

Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del motor en función de los sistemas EGR, EVAP y EVR.

Tito Quimis¹ Germán Erazo² Luis Mena³

^{1, 2, 3}, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.
email: titofaquimis@yahoo.com, wgerazo@espe.edu.ec, lamena@epse.edu.ec.

RESUMEN

El proyecto se enfoca a la investigación y análisis del funcionamiento, constitución, diagnóstico, monitoreo en tiempo real, así como la incidencia en el rendimiento del motor, de los sistemas anticontaminantes como son: el EGR y EVAP, siendo una guía completamente descriptiva y comprensible de estos sistemas, los cuales se encuentran en la mayoría de vehículos actuales.

Al funcionar el motor de combustión interna, emite gases contaminantes al ambiente, es así que gracias a estos sistemas EGR y EVAP, se reducen en un porcentaje considerable las emisiones, manteniéndolas dentro de un rango permitido, por esta razón se ve la importancia que en la actualidad, estos sistemas sean controlados electrónicamente a través del PCM. Es así que se emplea la elaboración de un manual que contará con la información referente a operación, comportamiento, diagnóstico e incidencia. Se realiza pruebas de campo en el laboratorio de motores para analizar y determinar si estos sistemas anticontaminantes afectan o no a la eficiencia del motor, en torque y potencia, como también para determinar si las emisiones de gases de escape aumentan o no, al operar normalmente y luego al ser desconectados.

Manipulando en tiempo real estos sistemas, se podrá analizar si afectan al régimen del motor, ajustes de combustibles, estequiometría y consumo. El proyecto considera la realización de un software de manejo de los sistemas EGR y EVAP basado en el

funcionamiento y las pruebas de campo realizadas.

Palabra clave:

Diagnóstico, monitoreo, estequiometría, electrónicamente, combustibles.

ABSTRACT

The project focuses on the research and analysis of the operation, constitution, diagnosis, real-time monitoring as well as the impact on the engine performance of pollution control such as: the EGR and EVAP, being a fully descriptive and understandable guide these systems, which are in most vehicles.

When operating the internal combustion engine, gas emits pollutants into the environment, so that through these EGR and EVAP systems, is reduced by a considerable percentage emissions, keeping them within the range allowed for this reason we see the importance that currently, these systems are controlled electronically through the PCM. Thus it uses a handbook which will feature information regarding operation, behavior, diagnosis and incidence.

Field tests were performed in the laboratory engine to analyze and determine if these pollution control devices or not affect engine efficiency in torque and power, as well as to determine whether exhaust emissions increase or not to operate normally and then to be disconnected. Manipulating these systems in real time, you can analyze whether affect engine speed, fuel adjustments, stoichiometry and

consumption. The project involves the implementation of management software EGR and EVAP systems based on the operation and field tests.

1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad se habla mucho sobre las emisiones que producen los vehículos, porque causan y han causado desde su aparición un impacto en el medio ambiente añadido a que cada vez el parque automotor aumenta, por esta razón muchos fabricantes investigaron, diseñaron e implementaron los sistemas EGR y EVAP, para reducir las altas cantidades de emisiones y cumplir con los rangos máximos de emisiones contaminantes establecidos por las normas Internacionales. En el Ecuador los vehículos en la actualidad ya llegan con estos sistemas anticontaminantes por lo cual se ve la necesidad de tener un amplio conocimiento de los mismos, lo que ayudaría con el aporte al campo automotriz y así contribuir con el cuidado del medio ambiente. En la actualidad no se hallan manuales de información, control y diagnóstico de fallas que permitan garantizar un manejo eficiente de los sistemas anticontaminantes como son los de emisiones evaporativas y el de recirculación de gases de escape, es decir conocer cómo se componen, como trabajan, visualizar en tiempo real las señales características de operación provenientes de los actuadores. Todo esto para poder manipularlos, y diagnosticar posibles fallos y averías de una manera correcta de estos sistemas.

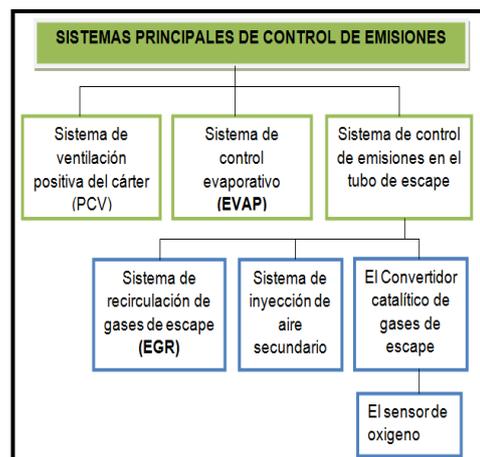
Llevando a cabo así la facilidad para que cualquier persona que se desempeñe en el campo automotriz mediante la elaboración de este proyecto esté en capacidad de comprender cómo funcionan estos sistemas, poder manipularlos y estar seguros de que si se presentase fallas se podrá diagnosticarlas y dar una solución basada en tips tanto teóricos

como prácticos sustentados en este proyecto.

2.- SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

Los sistemas de control de emisiones vehiculares son todas aquellas tecnologías desarrolladas para reducir las emisiones contaminantes producidos por el proceso de combustión de los motores, dichos sistemas son instalados en una determinada ubicación dependiendo de la función que vayan a cumplir; con lo que se ayuda a reducir de forma significativa los elevados niveles de contaminantes contenidos en los gases de escape.

3.- PRINCIPALES SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES.

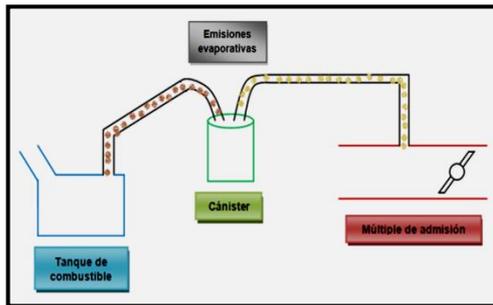


Fuente: Tito F. Quimis M.
Figura 1. Tipos de sistemas anticontaminantes.

4.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

En lo referente al sistema EVAP la mayoría de actuadores son solenoides controlados por la PCM, para llevar el flujo de vapores generados en el tanque de combustible hacia el múltiple de admisión.

De acuerdo a como lo indica la siguiente figura:

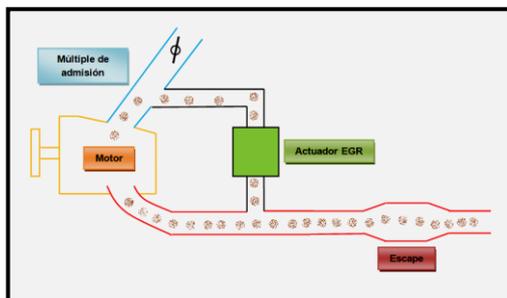


Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 2. Principio de funcionamiento sistema EVAP.

Mientras que el sistema EGR depende de la configuración de cada fabricante, pudiendo tenerse válvulas EGR neumáticas o eléctricas/electrónicas. Y además de las válvulas EGR se puede poseer solenoides utilizados como reguladores de vacío.

Que a su vez son complementos del sistema, los cuales son controlados por el PCM, para permitir el paso de los gases de escape al múltiple de admisión. Tal y como se muestra en la siguiente figura:

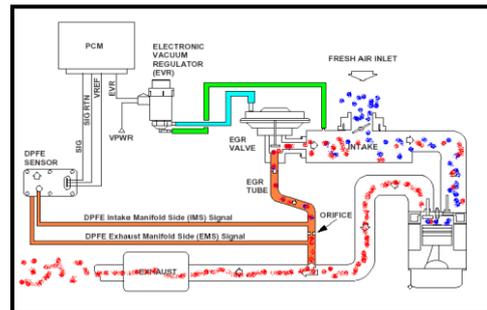


Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 3. Principio de funcionamiento sistema EGR.

a. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SISTEMA EGR CON ACTUADOR NEUMÁTICO, SOLENOIDE EVR Y SENSOR DPFE.

Un esquema general de este sistema se muestra en la siguiente figura.



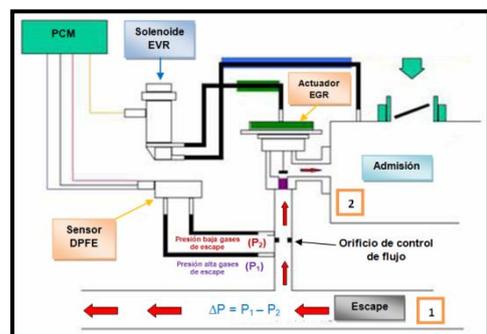
Fuente: CISE electronics

Figura 4. Principio de funcionamiento sistema EGR con actuador neumático.

En este sistema el funcionamiento total es a partir del PCM, ya que el motor debe cumplir ciertas condiciones de funcionamiento para que entre a operar el sistema EGR.

En la figura 4 se puede apreciar que en el sistema los gases de escape recircularán a la admisión únicamente cuando el solenoide EVR comunique el vacío del múltiple de admisión hacia el diafragma en la parte superior de la válvula EGR, es en ese instante también que el sensor DPFE censará la diferencia de presión para saber qué cantidad de gases de escape están recirculados.

Ahora en el esquema de la figura 5, se puede ver que los gases de escape provenientes de 1 llevan el recorrido de las flechas rojas buscando el múltiple de admisión en 2.



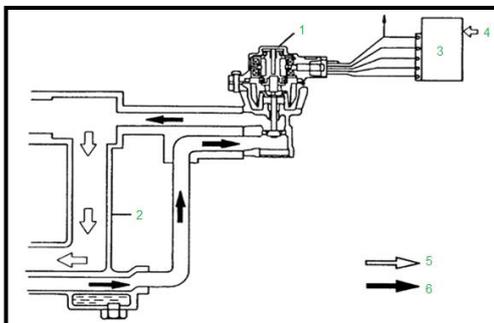
Fuente: CISE Electronics / Tito F. Quimis M.

Figura 5. Operación del sistema EGR con actuador neumático, sensor DPFE y solenoide EVR.

Pero para eso tiene que pasar por el conducto pintado de color violeta, este conducto está totalmente libre siempre y cuando el diafragma de la válvula EGR pintado de color verde hale el vástago y permita así el paso de los gases de escape a la admisión del motor, este diafragma opera si se le coloca vacío en su manguera superior, o sea que con vacío en la tubería pintada con verde, el vástago se retrae y permite el paso de los gases de escape. Para lograr realizar esta operación, el sistema está provisto del solenoide EVR, el cual coloca o quita el vacío al diafragma de la válvula EGR. Por una parte el solenoide EVR toma vacío permanentemente del múltiple en el conducto pintado de color azul.

b. ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA EGR CON ACTUADOR EGR ELÉCTRICO DE MOTOR PASO A PASO.

Un esquema general de este sistema se muestra en la siguiente figura.



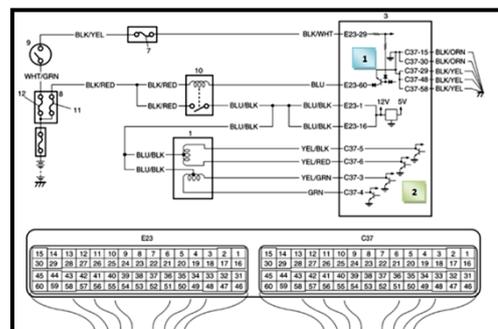
Fuente: Manual del Grand Vitara.
Figura 6. Diagrama de componentes del sistema EGR con actuador eléctrico de motor paso a paso unipolar.

En este tipo de sistema al igual que el anterior (EGR neumático) el funcionamiento total es a partir del PCM, ya que el motor debe cumplir ciertas condiciones de funcionamiento para que funcione este tipo de sistema EGR. En la figura 6 se puede apreciar con sus respectivos números, los elementos que conforman este sistema: válvula EGR (1), colector de admisión

(2), PCM (3), información detectada (4), aire limpio (5), gases de escape (6), esto se ve también en la tabla 1:

Como se puede apreciar los gases de escape recircularán a la admisión únicamente cuando la válvula EGR comunique los gases de escape de regreso al múltiple de admisión, justo en el instante en que el PCM lo crea así conveniente. Por una parte el PCM toma la señal de sensores para calcular la carga del motor y así decide el momento exacto para accionar el sistema. La válvula EGR de motor paso a paso trabaja únicamente cuando el PCM así lo decida y será activada mediante una secuencia de pulsos con ciclo de trabajo (PWM) a la base de cada uno de los cuatro transistores cierran a masa cada una de las cuatro bobinas que contiene la válvula EGR de motor paso a paso, y los pasos con que trabaje la válvula dependerán de cada condición de carga del motor. Analizando el accionar de la válvula EGR de motor paso a paso desde el punto de vista eléctrico tenemos lo siguiente:

La válvula se compone de cuatro bobinas mismas que se encuentran permanentemente conectadas a 12 V de contacto de batería, pasando previamente por el relé principal del motor mientras que el PCM es quien se encarga de cerrar a masa los negativos de cada bobina pero de manera secuencial estos 12 V que recorren los cuatro devanado, en el esquema de la siguiente figura se puede analizar esta afirmación.



Fuente: Manual del Grand Vitara.

Figura 7. Diagrama eléctrico del sistema EGR con actuador eléctrico de motor paso a paso unipolar.

1. Válvula EGR	4. Información detectada	7. Fusible "IG COIL"	10. Relé principal
2. Colector de admisión	5. Aire limpio	8. Caja de fusibles n° 2	11. Fusible F1
3. PCM	6. Gases de escape	9. Interruptor de encendido	12. Fusible "IGN"

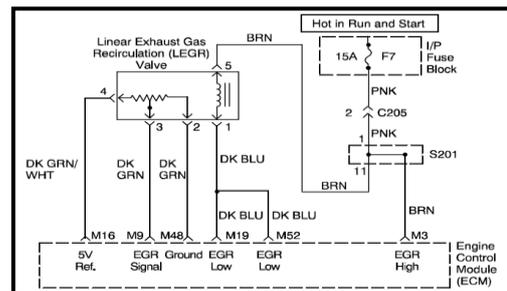
Analizando el diagrama de la figura 7, vemos que al colocar contacto la corriente de batería pasa primero por el fusible "IGN", luego por el fusible "IG COIL" y finalmente llega a la base del transistor indicado con el número 1, esta corriente excita la base de dicho transistor y hace que la corriente positiva de la batería que viene por el fusible F1 y que atraviesa el devanado del relé principal llegue a masa lográndose así que el relé se active. Al activarse el relé la corriente positiva que también viene por el fusible F1 llega a las bobinas de la válvula EGR de motor paso a paso unipolar. Una vez que las bobinas se encuentran excitadas por esta última corriente positiva, esta corriente se detiene en cada uno de los cuatro transistores dentro del PCM indicados con el número 2, una vez que el PCM determine el momento exacto activará con una secuencia de pulsos las bases de cada transistor consiguiéndose así que cada uno aterrice a masa la corriente de batería y así se generen los pasos del motor unipolar. Con este trabajo de la válvula se consigue que permita la recirculación de los gases de escape hacia el colector de admisión nuevamente. La apertura dependerá de la secuencia de activación de los transistores dependiendo de la carga con que se encuentre el motor del vehículo.

c. ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA EGR DE ACTUADOR EGR

CON SOLENOIDE DE CONTROL Y SENSOR DE POSICIÓN LINEAL.

De igual manera que los sistemas EGR anteriormente tratados este sistema entra a operar cumpliendo ciertas condiciones de operación del motor como son temperatura, carga, velocidad, etc.

Como se puede ver en el diagrama eléctrico de este sistema en la figura 8, ésta válvula EGR consta de un solenoide de activación y una resistencia variable, que opera como sensor de posición, todo este conjunto es la llamada válvula EGR lineal, todo esto en un solo cuerpo, haciendo de esta la principal diferencia con los anteriores sistemas tratados en esta investigación.



Fuente: Manual del Chevrolet Aveo
Figura 8. Diagrama eléctrico del sistema EGR con válvula lineal.

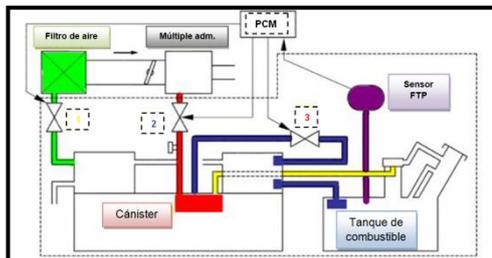
Analizando el diagrama eléctrico se puede decir que el PCM es quien controla tanto al solenoide de control como al sensor de posición lineal, el solenoide trabaja con 12 voltios de ignición (terminal 5), como todo solenoide en el campo automotriz, es el PCM quien satura estos 12 voltios a masa gracias a una señal del tipo PWM (terminal 1), mientras que el sensor de posición contenido en la misma válvula EGR consta de tres pines de conexión uno de 5 voltios de alimentación (terminal 4), el segundo que es la señal variable del sensor de posición (terminal 3), y finalmente la masa de este sensor (terminal 2), estas tres terminales se conectan directamente al PCM, para conocer la posición del vástago de la

válvula EGR, cuando el solenoide esté operando, a través del terminal 3 el cual envía un voltaje de PCM, y así logra saber en qué posición se encuentra el vástago de la válvula EGR.

Otro sensor que controla la operación de la válvula EGR y la cantidad de flujo de gases a recircular aparte del sensor de posición del vástago es el sensor MAP ya que al recircular los gases de escape a la admisión el sensor MAP envía una señal al PCM que hubo un aumento de presión y lo compara con el valor determinado en su memoria para saber si el sistema EGR está operando o no.

d. ANÁLISIS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA EVAP.

Como se puede apreciar en la siguiente figura este sistema EVAP consta de varios componentes ya que es un sistema más completo del cual se llevará a cabo su posterior análisis.



Fuente: CISE Electronics / Tito F. Quimis M.

Figura 9. Diagrama de operación general del sistema EVAP.

Analizando la figura 9. Lo primero que se observa en este sistema es que el PCM puede conocer a todo momento si existe o no presión en el depósito, gracias al sensor de presión del tanque (sensor FTP) el cual se encuentra sombreado con violeta.

Ahora para que pueda trabajar el Canister es necesario que ingrese aire fresco en su interior para esto cuenta con la válvula de venteo o ventilación (válvula CV) 1, que comunica con el ducto de admisión sombreado con verde, esta válvula esta comandada por

el PCM como el esquema lo presenta en la figura anterior.

El hidrocarburo entra al múltiple de admisión cuando el PCM controla por PWM a la válvula 2 llamada válvula o solenoide purga (válvula EVAP o CANP), esta válvula colocará vacío al Canister en el cual se encuentran almacenados los vapores provenientes del depósito esto se muestra sombreado con rojo, pero también se puede apreciar que antes de llegar los hidrocarburos al Canister pasan por una tercera válvula 3, llamada de bypass la cual también es controlada por el PCM y permite esta comunicación directa de vapores.

5. MONITOREO EN TIEMPO REAL SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

Para cada tipo de sistema se deben seguir los pasos aquí recomendados. En esta investigación se ha utilizado el equipo OTC 3840f.

Estos monitoreos se refieren a determinar con el osciloscopio la señal de cada terminal del conector del actuador o del sensor para cada sistema anticontaminante con el que estemos trabajando, el procedimiento es:

1.- Determinar a qué corresponde cada terminal del conector del actuador o sensor de cada sistema, para ello el motor debe estar en contacto (KOE).



Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 10. Verificación de terminales de la bobina.

2.- Ahora con el motor encendido se procede a verificar la señal característica del actuador o sensor

para cada sistema, y que aparece en uno o varios de los terminales del conector.



Fuente: Tito F. Quimis M.
Figura 11. Determinación señales en los terminales de la bobina.

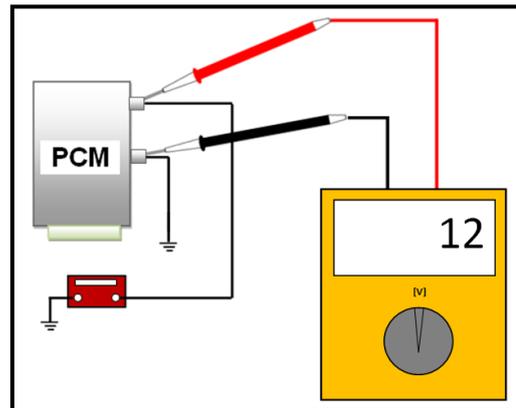
6. DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DE LOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

1.- Lo primero que se debe hacer es conectar el scanner por medio del DLC del vehículo e ir en busca de DTC.

2.- Si no se generan códigos se debe pasar al paso 3.

3.- Realizar el diagnóstico con multímetro y osciloscopio:

- ✓ Verificación de resistencia de de los actuadores.
- ✓ Verificación de la alimentación de los actuadores.
- ✓ Verificación de curvas características.
- ✓ Verificación de señales de mando provenientes del módulo de control (PCM).
- ✓ Verificación de alimentación del módulo de control.

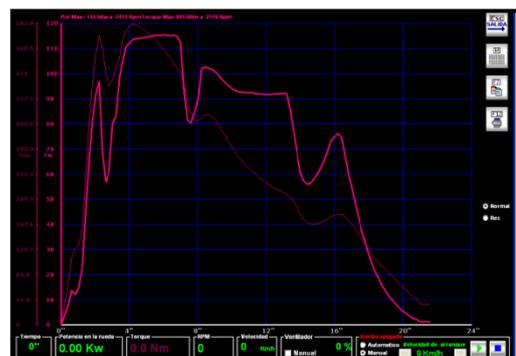


Fuente: Tito F. Quimis M.
Figura 12. Diagnóstico con multímetro y osciloscopio.

7. DESARROLLO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES DE LOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

Las pruebas experimentales fueron llevadas a cabo en el laboratorio de motores de la ESPE-L, se las realizó a los sistemas EGR y EVAP, enfocándose en comprobar si el rendimiento del motor es afectado o no al estar estos sistemas en malas condiciones de operación, y a su vez conocer si se incrementan las emisiones contaminantes. Esto se ejecuta con la utilización del dinamómetro y de un analizador de gases.

Las pruebas se basaron en hacer que el motor otorgue su mayor potencia y una vez que llegue a ese punto se capturaron las imágenes de la pantalla del dinamómetro e imprimir los datos del analizador de gases, para posteriormente tabular los datos encontrados y realizar el análisis de incidencia en el rendimiento del motor.



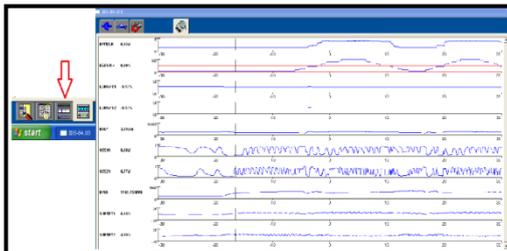
Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 13. Pruebas experimentales con dinamómetro y analizador de gases.

Finalmente se puede concluir que los sistemas anticontaminantes, si ayudan a reducir los niveles de contaminación o al menos para poder mantenerse en un nivel permisible, pero a su vez si inciden en el rendimiento del motor porque si varían ciertos parámetros de funcionamiento del motor.

8. DESARROLLO DE PRUEBAS DE CAMPO CON LOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.

Las pruebas de campo se las efectuó en dos vehículos: un Ford Escape y un Ford F-150, mismos que constan con estos sistemas anticontaminantes, pero para llevar a cabo el monitoreo en tiempo real de estos sistemas se utilizó una interfaz conocida como VCM (Vehicle Communication Module), la cual permite comunicar el PCM del vehículo con un computador de uso cotidiano en este caso una laptop, misma que debe contener el software que funciona como scanner utilizado en la marca Ford, llamado IDS (Integarted Diagnostic Software).



Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 14. Pruebas de campo sistemas anticontaminantes.

La figura 14 muestra como se capturaron las pantallas del scanner, lo que se hizo fue a través del mismo scanner variar la apertura del solenoide EVR en tres porcentajes 0% (totalmente cerrado); 50% y 100% (totalmente abierta) primero con el motor en ralentí y luego con carga. Para posteriormente tabular los datos para realizar el análisis de resultados.

VALORES INICIALES EVR 0%		VALORES CON EVR AL 40%		VALORES CON EVR AL 100%	
PARÁMETRO:	VALOR:	PARÁMETRO:	VALOR:	PARÁMETRO:	VALOR:
DPFEGR	0,94V	DPFEGR	1,87V	DPFEGR	3,93V
EGRVR#	0,00%	EGRVR#	40,00%	EGRVR#	100,00%
LONGFT1	-1,17%	LONGFT1	-1,17%	LONGFT1	-1,17%
LONGFT2	-1,17%	LONGFT2	-1,17%	LONGFT2	-1,17%
MAP	3,04psi	MAP	3,91psi	MAP	4,20psi
O ₂ S ₁₁	0,55V	O ₂ S ₁₁	0,18V	O ₂ S ₁₁	0,42V
O ₂ S ₂₁	0,69V	O ₂ S ₂₁	0,75V	O ₂ S ₂₁	0,75V
RPM	3142rpm	RPM	2787rpm	RPM	2494rpm
SHRTFT1	8,59%	SHRTFT1	8,03%	SHRTFT1	11,65%
SHRTFT2	2,18%	SHRTFT2	0,48%	SHRTFT2	-1,57%

El mismo procedimiento se lo realizó para el sistema EVAP, para ello se varió la apertura del solenoide purga del Cánister.

10. DESARROLLO DE UN SOFTWARE SOBRE LOS SISTEMAS DIS.

Este software básicamente es un compilador de todos los análisis realizados en este proyecto, el software es un manual interactivo el cual consta de la teoría básica sobre los sistemas de encendido DIS: operaciones, controles, diagnósticos, además posee un submenú en el cual el usuario podrá calcular voltajes de bobinas solamente ingresando los valores de resistencias de dicha bobina. A continuación se detalla de forma más clara los contenidos del Software de operación y manejo de los sistemas de encendido DIS.



Fuente: Tito F. Quimis M.

Figura 15. Software sistemas anticontaminantes.

CONCLUSIONES:

- Los tipos de sistemas anticontaminantes se clasifican solamente por la configuración de su actuador y sus complementos.
- El principio de funcionamiento, así como los componentes principales y parámetros de funcionamiento son semejantes en los tres tipos de sistemas EGR, diferenciándose únicamente en la configuración física de su actuador (válvula EGR).
- El diagnóstico de los sistemas anticontaminantes se lo debe realizar utilizando tres recursos imprescindibles: 1. Conocimiento técnico del profesional; 2. Manuales de diagnóstico y reparación y 3. Equipos de diagnóstico como son el scanner y el osciloscopio.
- Los sistemas anticontaminantes, si ayudan a reducir los niveles de contaminación o al menos para poder mantenerse en un nivel permisible, pero a su vez si inciden en el rendimiento del motor porque si varían ciertos parámetros de funcionamiento del motor.

BIBLIOGRAFÍA:

- Willian H. Crouse (2002). Puesta a Punto y Rendimiento del Motor. Tercera Edición. México, D.F: Alfaomega.
- Manuales Negri (2005). Manual de Inyección electrónica: Automóviles, Camiones y Tractores Nacionales e Importados.
- Herbert E. Ellinger (1992). Ajuste de Motores y Control de Emisiones. México, D.F.: Prentice-Hall.
- Alonso J. Pérez (2003). Técnicas del Automóvil: Inyección de Gasolina y

Dispositivos Anticontaminación. Segunda edición. España: Thomson Paraninfo.

- CISE Electronics (2011). Manual de Inyección Electrónica Avanzada.
- Suzuki Motor Corporation (2006). Manual de Suzuki Grand Vitara.

BIOGRAFÍA.



Tito Quimis, nació en La Independencia, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, Imparte servicio de asesoramiento y capacitación en Inyección Electrónica.



Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Energías Renovables y Administración de Empresas, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz.



Luis Mena, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, sus estudios universitarios los realizó en la EX-URSS Universidad "Amistad de Los Pueblos" de MOSCÚ, Facultad de Termodinámica y Motores Térmicos, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1989, Imparte servicios de asesoramiento capacitación en Diseño, Construcción y Mantenimiento en Motores de Combustión Interna Diesel-Gasolina

