

## 4 | Diagnóstico de los sistemas de inyección

### 4.1. Diagnóstico

El fin de la gestión electrónica es identificar cuándo se debe inyectar el combustible y en qué cantidad en función de los PID (identificador de parámetro de diagnóstico), dichos parámetros se encuentran normalizados por protocolos de comunicación. Los datos obtenidos pueden ser de tipo analógicos o digitales y permiten el reconocimiento, análisis y diagnóstico de vehículos mediante la correlación de las diferentes señales. Existen más de un centenar de PID disponibles que facilitan al técnico el proceso de diagnóstico. En muchos casos, se necesitan tan solo 25 PID (o incluso menos según la pericia del técnico) para resolver un problema de desempeño del motor como se observa en la Figura 4.1.

#### PID

Son variables físicas procesadas por la unidad de control que posteriormente son parametrizadas mediante la recolección de información de sensores y actuadores.

PID → variable física del motor (sensores).  
 PID → diagnóstico (procesamiento).  
 PID → variable de salida (actuadores).

**Para saber ¿cuándo y cuánto inyectar?,  
 analizamos los siguientes sensores con sus respectivos PID.**

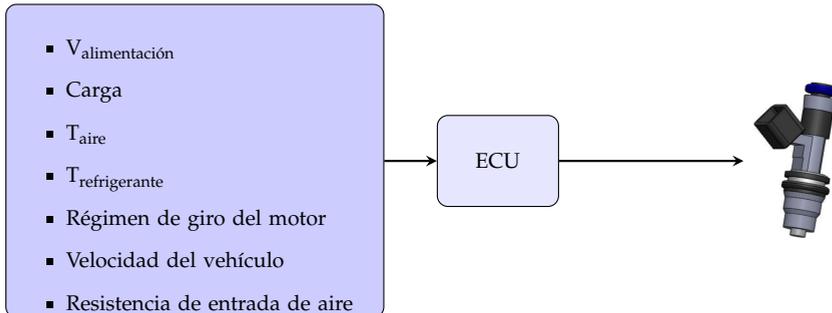


Figura 4.1. Distintos PID utilizados en la inyección

## 4.2. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Determina la posición angular del cigüeñal, así como su velocidad y aceleración angular, con el uso un escáner se puede observar el comportamiento de las variables que fueron interpretadas por la unidad electrónica de control (ECU) como se puede ver en la Figura 4.2.



Figura 4.2. Distintos tipos de sensores CKP

En la Figura 4.3 se esquematiza cómo diferentes parámetros pueden ser obtenidos a partir de un mismo sensor, en este caso, la posición del pistón es obtenida a través del CKP y por intermedio de este también la velocidad del giro del motor, variables usadas para predecir la cantidad e instante de la dosificación del combustible.

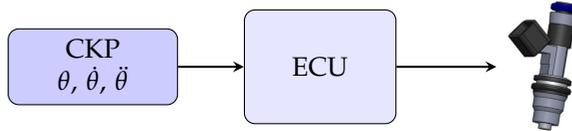


Figura 4.3. Distintos PID proporcionados por el sensor CKP

Cuando el motor se encuentre en condiciones inestables de funcionamiento puede ser ocasionado por lecturas irregulares del sensor CKP, como se pueden visualizar en la Figura 4.4. Adicionalmente, puede ser una herramienta de diagnóstico útil para verificar defectos durante el encendido del motor, como se ve en la Figura 4.5, donde se muestra el caso en el que el sensor CKP se encuentra averiado, lo que provoca un retraso al arrancar, e indica problemas durante el encendido del motor.

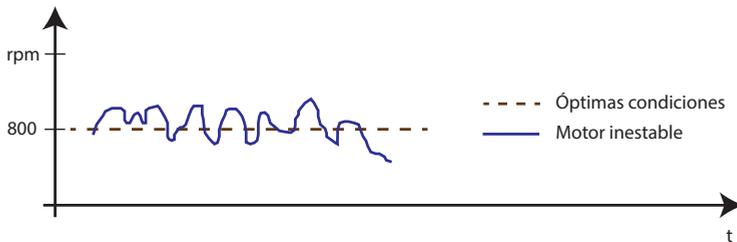


Figura 4.4. PID del sensor CKP cuando el motor está en ralentí

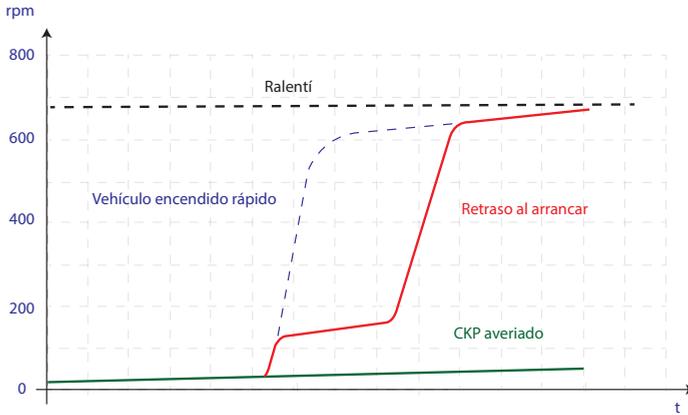


Figura 4.5. Gráficas de los PID de los distintos tipos de arranque

Algunos vehículos cuentan con un sistema de seguridad de encendido para garantizar la lubricación durante los arranques en frío, si no dispone información proveniente del sensor CKP, los inyectores no funcionarían porque tienen dependencia de la información aportada por el sensor CKP.

### 4.2.1. Falla en el encendido

Como se dijo, en el apartado anterior, cuando ocurre una falla como la pérdida de señal del sensor CKP, la computadora abordo genera un DTC (Data Trouble Code), este código de avería es detectado por la unidad de control como un fallo (Check Engine) pudiéndose ver algunas de sus variantes en la Figura 4.6.



Figura 4.6. Diferentes tipos de luz indicadora MIL→ (Malfunction Indicator Light)

### 4.3. Sensor de posición del árbol de levas (CMP)

El sensor de posición del árbol de levas se encarga de determinar cuando el cilindro 1 se encuentra en el punto muerto superior (PMS) durante la fase de compresión. Este sensor permite la sincronización precisa de la inyección de combustible y del encendido. La representación física del sensor se puede ver en la Figura 4.7



Figura 4.7. Sensor CMP

Como se observa en las Figuras 4.8 y 4.9, puede haber una pérdida de señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP) o del sensor de posición del árbol de levas (CMP). Esta pérdida puede ser producida por fallos en el sistema de distribución, originando códigos de avería como P0320 o P0304. Entre las causas más comunes de estos problemas se incluyen la rotura de la banda de distribución, un sensor en mal estado o un mal contacto de los cables en la unidad de control del motor (ECU).

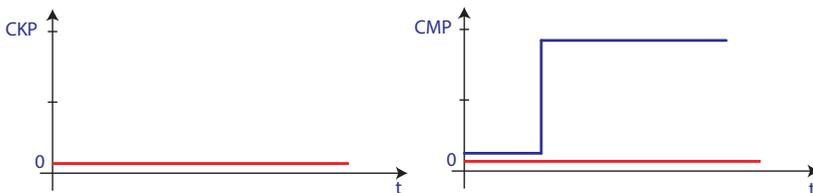


Figura 4.8. Gráfica donde la ECU determina "mal fuction" o "no signal" del sensor CKP

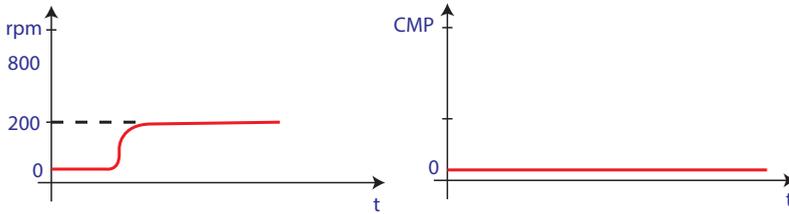


Figura 4.9. Gráfica donde la ECU determina "mal fuction" o "no signal" del sensor CMP

Al observar una curva similar a la presentada en la Figura 4.10, que indica la ausencia de señal en el sensor CMP, la computadora del vehículo activará la luz de indicación de mal funcionamiento (MIL) en el tablero. En respuesta a esta situación, el sistema de inyección cambiará de un modo semisecuencial o simultáneo.

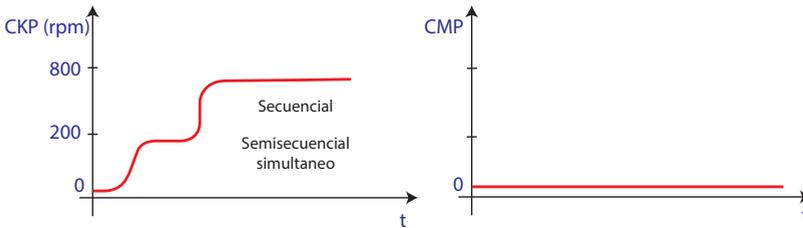


Figura 4.10. Gráfica donde la ECU determina falla del sensor CMP y cambia de tipo de inyección

Cuando se produce una avería en el sensor CMP o en su cableado, muchos vehículos cambian automáticamente de un sistema de inyección secuencial a uno semisecuencial, lo que permite que el motor continúe funcionando, aunque con un bajo rendimiento. Sin embargo, existen vehículos que no eliminan el código de avería hasta que se desconecte el borne negativo de la batería o que un mecánico lo elimine.

La ecuación 4.2, que representa la ley de los gases ideales, describe las propiedades de un gas teórico y puede utilizarse para inferir el tiempo de inyección en un motor de encendido provocado.

Para saber cuánto inyectar, se analizan los siguientes sensores con sus respectivos PID.

$$PV = nRT \tag{4.1}$$

$$m = \frac{PV}{nrT} \tag{4.2}$$

- P= presión absoluta en el colector de admisión → obtenida del sensor MAP
- V= volumen → obtenido del volumen del cilindro
- R= constante universal de gases (8.314J/mol · K)
- T= temperatura absoluta → calculada a partir del sensor IAT
- n= masa molecular

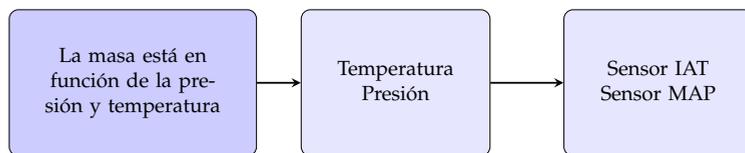


Figura 4.11. PID necesarios para determinar el tiempo de inyección

#### 4.4. Sensor de presión absoluta del colector de admisión (MAP)

El sensor MAP genera el PID "presión absoluta del colector de admisión" y a través de un cálculo permite obtener un parámetro de masa de aire, en caso de que el motor disponga únicamente del sensor MAF este

indica directamente los valores de masa de aire por unidad de tiempo directamente. El sensor MAP debe ubicarse en un punto central, alejado del cilindro 1, para asegurar la medición de valores de presión representativos de todo el colector de admisión, en lugar de registrar valores específicos de un solo cilindro. Un esquema referencial de su principio de funcionamiento es mostrado en la Figura 4.12.

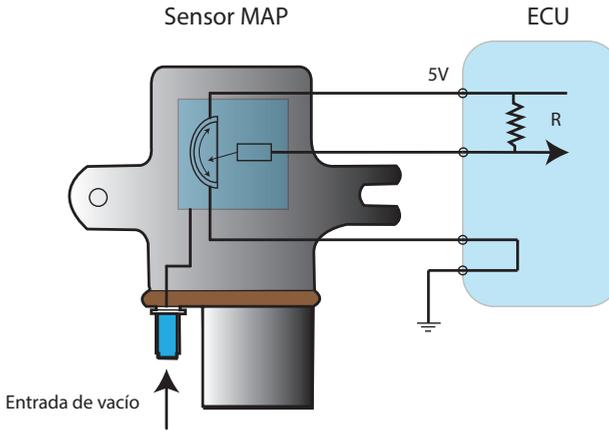


Figura 4.12. Representación del sensor MAP junto con su esquema electrónico

#### Análisis del torque y la carga motor a partir del sensor MAP

- La salida natural de un motor de combustión interna Otto es el torque (trabajo).
- La carga es un torque opositor al giro del motor.
- La velocidad de giro del motor es la resultante entre el torque que genera el motor, y el torque de oposición denominada potencia.
- La carga en ralentí representa un pequeño torque que no excede del 10% de trabajo que puede generar un motor.

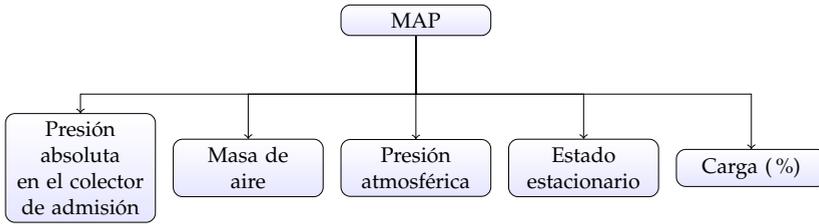


Figura 4.13. Distintos PID que se obtienen del sensor MAP

La carga del motor se encuentra relacionada con la marcha del vehículo como se visualiza en la Figura 4.14. Mientras mayor sea la reducción en la transmisión durante la fase de desaceleración del motor con acelerador cerrado, mayor depresión se puede generar en el colector de admisión.

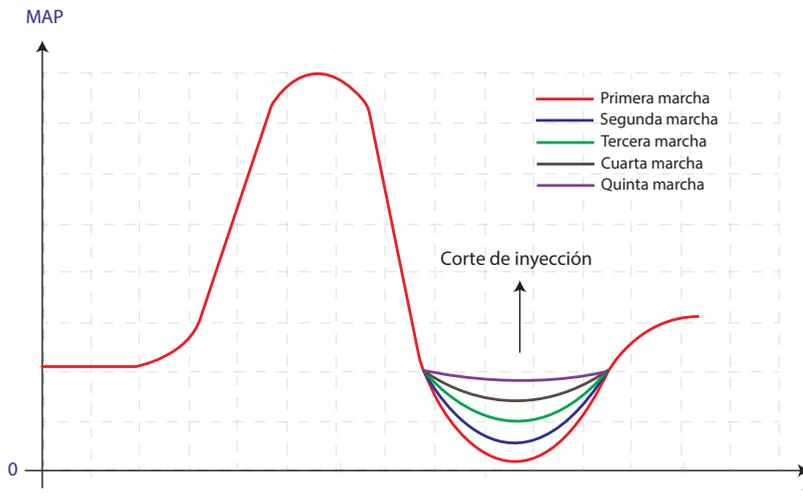


Figura 4.14. Sensor MAP en función de la marcha del vehículo

Según se observa en la Figura 4.15, la zona 1 identifica un motor en ralentí porque la presión absoluta es baja, mientras en la zona 2 la presión es similar a la atmosférica, después la velocidad aumenta progresivamente hasta volverse constante (se estabiliza). El PID de carga entre la zona 1 y 2 evidencia la existencia de un cambio de marcha.

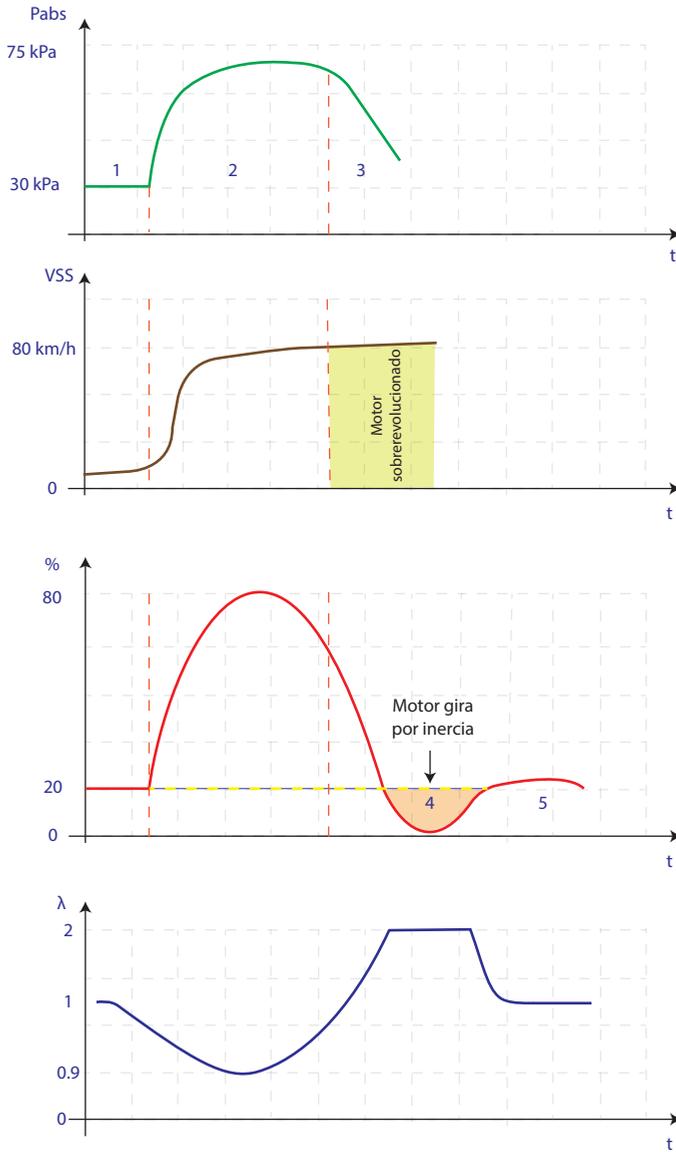


Figura 4.15. Gráfica de la relación presión en la admisión - velocidad del vehículo - porcentaje de carga

En la zona 3 la presión absoluta decae porque disminuye la carga en el motor, la velocidad permanece constante pero el motor está sobre-revolucionado, por lo cual la carga desciende debido a que el motor empezó a vencer la inercia del vehículo, identificando un nuevo cambio de marcha.

En la zona 4 el motor no genera potencia más bien está absorbiendo la potencia generada por los neumáticos, en este momento el tiempo de inyección se reduce a cero y el motor se apaga.

Una vez que no exista potencia que absorber como se muestra en la zona 5, el motor se enciende nuevamente y se mantiene en ralentí.

Como se describió anteriormente, la presión del colector de admisión tiene una relación directa con la carga del motor, si el sensor detecta baja carga y presión en el colector de admisión, entonces la ECU empobrece la mezcla e inyecta menos combustible, si la carga es alta y la presión es alta en el colector de admisión, la ECU enriquece la mezcla.

En la Figura 4.16 se muestra el oscilograma del voltaje de señal de salida de un sensor MAP, a partir del cual se puede interpretar lo siguiente:

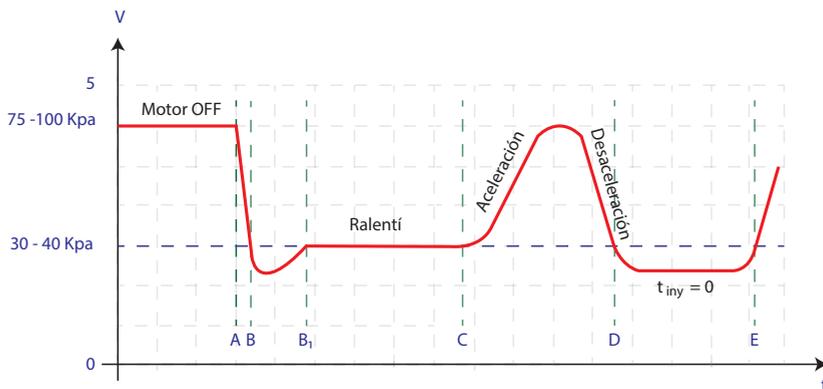


Figura 4.16. Oscilograma del tiempo vs. voltaje del sensor MAP

- Hasta el punto A, el motor está apagado, la presión del colector de admisión es igual a la presión atmosférica (75 kPa en una ciudad a 2500 msnm y 100 kPa a nivel del mar).

- Desde el punto A al punto B, el motor es acelerado por lo cual se genera un vacío en el colector de admisión provocado por la succión de los pistones.
- Del punto B al punto  $B_1$ , se genera el llamado “valle de presión”. Esto se relaciona con una acentuación del vacío justo antes de que el flujo de aire y la apertura del acelerador se estabilicen.
- Del punto  $B_1$  al punto C, el motor se encuentra en ralentí con una presión de 30 a 40 kPa, identificativo de un motor en buen estado, si esta presión supera los 50 kPa por ejemplo, pudiese significar que el motor ha perdido o está perdiendo su estanqueidad.
- Del punto C al punto D, la curva mostrada es el resultado de realizar una aceleración y desaceleración (pisar el pedal a fondo y soltar), producto de una necesidad extra de torque en las ruedas al subir una pendiente pronunciada o arrastrar peso extra (carga positiva o más carga al motor) y al desacelerar se deja de necesitar esta carga extra por la inercia vencida.
- Del punto D al punto E, se puede ver en el oscilograma un vehículo circulando en marcha directa (por lo general en cuarta marcha) y sin acelerar, lo que genera una carga negativa y permite el corte de inyección (se ahorra combustible y se enfría el motor porque funciona como un compresor).

En un vehículo con sistema de inyección el valle de presión visualizado en la Figura 4.16 se genera por un corte de inyección (no se inyecta combustible en el cilindro) y el motor se mueve por inercia. Un valle grande es indicativo de un motor en buenas condiciones, caso contrario, un valle de pequeñas dimensiones significara que el motor se encuentra en mal estado, por lo general el valle de presión tiene un valor de 15 kPa por debajo de la presión de ralentí.

Si se amplía la gráfica del ralentí en el oscilograma de la Figura 4.17, se puede observar el funcionamiento normal del motor en ralentí en la Figura 4.18. En (A), los picos representan el adelanto a la apertura de la válvula de admisión (AAA) y el retraso al cierre de la válvula de escape

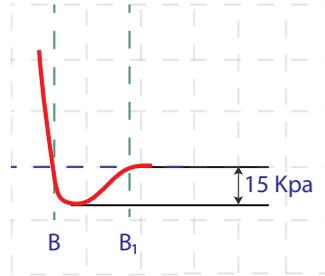


Figura 4.17. Valle de presión del Sensor MAP

(RCE). En (B), se muestra con una línea entrecortada cómo se vería la curva en caso de que el motor presentara alguna falla.

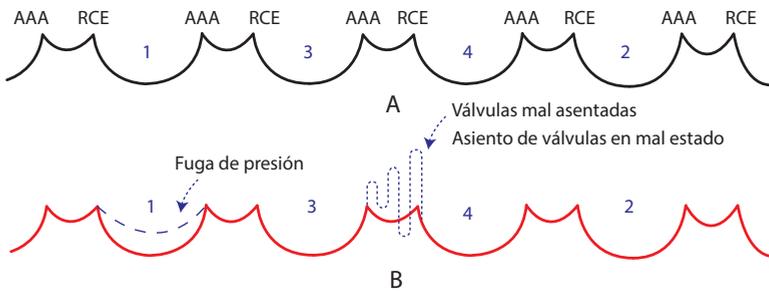


Figura 4.18. Gráfica del ralentí ampliada del sensor MAP. Funcionamiento normal del ralentí (A), gráfica representando ciertas fallas en los cilindros (B)

En la Figura 4.19 se presenta el funcionamiento clásico del sensor MAP, cuando el motor está apagado se detecta la presión atmosférica, la cual depende la zona geográfica, aproximadamente 100 kPa para ciudades ubicadas al nivel del mar y disminuye en unos 10 kPa por cada 1000 metros de altitud. En condiciones de ralentí la presión decrece debido al vacío generado por los cilindros del motor.

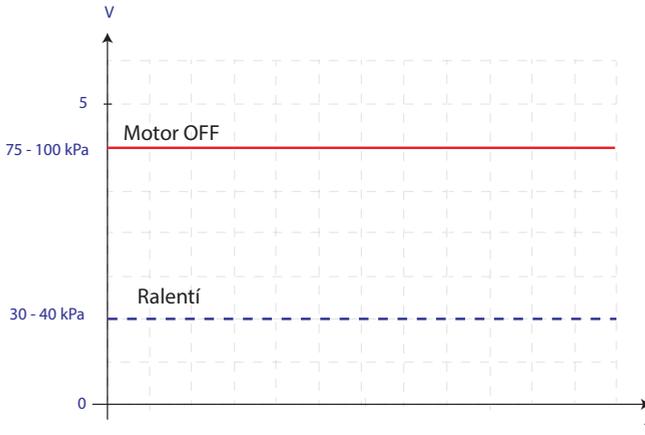


Figura 4.19. Estado del sensor MAP con motor apagado y encendido sin carga

El sensor MAP puede presentar deriva con el paso del tiempo como se ve en la Figura 4.20, esta deriva significa una desviación en la medición, esto hace que los valores medidos por el MAP no sean exactos, por lo cual es interesante conocer parámetros referenciales como la presión atmosférica y de vacío del motor.

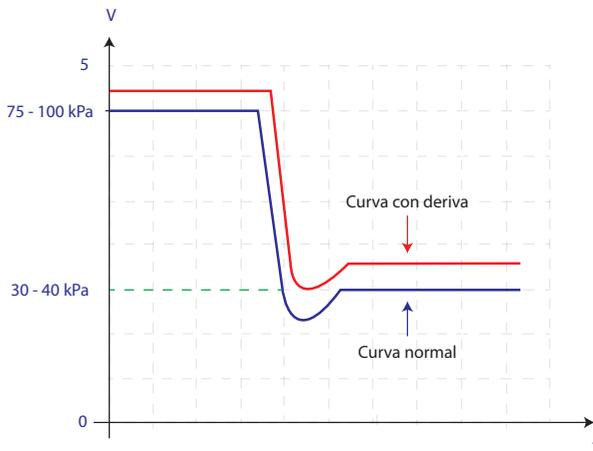


Figura 4.20. Gráfica del MAP presentando deriva

#### 4.4.1. Parámetros estimados a partir del sensor MAP

La ECU necesita conocer la presión en el colector de admisión para calcular la cantidad de combustible a inyectar. Cuando encender la mezcla en el cilindro, y otras funciones. El sensor MAP permite medir los siguientes parámetros para calcular lo antes mencionado.

- Presión absoluta ( $P_{abs}$ )
- Torque (trabajo generado)
- Tiempo de inyección ( $t_{iny}$ )
- Valor de la carga (%)

#### Tiempo de inyección

El tiempo de inyección es calculado por la ECU en base a los parámetros que el sensor MAP entrega.

$$t_{iny} = \frac{P_{MAP} \cdot V_{iny}}{\rho_f \cdot T_{IAT} \cdot k \cdot AFR} \quad (4.3)$$

Donde:

- $t_{iny}$  : tiempo de inyección.
- $T_{IAT}$  : temperatura censada por el sensor IAT.
- $P_{MAP}$  : presión que mide el sensor MAP.
- $AFR$  : mezcla aire-combustible (14,7).
- $V_{iny}$  : cilindrada unitaria.
- $k$  : constante ( $R_a$ , constante del aire).
- $\rho_f$  : densidad del combustible.

- Si el sensor IAT falla, la ECU toma una temperatura de  $17^\circ\text{C}$  ( $^\circ\text{C} + 273$ ) como temperatura por defecto.
- Si falla el MAP, la ECU envía mezcla rica para mantener encendido el motor.

## 4.5. Sensor de posición del acelerador (TPS)

Se encuentra solidariamente unido al eje de la mariposa de aceleración y tiene como función informar a la unidad de control sobre el ángulo y la velocidad con la que se realiza la apertura o cierre de la aleta o mariposa de aceleración. Además, se pueden reconocer estados de funcionamiento como: ralentí cuando la válvula está completamente cerrada o condiciones de media o completa carga del motor cuando la aleta está completamente abierta [6].

En la Figura 4.21 se muestra el sensor TPS, el cual cumple funciones de identificación del motor estacionarias y transitorias. En condiciones estacionarias, se puede identificar tres zonas. Ralentí caracterizado por un 0% de apertura en la mariposa de aceleración, media carga cuando la mariposa de aceleración se encuentra en una posición intermedia y plena carga con el 100% de activación. Adicionalmente, este sensor permite identificar aceleraciones para adherir combustible al cálculo del tiempo de inyección o en desaceleración para limitar la inyección de combustible al cilindro.

### Información del PID

Porcentaje de apertura  $\rightarrow$  %  $\rightarrow$  (0-100)

Ángulo de giro de la mariposa  $\rightarrow$   $\alpha$   $\rightarrow$  (0-90)

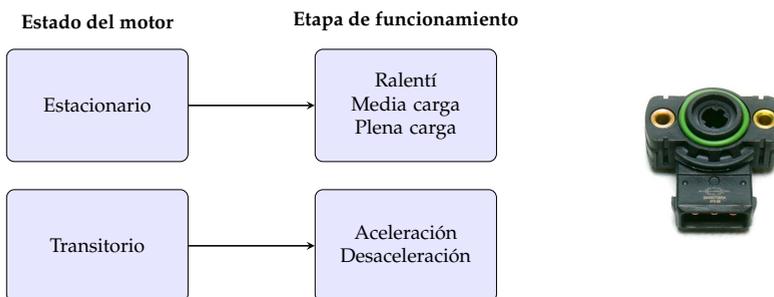


Figura 4.21. Estados del motor que determina un sensor TPS

La Figura 4.22 permite ilustrar el reconocimiento de cada etapa de funcionamiento sensor mediante la utilización de bandas.

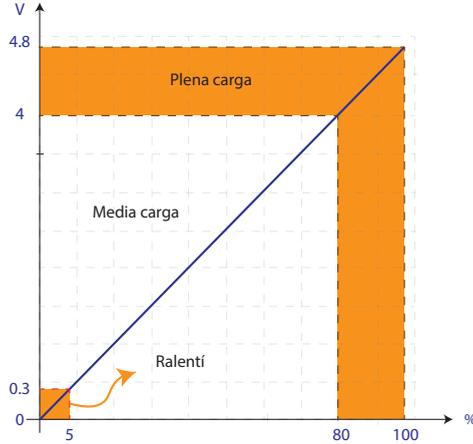


Figura 4.22. Gráfica de la relación voltaje-estado del motor

En la Figura 4.23 se puede apreciar los diferentes estadios de accionamiento del pedal del acelerador. Del punto 1 a 2 no se aprecia variación del pedal, lo cual se representa por una pendiente de cero. Del punto 2 a 3, debido al cambio producido en el pedal del acelerador se detecta una pendiente positiva. Entre los puntos 6 a 7 se identifica una desaceleración caracterizada por una pendiente negativa.

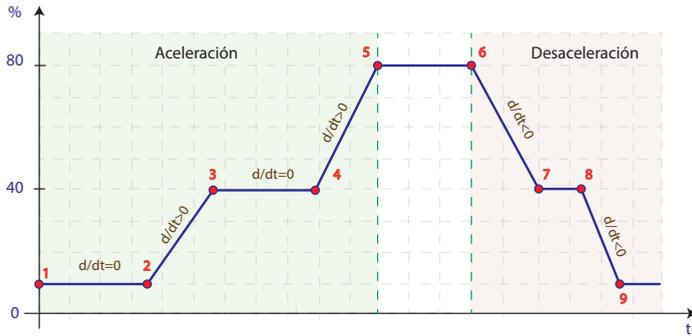


Figura 4.23. Gráfica del PID de porcentaje de apertura del acelerador

Como se mencionó anteriormente, el sensor TPS permite identificar aceleraciones y desaceleraciones, pero en compendio con el sensor MAP, como se visualiza en la Figura 4.24, se pueden realizar enriquecimientos en la mezcla y también disminuciones del tiempo de inyección al detectarse depresiones en el colector de admisión y desaceleraciones.

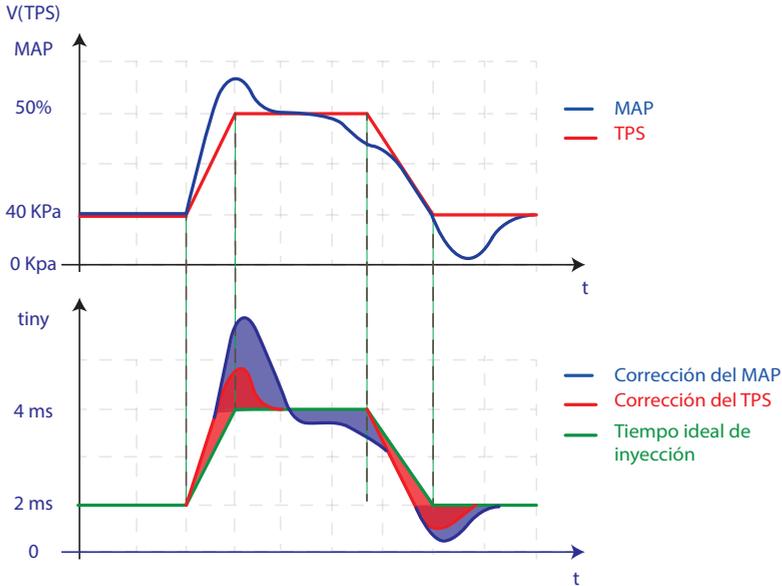


Figura 4.24. Gráfica de las correcciones en el tiempo de inyección realizada por el MAP y TPS

#### ¿Por qué es mejor MAF y no el MAP?

- Con el sensor MAF se puede calcular instantáneamente el flujo de aire en el colector de admisión sin transformaciones ni sensores adicionales y en conjunto con el sensor  $O_2$  corregir el tiempo de inyección del motor.
- Con el sensor MAP el conductor no se percatará de un aumento en la presión, el único síntoma en el motor será un aumento en las RPM y un leve incremento en el consumo de combustible.

En la Figura 4.25 se esquematiza cómo, los sensores MAP y TPS interactúan para proporcionar un determinado tiempo de inyección. Al presionar el pedal del acelerador sin carga se ocasiona una pendiente positiva en el PID del TPS, la carga en el sensor MAP aumenta y el tiempo de inyección crece de forma proporcional. En la segunda etapa el comportamiento es similar, en la última etapa al detectarse una pendiente negativa en el sensor TPS y depresión en el colector de admisión captada por el sensor MAP el tiempo de inyección disminuye hasta ser cero. Finalmente, se puede distinguir que al realizar el cambio de las marchas con el pedal del acelerador completamente presionado en marchas con poca reducción de transmisión el tiempo de inyección decrece y a medida que la relación aumenta el tiempo de inyección se incrementa.

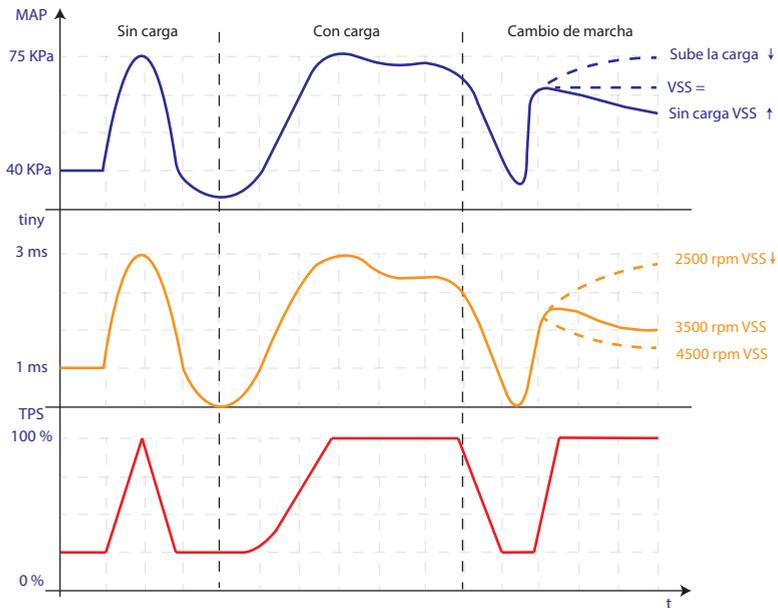


Figura 4.25. Gráfica del comportamiento del MAP, TPS y tiempo de inyección en un vehículo en movimiento.

## 4.6. Sensor de flujo másico de aire (MAF)

Tiene un hilo caliente que puede alcanzar una temperatura de 200 °C con el motor en temperatura de funcionamiento. Este sensor suele estar calefactado por una corriente variable, la resistencia del hilo varía por la circulación del aire aspirado por el motor. Como se vio en el capítulo 2, pueden encontrarse sensores MAF de tres tipos, hilo caliente, película caliente y Karman Vortex que generan corriente voltaje y frecuencia respectivamente. Una representación esquemática de su funcionamiento se puede ver en la Figura 4.26.

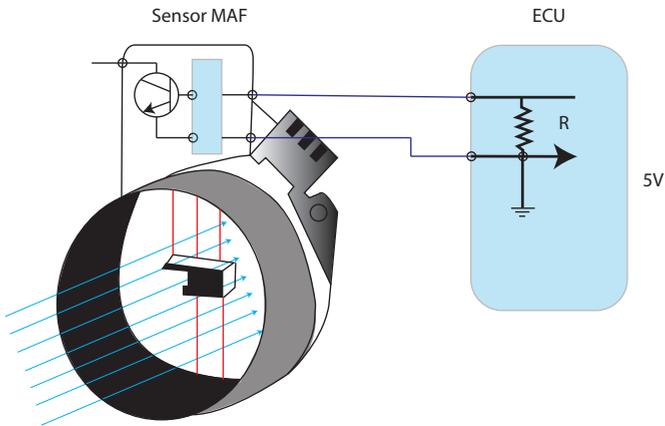


Figura 4.26. Imagen de un sensor MAF así como de su esquema electrónico

La elección entre sensores de flujo másico como el MAF y presión MAP depende de ideas en concepción del motor por parte de los fabricantes, pero si se evalúa la diferencia en su interpretación se puede inferir que el sensor MAP es capaz de detectar depresiones como se ve al final de la curva mostrada en la Figura 4.27, mientras en el sensor MAF se puede identificar esta característica con el aporte de información adicional de otros sensores.

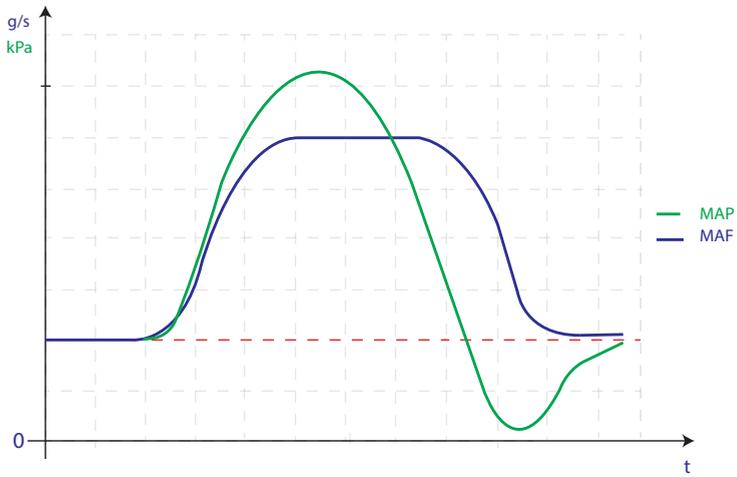


Figura 4.27. Diferencia entre sensor MAF y MAP

En sensores como el MAF se puede generar una resistencia en el cable debido al mal estado o deficiente contacto del mismo, por lo que la ECU puede generar lecturas erróneas de las señales emitidas por el sensor como se puede ver en la Figura 4.28.



Figura 4.28. Resistencia por cable en mal estado

Con poco aire se necesita poca intensidad, la ECU mide la intensidad y la transforma en flujo másico y mientras más alta es la intensidad más alto es el flujo másico como se puede observar en la Figura 4.29.

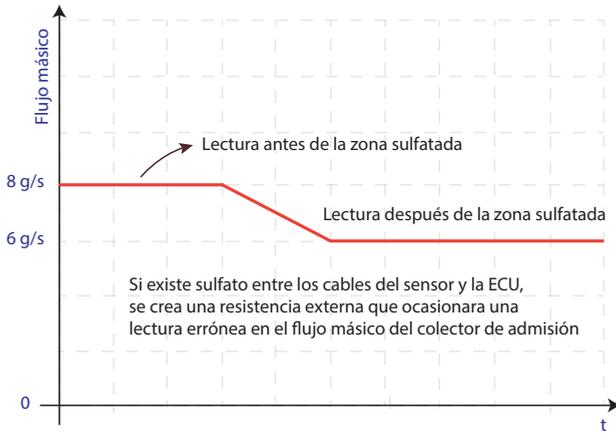


Figura 4.29. Representación de sulfato en los cables del sensor MAF

Al igual que el sensor TPS, el sensor MAF cuenta con bandas de verificación de funcionamiento que permiten identificar valores sobre el umbral de voltaje acostumbrado y debajo del límite estimado por el fabricante que se usan para identificar fallos, como se observa en la Figura 4.30.

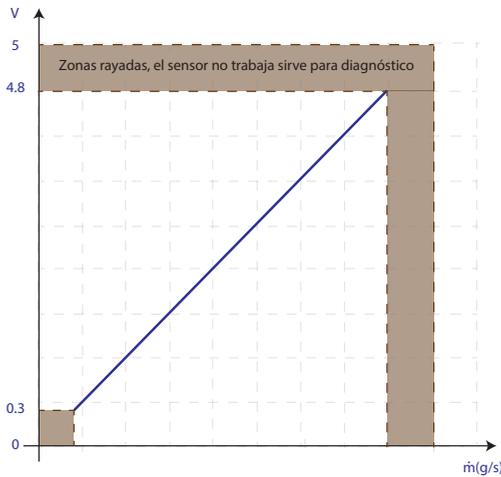


Figura 4.30. Diagrama de zona que trabaja sensor MAF

El sensor MAF de película caliente no trabaja en las zonas A, cuando la ECU detecta que la curva se encuentra en esta zona la unidad genera un código de falla como se presenta en la Figura 4.31.

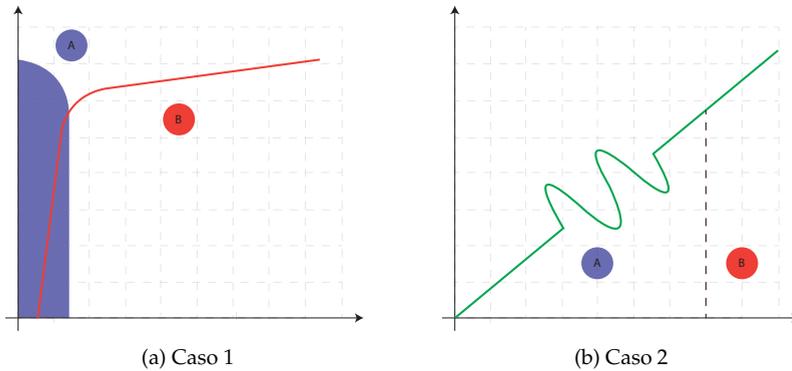


Figura 4.31. Diagrama de zona que no trabaja sensor MAF

## 4.7. Sensores de temperatura

Son sensores termo resistivos de tipo de coeficiente de temperatura negativa (NTC), cuya resistencia varía de una forma inversamente proporcional, porque al aumentar la temperatura su resistencia eléctrica disminuye [5].

### 4.7.1. Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

El sensor ECT mostrado en la Figura 4.32 adquiere la temperatura del motor a través del líquido refrigerante, esta información es procesada por la ECU para regular el tiempo de inyección y determinar las condiciones de arranque en frío o caliente del motor, para el proceso de dosificación de combustible. En caso de avería de este sensor, la ECU ingresa en modo de falla y mantiene activado el electroventilador, para evitar un posible sobrecalentamiento del motor, también ocasiona problemas en el arranque tanto con motor frío como caliente e incrementa el consumo de combustible.

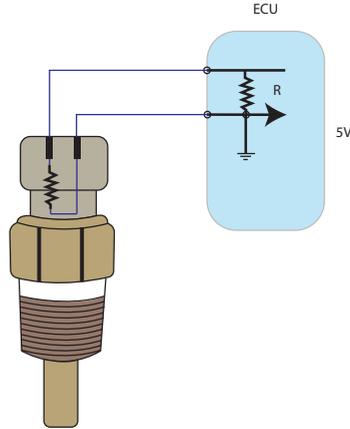


Figura 4.32. Imagen del sensor ECT y su esquema electrónico

#### ECT

- $V_{ECT}$
- $T_{coolant} \rightarrow ^\circ C \rightarrow ^\circ F$
- Arranque en frío
- Activación del ventilador

#### IAT

- $V_{IAT}$
- $T_{aire} \rightarrow ^\circ C \rightarrow ^\circ F$

Figura 4.33. Comparación entre sensores ECT e IAT

Cuando el motor tiene una temperatura de  $20^\circ C$  el voltaje es de 3 a 4 V y cuando el motor alcanza su temperatura normal de operación (de  $85^\circ C$  a  $90^\circ C$ ) el voltaje es de 0.5 a 0.8 V estos valores son referenciales deben ser consultados siempre en el manual del fabricante del vehículo.

### 4.7.2. Sensor de temperatura del aire (IAT)

Este dispositivo mide la temperatura del aire para optimizar la mezcla aire-combustible, este sensor interviene en una proporción pequeña en el cálculo del tiempo de inyección, pero un mal funcionamiento del sensor ocasionara problemas a largo plazo en el motor. Cuando se da-

ña este sensor se presentan inconvenientes como: elevadas emisiones de monóxido de carbono, problemas para arrancar el vehículo cuando está frío, consumo excesivo de combustible y una aceleración elevada. Algunos fabricantes de vehículos, cuando la unidad de control detecta una avería del sensor, ingresa en modo de falla, y asimila un valor teórico de temperatura del aire de  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  para obviar problemas durante el encendido.

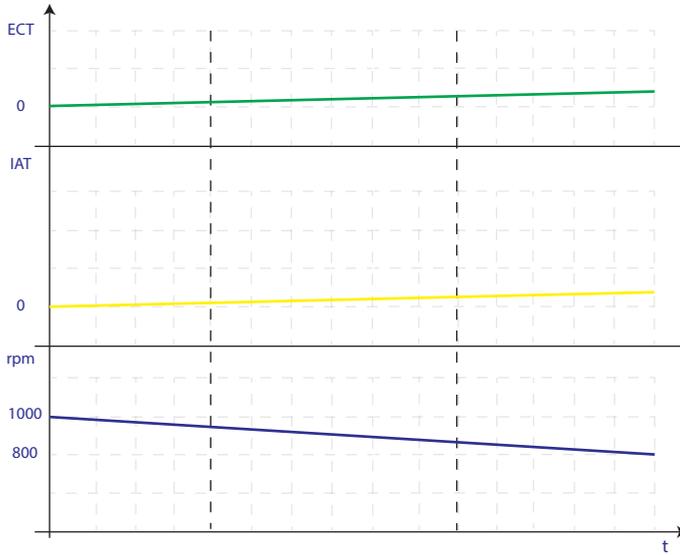
### Arranque en frío

Todas las marcas tienen una condición para el arranque en frío [ $T_{\text{ECT}} - T_{\text{IAT}} \leq 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ], esta restricción se usa para que la ECU enriquezca la mezcla generando un  $\lambda < 1$  (mezcla rica) y contrarrestar el efecto Wall Film (película de pared). Por este efecto se aumentan las revoluciones del motor en ralentí, aumentando el calor  $\dot{Q}$  en cada ciclo, ganando  $T_{\text{ECT}}$  más rápido y disminuyendo las emisiones contaminantes de CO y HC. La ECU mantiene acelerado el motor hasta que se rompa la condición  $T_{\text{ECT}} - T_{\text{IAT}} \leq 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras tanto la mezcla permanece enriquecida hasta que el motor alcance la temperatura de funcionamiento.

#### Efecto Wall Film

La gasolina tiende a pegarse en las paredes del colector de admisión y si el colector está por debajo de la temperatura ambiente el efecto es mayor, para contrarrestar el efecto se implementó el circuito de arranque en frío.

Como se observa en la Figura 4.34, un incremento en la temperatura del refrigerante produce un empobrecimiento de la mezcla, debido a que el motor alcanza su temperatura de funcionamiento alrededor de los  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , adicionalmente, se puede notar un establecimiento en las condiciones de operación.



$\lambda$	0.8	0.85	0.9	0.95	0.98	0.99
T (°C)	0	10	20	50	80	90

Figura 4.34. Gráfica de la relación entre el sensor ECT e IAT y las revoluciones del motor

En la Figura 4.35 se observa el ciclo de funcionamiento normal que tiene el motor en condiciones de ralentí. A medida que el motor gana temperatura producto de la transferencia de calor de los cilindros al líquido refrigerante, la temperatura del motor se incrementa, cabe destacar que la temperatura en el colector de aire aumentará por fenómenos de convección. Una vez que el ventilador se enciende la temperatura tiende a reducir, cabe mencionar que esta reducción es progresiva y depende del caudal que sea capaz de generar el ventilador sobre el radiador. Cuando finalmente la temperatura del radiador disminuye hasta cierto umbral el ventilador se apaga y no se volverá a encender hasta que la temperatura del líquido refrigerante que circula por el bloque motor alcance una temperatura definida.

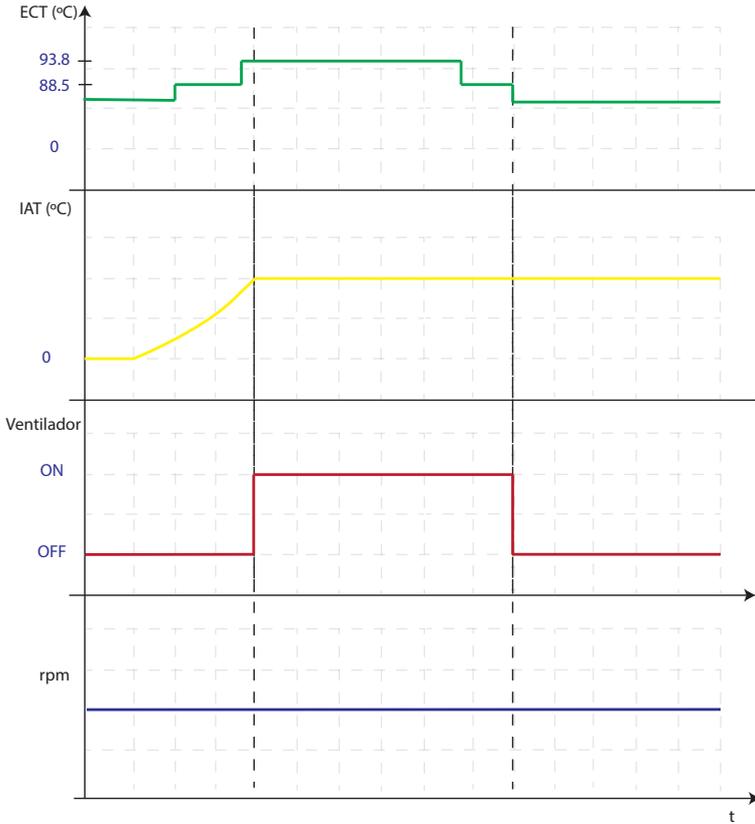


Figura 4.35. Gráfica de la relación entre el sensor ECT, IAT, RPM y el estado del ventilador.

## 4.8. Sensor de oxígeno

### 4.8.1. Interpretación de la unidad de control

**Ejemplo:** La computadora determina un tiempo de inyección de 2 ms en el sensor de oxígeno y se obtiene un voltaje superior a los 0.45 V se empobrece la mezcla como se observa en la Figura 4.36.

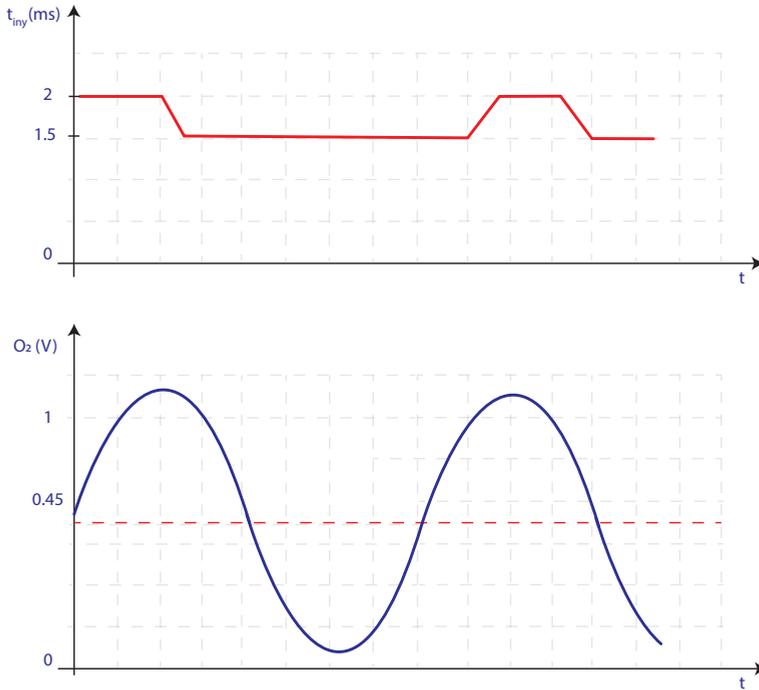


Figura 4.36. Gráfica de la corrección en el tiempo de inyección por parte del sensor de oxígeno.

El lazo de control se abre durante aceleraciones bruscas y en condiciones de desaceleración o compresión del motor, lo que provoca que el voltaje del sensor de oxígeno deje de oscilar y se estabilice en un valor característico de mezcla rica o pobre. En cambio, en estado estacionario, el lazo se cierra, permitiendo que el voltaje del sensor oscile de manera continua entre valores correspondientes a mezcla rica y pobre, regulando la inyección de combustible como se muestra en la Figura 4.37.

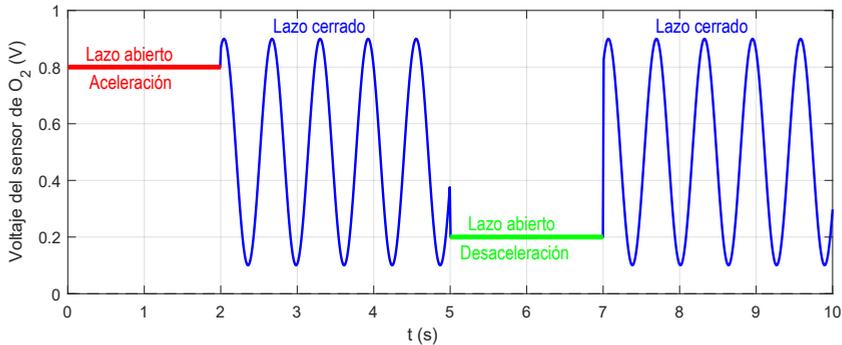


Figura 4.37. Comportamiento del voltaje del sensor de oxígeno en lazo cerrado y abierto

#### 4.8.2. Ajustes de combustible

Los sistemas OBD II cuentan con un control adaptativo de corrección de combustible almacenado en la memoria interna de la unidad de control, para cumplir con este propósito existen los ajustes de corto plazo denominados STFT (Short Term Fuel Trim) y de largo plazo LTFT (Long Term Fuel Trim), ambos programas están diseñados para compensar las variaciones de funcionamiento en el motor y mantener la eficiencia del catalizador. Los ajustes de corto plazo se encuentran fluctuando continuamente basados en las mediciones del sensor de oxígeno, si el sensor de oxígeno mide una concentración pobre en los gases de escape el ajuste a corto plazo se cambiará para enriquecer la mezcla. Por ejemplo, si un motor opera a 3000 rpm con una carga del 40 %, el STFT puede aumentar la inyección de combustible en un 3 % para asegurar que el convertidor catalítico funcione adecuadamente. En modo de lazo cerrado, el sensor de oxígeno oscila constantemente, lo que permite que el STFT ajuste la mezcla aire-combustible de manera continua. Si en un momento dado se detecta una mezcla rica, el STFT reducirá la inyección de combustible para mantener la estequiometría [7]. El ajuste de largo plazo realiza correcciones permanentes, cuando el STFT supera un umbral de  $\pm 10\%$  por un tiempo prolongado, el ajuste de corto plazo acepta un valor de 0. En la Figura 4.38, se presenta un ejemplo paso a paso de la modificación de cada parámetro de ajuste de combustible.

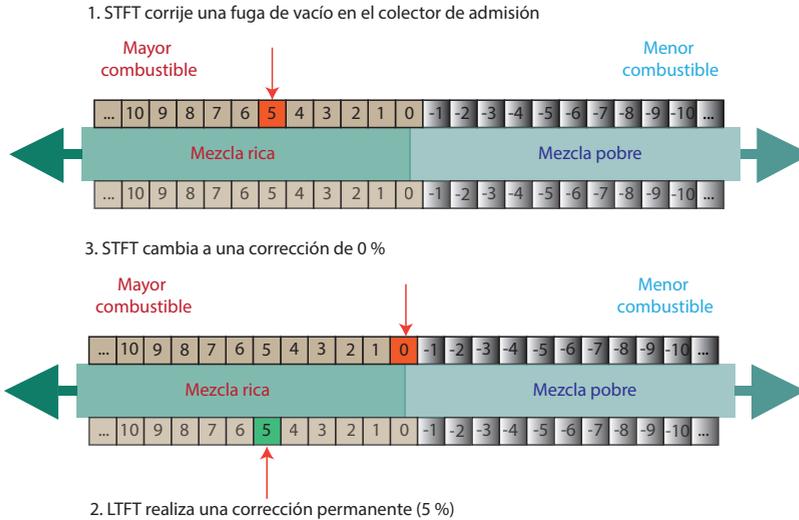


Figura 4.38. Ejemplo de una corrección de combustible

En la Figura 4.39 se presenta el flujo de datos del tiempo de inyección, sensor de oxígeno, ajustes de corto y largo plazo. El sensor de oxígeno siempre se encuentra fluctuando, como en el ejemplo anterior, al realizarse un ajuste en el corto plazo el tiempo de inyección se incrementa, posteriormente, al pasarse los ajustes de corto a largo plazo estos se ven reducidos, pero el tiempo de inyección queda modificado por este último parámetro.

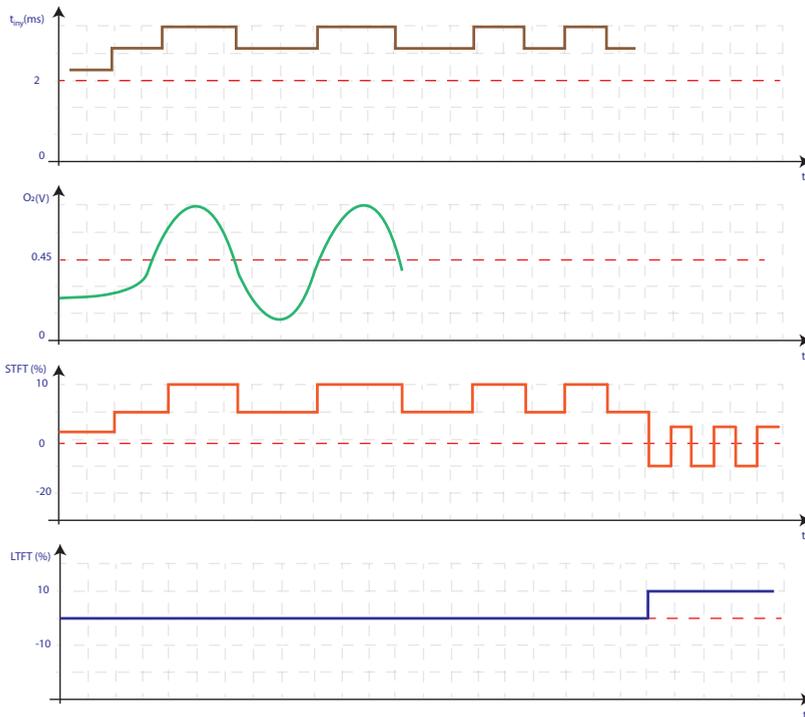


Figura 4.39. Gráfica de la relación entre el tiempo de inyección,  $O_2$ , STFT y LIFT.

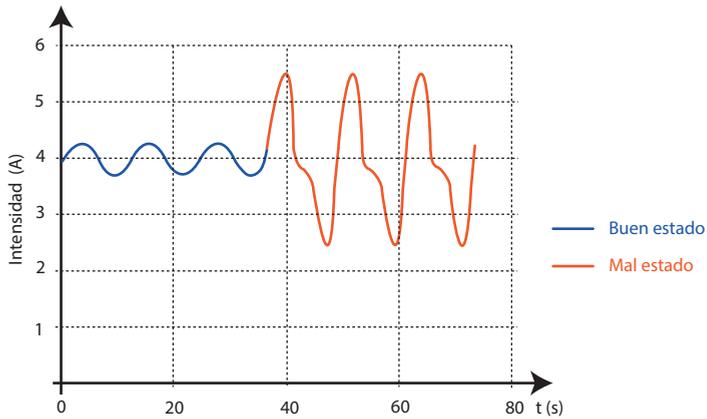
## 4.9. Comprobaciones de la bomba de combustible

1. Para comprobar el devanado de la bomba de combustible se mide la resistencia eléctrica que puede estar entre los 3 y 4 ohmios, mientras que los valores de presión pueden encontrarse entre los 35 y 60 psi con el motor apagado y la llave en posición ON. Con el motor encendido se hallan valores que oscilan entre 35-45 psi, que es la presión de trabajo.
2. Si el vehículo no enciende instantáneamente, puede deberse a una baja presión en la línea de combustible producto de una bomba defectuosa.

3. La presión residual debe conservarse, aunque el motor se apague, mientras la presión en la línea de combustible debe mantenerse constante al no existir retorno del combustible hacia el tanque.
4. La bomba termina su vida útil cuando sus escobillas ya no funcionan de forma correcta (ver Figura 4.41), la bomba de combustible, al encontrarse en condiciones normales, presenta una forma de onda en el osciloscopio, cuando esta presenta un defecto en uno de los contactos de las delgas se observa un pico elevado sobre el valor del amperaje.
5. Cuando el vehículo presenta pérdida de potencia del motor se puede sospechar de los filtros de combustible o de la bomba de gasolina.
6. Si se aplasta la cañería del regulador que está en riel, se esperan dos opciones:
  - a) Si la presión sube de manera excesiva, el problema es el regulador.
  - b) Si la presión no tiene variación el problema radica en la bomba de combustible.
7. En ralentí se obtiene una presión de 30-50 psi y en el regulador una presión similar, cuando se acelera debe subir la presión.
8. El voltaje de trabajo no varía de 4.1 V, aproximadamente, como se observa en la Figura 4.40, si existe una gran variación de voltaje se debe cambiar la bomba ya que se encuentra en mal estado.



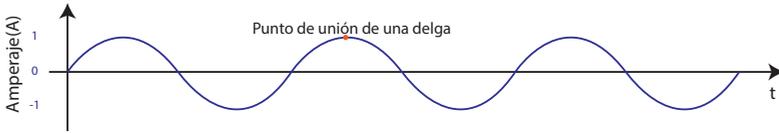
(a) Rotor eléctrico



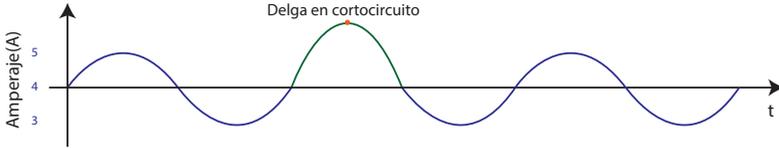
(b) Forma de la onda de corriente

Figura 4.40. Bomba de combustible

Otra forma de verificar el estado de las delgas en la bomba de combustible es verificar que cada uno de sus picos y valles se encuentre en un mismo nivel al ser medidos con un amperímetro, en caso de presentarse un pico considerablemente diferente con el resto se podría inferir un defecto de este elemento.



(a) Gráfica correspondiente al comportamiento normal de las delgas de una bomba



(b) Gráfica correspondiente a las delgas de una bomba en cortocircuito

Figura 4.41. Gráficas del comportamiento de las delgas de una bomba de combustible

## Bibliografía

- [1] J. Turner, *Automotive Sensors*, Momentum Press, New York, 2009.
- [2] "Sensor de temperatura del refrigerante PTC," disponible en: <http://josemaco.wordpress.com/2010/09/25/sensor-de-temperatura-del-refrigerante-ptc/>. [Accedido: 06-ago-2024].
- [3] J. A. Ros Marin and O. Barrera Doblado, *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*, 2nd ed., Paraninfo, 2008.
- [4] "VRT intake air temp sensor," disponible en: <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?3818595-vrt-intake-air-temp-sensor>. [Accedido: 06-ago-2024].
- [5] M. Rodríguez, J. C. *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133<sub>2</sub>)*, IC Editorial, 2012. ProQuest Ebook Central.
- [6] J. Pardiñas, R. Feijó, *Sistemas auxiliares del motor*, Editex, 2018.
- [7] T. Martin, *How to Use Automotive Diagnostic Scanners*, MotorBooks International, USA, 2007.