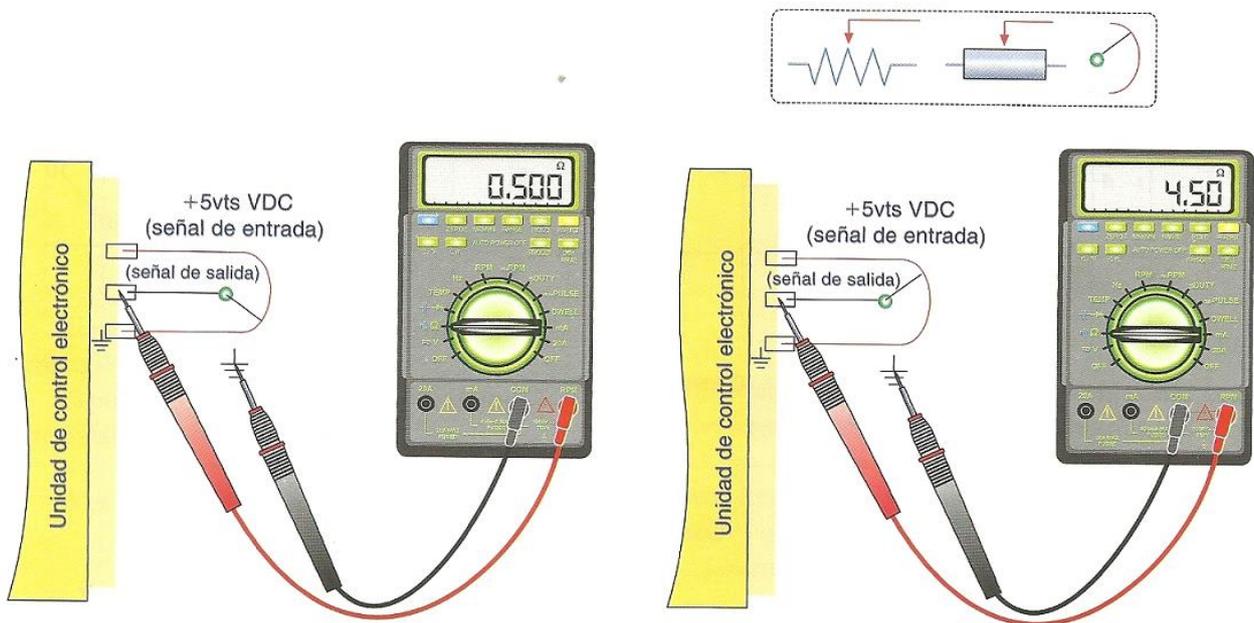


Otros componentes

Potenciómetro

Los potenciómetros son resistores cuya resistencia eléctrica puede ser variada manualmente. En la inyección electrónica los potenciómetros son utilizados como sensores (sensor de posición de la mariposa y medidor del flujo de aire).

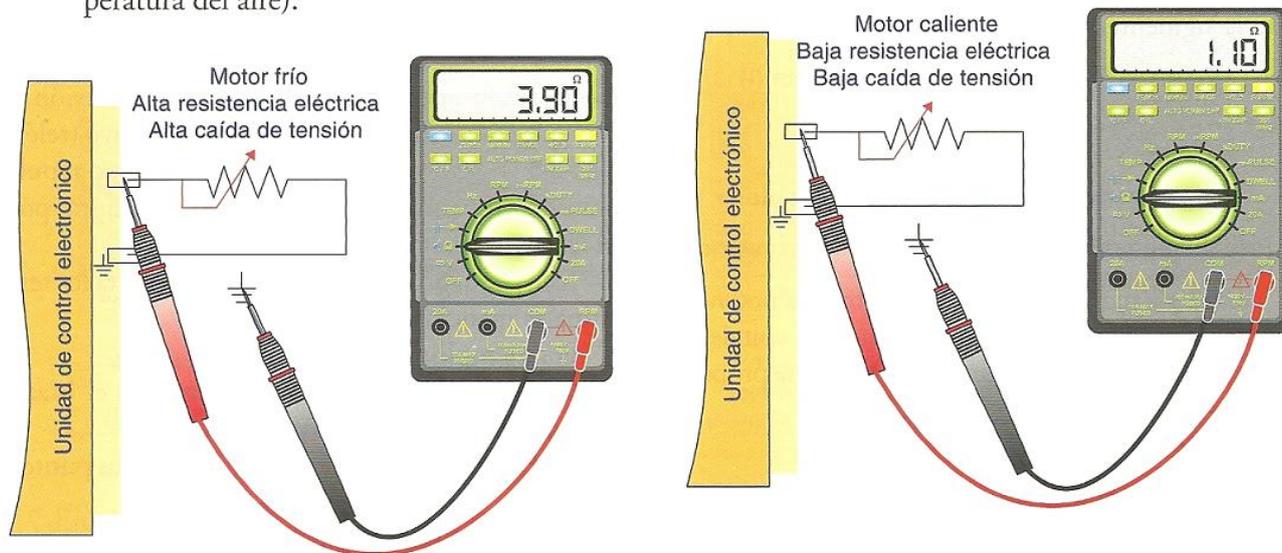


Potenciómetro del sensor de posición de la mariposa

Termistor

Son resistores cuya resistencia cambia de acuerdo con la temperatura. Los termistores pueden ser:

- NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo), la resistencia eléctrica disminuye con el aumento de la temperatura (ej: sensor de temperatura del aire).



Sensor de temperatura del agua (N – termistor)

Transformador

Es un dispositivo que se encarga de “transformar” el voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada en otro diferente que entrega a su salida.

Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han enrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor.

Este conjunto de vueltas se llama bobinas y se denominarán: **bobina** “primaria o primario” a aquella que recibe el voltaje de entrada y bobina “secundaria o secundario” a aquella que entrega el voltaje transformado.

- La bobina “primaria” recibe un voltaje alterno que hará circular, por ella, una corriente alterna.
- Esta corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro.
- Como el bobinado “secundario” está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste.

- Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del “secundario”, se generará por el alambre de éste un voltaje. Habría una corriente si hay una carga (el secundario está conectado a una resistencia, por ejemplo).

La razón de la transformación del voltaje entre el bobinado “primario” y el “secundario” depende del número de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de voltaje.

La fórmula:

$$\frac{\text{Nº de espiras del primario (N}_p\text{)}}{\text{Nº de espiras del secundario (N}_s\text{)}} = \frac{\text{Voltaje del primario (V}_p\text{)}}{\text{Voltaje del secundario (V}_s\text{)}}$$

Entonces:

$$V_s = N_s \times V_p / N_p$$

Un transformador puede ser elevador o reductor dependiendo del número de espiras de cada bobinado.

Si se supone que el transformador es ideal (la potencia que se le otorga es igual a la que se obtiene

Inyección electrónica

de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

Potencia de entrada (P_i) = Potencia de salida (P_s)

$$P_i = P_s$$

Si tenemos los datos de corriente y voltaje de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

Potencia (P) = Voltaje (V) \times corriente (I)

$$P = V \times I \text{ (watts)}$$

Aplicamos este concepto al transformador y

P (bobinado primario) = P (bobinado secundario)

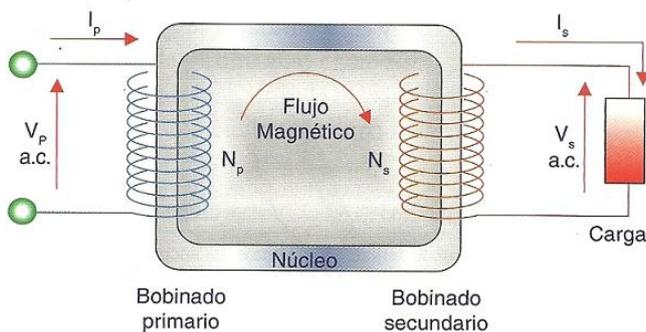
La única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es, que cuando el voltaje se eleve, la corriente se disminuya en la misma proporción y viceversa.

Entonces:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de espiras del primario } (N_p)}{\text{N}^\circ \text{ de espiras del secundario } (N_s)} = \frac{\text{Corriente del secundario } (I_s)}{\text{Corriente del primario } (I_p)}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario cuando se tiene la corriente I_p (corriente en el primario), N_p (espiras en el primario) y N_s (espiras en el secundario), se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_s = N_p \times I_p / N_s$$



En este caso, N_p es mayor que N_s , y es un transformador reductor.

Es normal ver que un transformador reductor tiene el alambre del bobinado secundario más grueso

que el del primario, debido a que por éste circula una corriente mayor.

Se utiliza mucho en fuentes de poder.

Relay (relé o relevador)

El **relé** es un interruptor operado magnéticamente. Éste se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán (que forma parte del relé) es energizado (le damos el voltaje para que funcione). Esta operación causa que haya conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo (relé).

Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo llamado armadura, por el electroimán.

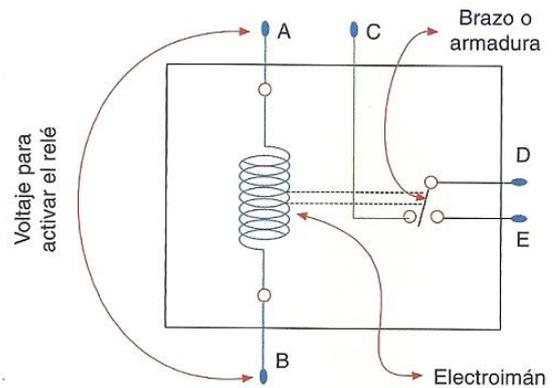
Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales mencionados.

Por ejemplo:

Si el electroimán está activo, empuja el brazo (armadura) y conecta los puntos C y D.

Si el electroimán se desactiva, conecta los puntos C y E.

De esta manera se puede tener algo conectado, cuando el electroimán está activo, y otra cosa conectada, cuando está inactivo.



Ventajas del relé

- Permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar.
- El relé es activado con poca corriente; sin embargo, puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.

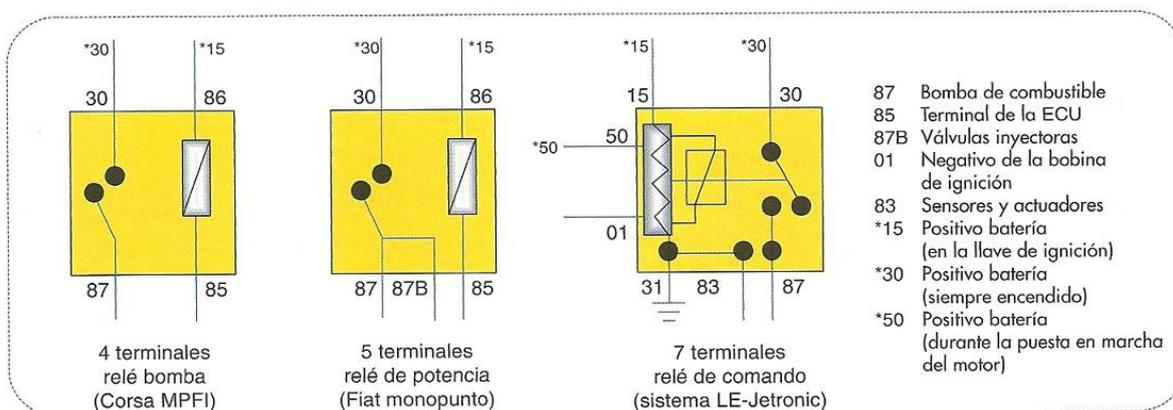
- Con una sola señal de control, se puede controlar varios relés simultáneamente.

En los sistemas de inyección electrónica los relés pueden ser utilizados para:

- Control de la bomba eléctrica de combustible.

- Alimentación de la ECU (unidad de control electrónico).

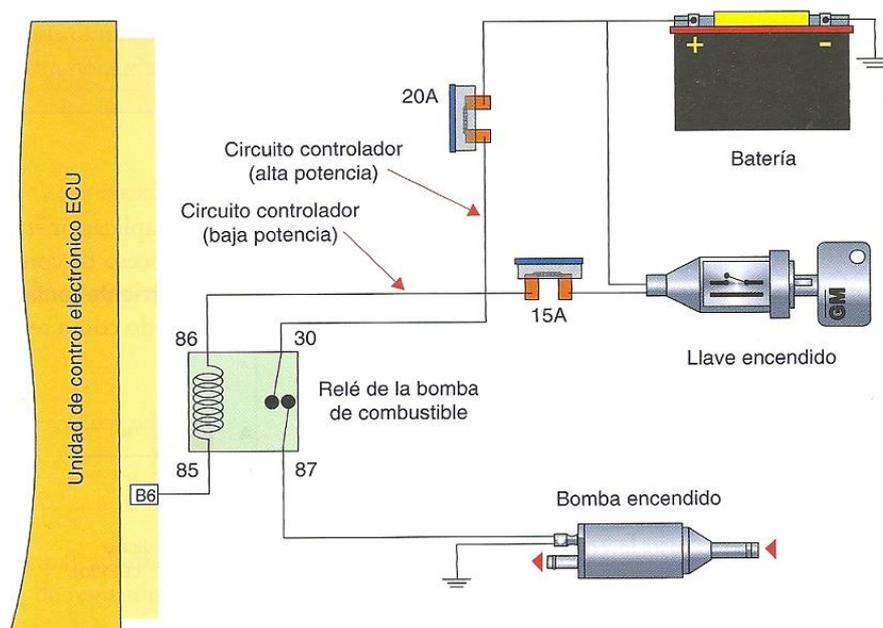
- Accionamiento de arranque en frío.
- Accionamiento del aire acondicionado.



En el siguiente circuito eléctrico, la bomba de combustible es accionada cuando la llave de ignición está prendida.

De esta forma la ECU (unidad de control electrónico) mantiene el control de la bomba eléctrica de combustible.

Aplicación del relé (relé de la bomba de combustible - Corsa MPFI)



Semiconductores

Diodo

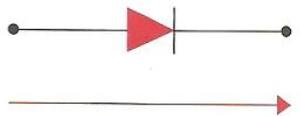
Es el dispositivo semiconductor más sencillo y se puede encontrar prácticamente en cualquier circuito electrónico. Los **diodos** se fabrican en versiones de Silicio (la más utilizada) y de Germanio.

Constan de dos partes: una llamada N y la otra llamada P, separadas por una juntura también llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0,3 voltios en el Germanio y de 0,6 voltios aproximadamente en el diodo de silicio.

El diodo se puede hacer funcionar de dos maneras diferentes:

Polarización directa

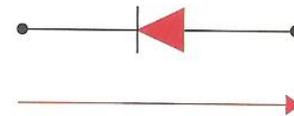
Es cuando la corriente que circula por el diodo sigue la ruta de la flecha (la del diodo), o sea del ánodo al cátodo. En este caso la corriente atraviesa el diodo con mucha facilidad, comportándose prácticamente como un corto circuito.



Diodo en polarización directa

Polarización inversa

Es cuando la corriente en el diodo desea circular en sentido opuesto a la flecha (la flecha del diodo), o sea del cátodo al ánodo. En este caso la corriente no atraviesa el diodo, y se comporta prácticamente como un circuito abierto.

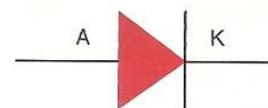


Diodo en polarización inversa

Nota: el funcionamiento mencionado se refiere al diodo ideal, esto quiere decir que el diodo se toma como un elemento perfecto (como se hace en casi todos los casos), tanto en polarización directa como en polarización inversa.

Aplicaciones del diodo

Los diodos tienen muchas aplicaciones, pero una de la más comunes es el proceso de conversión de **corriente alterna** (C.A.) a **corriente continua** (C.C.). En este caso se utiliza el diodo como rectificador.

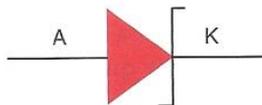


Símbolo del diodo
(A - ánodo K - cátodo)

Diodo Zener

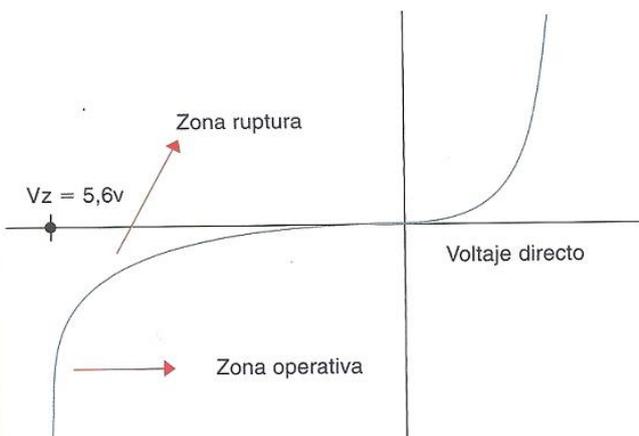
Es un tipo especial de diodo que se diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa). El **diodo Zener** siempre se utiliza en polarización inversa, en donde la corriente desea circular en contra de la flecha que representa el mismo diodo.

En este caso se analiza el diodo Zener, pero no como un elemento ideal, si no como un elemento real, y se debe tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso, sí existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor.



Símbolo del diodo
(A - ánodo K - cátodo)

Analizando la curva del diodo Zener, vemos que en el lugar donde se marca como **región operativa**, la corriente (I_r , en la línea vertical inferior) puede variar en un amplio margen, pero el voltaje (V_z) no cambia. Se mantiene aproximadamente en 5,6 V (para un diodo Zener de 5,6 V).



La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador. Un regulador con Zener

ideal mantiene un voltaje fijo predeterminado, a su salida, sin importar si varía el voltaje en la fuente de alimentación ni cómo varíe la carga que se desea alimentar con este regulador.

Nota: en las fuentes de voltaje ideales (algunas utilizan, entre otros elementos, el **diodo Zener**), el voltaje de salida no varía conforme varía la carga.

Pero las fuentes no son ideales y lo normal es que la tensión de salida disminuya conforme la carga va aumentando, o sea, conforme la demanda de corriente de la carga aumenta.

Para poder saber si una fuente de voltaje es de buena calidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de regulación} = \frac{V(\text{sin carga}) - V(\text{carga total})}{V(\text{carga total})} * 100 \%$$

A menor valor de porcentaje de regulación, mejor calidad de fuente.

Diodo LED (Light Emitter Diode, diodo emisor de luz)

Si alguna vez ha visto unas pequeñas luces de diferentes colores que se encienden y apagan, en algún circuito electrónico, sin lugar a dudas ha visto los diodos LED en funcionamiento.

El LED es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz.

Existen diodos LED de varios colores, éstos dependen del material con el cual fueron construidos, hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar e infrarrojo.

Se debe escoger bien la corriente que atraviesa el LED para obtener una buena intensidad luminosa. El LED tiene un voltaje de operación que va de 1,5 V a 2,2 voltios, aproximadamente, y la gama de corrientes que debe circular por él va de 10 mA a 20 mA, en los diodos de color rojo, y de entre 20 mA y 40 mA para los otros LEDs.

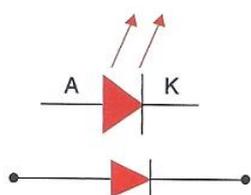
Tiene enormes ventajas sobre las lámparas indicadoras comunes, como son su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada de 100.000 horas.

Inyección electrónica

Se utiliza ampliamente en aplicaciones visuales, como indicadores de cierta situación específica de funcionamiento.

Ejemplos

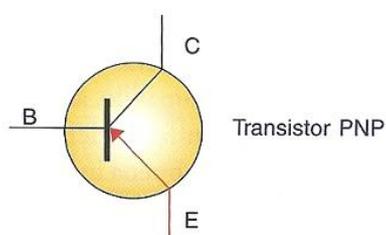
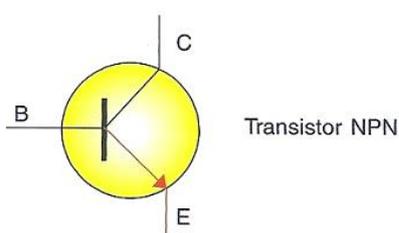
- Se utilizan para desplegar contadores.
- Para indicar la polaridad de una fuente de alimentación de corriente directa.
- Para indicar la actividad de una fuente de alimentación de corriente alterna.



Símbolo del diodo LED

Transistor bipolar

Hay dos tipos de **transistores bipolares**:



El **transistor bipolar** es el más común de los transistores, y como los diodos, puede ser de Germanio o Silicio.

Existen dos tipos de transistores: el NPN y el PNP, y la dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que se ve en el gráfico de cada tipo de transistor.

El transistor es un dispositivo de 3 patillas con los siguientes nombres: **base (B)**, **colector (C)** y **emisor (E)**, coincidiendo siempre el emisor con la patilla que tiene la flecha en el gráfico de transistor.

El transistor es un amplificador de corriente, esto quiere decir que si le introducimos una cantidad de corriente por una de sus patillas (base), entregará por otra (emisor), una cantidad mayor a ésta, en un factor que se llama **amplificación**. Este factor se llama β (beta), y es un dato propio de cada transistor.

Entonces:

- I_c (corriente que pasa por la patilla colector) es igual a β (factor de amplificación) por I_b (corriente que pasa por la patilla base).

$$I_c = \beta \cdot I_b$$

- I_e (corriente que pasa por la patilla emisor) es del mismo valor que I_c , sólo que, la corriente en un caso entra al transistor y en el otro caso sale de éste, o viceversa.

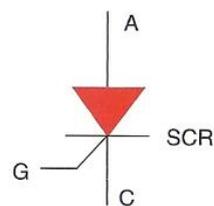
Hay tres tipos de configuraciones típicas en los amplificadores con transistores, cada una de ellas con características especiales que las hacen mejor para cierto tipo de aplicación.

- Emisor común
- Colector común
- Base común

Tiristor SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)

El SCR y la corriente continua

Rectificador controlado de silicio, estos elementos semiconductores son muy utilizados para controlar la cantidad de potencia que se entrega a una carga, donde:



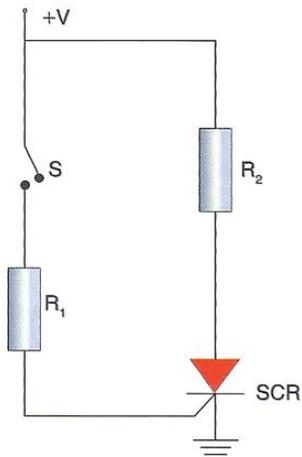
A = ánodo.

C = cátodo, también representado por la letra K.

G = compuerta o gate.

Se debe tener en cuenta en el gráfico que viene a continuación, que es un circuito de corriente continua.

Normalmente el SCR se comporta como un circuito abierto hasta que activa su compuerta (GATE), con una pequeña corriente (se cierra el interruptor S), y así, éste conduce y se comporta como un diodo en polarización directa.



Si no existe corriente en la compuerta, el tiristor no conduce.

Lo que sucede después de ser activado el SCR, se queda conduciendo y se mantiene así. Si se desea que el tiristor deje de conducir, el voltaje +V debe ser reducido a 0 voltios.

Si se disminuye lentamente el voltaje (tensión), el tiristor seguirá conduciendo hasta que por él pase una cantidad de corriente menor a la llamada "corriente de mantenimiento o de retención", lo que causará que el SCR deje de conducir, aunque la tensión VG (voltaje de la compuerta) con respecto a tierra, no sea cero.

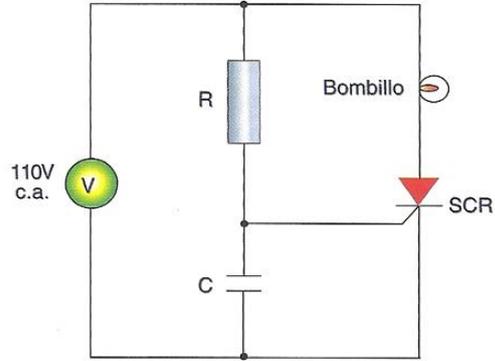
Como se puede ver, el SCR tiene dos estados:

- Estado de conducción, en donde la resistencia entre ánodo y cátodo es muy baja.
- Estado de corte, donde la resistencia es muy elevada.

El SCR y la corriente alterna

Se usa, principalmente, para controlar la potencia que se entrega a una carga (en el caso de la figura, es un bombillo o foco).

La **fuerza de voltaje** puede ser de 110 V c.a., 120 V c.a., 240 V c.a., etc.

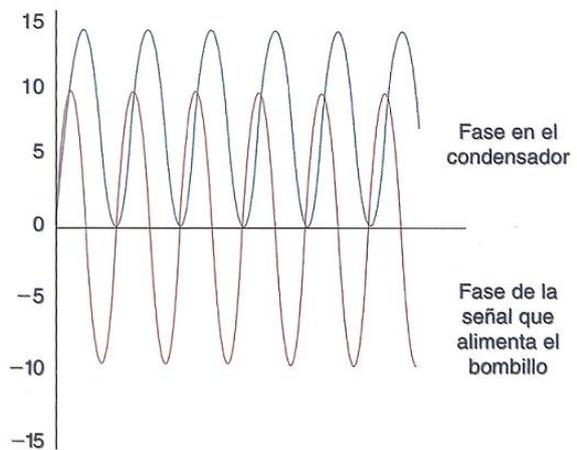


El circuito RC produce un corrimiento de la fase entre la tensión de entrada y la tensión en el condensador, que es la que suministra la corriente a la compuerta del SCR.

Puede verse que el voltaje en el condensador está atrasado con respecto al voltaje de alimentación, causando que el tiristor conduzca un poco después de que éste tenga la alimentación necesaria para conducir.

Durante el ciclo negativo el tiristor se abre dejando de conducir.

Si se modifica el valor de la resistencia, por ejemplo, si utilizamos un potenciómetro, se modifica el desfase que hay entre las dos tensiones mencionadas, ocasionando que el SCR se active en diferentes momentos, antes de que se desactive por el ciclo negativo de la señal y deje de conducir.



Inyección electrónica

Fotodiodo

Es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente de acuerdo con la cantidad de luz que lo incide. Esta corriente fluye en sentido opuesto a la flecha del diodo (es llamada corriente de fuga). Al revés de los diodos normales.

Se puede utilizar como detector de luz, que la convierte en electricidad. Cuando a un fotodiodo le incide la luz, se inicia el flujo de una corriente.

Si el fotodiodo quedara conectado, de manera que por él circule la corriente en el sentido de la flecha de la figura, la luz que lo incide no tendría efecto sobre él y se comportaría como un diodo normal.

La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con una lente que concentra la cantidad de luz que lo incide, de manera que su reacción a ésta sea más evidente.

A diferencia del LDR o fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa, con mucha más velocidad.

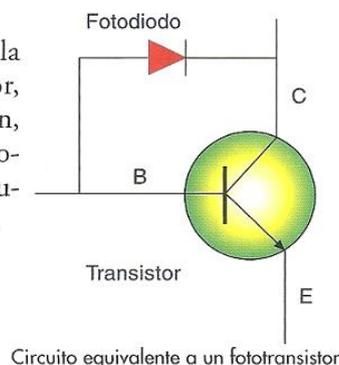
Fototransistor

Un **fototransistor** es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, sólo que puede trabajar de dos maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (IB) (modo común).
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base (IP) (modo de iluminación).

Se pueden utilizar las dos en forma simultánea, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con la pata de la base sin conectar ($I_B = 0$).

Si se desea aumentar la sensibilidad del transistor, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (I_B), con ayuda de polarización externa.



El circuito equivalente a un fototransistor, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

Fotorresistencia LDR (Light Dependent Resistor, Resistencia Dependiente de la Luz)

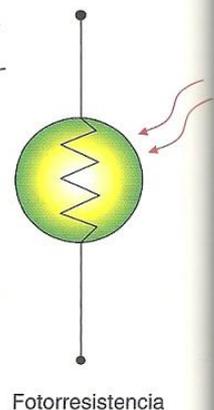
El LDR es una resistencia que varía su valor dependiendo de la cantidad de luz que lo ilumina. Los valores de una fotorresistencia cuando está totalmente iluminada y cuando está totalmente a oscuras varía, pero no pasa de 1K (1.000 ohms) en iluminación total y no es menor a 50K (50.000 ohms) cuando está a oscuras.

El valor de la fotorresistencia (en ohmios) no varía de forma instantánea cuando se pasa de luz a oscuridad o al contrario, y el tiempo que dura este proceso no siempre es igual si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro.

Esto hace que el LDR no se pueda utilizar en muchas aplicaciones, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad) y a exactitud de los valores de la fotorresistencia al encontrarse en los mismos estados anteriores.

Pero hay muchas aplicaciones en las que una fotorresistencia es muy útil. En casos en que la exactitud de los cambios no es importante como en los circuitos:

- Luz nocturna de encendido automático, que utiliza una fotorresistencia para activar una o más luces al llegar la noche.
- Relé controlado por luz, donde el estado de iluminación de la fotorresistencia activa o desactiva un *relay*, que puede tener un gran número de aplicaciones.



Multímetro automotriz

Básicamente un multímetro es utilizado para medir:

- Resistencia eléctrica(ohm)
- Tensión eléctrica(volts)
- Intensidad eléctrica(amperios)

Por lo tanto, el multímetro cumple las funciones de ohmímetro, voltímetro y amperímetro.

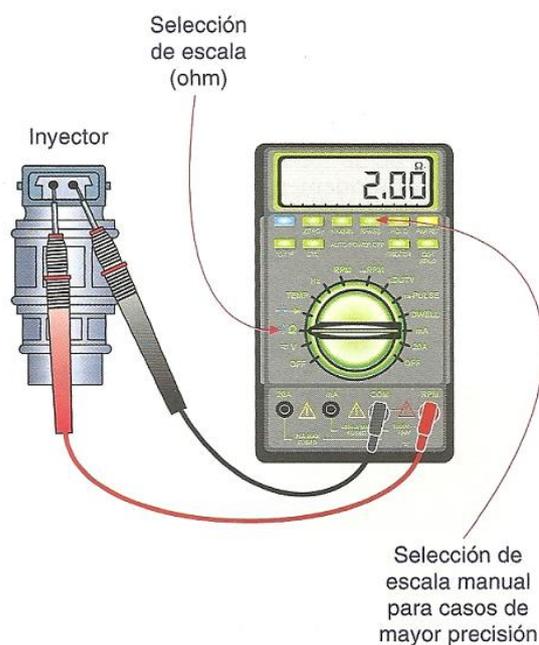
Un multímetro automotriz cumple las funciones de un multímetro común, más otras funciones como:

- Medición de la rotación del motor (rpm).
- Medición del tiempo de inyección (ms).
- Medición del ciclo de trabajo (% duty).
- Medición de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{F}$).
- Medición del ángulo de permanencia (DWELL).

Medición de la resistencia eléctrica

A través de la medición de la resistencia eléctrica se puede:

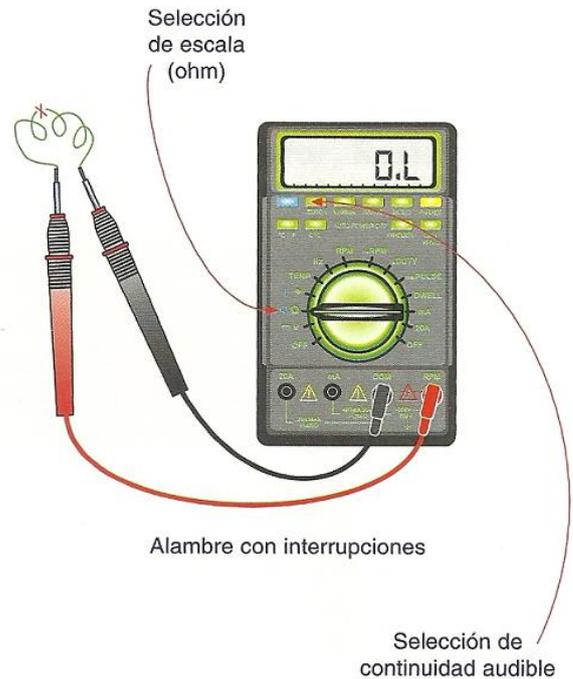
- Verificar la continuidad de dos alambres conductores en un circuito eléctrico.
- Verificar todos los componentes que sean constituidos por bobinas (sensor de rotación, inyectores), resistencias (sonda Lambda), potenciómetros (sensor de posición de la mariposa) o termistores (sensor de temperatura del agua).



Inyección electrónica

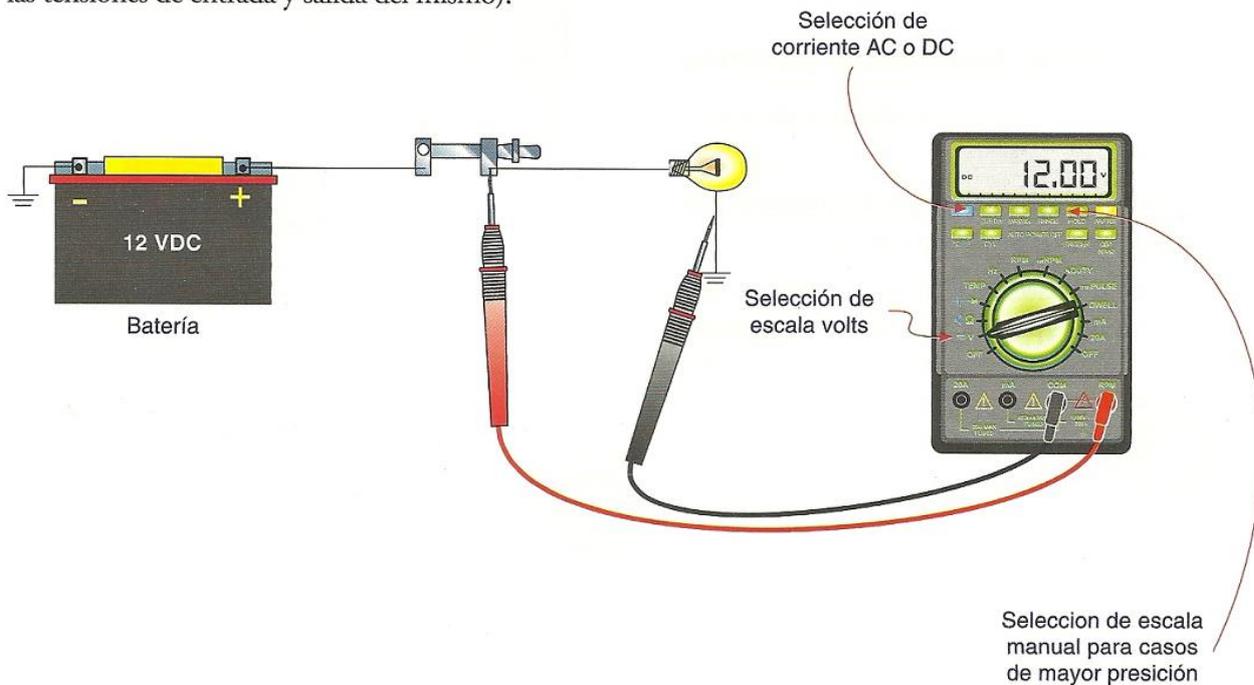
Medición audible de continuidad

Para verificar la continuidad de conductores cuya resistencia sea menor de 40 ohm.



Medición de tensión eléctrica

A través de la medición de la tensión, podemos verificar diversos componentes de un circuito (midiendo las tensiones de entrada y salida del mismo).



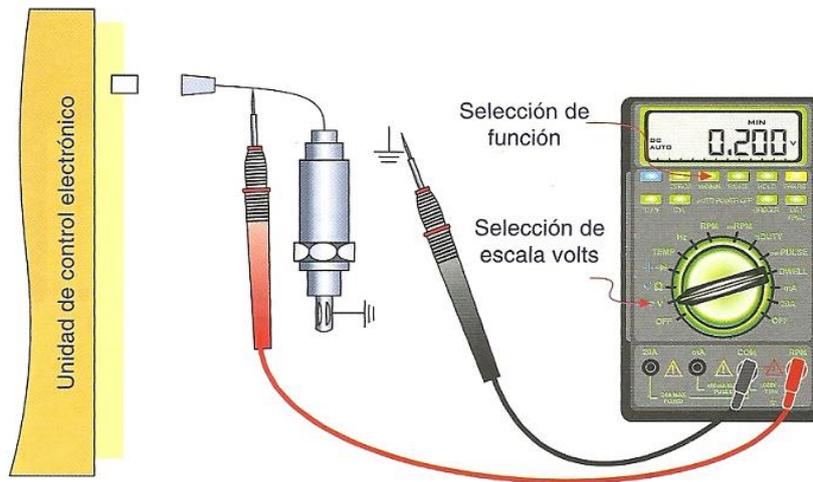
Utilización de la función MIN/MAX

La función MIN/ MAX sirve para identificar los puntos de mínimo o máximo en la variación de una señal.

Esta función tiene una gran aplicación para verificar el sensor de Oxígeno (sonda Lambda) en los sistemas de inyección electrónica.

Para efectuar la medición, presione el botón MIN/ MAX una vez para comenzar a grabar el valor mínimo (MIN) y la lectura menor se muestra en la pantalla.

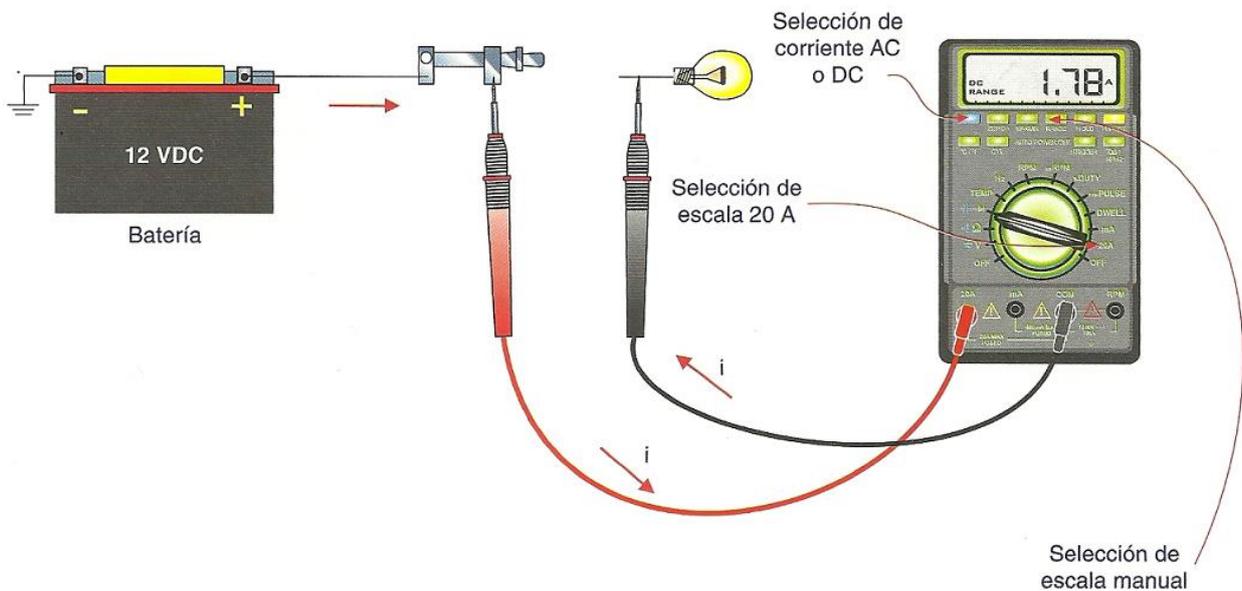
Después presione el botón MIN/ MAX dos veces para comenzar a grabar el valor máximo (MAX) y éste se muestra en la pantalla.



Medición de la intensidad de corriente (amperaje)

Con la medición de la intensidad de corriente se verifica la integridad del circuito eléctrico de la bomba de combustible.

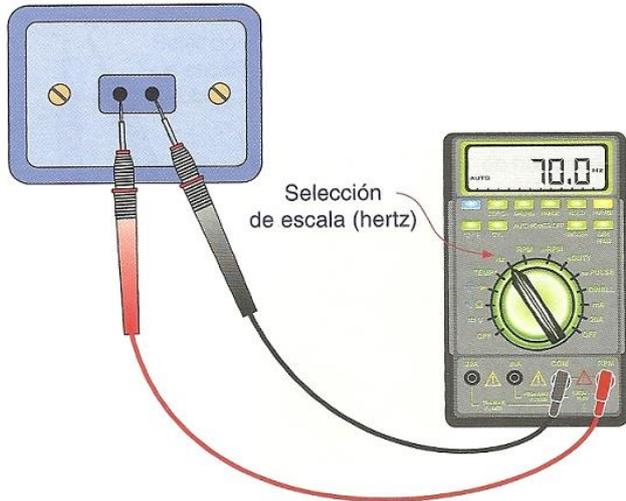
Es recomendable no exceder de 30 segundos en la medición cuando la corriente continua está entre 10 y 20 amperios.



Inyección electrónica

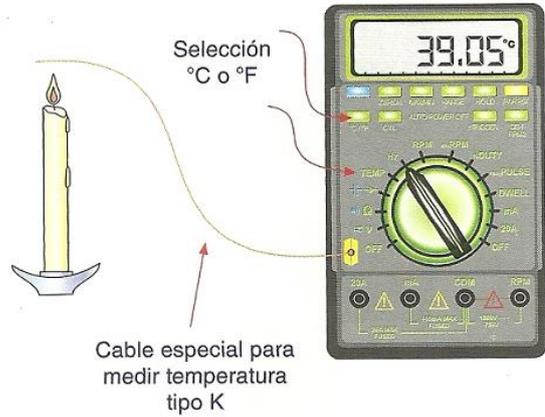
Medición de frecuencia (Hz)

Por medio de la medición de frecuencia se puede verificar el sensor de rotación, el sensor de presión absoluta MAP o el sensor de detonación.

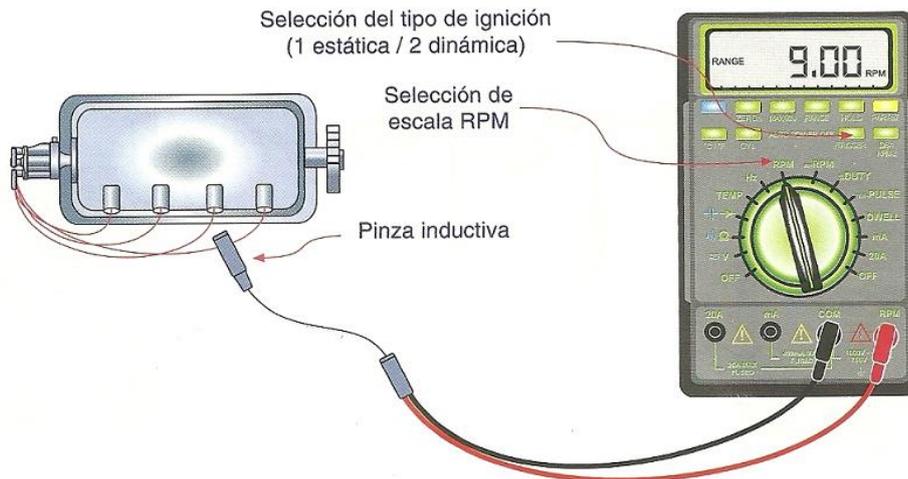


Medición de temperatura

A través de la medición de temperatura se puede verificar el funcionamiento del sistema de enfriamiento o verificar los sensores de temperatura.



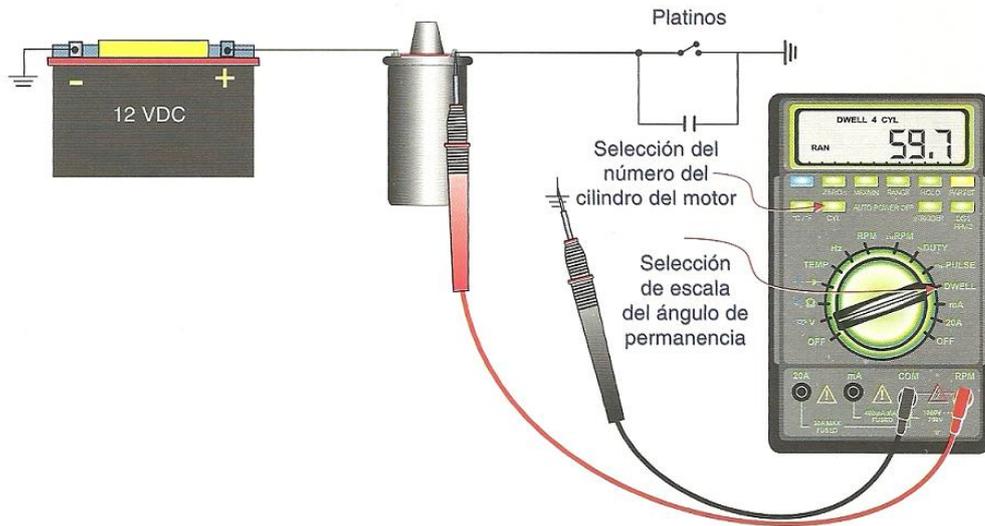
Medición de rotación (rpm)



Medición del ángulo de permanencia (DWELL)

La medición del ángulo de permanencia DWELL da el tiempo de energización del enrollamiento

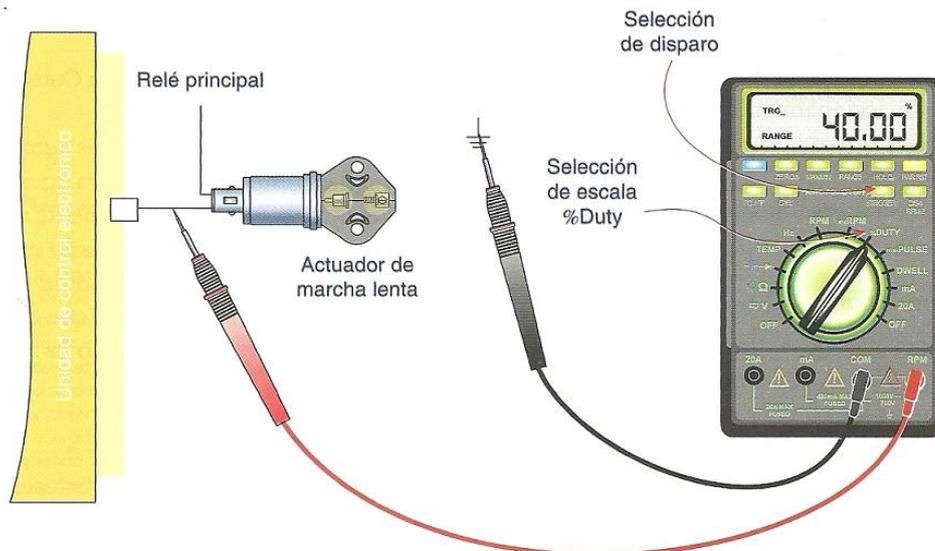
primario de una bobina. Es bastante utilizada para medir de la abertura de los platinos; para ello se deben conocer las especificaciones del ángulo de permanencia de cada vehículo.



Medición del ciclo de trabajo (%DUTY)

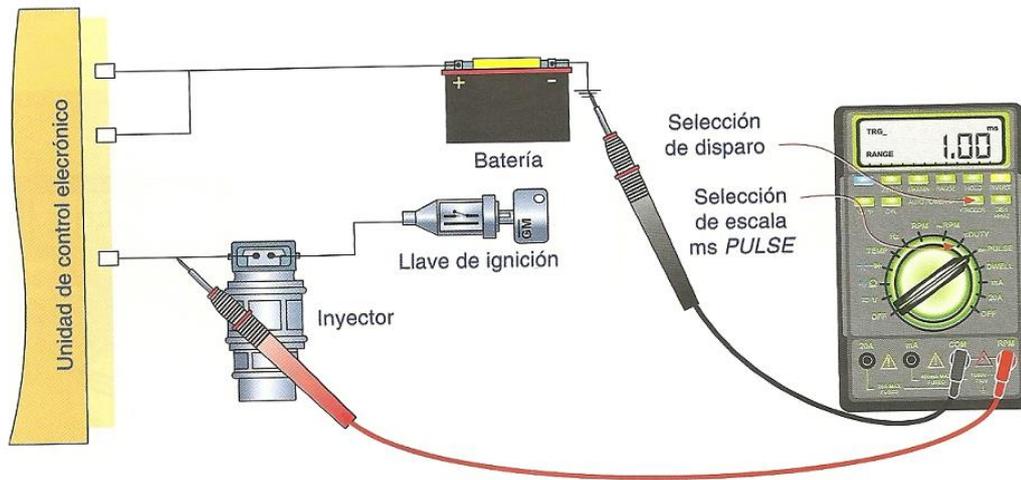
La medición del %DUTY en la inyección electrónica sirve para verificar la señal que envía la computadora (ECU) al actuador de marcha lenta (válvula solenoide).

Para ello, se selecciona la escala %DUTY y se presiona el botón \pm Trigger para seleccionar el disparo que va a medir (+ o -). Un disparo positivo mide el tiempo que el solenoide está abierto (energizado) y uno negativo, el tiempo que está cerrado (desenergizado).



Inyección electrónica

Medición del tiempo de inyección (ms *PULSE*)



La escala ms mide el tiempo de apertura del inyector. Esta información es necesaria para el análisis del comportamiento del sistema de inyección.

Para ello, se selecciona la escala ms *PULSE* y se presiona el botón \pm *Trigger* para seleccionar el disparo que va a medir (+ o -). Un disparo positivo mide el tiempo que el inyector está abierto (energizado) y uno negativo, el tiempo que está cerrado (desenergizado).

El tiempo de inyección de combustible es simplemente el tiempo de inyección o el tiempo en milisegundos en el cual permanece abierto el inyector. La apertura del inyector es comandada por la unidad de control electrónico (ECU).

El pulso de accionamiento del inyector puede presentar, básicamente, tres tipos de señales de acuerdo con el sistema de inyección utilizado: señal convencional, señal de corriente controlada y señal modulada.

Señal convencional

Utilizada por la mayoría de los sistemas de inyección electrónica. La ECU aplica corriente constante al inyector de combustible durante el periodo de apertura.

Algunos sistemas como el Fiat tipo 1.6 utilizan una resistencia en serie en el enrollamiento del inyector para limitar la intensidad de corriente que circula.

Este tipo de señal se puede medir con un multímetro automotriz; osciloscopio o *scanner*.

Señal con intensidad de corriente controlada (*Peak and hold*)

En este caso la ECU utiliza dos circuitos para controlar el tiempo de apertura del inyector. El primer circuito permite un flujo de corriente elevada y después que el inyector está abierto, la ECU activa el segundo circuito, el cual envía una intensidad de corriente menor para mantener la apertura del inyector (el tiempo es calculado con base en la información de los sensores).

Este tipo de señal se utiliza en Corsa MPFI, Corsa EFI, Ford/VW (EECIV).

La mayoría de los multímetros automotrices no pueden medir este tipo de señal, ya que dan la medición del tiempo T1 que prácticamente no cambia, y no del T2, el cual cambia de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor. Por lo tanto, el valor de la medición es menor que el valor real.

Con el *scanner* u osciloscopio la señal es leída correctamente.

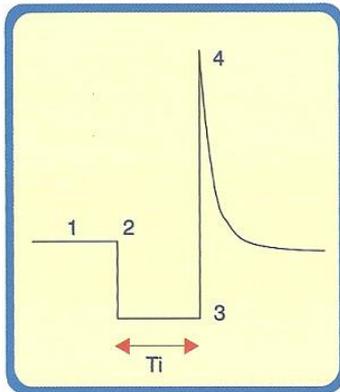
Señal modulada

El control de apertura de los inyectores se asemeja por la intensidad de corriente controlada, pero en

la señal modulada el inyector se mantiene abierto por medio de una secuencia de pulsos, como se muestra en la gráfica.

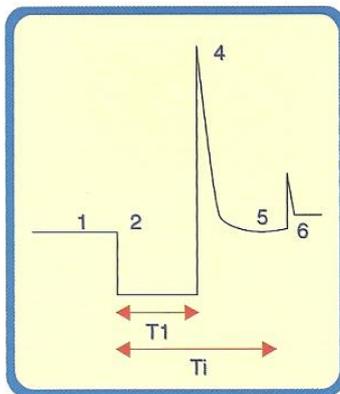
La medición de esta señal puede ser leída satisfactoriamente por medio del osciloscopio o *scanner*.

Señal convencional



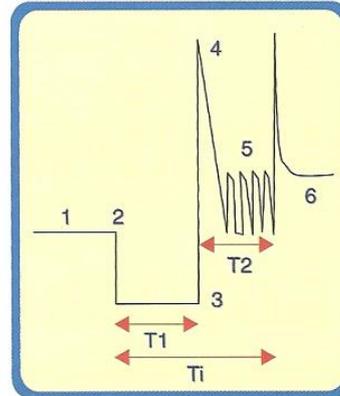
1. Tensión de la batería.
2. Inicio de la energización del inyector, iniciando la alimentación de combustible.
3. Fin de la energización del enrollamiento del inyector, interrumpiendo la alimentación de combustible.
4. Pico de tensión causado por la finalización del control del inyector.

Señal de corriente controlada



1. Tensión de la batería.
 2. Inicio de la energización del inyector, iniciando la alimentación de combustible.
 3. Disminución de la intensidad de corriente.
 4. Pico de tensión causado por la disminución repentina de la intensidad de corriente aplicada al inyector.
 5. La intensidad de corriente es disminuida manteniendo el inyector abierto.
 6. Fin de la energización del enrollamiento del inyector, interrumpiendo la alimentación de combustible.
- T₁. Tiempo de apertura del inyector
 T₂. Tiempo en que el inyector es mantenido abierto
 T_i. Tiempo total de apertura del inyector.

Señal modulada



1. Tensión de la batería.
 2. Inicio de la energización del inyector, iniciando la alimentación de combustible.
 3. Disminución de la intensidad de corriente.
 4. Pico de tensión causado por la disminución repentina de la intensidad de corriente aplicada al inyector.
 5. Pulsos para mantener el inyector abierto.
 6. Fin de la energización del enrollamiento del inyector, interrumpiendo la alimentación de combustible.
- T₁. Tiempo de apertura del inyector
 T₂. Tiempo en que el inyector es mantenido abierto
 T_i. Tiempo total de apertura del inyector.

Analizador de polaridad

Un analizador de polaridad es un equipo de extrema utilidad (trabaja con tensión de la batería) en los circuitos de inyección electrónica y frenos ABS. Con él se puede verificar:

- Alimentación eléctrica de la central electrónica.
- Funcionamiento de los sensores tipo *Hall* (sensor de rotación, sensor de velocidad).
- Alimentación positiva de diversos elementos como sensores y actuadores.
- Casi todos los componentes que son alimentados con la tensión de la batería.

El circuito eléctrico de un analizador de polaridad corresponde a este gráfico.

