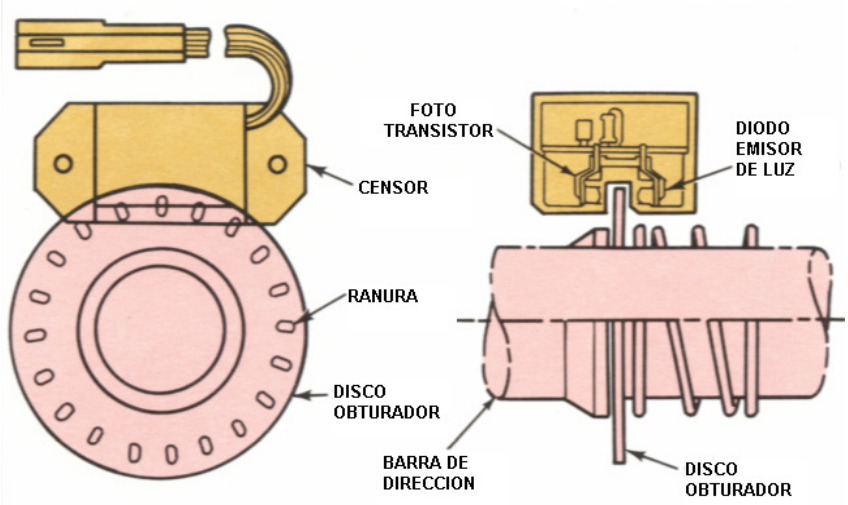


Fig. 43

El circuito eléctrico está compuesto por un Módulo de Control Electrónico, un Sensor Optico, cables y conectores.
El Sensor Optico provee al Módulo de Control Electrónico una señal con forma de onda cuadrada con niveles de:
+ 5 Volt (nivel alto o High)
0 Volt (nivel bajo o Low)

Dirección Asistida Electrónicamente

En el caso de un sistema de Dirección Asistida Electrónicamente, el sensor tiene dos Diodos Emisores de Luz (LEDS – Light Emitting Diodes) y dos Foto transistores.
El sensor está montado sobre la columna de dirección. Un disco con ranuras está fijado a la barra de dirección con la que gira solidariamente. Ambos están ubicados de modo que el disco al girar pase por una ranura que posee el cuerpo del sensor. (Fig. 43)

Los LEDS están ubicados en una cara de la ranura iluminando en forma constante la otra cara de la misma. Sobre esta última cara están ubicados los foto transistores.
Recuerde que un foto transistor es sensible a la luz, se activa cuando esta incide sobre el y se desactiva cuando esta a oscuras.
Las ranuras del disco permiten que a través de ellas pase la luz que emiten los Leds y esta active los foto transistores. Por el contrario cuando una porción sólida del disco se interponga entre el Led y el foto transistor la luz estará bloqueada y el foto transistor estará desactivado. De esta forma cuando el disco rota, la luz proveniente de los Leds pasará y se bloqueará alternativamente.
El Sensor de Rotación y Posición de la barra de dirección envía hacia el Módulo de Control Electrónico las señales que produce a través de dos conductores.
Cuando la luz generada por uno de los Leds pase a través de una ranura de modo que sea detectada por el **foto transistor "A", la línea "A"** tendrá un nivel de señal de **0 Volt**. Cuando

una porción sólida del disco bloquee la luz que incidía sobre el foto **transistor "A",** el nivel de señal en la **línea "A"** será de **+5 Volt**.
En la línea "B" el proceso es igual al descripto anteriormente para la línea "A". (Fig. 44)
Cada pulso generado indica aproximadamente 5 grados de rotación de la barra de dirección.

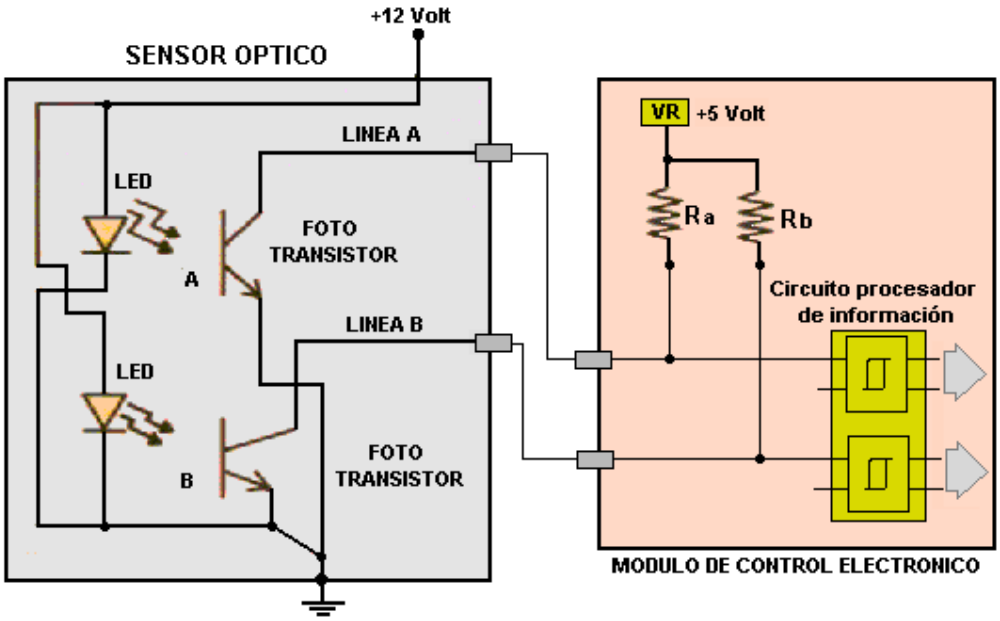


Fig. 44

El módulo de control utiliza la información recibida a través de las dos líneas "A" y "B", para determinar el sentido de rotación de la barra de dirección y cuantos grados ha sido girada.

El módulo de control determina los grados de rotación basándose en el número de pulsos recibido.
Para determinar el sentido de rotación considera en que línea se produjo el primer pulso.

Cuando el disco del censor gira en el sentido de las agujas del reloj, el cambio de nivel en la señal se produce primero en la línea "A" y luego en la "B".

Cuando el disco del censor gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj, el cambio en el nivel de señal se produce primero en la línea "B" y luego en la "A".

Velocidad de Giro y Posición del Cigüeñal

En varios modelos de vehículos de las marcas Mitsubishi y Hyundai se utilizan Sensores Opticos para cumplir estas funciones.

Ellos también están compuestos por un Sensor Optico, un Módulo de Control Electrónico, cables y conectores.

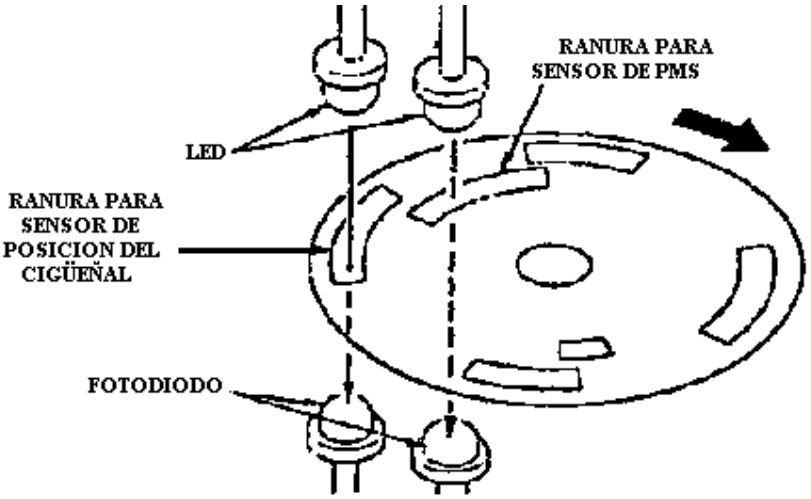


Fig. 45

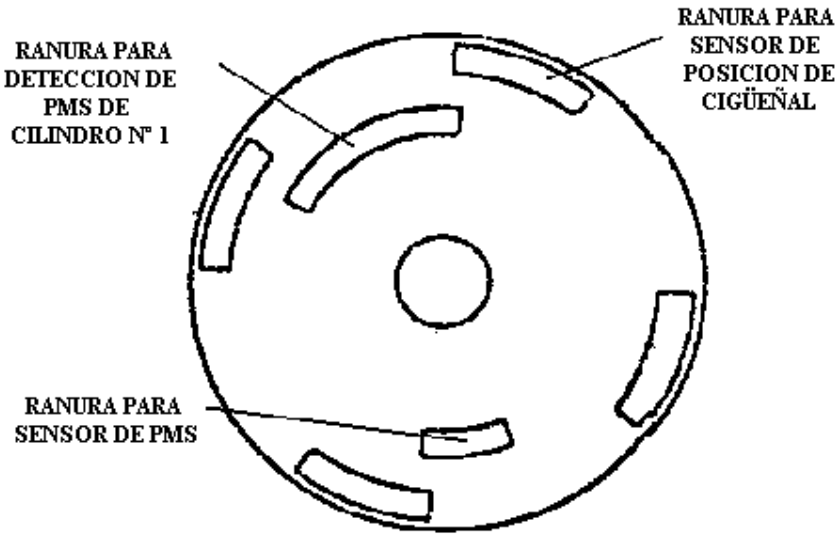


Fig. 46

En este caso también se utiliza un disco ranurado, el que ahora gira solidario con el eje del árbol de levas y que pasa por una ranura del Sensor. En una cara de la ranura están dispuestos los dos Leds y en la otra cara los dos foto transistores. (Figs. 45 y 46)
Observe que ahora las ranuras en el disco están dispuestas geométricamente en una posición diferente que en el caso de la Dirección Asistida. En aquella las ranuras estaban dispuestas sobre la misma circunferencia, es decir en el disco a la misma distancia radial, pero separadas un cierto ángulo entre ellas. En este caso también están separadas formando un cierto ángulo entre ellas pero a la vez a distinta distancia radial.

Las dos señales generadas por la acción de Leds, disco y foto transistores son acondicionadas por un circuito electrónico para ser enviadas al módulo de Control Electrónico. (Fig. 47)

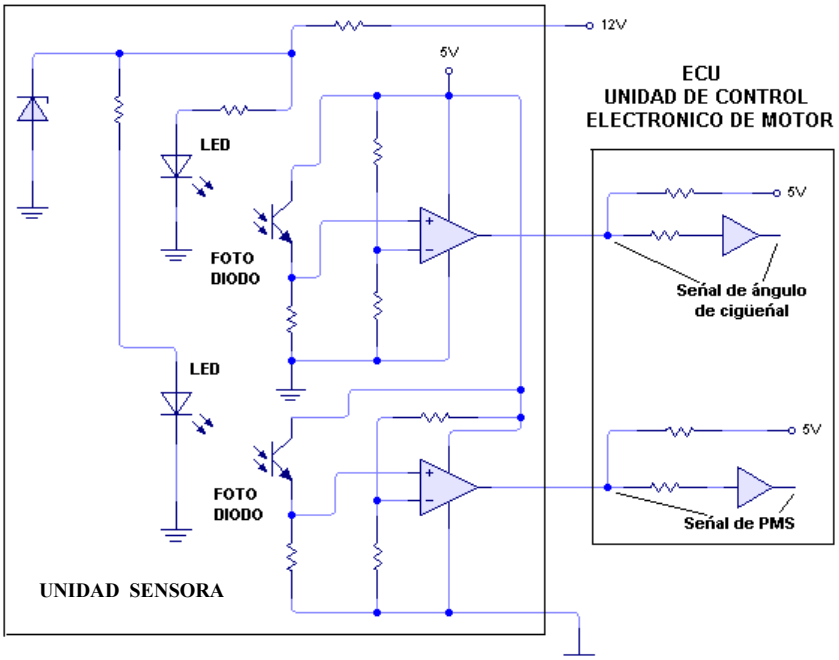
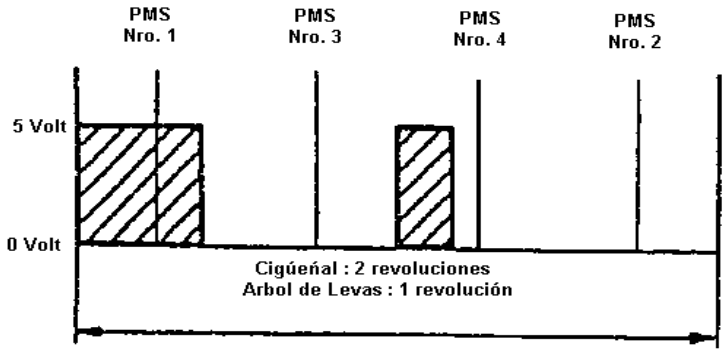


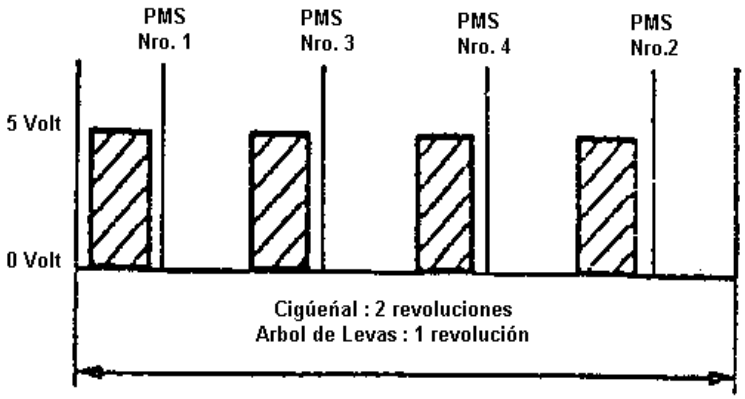
Fig. 47

Se muestran a continuación las dos señales tal como se verían con un osciloscopio de dos canales

SEÑAL DE PUNTO MUERTO SUPERIOR - PMS



SEÑAL DE ANGULO DE CIGÜEÑAL



SENSORES DE SEGURIDAD E IMPACTO

Tal vez estos sensores son los más simples de los utilizados en aplicaciones en el automotor, sin embargo a pesar de su simplicidad son los que se construyen con más cuidado y control.
Constan de un tubo cilíndrico dentro del cual una bolilla de acero laminada en oro puede correr libremente. En un extremo del tubo tiene montado un imán permanente y en el otro extremo se encuentra un juego de contactos eléctricos. (Fig. 48)

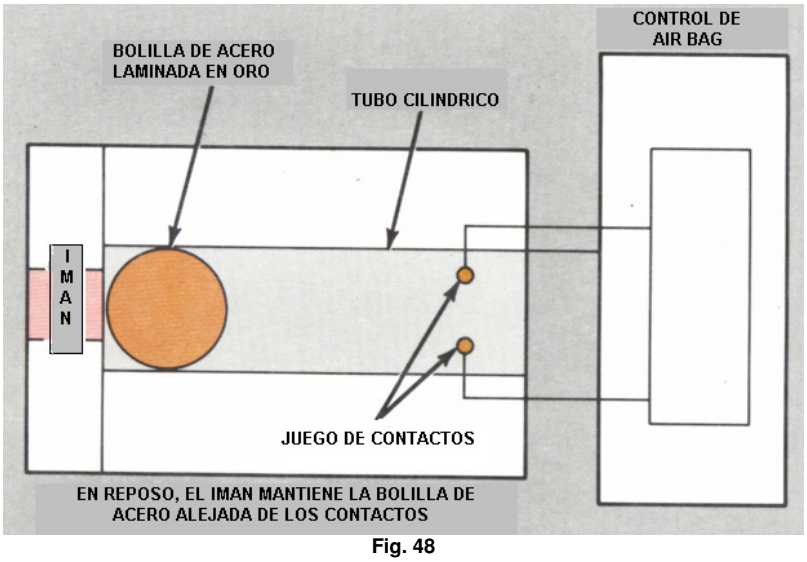


Fig. 48

En circunstancias normales, el imán retiene la bolilla en un extremo del tubo.
Durante una desaceleración brusca provocada por un impacto frontal, la bolilla impulsada por la energía cinética que acumulo durante el desplazamiento del vehículo, se suelta del imán y rueda hasta los contactos cerrando el circuito entre ambos. (Fig. 49)

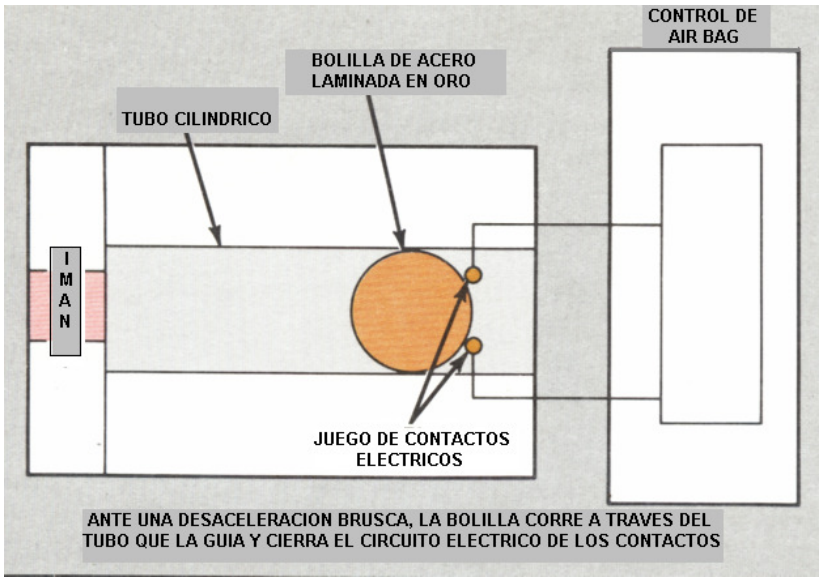


Fig. 49

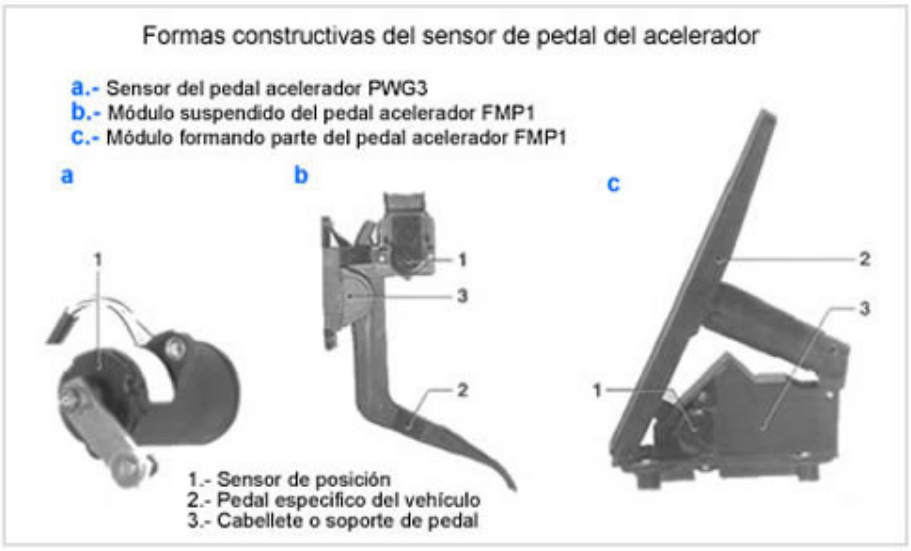
Sensores de pedal acelerador

Aplicación

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

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

Como alternativa al sensor individual (figura inferior posición "a") existen también módulos de acelerador (b, c) como unidades listas para el montaje, compuestas de pedal y sensor en el mismo conjunto. Estos módulos no requieren trabajos de ajuste en el vehículo.

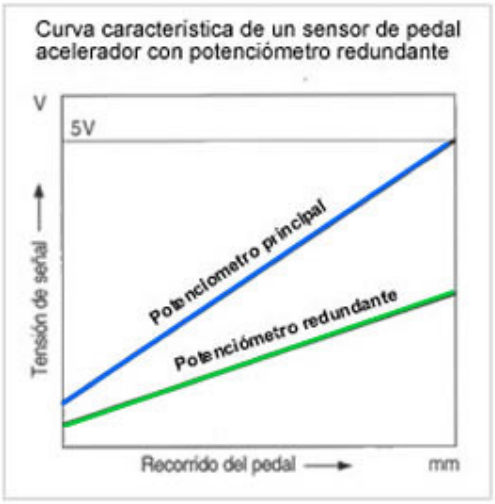


Estructura y funcionamiento

Sensor potenciométrico de pedal acelerador

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

Para fines de diagnosis y para el caso de un funcionamiento irregular hay integrado un sensor redundante (doble). Este es parte integrante del sistema de control. Una versión del sensor trabaja con un segundo potenciómetro que en todos los puntos de servicio suministra siempre la mitad de la tensión del primer potenciómetro, a fin de recibir dos señales independientes para la identificación de defectos (figura inferior). Otra versión trabaja, en lugar del segundo potenciómetro, con un interruptor de ralentí que señala a la unidad de control la posición de ralentí del pedal acelerador. Para vehículos con cambio automático, un interruptor adicional puede generar una señal eléctrica de sobre gas.

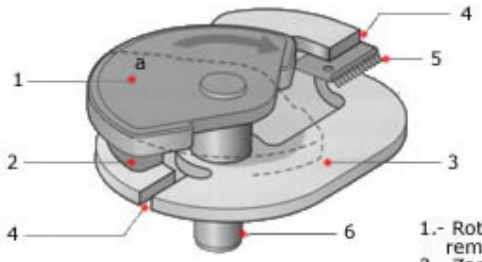


Sensores de ángulo Hall

El sensor de ángulo Hall del tipo ARS1 (Angle of Rotation Sensor) está derivado del principio básico de "imán móvil". Tiene un alcance de medición de aproximadamente. 90°.

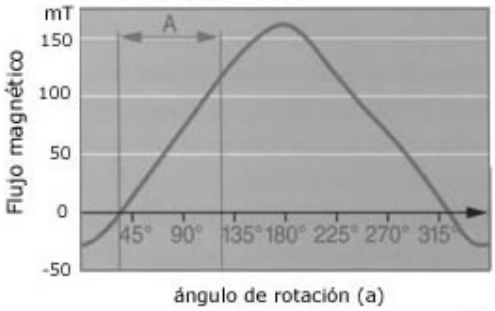
El flujo magnético de un rotor (figura inferior, pos. 1), constituido por un disco semicircular de magnetismo remanente, es reconducido al rotor a través de una zapata polar (2), pieza conductora (3) y el eje (6). Según la posición angular (a), el flujo es conducido en mayor o menor medida a través de los dos conductos de flujo (pieza conductora) en cuyo circuito magnético se encuentra también el sensor Hall (5). Así se consigue una característica considerablemente lineal en el campo de medición.

Esquema de funcionamiento del sensor Hall ARS1



1.- Rotor de magnetismo remanente
2.- Zapata polar
3.- Pieza conductora
4.- Entrehierro
5.- Sensor Hall
6.- Eje
A.- Campo de medición

Curva característica



www.mecanicavirtual.org

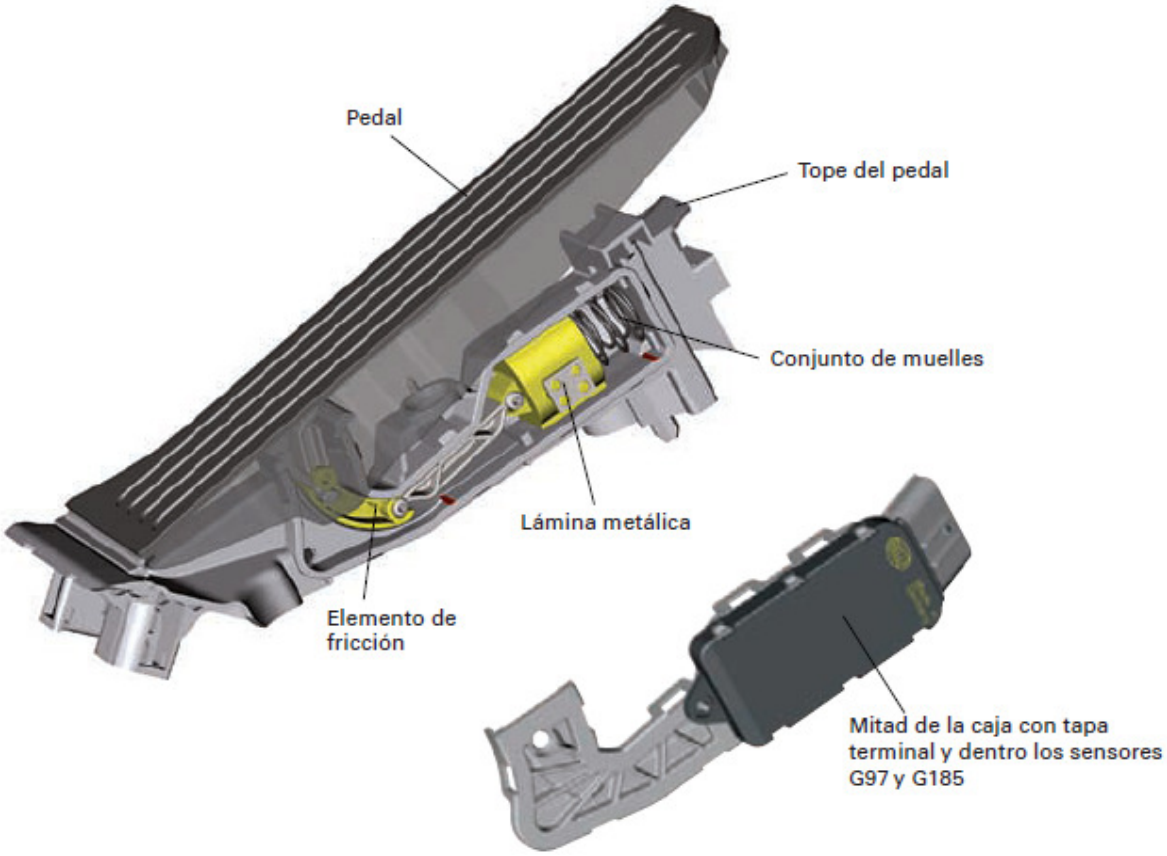
www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

Módulo del pedal acelerador

El módulo de pedal acelerador en el Audi A3 '04 está dispuesto verticalmente. El pedal acelerador, el sistema cinemático, el transmisor de valores del pedal, el elemento de fuerza de sobregás y el tope del pedal nuevo ahora, están agrupados en una unidad.

Además de la ergonomía mejorada, el nuevo módulo de pedal acelerador ofrece la ventaja de que no es necesario ningún ajuste básico del sobregás. Debido a que el tope del pedal está integrado en el módulo, se suprimen las tolerancias entre el pedal y el tope correspondiente a la carrocería. El módulo suministra, independientemente del vehículo en el que está montado, siempre los mismos valores de transmisor.

Una novedad es el transmisor de valores del pedal ejecutado como transmisor de valor lineal. Los dos transmisores de la posición del pedal, G79 y G185, funcionan sin contactos según el principio de inducción.
El sistema cinemático del módulo del pedal acelerador, transforma el movimiento angular del pedal acelerador en un movimiento rectilíneo. El conjunto de muelles junto con el elemento de fricción, procuran la sensación acostumbrada del pedal.



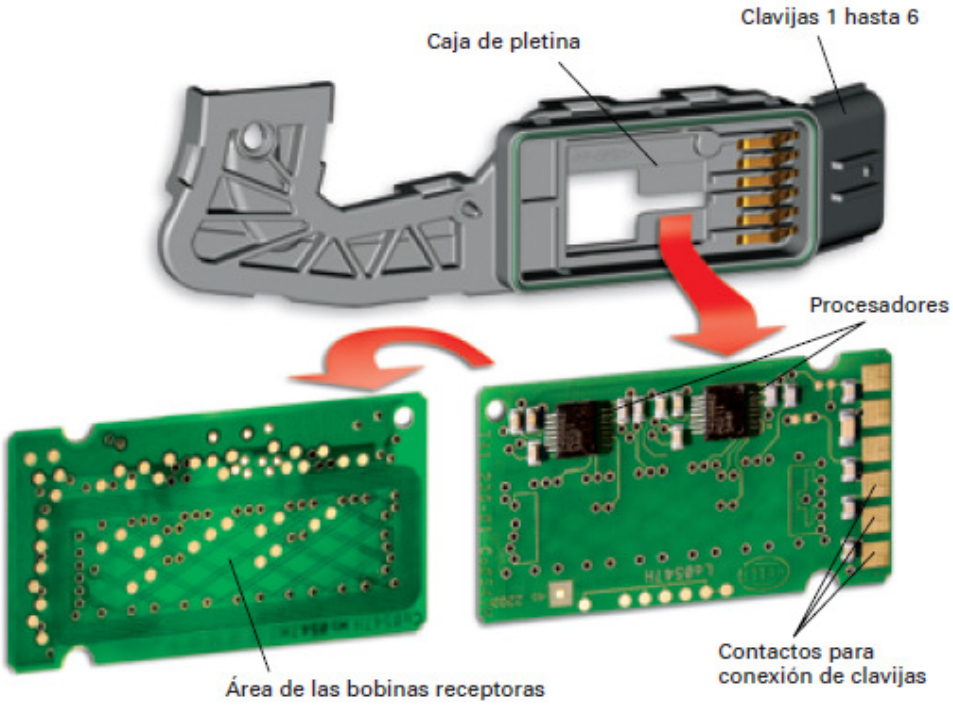
www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

Estructura y construcción

El transmisor de valores del pedal tiene, como hasta ahora, también dos sensores que funcionan de manera independiente entre sí (G79/G189). Sobre una pletina de varias capas se encuentran por separado para cada transmisor, una bobina excitadora, tres bobinas receptoras, así como respectivamente una electrónica de control y una electrónica de evaluación. Las bobinas receptoras presentan un geometría romboidal y están dispuestas desfasadas entre sí. Por encima se encuentran las bobinas excitadoras.

Una lámina metálica está dispuesta de tal manera en la unidad cinemática del módulo de pedal acelerador, que al accionar el pedal acelerador se desplaza en línea recta, a poca distancia, a lo largo de la pletina.

Para simplificar la representación se explica la construcción y el funcionamiento en un sólo transmisor.



www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

Funcionamiento

La bobina excitadora es atravesada por una corriente alterna. Esta corriente genera un campo alterno electromagnético, cuya inducción atraviesa la lámina metálica.

La corriente inducida en la lámina metálica origina por su parte un segundo campo alterno electromagnético adicional, alrededor de la lámina metálica.

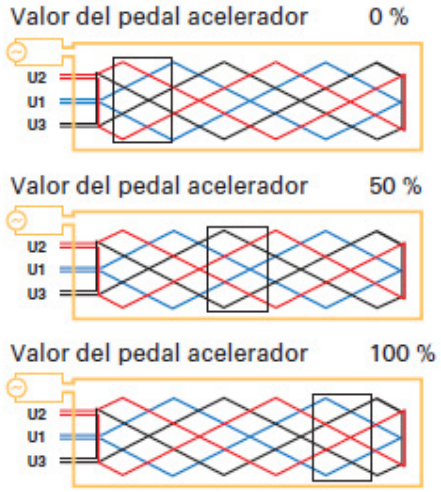
Ambos campos alternos, de la bobina excitadora y de la lámina metálica, actúan sobre las bobinas receptoras e inducen allí la correspondiente tensión alterna.

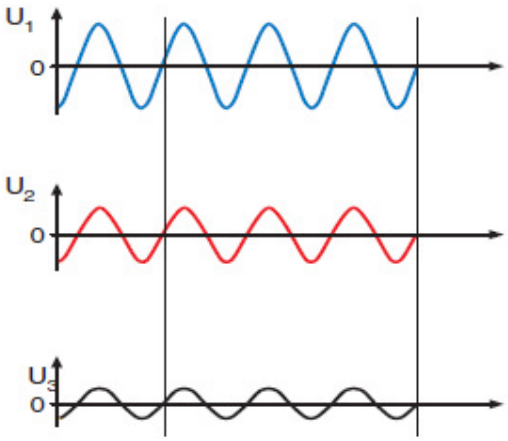
Mientras que la inducción de la lámina metálica es independiente de su posición, la inducción de las bobinas receptoras tiene lugar dependiendo de la posición respecto a la lámina metálica, siendo por lo tanto dependiente de su posición.

Ya que la lámina metálica adopta según la posición, un recubrimiento distinto respecto a las correspondientes bobinas receptoras, son distintas sus amplitudes de tensión inducidas en función de la posición.

La electrónica de evaluación rectifica las tensiones alternas de las bobinas receptoras, las amplifica y pone las tensiones de salida de las tres bobinas receptoras en relación recíproca (medición proporcional). Tras la evaluación de tensión, se transforma el resultado en la correspondiente señal de tensión lineal y se pone a disposición en la salida del transmisor.

Ejemplo de una posición definida.

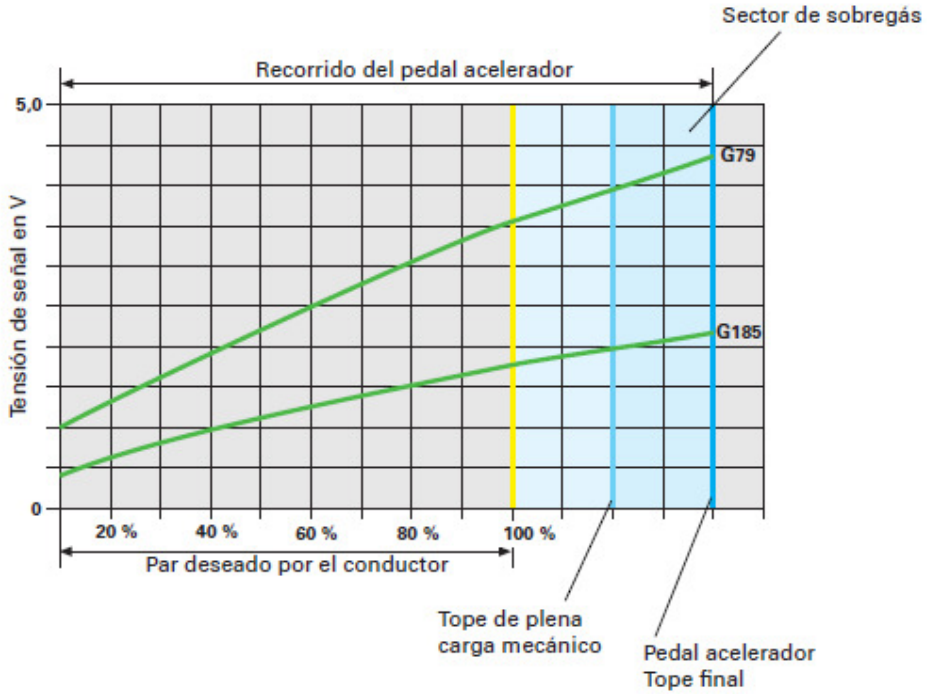




www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

La ventaja de este transmisor es, además del funcionamiento sin contactos y por lo tanto sin desgaste, el procedimiento de medición proporcional.
Mediante la formación de la relación, la señal de salida proporcional al recorrido pasa a ser ampliamente independiente de tolerancias de componentes y de perturbaciones electromagnéticas.
Como no se necesita ningún material magnético, apenas existen divergencias causadas por la disminución del magnetismo.

Las señales de salida de ambos transmisores se generan de tal manera que son iguales a los anteriores transmisores de contacto rozante (véase el diagrama).
Las unidades de control del motor no se tienen que modificar.

Ocupación de clavijas en el transmisor de valores del pedal:

Clavija 1 Alimentación de tensión 5 V para G185
Clavija 2 Alimentación de tensión 5 V para G79
Clavija 3 Masa para G79
Clavija 4 Señal de tensión de G79 (véase el diagrama)
Clavija 5 Masa para G185
Clavija 6 Señal de tensión de G185 (véase el diagrama)