

GESTIÓN ENERGÉTICA DE RENDIMIENTO Y AMBIENTAL EN LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE A UN MOTOR DE COMBUSTIÓN CONVENCIONAL PARA UNA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA.

*Ing. Germán Erazo
Ing. Franklin Panchi.
Ing. Diego Salazar.
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maéza s/n
Latacunga - Ecuador
Email :wgerazo@espe.edu.ec*



Resumen

Se desarrolla un análisis energético en función del rendimiento mecánico y verificación de parámetros característicos de un motor de combustión interna a gasolina a fin de reducir la emisión de gases contaminantes emanados por los automóviles que cuentan con motores de combustión interna, así como mejorar las prestaciones del mismo, tales como: torque, potencia, consumo específico de combustible, etc.; sustituyendo su obsoleto sistema de encendido y alimentación convencional por un sistema de control electrónico.

Se desarrolla la adaptación del sistema electrónico de inyección gasolina en un vehículo convencional a carburador. Comparando pruebas del sistema de alimentación con carburador versus el sistema de alimentación con inyección electrónica, finalmente demostraremos las mejoras que se obtienen al realizar dicha sustitución.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria automotriz ha ido avanzando a pasos agigantados en lo que a tecnología se refiere; esto se debe a la cada vez más frecuente inclusión de componentes electrónicos que ayudan a controlar y optimizar las diferentes funciones y tareas que se deben ejecutar procurando mantener o desarrollar un sistema de gestión energética dentro de un automóvil.

La introducción de vehículos equipados con el sistema de inyección electrónica de combustible en nuestro país fue a partir de los años 90; y desde entonces este nuevo sistema de alimentación empezó a desplazar al tradicional carburador, el cual ha disminuido su presencia en el parque automotor a tal punto que hoy es obsoleto.

La necesidad de motores potentes, ligeros, de mayor fiabilidad y menor consumo fueron los incentivos de la investigación hacia los sistemas de inyección electrónica.

Los sistemas de inyección ahorran combustible porque solo inyectan lo estrictamente necesario para

el correcto funcionamiento del motor en cualquier régimen de giro.

Los equipos de inyección electrónica secuencial multipunto son, en nuestro medio, los sistemas de alimentación más exactos. Para ello se basan en el uso de la electrónica con tal de conseguir una dosificación lo más exacta posible. El control de dosificación puede realizarse porque se controla una serie de parámetros para definir el tiempo de inyección.

II. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

En la adaptación del sistema de inyección electrónica se emplean componentes de tipo electrónico y mecánico, dependiendo de cada necesidad.

a. Componentes Electrónicos

- Módulo de control del tren de potencia (PCM)
- Sensor de posición del cigüeñal (CAS)
- Sensor de velocidad del vehículo (VSS)
- Sensor de flujo másico de aire (MAF)
- Sensor de posición del estrangulador (TPS)
- Sensor de temperatura del refrigerante (WTS)
- Sensor de picado del motor (KS)
- Sensor de oxígeno (HEGO)
- Inyectores
- Regulador de marcha de ralentí (IAC)
- Válvula electromagnética de purga (Cánister)
- Relés
- Bomba eléctrica de combustible
- Bobina de encendido
- Lámpara testigo (CHECK ENGINE)

b. Componentes Mecánicos

- Depurador
- Cuerpo de aceleración
- Colector de admisión
- Riel de inyectores

- Regulador de presión
- Polea dentada
- Bujías de encendido

III. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

El recorrido del combustible empieza desde el depósito, donde es aspirado por una bomba eléctrica de combustible, que recibe la corriente desde el relé principal, regida por el interruptor de contacto y el PCM, dicha bomba impulsa el combustible a través del filtro, al riel de inyectores, llegando al regulador, donde se establece la presión de inyección adecuada, pasando finalmente a los inyectores.

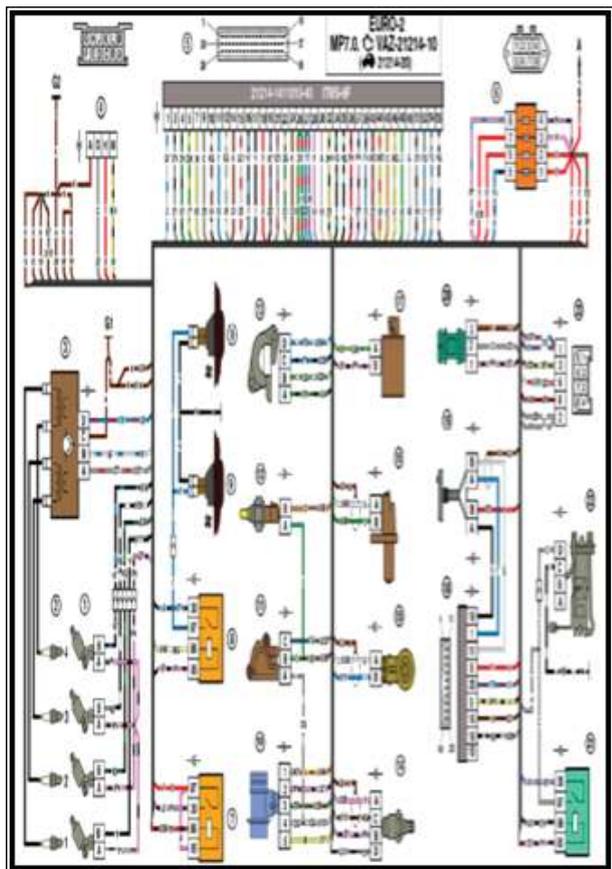


Figura 1. Esquema del sistema de inyección de gasolina

El aire de la atmósfera aspirado por los émbolos, atraviesa el filtro de aire, pasa por el sensor de flujo másico de aire (MAF), que envía información al PCM; continúa su recorrido por el cuerpo de aceleración, y finalmente por el colector de admisión. El aire que entra viene regulado por el estrangulador de aceleración, que a través de su sensor de posición (TPS) envía una señal al PCM, el cual controla posteriormente el regulador de marcha de ralentí (IAC).

Cuando el aire aspirado pasa por los conductos del cabezote, recibe la cantidad de combustible necesaria para la combustión por parte de los inyectores de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del motor; que son determinadas a base de los siguientes parámetros:

- Caudal y temperatura del aire.
- Temperatura del motor.
- Régimen de giro del motor.
- Carga del motor.
- Velocidad del vehículo
- Tensión del acumulador del vehículo.
- Oxígeno residual de la mezcla.
- Condiciones de funcionamiento: ralentí en frío, puesta en marcha, etc.

Para la determinación de estos parámetros se utilizan sensores, los cuales detectan una condición de operación, la transforman en un valor eléctrico y lo envían al Módulo de Control del Tren de Potencia (PCM), que procesa esta información y transmite órdenes pertinentes a los actuadores del sistema; lo que ha permitido que los sistemas de inyección electrónica de combustible adquieran una dosificación lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor.

Los defectos que se generen en el funcionamiento del sistema, son memorizados en el PCM en el orden en que van apareciendo. Cuando se reconoce un defecto por primera vez y el estado de error permanece durante un tiempo mayor que 0,5 segundos, el defecto se memoriza como permanente. Si este defecto desaparece enseguida se memoriza como intermitente y no presente. Si una avería se clasifica como permanente, se activa la función de emergencia o modo de avería, lo que provocará el encendido de la lámpara testigo (CHECK ENGINE) situada en el panel de instrumentos; esto permitirá al conductor conocer la existencia de alguna avería en el sistema electrónico.

- Regulador de presión
- Polea dentada
- Bujías de encendido

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para la implementación del nuevo sistema de inyección se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Espacio en el habitáculo del motor.
- Compatibilidad del sistema de inyección electrónica a implementarse.
- Existencia de autopartes en el mercado nacional.
- Existencia de equipos de diagnóstico para mantenimiento.

- Existencia de equipos de diagnóstico para mantenimiento.



Fig. 2 Componentes del sistema de inyección electrónica

a. Supresión de partes y piezas convencionales

Para la implementación del nuevo sistema, las siguientes partes serán suprimidas:

- Depurador
- Carburador
- Bobina de encendido
- Distribuidor de encendido
- Platino
- Condensador
- Cables de bujías
- Bujías convencionales
- Bomba mecánica de combustible
- Colector de admisión para carburador

b. Adaptación

Para la implementación del sistema, es necesario realizar algunas modificaciones, entre las cuales tenemos:

- Adaptar la base del sensor de picado al bloque de cilindros.
- Adaptar la base del sensor de oxígeno en el tubo de escape.
- Modificar los conductos de admisión en el cabezote de acuerdo a la forma de los conductos del nuevo múltiple a implementarse.
- Mecanizar los puntos de fijación para el nuevo múltiple de admisión.
- Modificar el tanque de combustible para la introducción de la bomba eléctrica.

c. Montaje

Una vez realizadas las adaptaciones necesarias, empezaremos con el remplazo y montaje de:

- Tapa delantera de la distribución por una que cuenta con una base para el sensor de posición del cigüeñal.
- Polea del cigüeñal por una dentada.

- Montar el bloque de cilindros en el habitáculo del motor.
- Montar el cabezote y darle el ajuste según especificaciones del fabricante.
- Montar el árbol de levas y sincronizar la distribución.
- Remplazar múltiple de admisión, y colocar el de escape.
- Colocar el riel con sus respectivos inyectores.
- Colocar la carcasa del múltiple de admisión y el cuerpo de aceleración.



Fig. 3 Montaje del sistema de inyección

- Montar el sistema de alimentación.
- Montar el sistema de admisión de aire.
- Montar el sistema de encendido.
- Colocar los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica.
- Instalar el cableado del sistema de inyección electrónica.
- Colocar el cable del acelerador.
- Instalar el sistema de arranque y de carga.
- Finalmente purgamos el sistema de alimentación, revisamos los puntos de sincronización y encendemos el motor.

V. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE RENDIMIENTO Y AMBIENTAL DEL SISTEMA CONVENCIONAL Vs. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI

Para el análisis comparativo del comportamiento del motor, se empleó el dinamómetro con freno hidráulico.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Aceleración: 100%.
- Temperatura ambiente: 25 °C.
- Temperatura del motor: 75 °C.

En cuanto al análisis de gases, utilizamos el Analizador de Gases Infrarrojo Computarizado RAG Gascheck.



Fig. 4 Analizador de Gases GASCHECK

VI. RESULTADOS

Las curvas de desempeño que se obtuvieron para cada uno de los sistemas son las siguientes:

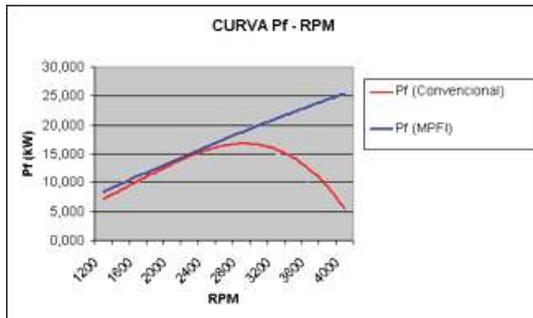


Figura. 5 Curvas de Potencia al freno

Se puede apreciar claramente la diferencia de potencia que representa la sustitución del sistema convencional por un sistema de inyección electrónica MPFI; especialmente en el intervalo medias a altas revoluciones. Observamos que con el sistema convencional la potencia decae vertiginosamente en altas revoluciones, mientras que con el sistema de inyección electrónica ésta sigue incrementándose.

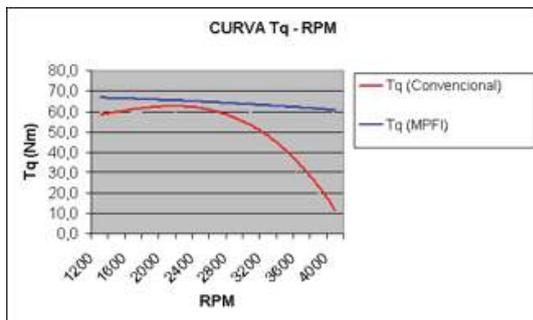


Figura 6 Curvas de Torque

De la misma manera, con la implementación del sistema de inyección electrónica, observamos que el torque tiende a mantenerse constante en casi cualquier número de revoluciones; mientras que con el sistema convencional el torque disminuye bruscamente en altas revoluciones.

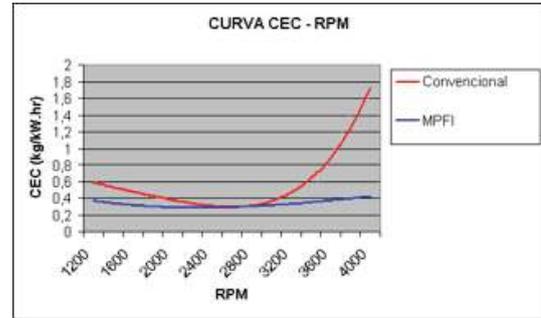


Figura 7 Curvas de Consumo Específico de Combustible

En la figura 7, a bajas revoluciones la diferencia de consumo no es demasiado significativo; y en medias revoluciones la diferencia es casi nula; sin embargo luego de este punto, la diferencia empieza a incrementarse; ya que con el sistema MPFI el consumo específico de combustible casi permanece constante en todo el rango de revoluciones; mientras que el sistema convencional requiere de una mayor cantidad de combustible a altas revoluciones pero no mantiene su potencia.

Incluiremos a continuación los resultados de la prueba de carretera, que nos permitirá determinar el consumo efectivo de combustible.

Tabla I. Consumo de Combustible en carretera

CONVENCIONAL (Km/gl)	MPFI (Km/gl)
36	45

Se determina que con el sistema convencional podemos recorrer 9 kilómetros menos con un galón de combustible, lo que significa que el ahorro al implementar el sistema de inyección electrónica es significativo.

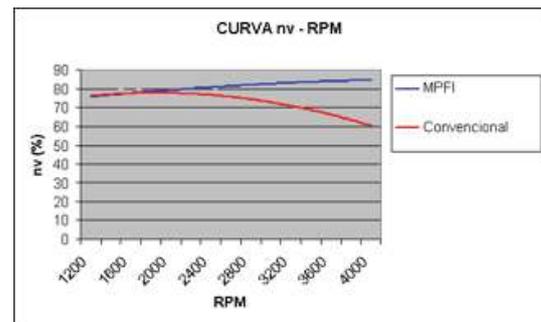


Figura 8 Curvas del Rendimiento Volumétrico

En la Figura 8 se aprecia que inicialmente ambos sistemas permiten el mismo nivel de llenado a los cilindros; sin embargo con el aumento de las r.p.m. observamos una cada vez más marcada diferencia entre el rendimiento volumétrico que ofrecen estos dos sistemas.

Los datos que se obtuvieron con el analizador de gases para el sistema convencional y el de inyección electrónica, respectivamente son:



Figura 9 Análisis de gases (convencional)

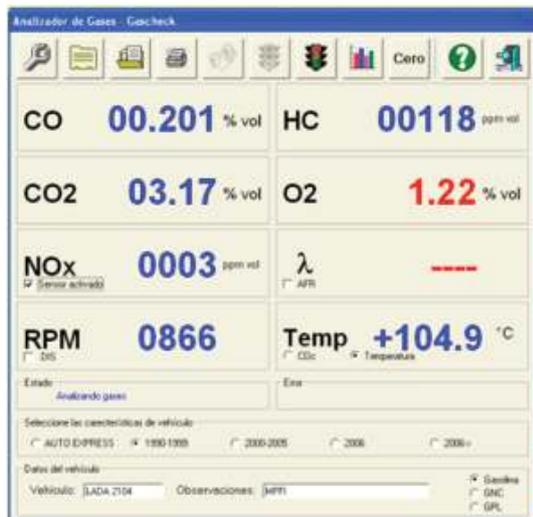


Figura 10 Análisis de gases (MPFI)

VII. CONCLUSIONES

- En lo que se refiere al mantenimiento, el sistema implementado puede ser diagnosticado por escáners de tipo universal que cuenten con software para vehículos europeos.
- Con la implementación del sistema de inyección electrónica MPFI, el Monóxido de Carbono (CO) se redujo, según los datos en porcentaje obtenidos de 0,628 a 0,201, lo que resulta el 68%.
- La presencia de Hidrocarburos (HC) en los gases de escape, disminuyó considerablemente, de 776 ppm a 118 ppm; lo que significa una reducción cercana al 85%.
- Los Óxidos de Nitrógeno (NOx) fueron reducidos de 8 ppm a 3 ppm, que representa casi el 63%.
- Con la realización de la prueba de carretera de 90 km, se comprobó que el consumo de combustible se redujo de 2,5 a 2 galones; lo que nos brinda un ahorro del 20%.
- La potencia máxima fue incrementada de 18,850 kW @ 3000 r.p.m. a una superior a los

25,133 kW @ 4000 r.p.m. que fue la lectura máxima que nos permitió el banco; lo que constituye un incremento aproximado al 25%.

- El torque máximo se aumentó de 63 Nm @ 2400 r.p.m. a 68 Nm @ 2400 r.p.m, que se traduce en un 7% más.

- El máximo rendimiento volumétrico fue acrecentado de 80,75% @ 1600 r.p.m. a 84,90% @ 4000 r.p.m. que al comparar estos valores representa el 5%. Esto significa que el ingreso de aire al cilindro fue optimizado con la implementación del nuevo colector de admisión, el cual posee un mejor diseño desde el punto de vista aerodinámico.

- Con la implementación del sistema de inyección electrónica MPFI, se logró un eficiente arranque en frío, además de mantener un ralenti estable y conseguir una aceleración uniforme.

BIBLIOGRAFÍA.

- Castro, Miguel. Inyección de gasolina CEAC
- Gualtieri, P. Inyección electrónica en motores nafteros y diesel"
- Ribbens, W. "Understanding Automotive Electronics"
- Autodata V. 3.18 Software de Especificaciones.
- Mitchell On Deman Version 7.0 Software de Especificaciones.