



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL
CÁRTER Y RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE EN UN MEP
EN FUNCIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS.**

AUTOR:

LUIS ANDERSON TANICUCHI VELASTEGUI

DIRECTOR:

ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc

IBARRA, AGOSTO 202

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del Título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“Análisis de los sistemas de ventilación positiva del cárter y recirculación de gases de escape en un MEP en función de las emisiones generadas”** presentado por el señor **Tanicuchi Velastegui Luis Anderson** con número de cédula 1004501530-0, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 3 días del mes de agosto del 2021.

Atentamente,



Ing. Ignacio Benavides, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004501530		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tanicuchi Velastegui Luis Anderson		
DIRECCIÓN:	San Antonio - Ibarra		
EMAIL:	latanicuchiv@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	933479	TELÉFONO MÓVIL:	0987367381

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Análisis de los sistemas de Ventilación Positiva del Cáster y Recirculación de Gases de Escape en un MEP en función de las emisiones generadas.
AUTOR (ES):	Tanicuchi Velastegui Luis Anderson
FECHA: DD/MM/AAAA	28 de mayo de 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de agosto de 2021

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tanicuchi Velastegui Luis Anderson', with a horizontal line underneath.

Tanicuchi Velastegui Luis Anderson
100450153-0

DEDICATORIA

Para ti familia, que, aunque hubo demora en este proceso, aquí esta lo que algún día prometí. De manera muy especial mi infinito agradecimiento a mi padre y hermano, quienes juntos siempre respaldaron mi trabajo y estuvieron presentes en todos estos años de formación. Prometo seguir alcanzando nuevas metas y enorgulleciendo a la familia.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial a mi padre Luis Tanicuchi, quien ha sido a lo largo de toda mi vida un modelo de responsabilidad, esfuerzo y sacrificio. Además de ser la columna vertebral en mi hogar fue durante estos últimos años el principal causante de que yo culmine con éxito esta carrera.

A mi hermano Henry Tanicuchi, considero que es el mejor amigo que me ha dado la vida. He contado con su apoyo en prácticamente todos los momentos de adversidades como de júbilo. Para él, todo este éxito que es de ambos. Gracias, hermano.

A mi familia, pilar fundamental para el progreso de mi carrera. Estuvieron presentes durante toda la vida académica y personal que duro este proceso de formación, me brindaron la mejor educación e inculcaron en mi los mejores valores y principios de vida.

Quiero destacar el agradecimiento inmenso a la institución Universidad Técnica del Norte que me abrió sus puertas para ofrecerme una educación de tercer nivel de calidad gracias a sus excelentes docentes que forman parte de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. Gracias por todo el conocimiento impartido, gracias, infinitas gracias.

Tanicuchi Velastegui Luis Anderson

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO 1	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 ALCANCE	2
1.4 ANTECEDENTES	4
1.5 ANTICONTAMINACIÓN	5
1.5.1 GASES PRESENTES EN EL ESCAPE	5
1.5.1.1 Gases no tóxicos	6
1.5.1.2 Gases perjudiciales para la atmosfera	6
1.5.1.3 Gases tóxicos	6
1.5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE	8
1.5.3 VERIFICACIÓN DE EMISIONES EN MOTORES OTTO	9
1.5.4 NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA PARA EMISIONES DE MOTORES OTTO	10
1.6 SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER	11
1.6.1 LA VENTILACIÓN DEL CÁRTER	11
1.6.2 VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER (PCV)	11
1.6.2.1 Sistema PCV abierto	11
1.6.2.2 Sistema PCV cerrado	11
1.6.2.4 Válvula PCV	12
1.8 RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE EGR	13
1.8.1 EGR DE ACCIONAMIENTO POR VACÍO	13
1.8.2 EGR DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO	14
1.8.2.1 EGR de electroimán	14
1.8.2.2 EGR de mariposa	15
1.8.3 CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO	16

CAPÍTULO II	17
2 MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1 MATERIALES Y EQUIPOS	17
2.1.1 MATERIALES	17
2.1.1.1 Motor Chevrolet Sail 1.4 cc 2014	17
2.1.1.2 Válvula PCV	18
2.1.1.3 Válvula EGR Chevrolet Sail 1.4 L.	18
2.1.2 EQUIPOS	19
2.1.2.1 Analizador de gases Brain Bee (AGS-688)	19
2.1.2.2 Scanner Automotriz G Scan 2	20
2.2.2.3 Osciloscopio Automotriz	21
2.2.2.4 Multímetro automotriz Trisco (DA-830)	23
2.2 METODOLOGÍA	24
2.2.1 MÉTODO DESCRIPTIVO	24
2.2.1.1 Revisión del estado del motor Chevrolet Sail 1.4 L	25
2.2.1.2 Inspección del sistema de ventilación positiva del cárter (PCV).	28
2.2.1.3 Inspección del sistema de recirculación de gases de escape (EGR)	29
2.2.2 MÉTODO EXPERIMENTAL	30
2.2.2.1 Prueba de emisiones del motor Chevrolet Sail 1.4 L	31
2.2.3 MANTENIMIENTO Y COMPROBACIONES DEL SISTEMA PCV	33
2.2.4 MANTENIMIENTO DE LA VÁLVULA PCV	33
2.2.5 COMPROBACIONES DEL SISTEMA PCV	34
2.2.5.1 Prueba de sonido	34
2.2.5.2 La prueba de tarjeta 3x5	34
2.2.5.3 Prueba de retroceso	34
2.2.5.4 Prueba de vacío del cárter	34
2.2.5.5 Monitor PCV	35
2.2.6 COMPROBACIONES EN EL SISTEMA EGR	35
2.2.6.1 EGR NEUMÁTICA	36
2.2.6.2 EGR ELÉCTRICA	36
2.2.6.3 MONITOR OBD-II EGR	36
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 COMPROBACIONES Y OBTENCION DE DATOS	38
3.1.1 MONITORES OBD2	38

3.1.2 UBICACIÓN DE LA VÁLVULA PCV EN EL CHEVROLET SAIL 1.4 L	39
3.1.3 UBICACIÓN DE LA VÁLVULA EGR EN EL CHEVROLET SAIL 1.4 L	40
3.2 OBTENCIÓN DE VALORES	42
3.2.1 TOMA DE DATOS EN CONDICIONES NORMALES	42
3.2.2 TOMA DE DATOS MODIFICANDO LOS SISTEMAS EGR Y PCV	45
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
3.3.1 ANÁLISIS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	49
3.3.2 ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS (HC)	54
3.3.3 ANÁLISIS DE OXÍGENO (O2)	58
3.3.4 ANÁLISIS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO2)	62
3.3.5 ANÁLISIS DE TODOS LOS GASES – PARÁMETROS RTV – RALENTÍ	66
3.3.6 ANÁLISIS DE TODOS LOS GASES – PARÁMETROS RTV – MEDIA CARGA	68
3.3.7 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL MOTOR	70
3.3.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL MOTOR CON OSCILOSCOPIO	72
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
4.1 CONCLUSIONES	81
4.2 RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 1 Límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina	10
Tabla 2 Límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina (ciudad de Ibarra)	10
Tabla 3 Especificaciones del motor Chevrolet Sail 1.4 L.	17
Tabla 4 Especificaciones Válvula EGR Chevrolet Sail 1.4 L.	19
Tabla 5 Especificación Técnica del Analizador de Gases Brain Bee (AGS-688)	20
Tabla 6 Especificaciones técnicas del equipo G Scan 2	21
Tabla 7 Características del Osciloscopio VMI (Vehicle Measurement Interface)	22
Tabla 8 Especificaciones del multímetro automotriz Trisco (DA-830) (Continuación...)	23
Tabla 9 Valores obtenidos de la medición de compresión de cilindros (Sail 1.4 L)	27
Tabla 10 Primera prueba de emisiones en el vehículo Chevrolet Sail 1.4 L	32
Tabla 11 Códigos de falla relacionados con el sistema EGR	37
Tabla 12 Estado de monitores OBD2 en Chevrolet Sail 1.4 L.	39
Tabla 13 Datos obtenidos con el motor en condiciones normales (estándar)	43
Tabla 14 Valores promedio para cada gas en tres pruebas diferentes.	44
Tabla 15 Prueba de emisiones con el motor sin válvula PCV.	45
Tabla 16 Prueba de emisiones con el motor con válvula PCV obstruida.	47
Tabla 17 Prueba de emisiones con el motor con la válvula EGR tapada.	48
Tabla 18 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Ralentí	50
Tabla 19 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Media carga	51
Tabla 20 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Plena Carga	53
Tabla 21 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Ralentí	54
Tabla 22 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Media Carga	56
Tabla 23 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Plena carga	57
Tabla 24 Tabla comparativa de Oxígeno (O2) - Ralentí	58
Tabla 25 Tabla comparativa de Oxígeno (O2) - Media Carga	60

Tabla 26 Tabla comparativa de Oxígeno (O ₂) - Plena Carga	61
Tabla 27 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Ralentí	62
Tabla 28 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Media Carga	64
Tabla 29 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Plena Carga	65
Tabla 30 Tabla comparativa según RTV – Ralentí.	66
Tabla 31 Tabla comparativa según RTV - Media Carga	68
Tabla 32 Flujo de datos Chevrolet Sail 1.4 L - Ralentí	71
Tabla 33 Flujo de datos Chevrolet Sail 1.4 L - Media Carga	71
Tabla 34 Valores sensores O ₂ , MAP y EGR – Ralentí. (Continuación)	73
Tabla 35 Valores sensores O ₂ , MAP y EGR - Media Carga.	75
Tabla 36 Valores sensores O ₂ , MAP y EGR – Ralentí (sin PCV)	78
Tabla 37 Valores sensores O ₂ , MAP y EGR - Media Carga (sin PCV)	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
Figura 1 Gases procedentes de la combustión en un motor Otto y motor diésel	8
Figura 2 Emisiones máximas para un motor Otto	9
Figura 3 Posición válvula PCV – Bajas revoluciones	12
Figura 4 Posición válvula PCV – Altas revoluciones	12
Figura 5 Posición válvula PCV – Contra explosiones	13
Figura 6 Esquema de funcionamiento del sistema EGR	14
Figura 7 Funcionamiento de una válvula EGR de electroimán	15
Figura 8 EGR de mariposa	15
Figura 9 Válvula PCV del motor Chevrolet Sail 1.4 L.	18
Figura 10 Estado de monitores OBD II en el Chevrolet Sail 1.4 L	26
Figura 11 Estado general de las bujías de encendido (Sail 1.4 L)	28
Figura 12 Diagrama del sistema PCV	29
Figura 13 Diagrama eléctrico sistema EGR Chevrolet Sail 1.4 L.	30
Figura 14 Prueba de emisiones de escape (Chevrolet Sail 1.4 L)	31
Figura 15 Válvula PCV ubicada en la tapa balancines	33
Figura 16 Prueba de vacío en el sistema PCV	35
Figura 17 Ubicación de la válvula PCV en el Chevrolet Sail 1.4 L.	40
Figura 18 Ubicación de la válvula EGR en el Chevrolet Sail 1.4 L	41
Figura 19 Circuito eléctrico interno de la válvula EGR electrónica	41
Figura 20 Análisis de monóxido de carbono (CO) - Ralentí	50
Figura 21 Análisis de monóxido de carbono (CO) - Media Carga	52
Figura 22 Análisis de monóxido de carbono (CO) - Plena Carga	53
Figura 23 Análisis de Hidrocarburos (HC) – Ralentí	55
Figura 24 Análisis de Hidrocarburos (HC) - Media Carga	56
Figura 25 Análisis de Hidrocarburos (HC) - Plena Carga	57
Figura 26 Análisis de Oxígeno (HC) - Ralentí	59

Figura 27 Análisis de Oxígeno (HC) - Media Carga	60
Figura 28 Análisis de Oxígeno (HC) - Plena Carga	61
Figura 29 Análisis de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Ralentí	63
Figura 30 Análisis de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Media Carga	64
Figura 31 Análisis de Dióxido de Carbono (CO ₂) - Plena Carga	66
Figura 32 Análisis de emisiones según RTV – Ralentí	67
Figura 33 Análisis de emisiones según RTV – Media Carga	68
Figura 34 Curvas características de los gases de escape – MEP	69
Figura 35 Datos Corriente (Flujo de Datos) - Chevrolet Sail 1.4	70
Figura 36 Señal de los sensores e inyector con el motor en KOEO	72
Figura 37 Oscilogramas de los sensores O ₂ , MAP y EGR – Ralentí	73
Figura 38 Oscilograma de inyector a ralentí	74
Figura 39 Oscilogramas de los sensores O ₂ , MAP y EGR – Media Carga	75
Figura 40 Oscilograma de inyector a media carga	76
Figura 41 Oscilograma de inyector a ralentí (sin PCV)	77
Figura 42 Oscilogramas de los sensores O ₂ , MAP y EGR – Ralentí (sin PCV)	77
Figura 43 Oscilograma de inyector a media carga (sin PCV)	78
Figura 44 Oscilogramas de los sensores O ₂ , MAP y EGR – Media Carga (sin PCV)	79

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
NÚM.	
Fig.AI.1 Motor Chevrolet Sail 1400 cc utilizado para el proyecto de investigación.	87
Fig.AII.2 Fotos de los valores mostrados en el analizador Brain Bee AGS-688 durante las pruebas de emisiones	88
Fig.AIII.3 Estado de las válvulas PCV (Nueva y vieja)	89
Fig.AIV.4 Estado de la válvula EGR una vez realizada el proceso de limpieza	89
Fig.AV.5 Mediciones eléctricas sobre la válvula EGR, Inyectores y sensor MAP	90
Fig.AVI.6 Protocolo de comunicación ISO 14123 utilizado por el vehículo Sail 1.4 L.	90
Fig.AVII.7 Oscilogramas de sensor O2, MAP, potenciómetro EGR e inyectores obtenidos mediante osciloscopio.	91
Fig.AVIII.8 Análisis de emisiones final a través de gráficos de barras de los gases: CO, O2 y HC	92

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de analizar el funcionamiento de los sistemas de Ventilación Positiva del Cárter y Recirculación de Gases de Escape en un motor de encendido provocado (MEP) en función de sus emisiones de escape. El trabajo está desarrollado en base a la metodología descriptiva, la misma que permitió poder recolectar información de libros, documentos, investigaciones, otros trabajos de grado, etc. La investigación experimental ayudo con la obtención de datos en las pruebas estáticas de emisiones realizadas, todas estas pruebas se rigieron bajo la normativa medioambiental vigente. El vehículo Chevrolet Sail 1.4 L. dispone de los sistemas PCV y EGR acorde a las condiciones solicitadas, en donde se modificaron los parámetros simulando condiciones de fallo o ausencia de estos sistemas. Las pruebas de emisiones se llevaron a cabo con la instrumentación necesaria, utilizando el analizador de gases BRAEN BEE AGS-688 donde se realizaron tres mediciones, cada una perteneciente a una condición diferente y a distintos regímenes del motor, todo esto bajo los pasos expuestos por la normativa INEN 2204. Los datos obtenidos a través de las pruebas evidencian un claro ejemplo de un aumento de emisiones en el motor cuando se manipulo los sistemas PCV y EGR, el mayor cambio se observó al simular una condición de válvula PCV abierta, logrando alcanzar para los Hidrocarburos valores de 265 ppm y para el CO un valor superior al 0.45 por ciento, lo que significa que en la parte de HC el vehículo no aprobaría la revisión técnica vehicular. Un dato relevante para tomar en cuenta es el aumento del ancho de pulso por parte de la ECU a la hora de simular una condición de motor sin sistema PCV, obteniéndose un aumento de alrededor de 1 ms más que cuando el motor funciona en condiciones estándar. Cabe mencionar que, en la mayoría de las pruebas a pesar de existir un aumento en los valores de cada uno de los gases, el vehículo lograba aprobar o cumplir con la normativa vigente en el país, indicando todo esto que, aprobar la RTV no significa que el vehículo esté funcionando correctamente.

ABSTRACT

The present research work was developed with the purpose of analyzing the functioning of the Positive Crankcase Ventilation and Exhaust Gas Recirculation systems in an ignition-induced engine (MEP) according to their exhaust emissions. The work is developed on the basis of the descriptive methodology, which allowed to collect information from books, documents, research, other degree works, etc. The experimental research helped with the collection of data in the static emission tests carried out, all these tests were conducted under the current environmental regulations. The Chevrolet Sail 1.4 L. vehicle has the PCV and EGR systems according to the requested conditions, where the parameters were modified simulating conditions of failure or absence of these systems. The emission tests were carried out with the necessary instrumentation, using the BRAEN BEE AGS-688 gas analyser where three measurements were made, each belonging to a different condition and to different engine speeds, all this under the steps set out by INEN 2204. Evidence from the tests shows a clear example of an increase in engine emissions when handling PCV and EGR systems, the largest change being observed when simulating an open PCV valve condition, achieving values for hydrocarbons of 265 ppm and for CO above 0.45 per-cent, which means that in the HC part the vehicle would not approve the vehicle technical review. relevant fact to take into account is the increase of the pulse width by the ECU when simulating an engine condition without a PCV system, obtaining an increase of about 1 ms more than when the engine runs in standard conditions. It should be mentioned that, in most of the tests despite there being an increase in the values of each of the gases, the vehicle managed to approve or comply with the regulations in force in the country, indicating all this that, approve the RTV does not mean that the vehicle is operating properly.

INTRODUCCIÓN

En el motor de gasolina se produce una combustión como consecuencia de una reacción química entre el combustible; mezcla de hidrocarburos compuestos principalmente por carbono e hidrógeno, y el comburente, el oxígeno contenido en el aire. En los motores actuales no puede conseguirse una combustión perfecta por distintas razones y también es evidente una dificultad a la hora de limitar contemporáneamente los tres contaminantes principales del motor de ciclo otto (CO, HC y NOx) únicamente con el control de la dosificación, es por eso que se ve la necesidad de implementar en el motor sistemas de tratamiento de gases de escape y vapores contaminantes como el sistema de recirculación de gases de escape y la ventilación positiva del cárter, respectivamente.

El sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation) reduce principalmente los óxidos de nitrógeno (NOx) producidos por el funcionamiento del motor, reenviando una parte de los gases de escape (postquemados) al colector de admisión, descendiendo así el contenido de oxígeno en el aire de admisión, provocando un descenso de temperatura y presión de combustión y reduciéndose de esta forma los óxidos de nitrógeno (NOx). Es un sistema utilizado desde principios del 1970 y en los motores otto desempeña una labor fundamental en el tema de emisión de gases tóxicos hacia el ambiente.

Para eliminar los vapores que se van acumulando en el cárter, los motores contienen un circuito de ventilación positiva. Los vapores del lubricante se mezclan con los gases de la combustión y los vapores del combustible, que pasan al cárter como consecuencia del imperfecto sellado de los segmentos. Este sistema consiste en conectar un tubo de salida de gases al colector de admisión, y de esta forma los vapores son devueltos al interior de los cilindros, donde se queman. Básicamente el objetivo del sistema es proporcionar la ventilación adecuada del cárter sin desajustar la mezcla aire-combustible.

El control y tratamiento sobre los gases de escape reduce aún más el porcentaje de contaminantes después de su expulsión desde las cámaras de combustión y antes de su emisión a la atmósfera. De igual manera la adecuada ventilación de los vapores del cárter es efectiva como mecanismo de control de emisiones.

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los sistemas de ventilación positiva del cárter y recirculación de gases de escape en un MEP en función de las emisiones generadas.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los diferentes tipos de gases producidos en el proceso de combustión en motores de encendido provocado (MEP).
- Conocer los sistemas anticontaminación; ventilación positiva del cárter (PCV) y recirculación de gases de escape (EGR) empleados en el vehículo Chevrolet Sail 1.4 L.
- Realizar pruebas estáticas de emisión de gases de escape en el motor (LCU33380626) con y sin los sistemas PCV y EGR, tomando en cuenta la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2204.
- Determinar la influencia de los sistemas: PCV y EGR en el Chevrolet Sail 1.4 L en función de sus emisiones.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación está enfocado en dos de los sistemas anticontaminación más importantes implantados en los vehículos actualmente, de allí su gran importancia respecto a la emisión de gases contaminantes hacia el medio ambiente. De igual manera, este estudio servirá como referencia y ayudará a los estudiantes y docentes que necesiten información relacionada con este tema de estudio. Tanto para la Universidad Técnica del Norte y sus estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz como para cualquier persona interesada sobre el tema de la contaminación ambiental.

El sistema PCV por sus siglas en inglés (Positive Crankcase Ventilation) cumple con la misión de reingresar los vapores tóxicos del cárter hacia el colector de admisión, como lo hace con los gases de escape el sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation), para luego pasarlos hacia la cámara de combustión donde son quemados. Ambos con la misma finalidad, disminuir la emisión de productos contaminantes hacia nuestro medio ambiente.

Actualmente los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, así como la sociedad en general, buscan investigar y trabajar con el tema de la polución y la influencia que tiene el campo automotriz sobre esta. Mediante este proyecto se busca desarrollar una serie de datos fiables que contribuyan con futuras investigaciones asociadas al campo automotor y sus derivados contaminantes, para poder establecer normativas y reglamentos que nos garanticen un aire limpio para la sociedad. Al ser nosotros futuros ingenieros tenemos la capacidad y el conocimiento adecuado para poder llevar a cabo este proyecto de investigación en bien de la sociedad en general.

1.3 ALCANCE

Conocer el funcionamiento y la disposición de los sistemas anticontaminación empleados, en el Chevrolet Sail 1.4 L

- Inspeccionar y evaluar el estado general de los sistemas PCV y EGR instalados en el motor (LCU133380626).
- Realizar actividades de diagnóstico y mantenimiento general del vehículo para garantizar el correcto funcionamiento y una obtención de datos fiables.

Realizar pruebas estáticas de emisiones de gases de escape para evaluar el funcionamiento y eficiencia de los sistemas objeto de estudio.

- Se utilizará un instrumento de medición homologado, que garantice que todas las pruebas sean cien por ciento fiables. La marca BRAIN BEE modelo AGS-688 nos ofrece todas esas características.
- Las pruebas se realizarán rigiéndonos a los pasos y requerimientos establecidos por la normativa nacional.
- El procedimiento será realizado con los sistemas previamente mencionados; conectados y suspendidos para un mismo tipo de motor.

Analizar y determinar la influencia de los sistemas PCV y EGR en el motor (LCU133380626) en base a las respectivas pruebas de emisiones de gases de escape.

- En función de la normativa establecida en la ciudad, determinar que ambos sistemas son parte fundamental para el control de emisiones contaminantes.
- Realizar datos comparativos del motor funcionando con y sin los sistemas: PCV y EGR. Y evaluar qué tan fundamentales son para el control de emisiones de gases contaminantes.

1.4 ANTECEDENTES

La inmensa mayoría de vehículos actuales son movidos mediante motores de combustión interna, ya sean de gasolina o diésel. Su misión es transformar la energía química contenida en el combustible en energía mecánica. Si esta transformación fuese perfecta, el motor no emitiría contaminantes tóxicos, pues en teoría expulsaría tan solo vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N). Pero ya en la realidad debido a las imperfecciones de la combustión por diversos factores, al desgaste que va sufriendo y a posibles averías de determinados componentes, se producen otras emisiones tóxicas a la salida del tubo de escape, como; el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC), todas ellas perjudiciales para la salud y el medioambiente. (Llanes Cedeño et al., 2018) menciona que “Las emisiones vehiculares contribuyen sustancialmente a los inventarios nacionales y locales de emisiones de HC, NO_x y CO, teniendo un serio impacto en la salud pública por su alta concentración de contaminantes atmosféricos en el aire”.

A lo largo de los años se han promulgado diversas normativas y leyes que exigen, entre otros aspectos, la instalación de sistemas anticontaminantes en los motores de los vehículos, que aseguren de modo permanente y a lo largo de la vida útil del vehículo, un adecuado control sobre los principales sistemas encargados de reducir las emisiones tóxicas, entre ellos cabe destacar el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y ventilación positiva del cárter (PCV) que serán específicamente los sistemas objeto de estudio para este trabajo. “The density of vehicles used to transport passengers and consumer goods has increased significantly with the rapid growth of urban areas”.(Zafra-Mejía et al., 2019) tomando en cuenta esto, se decide optar por todos los medios posibles anticontaminantes, así como la implementación de normas cada vez más estrictas que regulen la contaminación medioambiental, ya que el crecimiento poblacional va en aumento con el tiempo y por ende también la polución como consecuencia de una mayor demanda energética.

Actualmente, el mundo de la industria tiene cierta “inercia” y no resulta fácil poder realizar cambios radicales en cuanto a la producción de automóviles (Serpa et al., 2019), por lo que

de este modo la concienciación global sobre emisiones de residuos que dañan al planeta es cada vez mayor. Dos de los sistemas pioneros anticontaminantes son los ya mencionados: PCV y EGR. Ambos relacionados directamente con el tratamiento de los gases de escape en MEP.

1.5 ANTICONTAMINACIÓN

El mundo del transporte supone un 40 % del consumo energético y se sustenta prácticamente en su totalidad sobre la energía obtenida del petróleo, aunque dichas reservas mencionadas sean limitadas, también suponen un gran índice de contaminación ambiental en cuanto a su uso se refiere. (Samaca Aguilar & mayden.samaca@campusucc.edu.co, 2019)

La normativa medioambiental en cada país se esfuerza por preservar el medio ambiente y conseguir cada vez un aire lo más limpio posible, razón por la cual se exige a los automotores cumplir con ciertos compromisos en materia de emisiones contaminantes. (Urquidi, 2018)

Sus tres contaminantes principales: óxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx). Con el inevitable aumento del parque automotor a través del tiempo, también se establecen parámetros cada vez más exigentes en cuanto a emisiones de gases tóxicos. De igual manera el rápido avance tecnológico principalmente sobre los sistemas anticontaminación ayuda a lograr conseguir los estándares más exigentes que impone la normativa para cada país. Para este trabajo de investigación se tomará en cuenta el sistema de recirculación de gases de escape EGR y el sistema de ventilación positiva del cárter PCV.

1.5.1 GASES PRESENTES EN EL ESCAPE

Cuando nos referimos a la composición de los gases de escape de un motor de combustión interna MEP se utilizan casi siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, hidrocarburos, partículas de hollín, etc. Debemos aclarar que los elementos antes mencionados solo representan una fracción de la totalidad de gases presentes en el escape. Los gases residuales procedentes de la combustión están formados por más de 100 gases distintos, la mayoría en un porcentaje testimonial. Tan solo se tiene en cuenta los presentes en un porcentaje estimable, así como los más tóxicos para el ser humano, además de para la atmosfera. (Pérez, 2017)

1.5.1.1 Gases no tóxicos

- Nitrógeno (N₂), Es un gas no combustible, incoloro e inodoro. El nitrógeno es un componente elemental de nuestro aire respiratorio (78 % nitrógeno, 21 % oxígeno y 1 % de otros gases) y se alimenta al proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; solo una pequeña parte se combina con el oxígeno O₂ (óxidos nítricos NO_x).
- Oxígeno (O₂), Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante de nuestro aire respiratorio (21 %). Se aspira a través del filtro de aire, igual que el nitrógeno. Por el escape sale en un porcentaje que oscila entre 0,5 % y el 3 %.
- Vapor de agua, se forma por la condensación de los gases residuales con las paredes frías de la línea de escape, así como por la humedad ambiental.

1.5.1.2 Gases perjudiciales para la atmosfera

Estos gases no son directamente nocivos para el ser humano, esto quiere decir que su inhalación no supone un riesgo directo de salud para el hombre. No obstante, sus consecuencias sí que afectan, y mucho, al ser humano, ya que contribuyen al deterioro medioambiental de la atmosfera.

- Dióxido de Carbono (CO₂), Es un gas incoloro, no combustible. Se produce al ser quemados los combustibles que contiene carbono (p. ej. Gasolina, diésel). El carbono se combina durante esta operación con el oxígeno aspirado. Las discusiones generales en torno a las alteraciones climatológicas (efecto invernadero), el tema de las emisiones de CO₂ se ha hecho consciente en la opinión pública.

1.5.1.3 Gases tóxicos

Estos gases, en cambio, sí que producen un gran riesgo directo para el ser humano, de tal modo que su inhalación puede llegar inclusive hasta la muerte.

- Monóxido de Carbono (CO), es un gas incoloro, inodoro y explosivo. Se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (p. ej. Gasolina, diesel) el carbono se combina durante esta operación con el oxígeno aspirado. Es altamente tóxico y puede llegar a ser mortal, pues bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos.
- Hidrocarburos (HC), son componentes no quemados del combustible. Se componen de carbono e hidrogeno, su olor es penetrante y su color azulado. Son emitidos en una forma de quemado incompleta desde dispositivos o equipos que utilizan derivados del petróleo como fuentes de combustible. Los hidrocarburos son uno de los elementos clave responsables de la producción del smog fotoquímico.
- Los Óxidos de Nitrógeno (NOx), se componen de nitrógeno combinado con varias cantidades de oxígeno. Estos óxidos se producen por la unión de moléculas de nitrógeno y de oxígeno sometidas a alta temperaturas y presión. Por ejemplo, una partícula de nitrógeno y una de oxígeno forman el NO, dos de oxígeno y una de nitrógeno forman el NO₂, etc. También es uno de los principales componentes del smog.
- Partículas de Hollín (MP), son cuerpos diminutos de líquidos y sólidos los cuales se dispersan en la atmosfera durante cualquier proceso de quemado. Las partículas están compuestas de carbón, ceniza, aceite, grasa, y óxidos de metal. El humo, la neblina oscura y el polvo son variaciones de contaminación de aire los cuales son claramente visibles. Las emitidas por los motores Otto no son tan perjudiciales como las emitidas por los motores diésel.
- Óxidos de Azufre (Sox), se componen de varias cantidades de oxígeno y azufre. Los óxidos de azufre se producen al quemarse combustibles fósiles de bajos grados, tales como el carbón o el aceite. Interviene en una medida muy reducida en los gases de escape y propician enfermedades de las vías respiratorias. Es posible disminuir estas emisiones reduciendo el contenido de azufre en el combustible.
- Smog Fotoquímico, conocido simplemente como “smog₂”, es un derivado de la combinación de los HC y NOx. En presencia de la luz solar estos dos elementos forman Ozono (O₃), dióxido de nitrógeno, y nitrato de nitrógeno; todos los cuales causan problemas respiratorios. El dióxido de nitrógeno es un gas de color café (marrón) claro, el cual puede afectar la visibilidad en los corredores de aire y por encima de las autopistas.

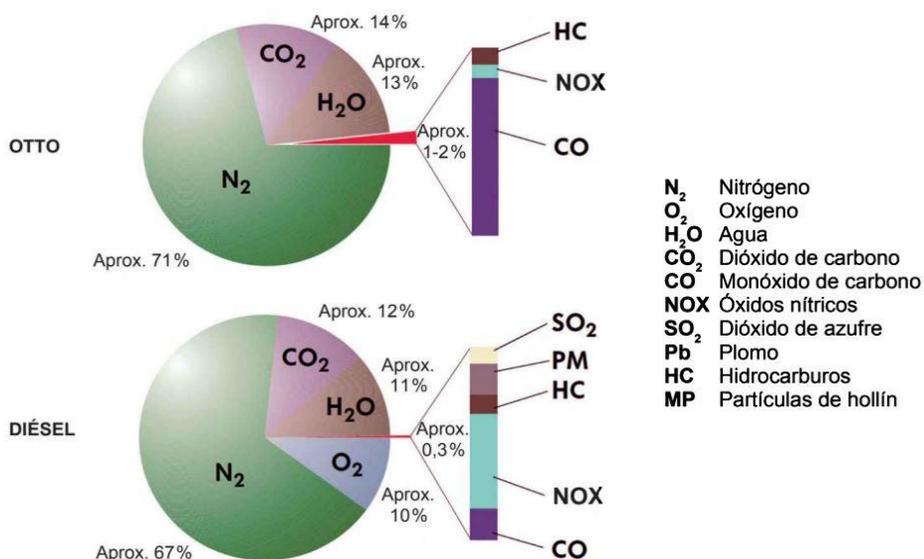


Figura 1 Gases procedentes de la combustión en un motor Otto y motor diésel

(Pardiñas & Feijó, 2018)

1.5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

- El nitrógeno normalmente conforme entra en el motor, saldrá del mismo y en la medida que el motor no esté bajo una carga elevada no formará óxidos de Nitrógeno.
- El Agua, es un componente inofensivo de los gases de escape, es aspirada en parte por el motor de la humedad del aire o se produce con motivo de la combustión en días fríos y en la primera fase de calentamiento del motor.
- Los Hidrocarburos, son restos de hidrocarburos sin quemar que se producen por mezclas pobres en Oxígeno. La conversión es de 1 % = 10000 ppm.
- Monóxido de Carbono, se forma siempre que la combustión es incompleta. El valor correcto esta entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

1.5.3 VERIFICACIÓN DE EMISIONES EN MOTORES OTTO

Para efectuar la comprobación de los porcentajes de emisiones contaminantes, se utiliza un analizador de gases, cuya sonda se introduce en el orificio de salida de la línea de escape. Previamente, deben efectuarse una serie de comprobaciones.

- El motor debe estar correctamente puesto a punto, se debe comprobar el estado de bujías, filtros de aire y combustible, nivel de aceite, ausencia de fugas de escape, régimen de ralentí y avance de encendido.
- Antes de empezar con la medición, el motor debe estar con la temperatura de funcionamiento (caliente), es decir, cuando abra el termostato o el electroventilador se ponga en funcionamiento.
- Se pone en marcha el analizador, una vez caliente la maquina se deberá ajustar a cero los valores iniciales con el objetivo de evitar mediciones erróneas.

	Factor lambda	CO	HC	CO ₂	O ₂
V. correctos ralentí	0,98	< 0,5-2 %	175-250 p. p. m.	12-16 %	0,5-3 %
V. correctos a 3500 r. p. m.	1 a 1,08	0,8 %	100 p. p. m.	15 %	1,5 %
Mezcla rica ralentí	0,98	> 0,8 %	> 100 p. p. m.	< 15 %	< 1 %
Mezcla pobre ralentí	1,3	< 0,5 %	> 100 p. p. m. Puede subir si es muy pobre	< 15 %	> 1,5 %

Figura 2 Emisiones máximas para un motor Otto

(Pérez, 2017)

La medición en si no variara, no así sus resultados, dependiendo de la normativa anticontaminación que se encuentre vigente para el vehículo a verificar.

1.5.4 NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA PARA EMISIONES DE MOTORES OTTO

La normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2204:2017 es quien establece los límites y requisitos (Prueba estática) máximos permisibles de emisiones para vehículos autopropulsados por motores de gasolina.

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1. (INEN, 2016)

Tabla 1 Límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina

Año modelo	% CO ^a		Ppm HC ^a	
	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b
2000 y posteriores	1.0	1,0	200	200
1990 a 1999	3.5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5.5	6,5	1000	1200
* Volumen				
*Altitud= metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Fuente: (INEN, 2016)

Tabla 2 Límites de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina (ciudad de Ibarra)

Año modelo	CO %	HC ppm	O2 %
200 y posteriores	1	250	3
1990 a 1999	4	700	3
1989 y anteriores	7	1200	4

Fuente: (INEN, 2016)

1.6 SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER

1.6.1 LA VENTILACIÓN DEL CÁRTER

El inconveniente con la ventilación del cárter ha existido desde el comienzo del automóvil ya que se presenta el problema de que ningún anillo o segmento de pistón, nuevo o viejo, puede proveer un sellado perfecto entre el pistón y la camisa del cilindro (Halderman, 2012). Con el motor funcionando, durante la fase de combustión se genera una presión en la cámara que desplaza el pistón hacia el PMI, pero, a su vez esta misma presión empuja subproductos de la combustión hacia el cárter a través del imperfecto sellado de anillos y camisa. Es así como el bloque motor también pasa a ser una fuente de contaminación, al igual que el tubo de escape y el tanque de combustible.

1.6.2 VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER (PCV)

Sistema PCV por sus siglas en inglés “Positive Crankcase Ventilation”. Es un sistema que fue desarrollado para remover vapores dañinos del motor y prevenir que esos vapores sean expelidos a la atmósfera. (Guevara Burbano & Ron Paz y Miño, 2014)

1.6.2.1 Sistema PCV abierto

El sistema de ventilación positiva abierto simplemente consiste en un tubo o manguera comúnmente ubicada en la parte superior del motor (tapa de balancines) que conecta el interior del motor con el aire exterior, y que, debido a la presión interna del bloque, estos vapores se emanan directamente hacia la atmosfera.

1.6.2.2 Sistema PCV cerrado

Actualmente es un sistema obligatorio y con el que cuentan casi la totalidad de vehículos. Básicamente se trata en conectar un tubo de salida de gases con el múltiple de admisión, con la interposición de una válvula (PCV) que regula el paso de estos gases, de esta manera los vapores son reingresados al interior del cilindro donde se queman junto con la mezcla aire-combustible.

1.6.2.4 Válvula PCV

La válvula PCV está desarrollada para compensar los requerimientos de ventilación del motor a diferentes regímenes del motor. La operación de la válvula es comandada por la depresión en el múltiple el cual aumenta o disminuye de acuerdo con el cambio de velocidad del motor.

- Funcionamiento a bajas revoluciones: (ralentí, cruceo y funcionamiento con carga ligera) se tiene un vacío elevado en el colector y por ende en el cabezal debido a la forma del mismo el flujo de gases se reduce al mínimo.



Figura 3 Posición válvula PCV – Bajas revoluciones

(Válvula PCV: Sistema de Ventilación Positiva Del Cárter, n.d.)

- Funcionamiento altas revoluciones: (altas velocidades, aceleración y cargas pesadas) se tiene un vacío mínimo en el cabezal, a esto se le suma la presión del muelle por lo que la válvula se abre y el flujo es máximo, enriqueciendo la mezcla a elevadas rpm.



Figura 4 Posición válvula PCV – Altas revoluciones

(Válvula PCV: Sistema de Ventilación Positiva Del Cárter, n.d.)

- Funcionamiento en contra explosiones: (fallo del motor) la presión del colector llega instantáneamente al cabezal cerrándolo en su totalidad y evitando que la llama llegue hacia dentro del bloque motor.



Figura 5 Posición válvula PCV – Contra explosiones
(Válvula PCV: Sistema de Ventilación Positiva Del Cárter, n.d.)

1.8 RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE EGR

Este sistema anticontaminación, utilizado tanto en motores diésel como de gasolina tiene la función principal de reducir el porcentaje de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), tarea que el catalizador no llega a efectuar en su totalidad.

Para ello, reduce el flujo másico de aire que alimenta al motor, haciendo que parte del aire fresco ingresado al mismo sea sustituido por gases residuales procedentes del ducto de escape. Es así como, al disminuir el flujo másico, la temperatura producto de la combustión es más baja, disminuyendo de esta manera la generación de NO_x.

1.8.1 EGR DE ACCIONAMIENTO POR VACÍO

Su funcionamiento radica sobre una membrana o pulmón donde por un lado incide la depresión y por el otro lado un muelle antagonista que se encarga de mantener la válvula EGR cerrada. El manejo de la depresión está a cargo de una electroválvula que controla la ECU del motor mediante PWM. Así, cuanto mayor depresión sobre la válvula, mayor será su apertura, siendo proporcional al porcentaje de recirculación de gases de escape.

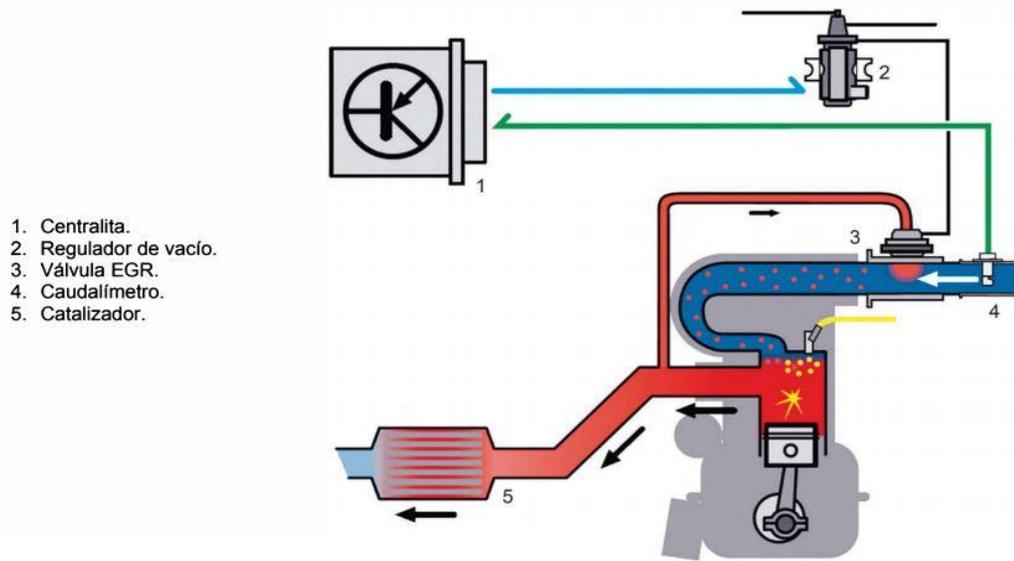


Figura 6 Esquema de funcionamiento del sistema EGR

(Recirculación de Gases de Escape: Válvula EGR / HELLA, n.d.)

1.8.2 EGR DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

Mayormente utilizadas hoy en día, sustituyendo a las de accionamiento neumático. Se destacan por su mayor precisión, rapidez y menor número de componentes. A su vez, existen dos variantes de este tipo en el mercado.

1.8.2.1 EGR de electroimán

La válvula es abierta mediante un electroimán, que ejerce presión sobre un muelle antagonista, mismo que la mantiene cerrada cuando el electroimán no está alimentado por la ECU mediante PWM. Para poder calcular el porcentaje de apertura de la válvula cuenta con un potenciómetro adherido al vástago, que indica la posición de apertura a la ECM.

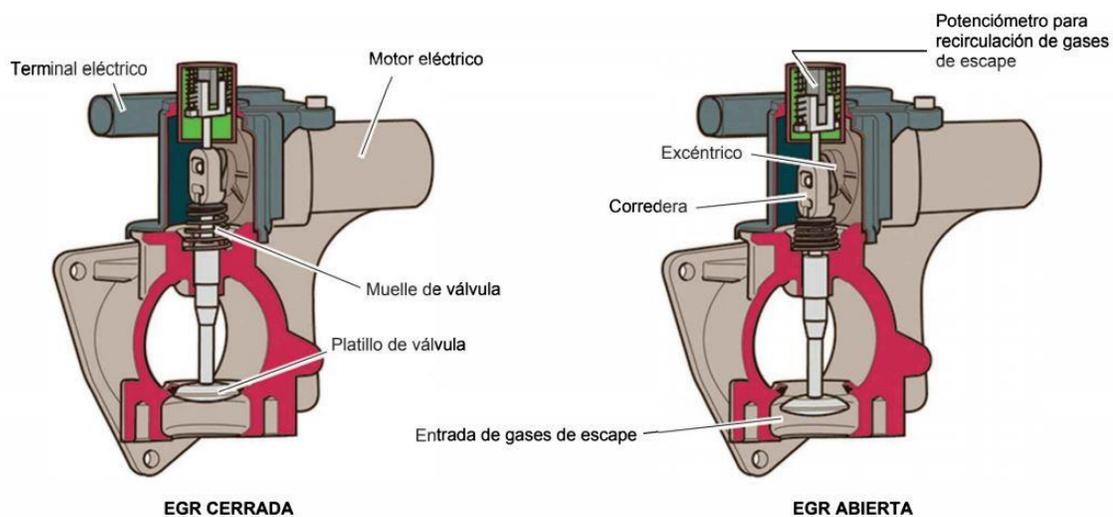


Figura 7 Funcionamiento de una válvula EGR de electroimán

(*Válvula EGR, Todo Lo Que Debes Saber*, n.d.)

1.8.2.2 EGR de mariposa

Esta es una variante más moderna, en donde se dispone de una mariposa que es accionada mediante un servomotor (similar en concepto al actuador de mariposa de aceleración), disponiendo de igual forma de un reóstato o potenciómetro para determinar su posición.

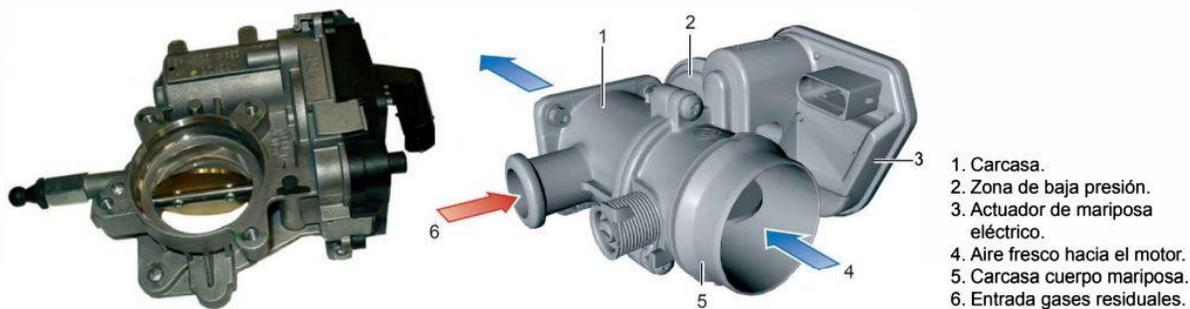


Figura 8 EGR de mariposa

(*Qué Es La Válvula EGR, Sus Tipos y Funcionamiento*, n.d.)

1.8.3 CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO

La activación del sistema EGR se realiza siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones de funcionamiento:

- La activación de la válvula EGR no se produce con motor frío, ni a plena carga. Es decir, se acciona con motor caliente y cargas parciales.
- En sistemas un poco más evolucionados (sin regulación lambda), el accionamiento lo determina la señal enviada por el caudalímetro (MAF). Si el flujo de aire fresco difiere sensiblemente con la cartografía, se procede a su corrección mediante el ajuste de gases residuales.
- En motores a gasolina, no solo se juega con la dosificación, sino también se actúa sobre el caudal másico para limitar las emisiones contaminantes.
- En motores a gasolina con carga estratificada, el uso de LA EGR se hace más palpable, por el hecho de la alta producción de NOx en el funcionamiento de estos sistemas.
- El límite de la recirculación de gases de escape está determinado por la subida de emisiones de CO y HC, así como por la disminución de las prestaciones.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1 MATERIALES

En este apartado, se menciona y detalla de acuerdo con su orden de importancia cada uno de los materiales utilizados para el desarrollo de este proyecto de investigación.

2.1.1.1 Motor Chevrolet Sail 1.4 cc 2014

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se empleó el motor (LCU133380626), perteneciente a la marca automotriz Chevrolet, modelo Sail 1.4 L año 2014 como objeto de estudio, mismo que contaba con los sistemas ya antes mencionados para el respectivo análisis. Además, de ser un modelo muy utilizado en nuestro mercado.

Tabla 3 Especificaciones del motor Chevrolet Sail 1.4 L.

MOTOR	
Designación comercial	1.4 Gasolina
Código de identificación del motor	B10D1
Numero de cilindros	4
Desplazamiento del pistón (cm ³)	1398
Potencia del motor (HP@RPM)	102@6000
Par (Nm@RPM)	131@4200
Relación de compresión	10:1
Tipo de combustible	Gasolina
Octanaje RON (recomendado)	RON 91

Fuente: (2015 Manual Del Propietario Chevrolet Spark M 2015 Manual Chevrolet Spark M, 2015)

2.1.1.2 Válvula PCV

El sistema de ventilación positiva de cárter utiliza para este vehículo, una válvula PCV que también es empleada en modelos como: Daewoo Matiz, Chevrolet Spark 0.8 L, Chevrolet Spark 1.0 L y Chery QQ.

Esta válvula cuenta con una única posición, si se la instala al revés simplemente no funcionara, ya que bloqueara el paso de los vapores. Se encuentra ubicada en la parte superior del motor a un costado de la tapa de balancines.



Figura 9 Válvula PCV del motor Chevrolet Sail 1.4 L.

(VALVULA PCV RETORNO CHEVROLET SAIL 1.4 11-18 - Autosansmotors, n.d.)

La parte de color negro siempre ira conectada en el sentido del múltiple de admisión, mientras que la parte de color blanca ira conectada en el orificio del costado de la tapa de balancines.

2.1.1.3 Válvula EGR Chevrolet Sail 1.4 L.

La válvula EGR empleada en el vehículo Chevrolet Sail 1.4 L cuenta con las siguientes características:

Tabla 4 Especificaciones Válvula EGR Chevrolet Sail 1.4 L.

Valvula EGR Chevrolet Sail 1.4 gasolina 50 KW 2006 MK3	
Resistencia interna (Ω)	10 Ohmios aprox.
Tipo	Electrónica
Marca	Delphi
Vacío	No
País de procedencia	Korea

Fuente: (VALVULA EGR CHEVROLET AVEO 1.4-1.6 - Cuatro Fierros, n.d.)

2.1.2 EQUIPOS

2.1.2.1 Analizador de gases Brain Bee (AGS-688)

Es posible detectar la presencia de un gas, mediante la medición del equivalente de luz infrarroja absorbida en una onda particular de energía infrarroja que pasa a través de las células contenidas en la mezcla de un gas (*Analizador de Gases Brain Bee - Modelo AGS-688 - Globaltech Ecuador, n.d.*).

Si un gas absorbe un espectro de luz infrarroja y este espectro es característico y específico de dicho gas, entonces la indicación de esta absorción puede ser usada como indicación de la concentración de dicho gas.

El método frecuente usado en los analizadores de emisiones de escape consiste en permitir el paso de luz infrarroja a través de una celda que contiene el gas, y detectar de este modo la cantidad de energía absorbida por cada uno de los gases que descarga el escape. Este analizador cumple y está homologado con la normativa técnica ecuatoriana anticontaminación, siendo utilizado tanto en centros de revisión técnica vehicular como en talleres autorizados para realizar pruebas de emisiones de escape.

Tabla 5 Especificación Técnica del Analizador de Gases Brain Bee (AGS-688)

Parámetro	Escala	Unidad	Resolución
CO	0 – 9.99	% Vol.	0.01
CO2	0 – 19.9	% Vol.	0.1
Hidrocarburos (HC)	0 – 9999	PPM	1
O2	0 - 25	% Vol.	0.01
NOx	0 – 5000	PPM	10
Lambda	0.5 – 5.0		0.001
Revoluciones de motor	300 – 9990	Min -1	10
Temperatura de aceite	20 - 150	oC	1

Fuente: (Analizador et al., n.d.)

El analizador AGS-688 cuenta con una cámara de medición marca SENSORS catalogada y homologada como una de las mejores a nivel mundial. Por esta razón garantiza una larga vida útil y extremada precisión en la lectura, siendo este último un factor determinante en cualquier analizador de gases de escape.

2.1.2.2 Scanner Automotriz G Scan 2

El scanner automotriz es una herramienta imprescindible en el área de trabajo del taller automotriz actual. Por tanto, este aparato deberá contar con algunas funciones básicas para su uso eficaz en el diagnóstico electrónico, por lo general, un scanner plenamente equipado cuenta también con un osciloscopio y un multímetro integrados. Además, de brindar una serie de funciones adicionales como el de simulación de sensores, prueba de actuadores, apagado de cilindros entre otros.

Considerado uno de los mejores equipos de diagnóstico electrónico en el área automotriz, el G Scan 2 cuenta con un software completo para operar en vehículos de 12 y 24 voltios, su fácil manejo y un entorno visual óptimo gracias a su pantalla touch hacen que sea el scanner más solicitado en el mercado automotriz.

Tabla 6 Especificaciones técnicas del equipo G Scan 2

Descripción del equipo G Scan 2
Sistema de auto búsqueda de modelo.
Grabación de flujo de datos.
Tarjeta de memoria de 16 Gb.
Software OEM (Concesionario) Hyundai/Kia.
Adaptaciones y reprogramaciones.
Operación de vehículos a 12 y 24 voltios.
Lectura digital y gráfica del flujo de datos.
Opción de escritura en pantalla para el análisis de datos.
Software de interfaz a PC en tiempo real.
Lectura y borrado de DTC.
Triple procesador.
Detección de líneas CAN.

Fuente: (Ortega Galarza, 2017)

Además, el modelo a utilizar cuenta con un osciloscopio digital de 4 canales, multímetro y simulador de sensores y actuadores incorporado, herramientas de gran ayuda a la hora de obtener datos confiables y precisos.

2.2.2.3 Osciloscopio Automotriz

El osciloscopio es un instrumento de representación gráfica, donde a través de una pantalla se representan las señales eléctricas por unidad de tiempo.

Puede representar oscilaciones, frecuencias, duración de impulsos y amplitudes de la señal recibida. Su principio de funcionamiento es sencillo: registra en el eje vertical (y) un gráfico a partir de la tensión medida y, en el eje horizontal (x), el tiempo de medición transcurrido. El tiempo de reacción corto permite diagnosticar averías que aparecen intermitentemente.

Mediante el osciloscopio también se puede comprobar el estado general de un sistema de gestión del motor. Un buen ejemplo de esto es el sensor de oxígeno. Mediante la representación de la señal de oxígeno resulta posible constatar cualquier irregularidad en el comportamiento funcional del sistema en su conjunto. Una oscilación correcta constituye un indicio fiable de que el sistema funciona correctamente.

Tabla 7 Características del Osciloscopio VMI (Vehicle Measurement Interface)

OSCILOSCOPIO		
Voltaje Division	2 Canales	±400mV, ±800mV, ±2V, ±4V, ±8V, ±20V, ±40V, ±80V, ±200V, ±400V
	4 Canales	±4V, ±8V, ±20V, ±40V, ±80V, ±200V, ±400V
Resolución Vertical	10 bit	
Modo de muestreo	Normal/Modo pico	
Acoplamiento AC/DC	Soportado	
Tiempo de Division	2 Canales	100 μ s, 200 μ s, 500 μ s, 1 ms, 2 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 50 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms, 1s, 2s, 5s
	4 Canales	200 μ s, 400 μ s, 1 ms, 2 ms, 4 ms, 10 ms, 20 ms, 40 ms, 100 ms, 200 ms, 400 ms, 1s, 2s, 4s

Fuente: (G-scan2, 2015)

El osciloscopio VMI integrado en el scanner Gscan 2 es una de las herramientas más profesionales del mercado. Mide fluctuaciones de voltaje o amperaje de circuitos de sensores o actuadores del vehículo de manera rápida y ofrece señales de referencia en formas de gráficas (ondas) mediante sus presets ya establecidos.

2.2.2.4 Multímetro automotriz Trisco (DA-830)

Es el aparato de medición más utilizado en el taller de electromecánica. Puede emplearse para todas las mediciones rápidas de tensiones (DC-AC), corrientes (AC-DC), resistencia eléctrica, etc.

Tabla 8 Especificaciones del multímetro automotriz Trisco (DA-830) (Continuación...)

Funciones típicas:	Funciones especiales:
RPM: tacómetro para encendido convencional y DIS (300 - 12000RPM)	AUTO-RANGO en todas las escalas
DWELL: para 4, 6, 8 cilindros	MÁX/MIN: memoria que almacena los valores máximo y mínimo de cada medición
DUTY %: porcentaje de duración del ciclo de trabajo.	REL: calcula el incremento entre dos medidas
PULSE WIDTH (ms.) mide el tiempo de inyección en milisegundos (0 - 40mS)	HOLD: congela la lectura
KV: escala especial para medir kilovoltios en secundario de bobina, cables de bujía (0 - 40KV)	LIGHT: luz de fondo para la pantalla
HZ: medición de frecuencia (4KHz - 40MHz)	TRIG+/- cambia el disparo de positivo a negativo y viceversa
LOGIC PROBE: sonda lógica	BARGRAPH: barra gráfica

TPS/MAF: escala especial para chequeo de estos sensores	AUTO POWER OFF: apaga automáticamente el equipo para prolongar la vida útil de las baterías RS232: Puerto y cable especial para comunicación con PC incluye software para graficar y almacenar las lecturas en formato Windows.
O2: escala especial para chequeo de la sonda de lambda.	
TEMPERATURA: en grados centígrados y Fahrenheit	
AMPERAJE: en AC y DC hasta 20 AMP.	
PROBADOR DE DIODOS RESISTENCIA: hasta 40 Mega ohmios y pito en continuidad	
VOLTAJE: hasta 500V. AC y DC.	

Fuente: (*Trisco Multimetrol Automotriz*, n.d.)

2.2 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se empleó el método descriptivo y experimental, son las más idóneas y se adaptan de buena manera con el proyecto presentado, referente al tema de evaluación y análisis de los sistemas de ventilación positiva del cárter (PCV) y recirculación de gases de escape (EGR) del motor Chevrolet Sail 1.4 L.

2.2.1 MÉTODO DESCRIPTIVO

El método descriptivo es un método cualitativo, usado en investigaciones que tienen el objeto de evaluar algunas características de una muestra o situación particular (Yanez, 2019). La investigación descriptiva tal como lo indica su nombre tiene el propósito de describir el estado y/o comportamiento de una serie de variables.

Este método supone examinar sistemáticamente el objeto de estudio y clasificar la información que se obtenga para que pueda ser utilizada y estudiada por otros.

2.2.1.1 Revisión del estado del motor Chevrolet Sail 1.4 L

Para poder llevar a cabo de manera confiable cada una de las pruebas previamente expuestas, será necesario tomar en cuenta el estado general del motor Chevrolet Sail 1.4 L., de manera que se garantice que, tanto el sistema de ventilación positiva del cárter (PCV) y recirculación de gases de escape (EGR) se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento, favoreciendo con la obtención de datos fiables y precisos.

Actividades realizadas en el motor:

- Inspección del sistema de gestión electrónica del motor y análisis de DTCs
1. Poner el switch de encendido en la posición de contacto (KOEO).
 2. Colocar el scanner G Scan 2 al puerto OBD2 a través del conector DLC.
 3. Ingresar por el modo OBD2 genérico y revisar códigos de falla.
 4. Ingresar por fabricante y modelo, revisar en la opción búsqueda de DTC.
 5. Observar y analizar los DTCs almacenados en la centralita del motor.
 6. Revisar el flujo de datos y parámetros de funcionamiento de los componentes de los sistemas: PCV y EGR.
 7. Ingresar en la opción de monitores OBD II y revisar que estén completados según el número de que disponga este modelo de vehículo.
 8. También se puede realizar pruebas de actuadores para verificar el estado general de los mismos.
 9. No se registraron códigos de error almacenados y tampoco un comportamiento anormal en el flujo de datos del sistema electrónico de motor.

Prueba de disposición				
Nombre de Sensor(1/13)	MID	Valor	Unidad	
<input checked="" type="radio"/> Número de DTC	11	0	-	▲
<input type="radio"/> Malfunction Indicator Lamp(MIL)	11	OFF	-	▲▲
<input type="radio"/> Misfire Monitoring	11	COMPLETED	-	▲
<input type="radio"/> Fuel System Monitoring	11	COMPLETED	-	▲
<input type="radio"/> Comprehensive Component Monitoring	11	COMPLETED	-	▲
<input type="radio"/> Catalyst Monitoring	11	NOT APPLICABLE	-	▼
<input type="radio"/> Heated Catalyst Monitoring	11	NOT APPLICABLE	-	▼
<input type="radio"/> EVAP System Monitoring	11	NOT APPLICABLE	-	▼
<input type="radio"/> Secondary Air System Monitoring	11	NOT APPLICABLE	-	▼
<input type="radio"/> A/C System Refrigerant Monitoring	11	NOT APPLICABLE	-	▼
Todo			Select Item	

Figura 10 Estado de monitores OBD II en el Chevrolet Sail 1.4 L

(Automax, 2020)

- Revisión mecánica del estado del motor.

Revisión de niveles de fluidos

1. Inspeccionar que el nivel de aceite de motor se encuentre correcto (entre el máximo y mínimo) a través de la bayoneta de medición.
2. Verificar el estado del refrigerante de motor, así como su nivel.
3. Inspección visual en busca de fugas de algún tipo de fluido de motor.

Prueba de compresión de cilindros

1. Verificar que la batería se encuentre en óptimas condiciones.
2. Desconectar la bobina de encendido.
3. Retirar las bujías de su puesto.

4. Conectar el manómetro de compresión.
5. Arrancar el motor por aproximadamente 4 segundos.
6. Analizar la presión obtenida en el manómetro en función del uso del motor (Km del odómetro).
7. Este motor contaba con un kilometraje de 141 325 Km de recorrido.

Tabla 9 Valores obtenidos de la medición de compresión de cilindros (Sail 1.4 L)

MEDICIÓN	CILINDROS				Unidad
	1	2	3	4	
1	175	175	178	175	psi
2	175	177	175	178	psi
3	170	175	175	175	psi
Promedio	173.3	175.6	176	176	psi

Fuente: (Automax, 2020)

- Revisión en el sistema de encendido
1. Retirar las bujías del motor.
 2. Inspeccionar el desgaste y estado de los electrodos de bujías.
 3. Inspeccionar el estado de los cables de alta tensión.
 4. Revisar el estado físico de la bobina de encendido.
 5. Calibra si es necesario o reemplazar por bujías nuevas.
 6. Para este caso se reemplazaron las bujías viejas por un exceso desgaste en sus electrodos.
 7. Las nuevas bujías que fueron colocadas pertenecían a su equivalente en la marca NGK (DCPR7E).
 8. Adicional se revisó el estado general de los aislantes (capuchones) de las bobinas de encendido.



Figura 11 Estado general de las bujías de encendido (Sail 1.4 L)

(Automax, 2020)

2.2.1.2 Inspección del sistema de ventilación positiva del cárter (PCV).

1. La manguera de vacío y la válvula PCV se encuentran entre el múltiple de admisión y a un costado de la tapa de balancines.
2. Verificar que todas las mangueras no presenten fisuras o grietas.
3. Retirar la válvula y corroborar estado de esta.
4. Reemplazar si la válvula PCV esta taponada.
5. Se encontró con una válvula PCV totalmente taponada por carbonilla.
6. Se realizo la limpieza de los conductos o mangueras.
7. Se instalo una nueva válvula PCV para garantizar una correcta circulación de los gases del cárter hacia el colector de admisión.

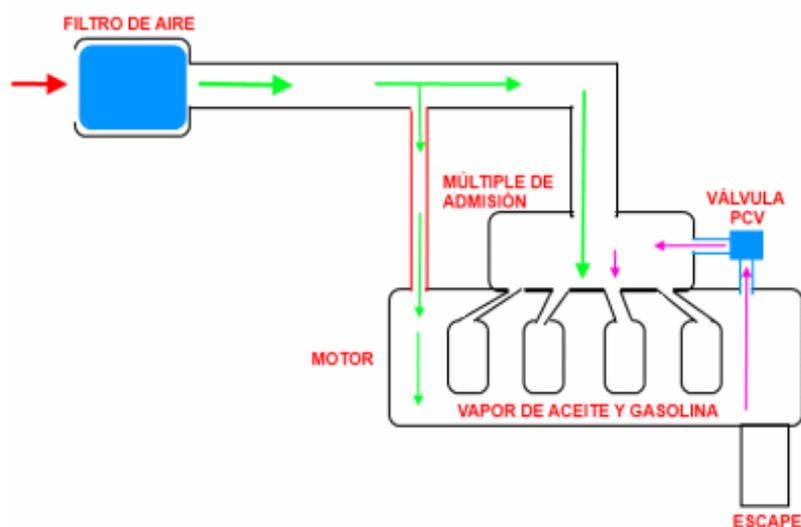


Figura 12 Diagrama del sistema PCV

(Válvula PCV: Sistema de Ventilación Positiva Del Cárter, n.d.)

2.2.1.3 Inspección del sistema de recirculación de gases de escape (EGR)

1. Revisar el cableado eléctrico y los pines de conexión hacia la válvula.
2. Medir el devanado eléctrico del solenoide interno (Ω).
3. Revisar el correcto funcionamiento del potenciómetro.
4. Retirar la válvula EGR
5. Revisar juntas y sellos de estanqueidad.
6. Verificar que la válvula esté libre de hollín o carbón que obstruya el paso de los gases.
7. Realizar la limpieza de los conductos internos si estos están con mucha carbonilla.
8. Se realizó la limpieza de los conductos de circulación de los gases de escape.
9. Fue removido la carbonilla y lodos presentes en la válvula EGR.
10. Se corroboró su funcionamiento con la ayuda de la prueba de actuación mediante el scanner G-Scan 2.

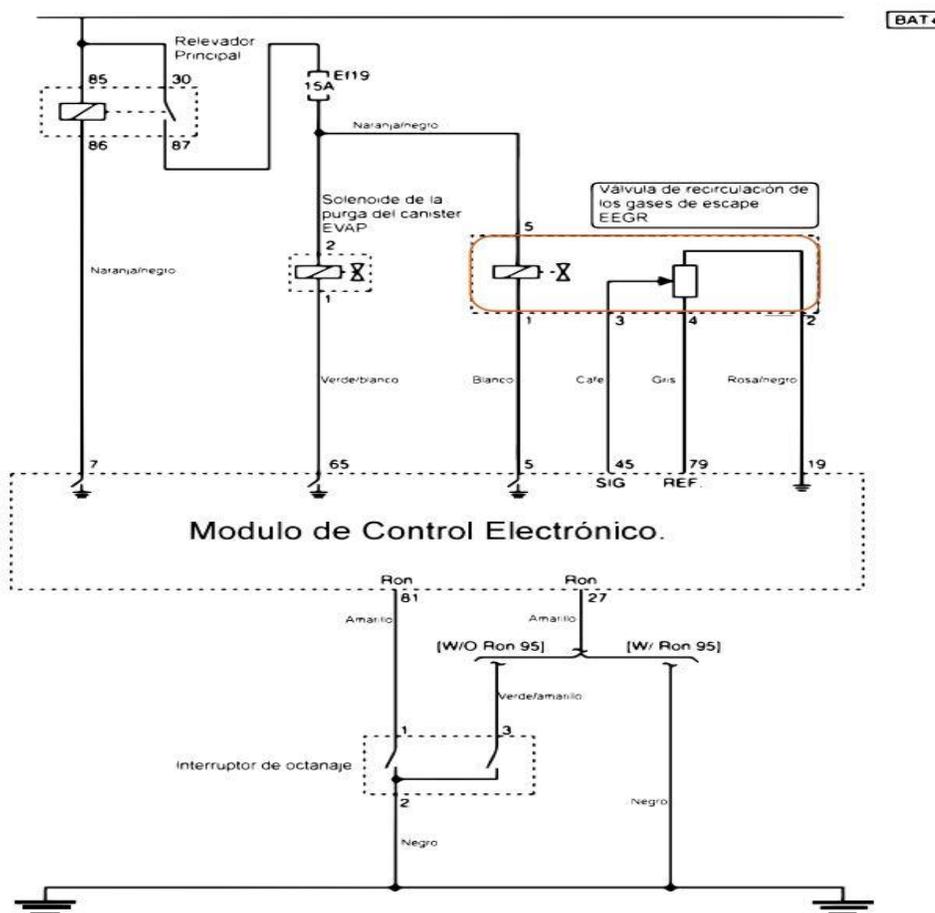


Figura 13 Diagrama eléctrico sistema EGR Chevrolet Sail 1.4 L.

(Tomo 15 -GM MATIZ 2005-2011 1.0 ECM DE 90 TERMINALES.Pdf, n.d.)

2.2.2 MÉTODO EXPERIMENTAL

En la investigación experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas (Sans & Atenea Alonso Serrano, Lorena García Sanz, Irene León Rodrigo, Elisa García Gordo, Belén Gil Álvaro, 2012). Se utilizó este método con el fin de obtener datos de funcionamiento del sistema PCV y EGR en un MEP. Manipulando los elementos que componen los mismos, se logra diferentes variables de medición y resultados a distintos regímenes de carga en función de las emisiones generadas.

2.2.2.1 Prueba de emisiones del motor Chevrolet Sail 1.4 L

Esta prueba se la realiza para corroborar el estado inicial del motor (LCU33380626) antes de intervenir en los sistemas PCV y EGR, basándonos en la normativa NTE INEN 2204: 1998 Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina.

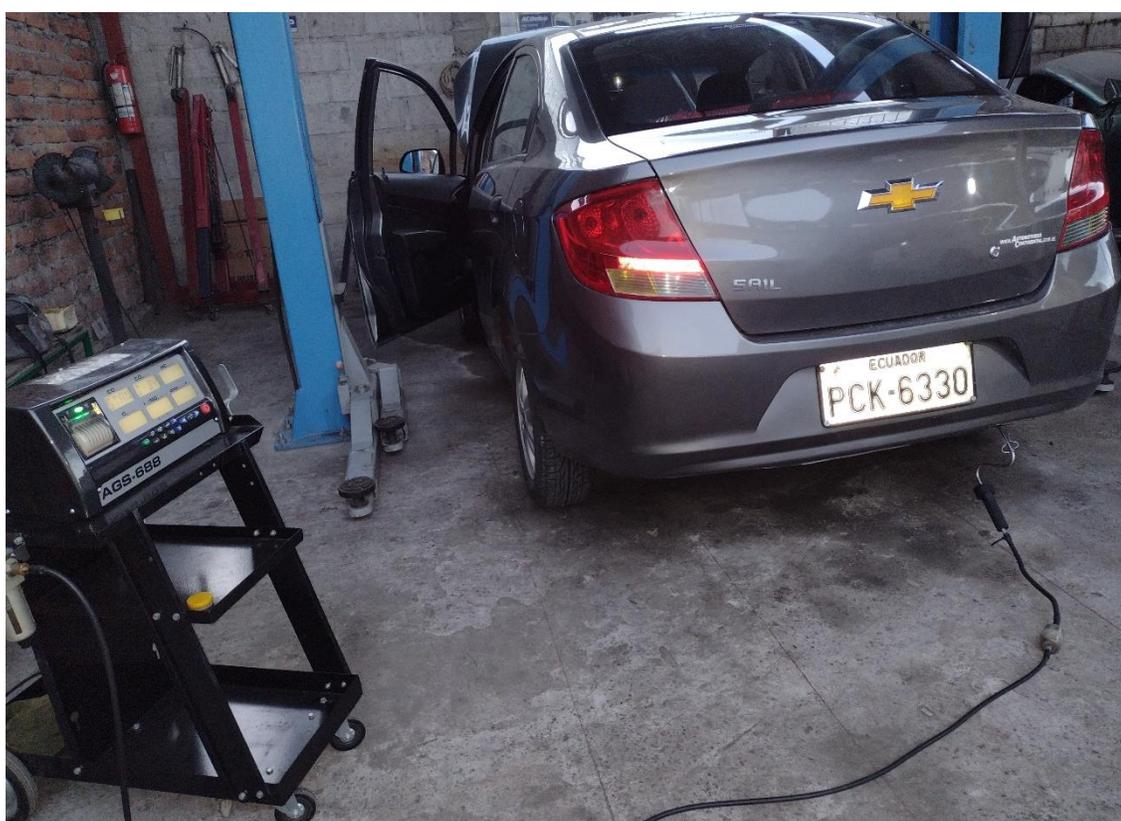


Figura 14 Prueba de emisiones de escape (Chevrolet Sail 1.4 L)

(Automax, 2020)

Las pruebas de emisiones de escape fueron realizadas en la ciudad de Ibarra a una altura de aproximadamente (2225 m s. n. m.) con una presión atmosférica de (11.2 psi = 77.22 KPa) aplicándose la normativa vigente por la agencia de revisión vehicular en esta ciudad.

Condiciones previas para la prueba de emisiones:

- Motor haya alcanzado la temperatura de trabajo (90° C aproximadamente).
- Conducto de tubo de escape en perfectas condiciones (sin fugas).
- Motor puesto a punto y trabajando de manera óptima.
- Catalizador en buenas condiciones.
- Sensor O2 funcional y monitor cumplido.

Una vez cumplidos los requisitos previos mencionados, se procede a realizar la prueba de gases de escape y corroborar que las emisiones se mantengan dentro de la normativa.

Tabla 10 Primera prueba de emisiones en el vehículo Chevrolet Sail 1.4 L

Prueba de emisiones inicial del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L.				
	Ralentí	Media Carga	Plena Carga	Unidad
Temperatura	91	88	89	° C
Régimen motor	785	2489	3991	1/min
CO	0.16	0.15	0,08	% vol
HC	72	29	29	ppm vol
O2	0,13	0,13	0,82	% vol
CO2	14,5	14,4	14.0	%vol
LAMBDA	0,998	1,000	1,036	

Se comprueba que todos los parámetros medidos se encuentran muy por debajo de los límites permitidos por la agencia de regulación en la ciudad de Ibarra. De esta forma se garantiza que el análisis sobre los sistemas PCV y EGR sean confiables.

2.2.3 MANTENIMIENTO Y COMPROBACIONES DEL SISTEMA PCV

Pese a ser un sistema relativamente sencillo si no se realiza un adecuado mantenimiento este fallará pronto, ocasionando daños que pueden llegar a ser muy caros.



Figura 15 Válvula PCV ubicada en la tapa balancines

(Sistema de Ventilación Positiva Del Cárter (PCV) | Autolab, n.d.)

Las mangueras o tubos del sistema al igual que sus conexiones siempre deberán estar libres de taponamiento y correctamente sellados garantizando de esta manera un libre flujo y completa hermeticidad del sistema. Si todo esto se cumple se garantiza también un adecuado control sobre las emisiones contaminantes.

2.2.4 MANTENIMIENTO DE LA VÁLVULA PCV

El caudal que regula esta válvula está previamente establecido para cada motor y no se debe sustituir para otro tipo de motor diferente, además, en el diseño del motor se incluye el flujo de aire y vapores como parte de la calibración de la mezcla estequiométrica. De hecho, algunos motores reciben hasta un 30 % del aire a través del sistema PCV (Halderman, 2012).

2.2.5 COMPROBACIONES DEL SISTEMA PCV

Un sistema de ventilación positiva de cárter siempre que funcione adecuadamente deberá poder remover o aspirara los gases generados dentro del cárter y llevarlos hacia el colector de admisión. Si se presenta alguna anomalía en el sistema se puede realizar algunos métodos de comprobación.

2.2.5.1 Prueba de sonido

También conocida como prueba de cascabeleo consiste en retirar la válvula de su ubicación en el motor y agitarla, si esta no emite un sonido característico de cascabel lo más seguro es que esté defectuosa.

2.2.5.2 La prueba de tarjeta 3x5

Esta prueba consiste en retirar el tapón de llenado del aceite en el motor y colocar sobre la abertura de ingreso del aceite un papel 3X5 o similar (billete de un dólar), y arrancar el motor.

2.2.5.3 Prueba de retroceso

Consiste básicamente en desconectar la válvula de su asiento y colocar el dedo mientras el motor esté encendido, lo que se espera es ver una respuesta de retroceso de la válvula (abrir y cerrar) mientras se coloca y retira el dedo del conducto rápidamente.

2.2.5.4 Prueba de vacío del cárter

Para esta prueba será necesario un vacuómetro que nos permita medir un pequeño vacío a través del tubo de la varilla medidora del nivel de aceite. Todo esto, en condición de ralentí y a 2500 rpm. Se espera que el sistema PCV sea capaz de generar vacío en el cárter y que el equipo de medición nos muestre algo de vacío especialmente a las 2500 rpms.

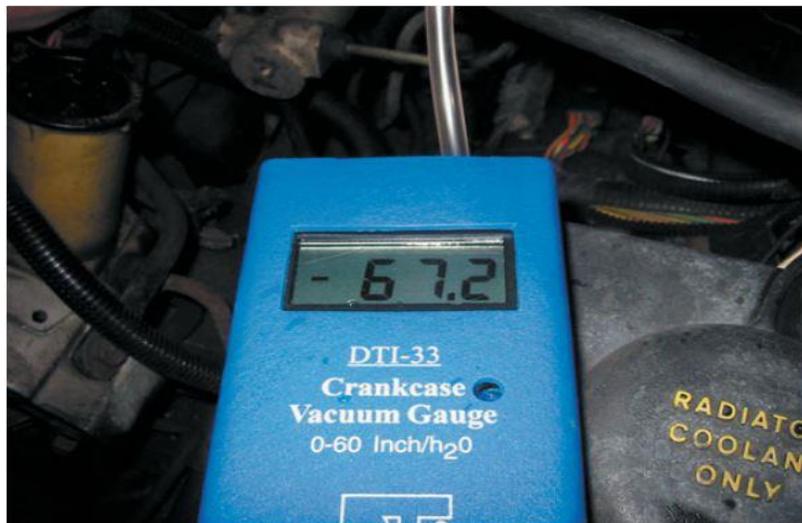


Figura 16 Prueba de vacío en el sistema PCV

(Halderman, 2012)

2.2.5.5 Monitor PCV

Otro de los métodos mediante el cual podemos realizar un diagnóstico sobre el sistema PCV es a través de los monitores no continuos, mediante del protocolo OBD2, y para este caso necesitaremos un scanner que nos permita ingresar por OBD2 genérico al modo 06.

2.2.6 COMPROBACIONES EN EL SISTEMA EGR

Si la válvula EGR no se abre o el flujo de gases de escape está muy restringido, es probable que se presenten los siguientes síntomas:

- Detonación (golpeteo), durante la aceleración o velocidad crucero.
- Emisiones de escape excesivas de óxidos de nitrógeno (NO).

Si la válvula EGR esta atascada en abierto o parcialmente abierta, es probable que se presenten los siguientes síntomas:

- Ralentí irregular o paradas frecuentes.
- Bajo rendimiento.
- Baja potencia, especialmente a abajas revoluciones de motor.

2.2.6.1 EGR NEUMÁTICA

- Primeramente, realizar una inspección visual completa del sistema.
- Verificar todo el circuito de vacío, en cuanto a estanqueidad y llegada del mismo a la válvula.
- Revisar con osciloscopio la señal PWM hacia la electroválvula de vacío.
- También se puede comprobar aplicando vacío con una bomba, y observando variaciones d tensión entre 0 V y 5 V.

2.2.6.2 EGR ELÉCTRICA

- Verificar con osciloscopio la señal de alimentación del solenoide controlado por ancho de pulso modulado, 12 V y Tierra de activación.
- Revisar las líneas del potenciómetro: 5 V, Tierra, y señal.
- Obtener las gráficas de funcionamiento de activación del solenoide (PWM) y señal del potenciómetro (señal análoga entre 0 V Y 5 V).

2.2.6.3 MONITOR OBD-II EGR

El sistema OBD-II realiza esta prueba abriendo y cerrando la válvula EGR. El PCM monitorea el sensor de oxígeno (O₂) o sensor de presión absoluta (MAP) para detectar un cambio en el voltaje de la señal. Si el sistema EGR falla, se establece un código de diagnóstico de falla (DTC).

Tabla 11 Códigos de falla relacionados con el sistema EGR

CÓDIGO (DTC)	Descripción	Posibles causas
P0400	Problemas de flujo de recirculación de gases de escape.	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula EGR • Manguera de válvula EGR o conexión eléctrica.
P0401	Insuficiente flujo recirculación de gases de escape.	<ul style="list-style-type: none"> • PCM defectuosa • Válvula EGR. • Puertos o pasajes taponados.
P0402	Excesivo flujo de recirculación de gases de escape.	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula EGR atascada. • Mangueras con fugas de vacío • Cableado eléctrico en corto.

Fuente: (Codigos DTC - Librería de Codigos OBD2 En Español, n.d.)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente capítulo expone el proceso de evaluación y medición de los sistemas de Ventilación Positiva del Cárter y Recirculación de Gases de Escape en base a las emisiones generadas por el motor del vehículo Chevrolet Sail 1.4 y determinar así, que tan importantes son estos sistemas para el control y tratamiento de los gases tóxicos descargados hacia la atmosfera.

3.1 COMPROBACIONES Y OBTENCION DE DATOS

El correcto funcionamiento del sistema propulsor del vehículo (motor) permite que los valores de gases contaminantes emitidos al ambiente sean los mínimos posibles y garantiza de este modo resultados fiables para cada prueba.

3.1.1 MONITORES OBD2

Los monitores OBD2 son pruebas organizadas de componentes del motor que realiza la ECU O PCM para verificar el funcionamiento de cada uno de los sistemas, de esta manera podemos descartar algún tipo de problema con tan solo verificar si el monitor se ha completado o no.

El protocolo de comunicación utilizado para este vehículo es el ISO 14230 (KWP), gracias al este protocolo de comunicación podemos acceder a diferentes funciones que nos brinda esta comunicación a través del equipo de diagnóstico (scanner), como prueba de actuadores, funciones especiales, reprogramaciones, e inclusive al estado general de los monitores OBD2 como lo muestra la tabla 12. Estos monitores servirán de mucha ayuda al momento de obtener un panorama general del estado electrónico y mecánico del motor.

Tabla 12 Estado de monitores OBD2 en Chevrolet Sail 1.4 L.

NOMBRE DEL MONITOR	ESTADO
Número de DTC	0
Malfunction Indicator Lam (MIL)	OFF
Misfire Monitoring	COMPLETED
Fuel System Monitoring	COMPLETED
Comprehensive Component Monitoring	COMPLETED
Catalyst Monitoring	NOT APPLICABLE
Heated Catalyst Monitoring	NOT APPLICABLE
EVAP System Monitoring	NOT APPLICABLE
Secondary Air System Monitoring	NOT APPLICABLE
A/C System Refrigerant Monitoring	NOT APPLICABLE
Oxygen Sensor Monitoring	COMPLETED
Oxygen Sensor Heater Monitoring	COMPLETED
EGR System Monitoring	COMPLETED

Fuente: (Automax, 2020)

El resultado de estos monitores pertenece al vehículo Chevrolet Sail 1.4 L que cuenta con 141 325 Km de recorrido, usa combustible extra. Este vehículo dispone de los sistemas PCV y EGR en buen estado de funcionamiento donde se realizaron las pruebas.

3.1.2 UBICACIÓN DE LA VÁLVULA PCV EN EL CHEVROLET SAIL 1.4 L

En la figura 17 se muestra la ubicación de la válvula PCV, se encuentra en la parte superior del motor, en un lateral de la tapa válvulas, en dirección del colector de admisión.

Esta válvula realiza un bypass entre la tapa válvulas y el colector de admisión a través de una manguera plástica, permitiendo el paso de una determinada cantidad de vapores de aceite y gases de combustión hacia el múltiple de admisión según lo requiera el motor.



Figura 17 Ubicación de la válvula PCV en el Chevrolet Sail 1.4 L.

(Automax, 2020)

3.1.3 UBICACIÓN DE LA VÁLVULA EGR EN EL CHEVROLET SAIL 1.4 L

En la figura 18 se muestra la ubicación de la válvula EGR está ubicada en la parte superior del motor del lado posterior al sistema de distribución, se coloca sobre una base metálica que contiene y conecta hacia los conductos de admisión y escape.

El estado inicial que la válvula EGR presentaba en el Chevrolet Sail 1.4 fue un poco sucia por carbonilla y otros elementos procedentes de la combustión y de los gases de escape, razón por la cual se realizó una limpieza completa de la válvula, así como de sus conductos, verificando además el estado del empaque que sella el asiento de la válvula con la culata.



Figura 18 Ubicación de la válvula EGR en el Chevrolet Sail 1.4 L

(Automax, 2020)

Se utiliza una válvula de tipo electrónica para el Chevrolet Sail, que también la utilizan otros modelos como; Aveo, Spark y Dmax.

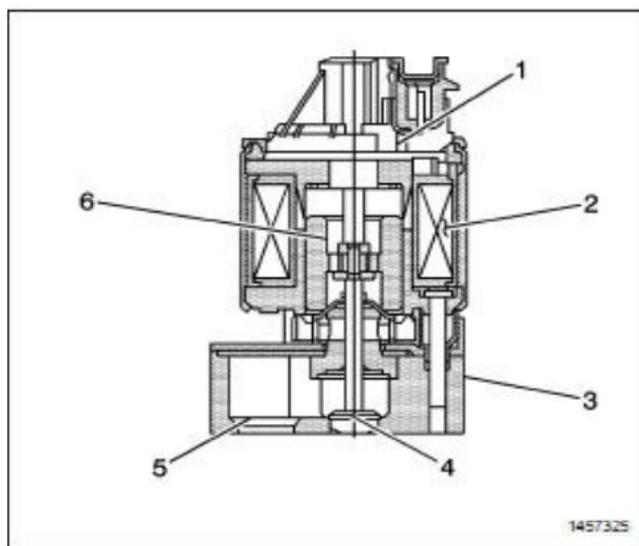


Figura 19 Circuito eléctrico interno de la válvula EGR electrónica

(Válvula EGR: Qué Es, Tipos y Averías, n.d.)

Este es diagrama eléctrico interno de la válvula electrónica EGR:

1. Sensor de posición
2. Bobina
3. Base
4. Eje salida e gases de escape
5. Entrada de gases de escape
6. Armadura

3.2 OBTENCIÓN DE VALORES

Una vez ubicados los sistemas a estudiar y sus componentes en el Chevrolet Sail 1.4 L, se procede a realizar las pruebas con el analizador de emisiones. Para lo cual se establecen tres pruebas a diferentes regímenes: Ralentí, Media carga, Plena carga es decir alrededor de las 800 – 2500 – 4000 rpm respectivamente.

Estas pruebas son realizadas con el motor estándar y en óptimas condiciones, para luego proceder a suspender los sistemas a analizar según se lo requiera.

3.2.1 TOMA DE DATOS EN CONDICIONES NORMALES

La primera prueba en el vehículo se la realiza con el motor en óptimas condiciones, es decir, sin anular ni modificar los sistemas PCV y EGR y con todos sus dispositivos anticontaminación trabajando de manera correcta como: catalizador, sensores O₂, monitores OBD2, etc.

Esta prueba puede ser considerada la más importante, ya que en base a esta van a ser comparadas el resto de las mediciones y posteriormente ser analizados los resultados.

Utilizando el equipo de análisis de gases se procede a realizar las pruebas y obtener los resultados presentados en la siguiente tabla.

Tabla 13 Datos obtenidos con el motor en condiciones normales (estándar)

PRUEBA ESTÁNDAR				
TEST 1				UNIDAD
TEMPERATURA	90			° C
CARGA	RALENTÍ	2500 RPM	4000 RPM	1/min
CO	0,02	0,19	0,02	% vol
HC	13	40	23	ppm vol
O2	0,04	0,48	0,05	% vol
CO2	14,6	14,2	14,6	%vol
λ	1.001	1.015	1.001	
PRUEBA ESTÁNDAR				
TEST 2				UNIDAD
TEMPERATURA	90			° C
CARGA	RALENTÍ	2500 RPM	4000 RPM	1/min
CO	0,15	0,2	0,13	% vol
HC	32	22	19	ppm vol
O2	0,22	0,17	0,06	% vol
CO2	14,5	14,6	14,5	%vol
λ	1.016	1.006	1.005	
PRUEBA ESTÁNDAR				
TEST 3				UNIDAD
TEMPERATURA	90			° C
CARGA	RALENTÍ	2500 RPM	4000 RPM	1/min
CO	0,18	0,21	0,03	% vol
HC	30	20	18	ppm vol
O2	0,16	0,14	0,09	% vol
CO2	14,7	14,7	14,7	%vol
λ	1.014	1.008	1.004	

Tal como se puede observar en la tabla 13 los valores obtenidos difieren según la carga del motor (rpm). Estos datos servirán de referencia y serán comparados con los valores expuestos por la normativa vigente en la ciudad donde se lleva a cabo el estudio.

Se realizaron tres mediciones bajo las mismas condiciones, todo esto con el objetivo de calcular un valor promedio al igual que un valor de diferencia entre el máximo y mino valor para cada gas.

Tabla 14 Valores promedio para cada gas en tres pruebas diferentes.

Monóxido de Carbono (CO) - Estándar				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,02	0,19	0,02	% vol
TEST 2	0,15	0,2	0,13	% vol
TEST 3	0,18	0,21	0,03	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,16	0,02	0,11	% vol
V. promedio	0,12	0,20	0,06	% vol
Hidrocarburos (HC) - Estándar				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	13	40	23	ppm vol
TEST 2	32	22	19	ppm vol
TEST 3	30	20	18	ppm vol
RESULTADOS				
V. diferencia	19	20	5	ppm vol
V. promedio	25,00	27,33	20,00	ppm vol
Oxígeno (O2) - Estándar				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,04	0,48	0,05	% vol
TEST 2	0,22	0,17	0,06	% vol
TEST 3	0,16	0,14	0,09	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,18	0,34	0,04	% vol
V. promedio	0,14	0,26	0,07	% vol
Dióxido de Carbono (CO) - Estándar				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	14,6	14,2	14,6	% vol
TEST 2	14,5	14,6	14,5	% vol
TEST 3	14,7	14,7	14,7	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,1	0,5	0,1	% vol
V. promedio	14,60	14,50	14,60	% vol

Se observa en la tabla 14 el valor promedio y valor de diferencia para cada gas presente en el escape acorde con el número de pruebas realizadas. Los valores medios obtenidos son los datos que utilizaremos para poder realizar el análisis de los respectivos gases por separado.

3.2.2 TOMA DE DATOS MODIFICANDO LOS SISTEMAS EGR Y PCV

Para realizar esta toma de datos se realizarán tres modificaciones; con el fin de simular las posibles averías generadas en los sistemas PCV Y EGR.

1. Sin válvula PCV
2. Con válvula PCV obstruida
3. Válvula EGR suspendida

Acotar que no se puede realizar una prueba con la válvula EGR totalmente abierta ya que en estas condiciones el vehículo se apagaría por exceso de gases de escape en la mezcla.

3.2.2.1 Motor sin válvula PCV

Se retira válvula PCV de la cañería que comunica el tapa balancines y el colector de admisión y en su lugar se instala una manquera que deja el paso libre de los gases procedentes del cárter hacia el múltiple.

Se procede a realizar las tres pruebas correspondientes a diferentes cargas del motor, en la tabla 15 se reflejan los datos obtenidos.

Tabla 15 Prueba de emisiones con el motor sin válvula PCV.

Monóxido de Carbono (CO) - Sin PCV				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,17	0,61	0,46	% vol
TEST 2	0,27	0,76	0,58	% vol
TEST 3	0,32	0,72	0,48	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,15	0,15	0,12	% vol
V. promedio	0,25	0,70	0,51	% vol

Tabla 15 Prueba de emisiones con el motor sin válvula PCV (Continuación)

Hidrocarburos (HC) - Sin PCV				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	40	250	63	ppm vol
TEST 2	46	262	75	ppm vol
TEST 3	47	265	55	ppm vol
RESULTADOS				
V. diferencia	7	15	20	ppm vol
V. promedio	44,33	259,00	64,33	ppm vol
Oxígeno (O2) - Sin PCV				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,37	0,12	0,06	% vol
TEST 2	0,38	0,25	0,18	% vol
TEST 3	0,36	0,16	0,08	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,02	0,13	0,12	% vol
V. promedio	0,37	0,18	0,11	% vol
Dióxido de Carbono (CO) - Sin PCV				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	14,5	14,4	14,6	% vol
TEST 2	14,4	14,2	14,3	% vol
TEST 3	14,4	14,2	14,4	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,1	0,2	0,3	% vol
V. promedio	14,43	14,27	14,43	% vol

La tabla 15 muestra los datos conseguidos tras las pruebas de emisiones en donde se puede apreciar que la variación más destacable representa a los Hidrocarburos (HC) con un su valor máximo conseguido a media carga (2500 rpm).

3.2.2.2 Motor con válvula PCV obstruida

Se procede a simular un taponamiento de la válvula PCV con el fin de logran las condiciones necesarias para una falla típica en este sistema. Para esto se retira la válvula PCV nueva y se instala una válvula en mal estado (obstruida con carbonilla) la cual no permitirá el paso de los gases procedentes del cárter hacia el colector de admisión.

En la tabla 16 se muestran los valores de emisiones conseguidos en el motor: con una válvula PCV taponada.

Tabla 16 Prueba de emisiones con el motor con válvula PCV obstruida.

Monóxido de Carbono (CO) - PCV obstruida				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,28	0,22	0,05	% vol
TEST 2	0,27	0,24	0,11	% vol
TEST 3	0,32	0,26	0,12	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,05	0,04	0,07	% vol
V. promedio	0,29	0,24	0,09	% vol
Hidrocarburos (HC) - PCV obstruida				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	163	68	45	ppm vol
TEST 2	157	56	44	ppm vol
TEST 3	166	63	42	ppm vol
RESULTADOS				
V. diferencia	9	12	3	ppm vol
V. promedio	162,00	62,33	43,67	ppm vol
Oxígeno (O2) - PCV obstruida				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,97	0,1	0,06	% vol
TEST 2	0,89	0,15	0,09	% vol
TEST 3	0,73	0,12	0,1	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,24	0,05	0,03	% vol
V. promedio	0,86	0,12	0,08	% vol
Dióxido de Carbono (CO) - PCV obstruida				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	14,2	14,8	14,8	% vol
TEST 2	14,5	14,5	14,8	% vol
TEST 3	14,4	14,6	14,7	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,3	0,3	0,1	% vol
V. promedio	14,37	14,63	14,77	% vol

Al obstruir el conducto que comunica los gases del cárter con el colector de admisión se puede observar en la tabla 16 que es evidente un cambio en los valores obtenidos a ralentí, nuevamente el mayor parámetro a variar son los HC y que, aunque los HC aumentan y el Co en menor medida.

3.2.2.3 Motor con válvula EGR obstruida

Para poder llevar a cabo esta prueba, se retira la alimentación PWM hacia el solenoide de control de la válvula EGR, logrando de esta manera que esta se quede en su posición de reposo durante el funcionamiento del motor a distintos regímenes.

Tabla 17 Prueba de emisiones con el motor con la válvula EGR tapada.

Monóxido de Carbono (CO) - Sin EGR				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,05	0,06	0	% vol
TEST 2	0,12	0,05	0,01	% vol
TEST 3	0,09	0,05	0,02	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,07	0,01	0,02	% vol
V. promedio	0,09	0,05	0,01	% vol
Hidrocarburos (HC) - Sin EGR				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	28	27	32	ppm vol
TEST 2	32	25	29	ppm vol
TEST 3	29	26	29	ppm vol
RESULTADOS				
V. diferencia	4	2	3	ppm vol
V. promedio	29,67	26,00	30,00	ppm vol
Oxígeno (O2) - Sin EGR				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	0,31	0,08	0,62	% vol
TEST 2	0,29	0,09	0,58	% vol
TEST 3	0,37	0,12	0,52	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,08	0,04	0,1	% vol
V. promedio	0,32	0,10	0,57	% vol

Tabla 17 Prueba de emisiones con el motor con la válvula EGR tapada.
(Continuación)

Dióxido de Carbono (CO) - Sin EGR				
CARGA	RALENTÍ	MEDIA C.	PLENA C.	
TEST 1	14,3	14,9	14,7	% vol
TEST 2	14,6	14,9	14,7	% vol
TEST 3	14,5	14,9	14,6	% vol
RESULTADOS				
V. diferencia	0,3	0	0,1	% vol
V. promedio	14,47	14,90	14,67	% vol

La tabla 17 es quizá la que en menor medida difiere de los valores estándar. Si bien la válvula EGR juega un papel fundamental en el control de emisiones, se puede observar para este caso que los valores de medición tienden a mejorar ligeramente respecto de la medición con EGR funcionando.

A media carga que es en donde entra el funcionamiento la EGR se nota que los valores obtenidos son los más bajos respecto del resto de mediciones, incluso llegando el valor lambda cerca de lo ideal.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presenta el respectivo análisis de cada gas a partir de los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas con el analizador de gases Brain Bee. Cada uno de los gases serán analizados y comprados de forma independiente.

3.3.1 ANÁLISIS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El análisis de Monóxido de carbono fue realizado en tres condiciones distintas y a diferentes regímenes de carga, se mide en porcentaje (%), a continuación, los datos obtenidos:

3.3.1.1 Análisis de monóxido de carbono (CO) a ralentí

Se muestran los valores y la comparación realizada referente al Monóxido de carbono (CO) con el motor a ralentí:

Tabla 18 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Ralentí

MONÓXIDO DE CARBONO (CO) - RALENTÍ						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	750 ± 50					
CO	0,12	0,25	0,29	0,09	1	% VOL

En la tabla 18 se muestra en valores numéricos los porcentajes pertenecientes al CO, y de forma gráfica como indica la figura 20. Estos valores son comparados en función de las distintas condiciones a los que fue expuesto el motor en régimen de ralentí.

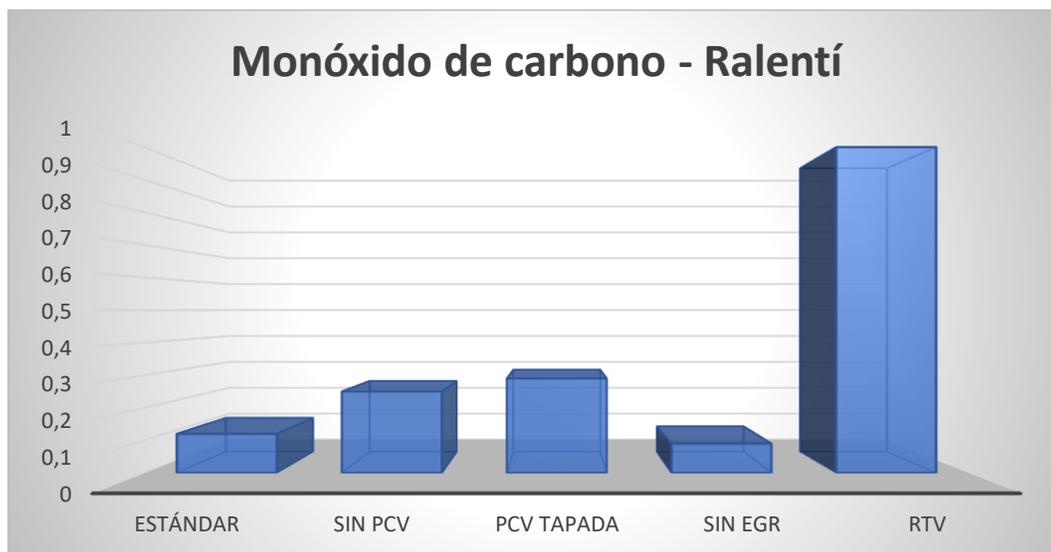


Figura 20 Análisis de monóxido de carbono (CO) - Ralentí

Se observa un cambio, aunque no muy significativo del CO al modificar las condiciones de funcionamiento del sistema PCV y EGR.

- Motor sin válvula PCV, se puede observar que el valor se incrementa levemente al no haber un control en el paso de los vapores del cárter hacia el colector de admisión.
- Motor con la válvula PCV obstruida, se alcanza el valor máximo ya que el sensor O₂ detecta mezcla pobre produciendo que la ECM inyecte un poco más de combustible para equilibrar esta condición.
- Motor sin válvula EGR, se puede considerar que el cambio es mínimo ya que esta no se activa en ralentí.

3.3.1.2 Análisis del monóxido de carbono (CO) a media carga

Se muestran los valores y la comparación realizada referente al Monóxido de carbono (CO) con el motor a media carga:

Tabla 19 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Media carga

MONÓXIDO DE CARBONO (CO) - MEDIA CARGA							
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV		
TEMP.	90						° C
RPM	2500 aprox.						
CO	0,2	0,7	0,24	0,05	1	% VOL	

A media carga (2500 rpm aproximadamente) lo normal es encontrar que los valores de CO disminuyan, pero, como se puede apreciar en la tabla 19 estos valores se incrementaron ligeramente.

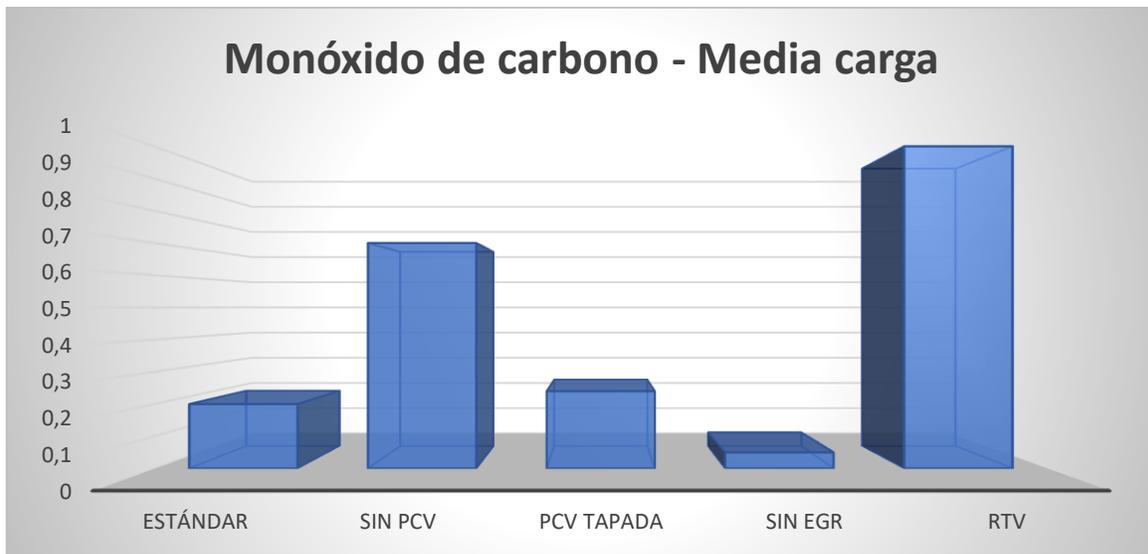


Figura 21 Análisis de monóxido de carbono (CO) - Media Carga

- Motor sin válvula PCV, se tiene el valor más elevado ya que los vapores del cárter son absorbidos con mayor rapidez por el bajo vacío en el colector de admisión.
- Motor con válvula PCV obstruida, el valor de CO casi se mantiene respecto al de ralentí y con el motor estándar.
- Motor sin válvula EGR, el valor se mantiene idéntico respecto del ralentí y del motor funcionando correctamente.

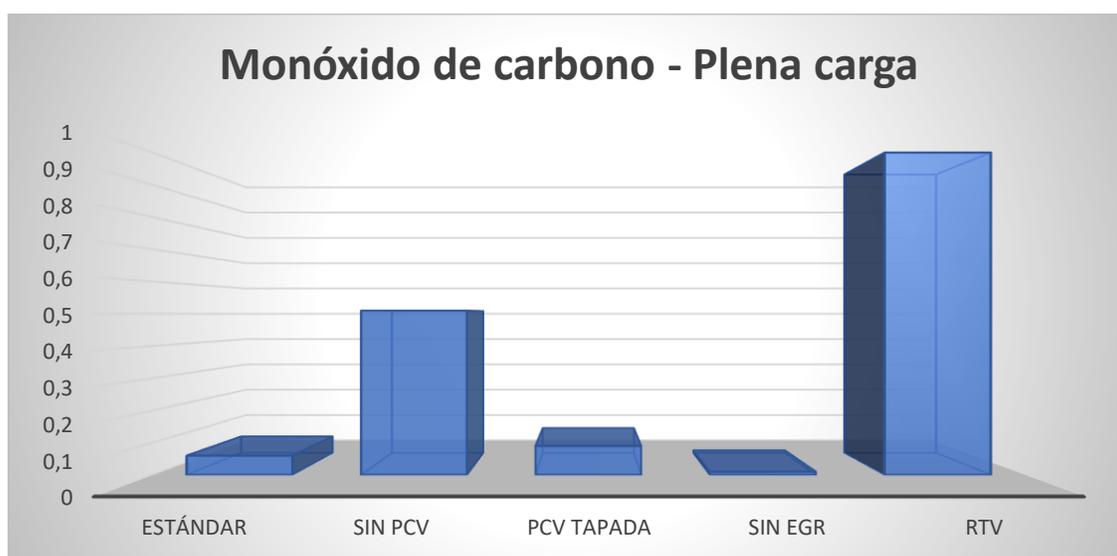
3.3.1.3 Análisis del monóxido de carbono (CO) a plena carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Monóxido de carbono (CO) con el motor a plena carga:

Tabla 20 Tabla comparativa de monóxido de carbono (CO) - Plena Carga

MONÓXIDO DE CARBONO (CO) - PLENA CARGA						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	4000 aprox.					
CO	0,06	0,51	0,09	0,01	1	% VOL

A pesar de que esta prueba (4000 rpm) no se la realiza en la inspección técnica vehicular, se sigue cumpliendo con la normativa anticontaminación impuesta por la EPM.

**Figura 22** Análisis de monóxido de carbono (CO) - Plena Carga

- Motor sin válvula PCV, el valor obtenido es el más elevado, sin embargo, sigue estando dentro de los valores límite establecidos por la normativa.
- Motor con válvula PCV obstruida, el valor disminuye notablemente a cargas elevadas y quizá hasta sea indicativo de mezcla pobre.

- Motor sin válvula EGR, la presencia de este gas se reduce a cero, y como en el caso anterior posiblemente sea indicativo de mezcla pobre.

3.3.2 ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS (HC)

El análisis de Hidrocarburos fue realizado en tres condiciones distintas y a diferentes regímenes de carga, se mide en partículas por millón (ppm), a continuación, los datos obtenidos:

3.3.2.1 Análisis de hidrocarburos (HC) a ralentí

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto a los Hidrocarburos (HC) con el motor a ralentí:

Tabla 21 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Ralentí

HIDROCARBUROS (HC) - RALENTÍ						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	750 ± 50					
HC	25	44,33	162	29,67	250	ppm

En la tabla 21 y figura 23 se muestra numérica y gráficamente los datos de HC conseguidos en las pruebas con el motor a ralentí.

Se observa claramente un incremento en la cantidad de Hidrocarburos presentes cuando se tiende a obstruir la válvula o el sistema PCV, destacar que es lo más típico que suele suceder, puesto que con el paso del tiempo la válvula y las cañerías tenderán a ensuciarse y producir un taponamiento en el sistema que dejara sin efecto al sistema de ventilación positiva del cárter.

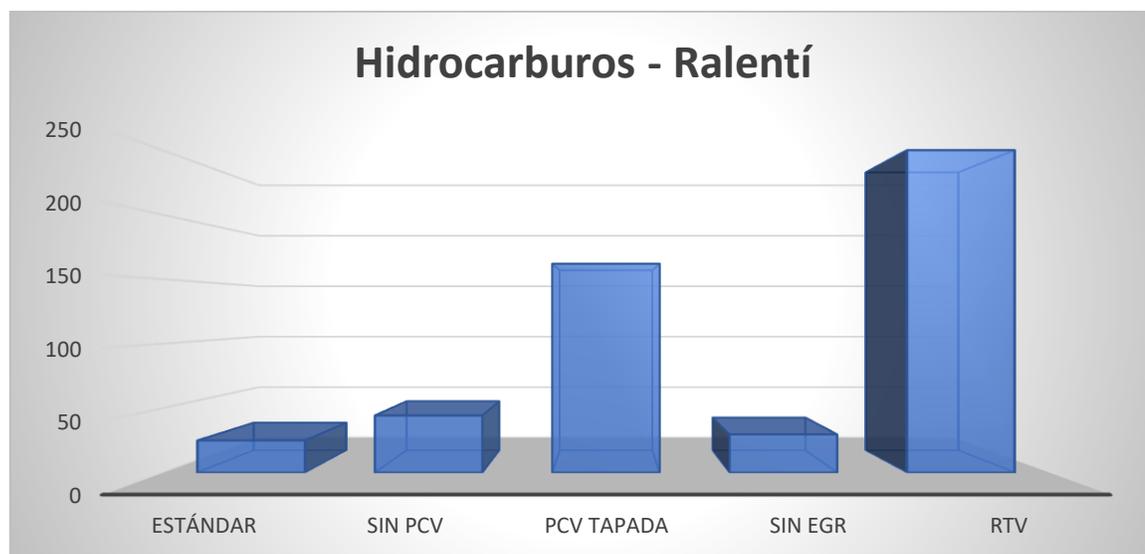


Figura 23 Análisis de Hidrocarburos (HC) – Ralentí

- Motor sin válvula PCV, se refleja un aumento no muy considerable, pese a que existe en el colector de admisión mucho vacío, los HC se mantienen dentro lo exigido por RTV.
- Motor con válvula PCV obstruida, se alcanza un valor máximo para este régimen, al detectar la sonda lambda condición pobre la ECM procede a enriquecer la mezcla.
- Motor sin EGR, aunque en teoría esta válvula no trabaja en esta condición, se observa un mínimo incremento en hidrocarburos.

3.3.2.2 Análisis de hidrocarburos (HC) a media carga

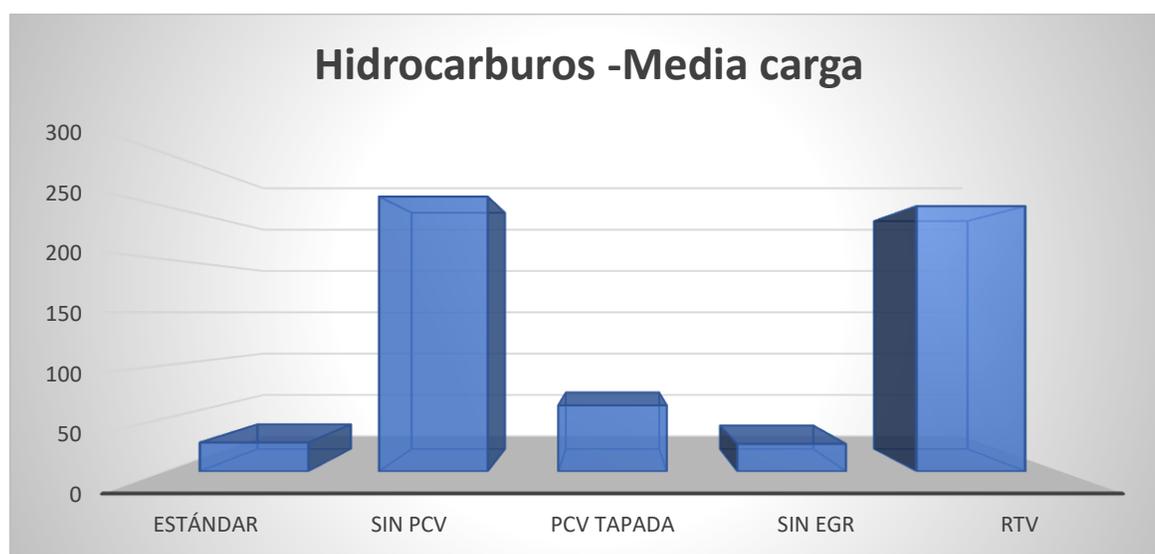
Se muestran los valores y la comparación realizada respecto a los Hidrocarburos (HC) con el motor a media carga:

Destacar que en esta condición (sin válvula PCV) es donde se obtiene la mayor variación en cuanto a los Hidrocarburos. Todo está a media carga de motor.

Tabla 22 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Media Carga

HIDROCARBUROS (HC) - MEDIA CARGA						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	2500 aprox.					
HC	27,33	259	62,33	26	250	ppm

En la tabla 22 y figura 24 se muestra numérica y gráficamente los datos de HC conseguidos en las pruebas con el motor a media carga.

**Figura 24** Análisis de Hidrocarburos (HC) - Media Carga

- Motor sin válvula PCV, se obtiene un valor de HC muy elevado, llegando incluso al límite permisible por la agencia reguladora. Este valor es razonable ya que, al no haber una válvula de regulación, gran parte de los gases y vapores de aceite pasan directamente hacia la cámara de combustión.
- Motor con PCV obstruida, aunque su valor es elevado aún se mantiene dentro de los límites permitidos por la agencia reguladora.

- Motor sin EGR, al no haber activación por parte de esta, las emisiones demuestran que el motor está funcionando de manera óptima e incluso se nota un descenso del valor con respecto al estándar.

3.3.2.3 Análisis de hidrocarburos (HC) a plena carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto a los Hidrocarburos (HC) con el motor a plena carga

Tabla 23 Tabla comparativa de Hidrocarburos (HC) - Plena carga

HIDROCARBUROS (HC) - PLENA CARGA						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	4000 aprox.					
HC	20	64,33	43,67	30	250	ppm

En la tabla 23 y figura 25 se muestra numérica y gráficamente los datos de HC conseguidos en las pruebas con el motor a plena carga.

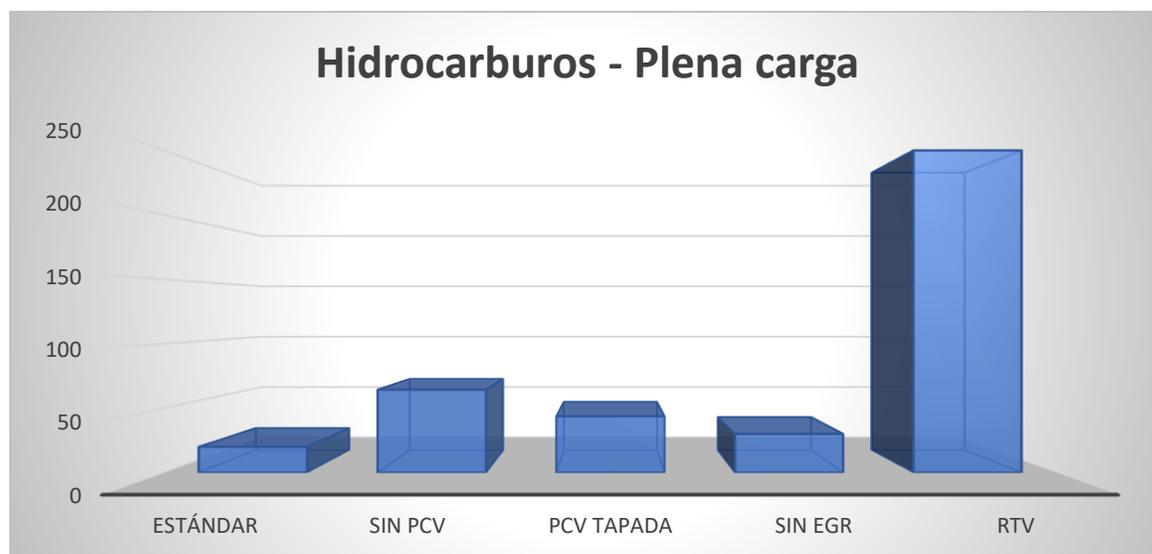


Figura 25 Análisis de Hidrocarburos (HC) - Plena Carga

- Motor sin válvula PCV, para este régimen se obtiene el valor más alto, a pesar de que disminuye respecto de media carga, su valor indica un valor alto de HC en la cámara de combustión.
- Motor con válvula PCV obstruida, se observa que el valor es el segundo más elevado respecto del valor estándar, indicativo de que la mezcla sigue siendo rica.
- Motor sin válvula EGR, se nota un incremento mínimo respecto del motor funcionando en condiciones normales, de igual forma una mezcla un poco rica.

3.3.3 ANÁLISIS DE OXÍGENO (O₂)

El análisis de Oxígeno fue realizado en tres diferentes condiciones y a diferentes regímenes de carga, se mide en porcentaje (%), a continuación, los datos obtenidos:

3.3.3.1 Análisis de oxígeno (O₂) en ralentí

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Oxígeno (O₂) con el motor a ralentí:

Tabla 24 Tabla comparativa de Oxígeno (O₂) - Ralentí

OXÍGENO (O ₂) - RALENTÍ						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	750 ± 50					
O ₂	0,14	0,37	0,86	0,32	3	% VOL

En la tabla 24 y figura 26 se muestra numérica y gráficamente los datos de O₂ conseguidos en las pruebas con el motor a ralentí.

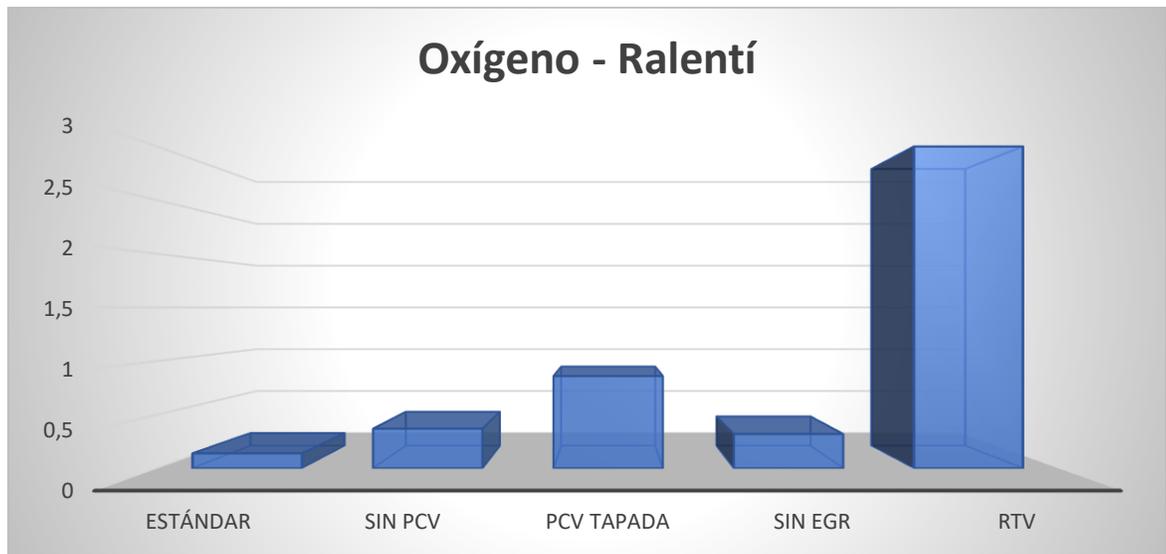


Figura 26 Análisis de Oxígeno (HC) - Ralentí

- Motor sin válvula PCV, pese a que en este estado se prevé una condición de mezcla rica también se observa un ligero incremento en la cantidad de oxígeno.
- Motor con válvula PCV obstruida, claramente se nota un aumento en el valor de oxígeno, ya que la mezcla se ve empobrecida por la ausencia de los vapores procedentes del cárter.
- Motor sin válvula EGR, pese a que en teoría con esta condición la válvula EGR no trabaja, también se observa un ligero incremento de la cantidad de oxígeno.

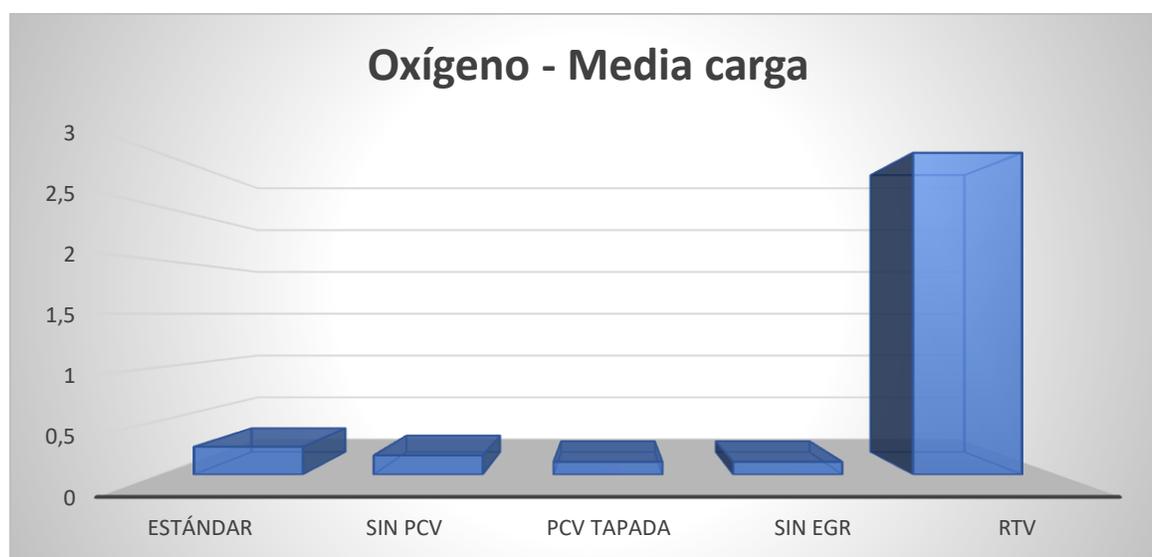
3.3.3.2 Análisis de oxígeno (O₂) a media carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Oxígeno (O₂) con el motor a media carga:

Tabla 25 Tabla comparativa de Oxígeno (O₂) - Media Carga

OXÍGENO (O ₂) - MEDIA CARGA							
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV		
TEMP.	90						° C
RPM	2500 aprox.						
O ₂	0,26	0,18	0,12	0,12	3	% VOL	

En la tabla 25 y figura 27 se muestra numérica y gráficamente los datos de O₂ conseguidos en las pruebas con el motor a media carga.

**Figura 27** Análisis de Oxígeno (HC) - Media Carga

- Motor sin válvula PCV, se observa claramente un descenso del valor respecto al de la prueba con el motor estándar, indicativo de que al motor trabaja bien a esta carga.
- Motor con válvula PCV obstruida, pese a que se esperaba tener una condición pobre de la mezcla, el valor casi se mantiene en relación con la anterior.
- Motor sin válvula EGR, se consigue el valor mínimo e ideal de oxígeno, ya que la anulación de esta válvula para este régimen representa una mejora en el rendimiento.

3.3.3.3 Análisis de oxígeno (O2) a plena carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Oxígeno (O2) con el motor a plena carga:

Tabla 26 Tabla comparativa de Oxígeno (O2) - Plena Carga

OXÍGENO (O2) - PLENA CARGA						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	RTV	
TEMP.	90					° C
RPM	4000 aprox.					
O2	0,07	0,11	0,08	0,52	3	% VOL

En la tabla 26 y figura 28 se muestra numérica y gráficamente los datos de O2 conseguidos en las pruebas con el motor a plena carga.

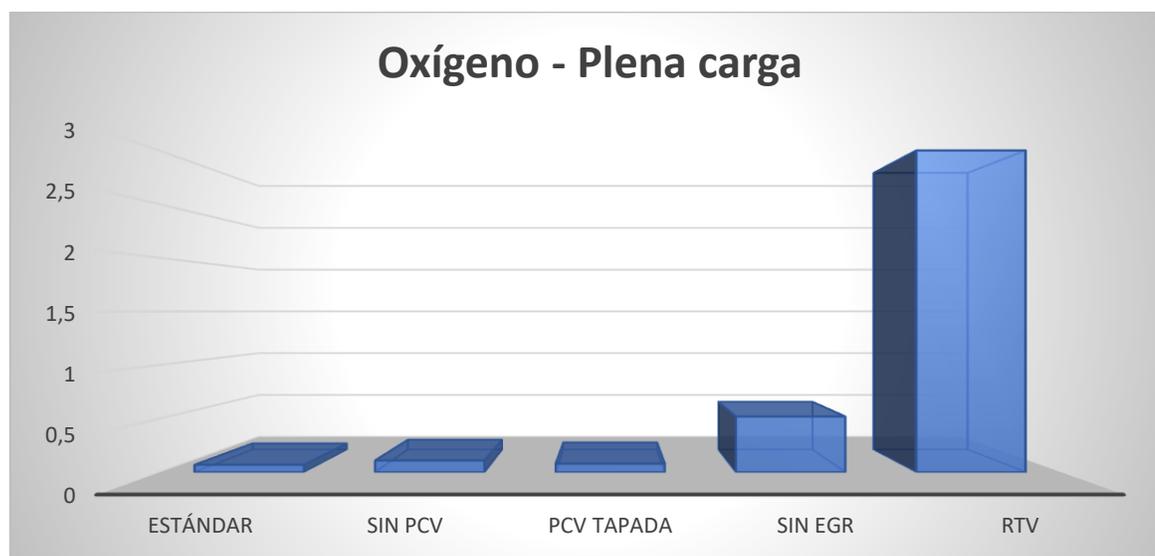


Figura 28 Análisis de Oxígeno (HC) - Plena Carga

- Motor sin válvula PCV, se consigue un valor mínimo indicativo de que la mezcla no se afectada pese a tener mayor cantidad de vapores del cárter.
- Motor con válvula PCV obstruida, se obtiene el mismo valor pese a que esta vez está ausente la cantidad de vapores de aceite del cárter.
- Motor sin válvula EGR, aquí si se nota un incremento de la cantidad de oxígeno respecto de las otras, pero a pesar de ello se mantiene bajo los parámetros exigidos por la RTV.

3.3.4 ANÁLISIS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El análisis de Dióxido de carbono fue realizado en tres condiciones distintas y a diferentes regímenes de carga, se mide en porcentaje (%), a continuación, los datos obtenidos:

3.3.4.1 Análisis de dióxido de carbono (CO₂) a ralentí

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Dióxido de carbono (CO₂) con el motor a ralentí:

Tabla 27 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO₂) - Ralentí

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) - RALENTÍ						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	IDEAL	
TEMP.	90					° C
RPM	750 ± 50					
O ₂	14,6	14,43	14,37	14,47	15	% VOL

En la tabla 27 y figura 29 se muestra numérica y gráficamente los datos de CO₂ conseguidos en las pruebas con el motor a ralentí.

Cualquier condición que modifique el funcionamiento correcto de los sistemas EGR y PCV genera en el motor un claro descenso del rendimiento del mismo.

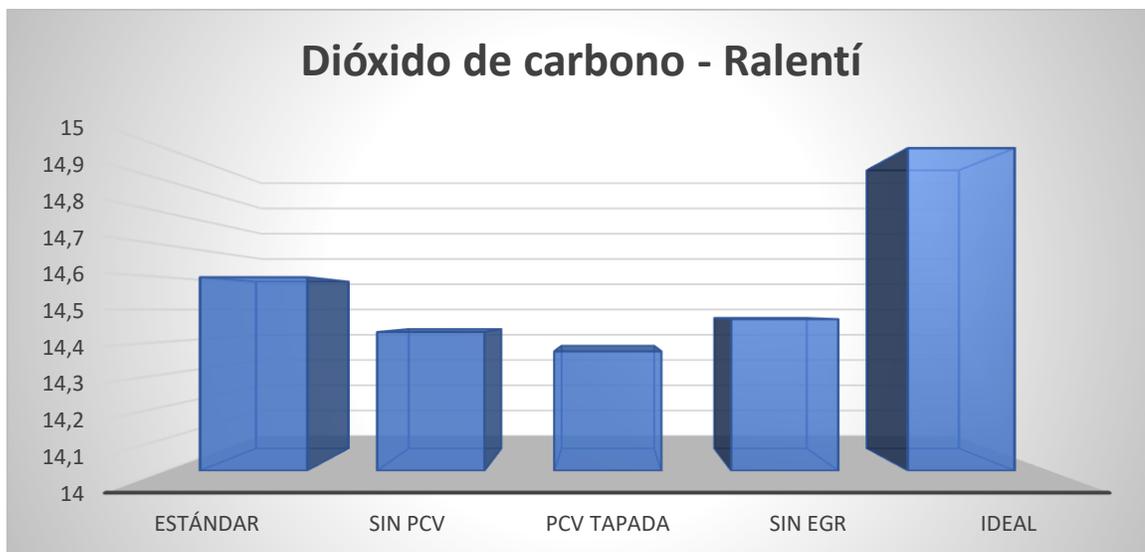


Figura 29 Análisis de Dióxido de Carbono (CO₂) - Ralentí

- Motor sin válvula PCV, se nota un ligero descenso, pero la condición de mezcla rica favorece con el rendimiento del motor.
- Motor con válvula PCV obstruida, con una condición pobre producida por la ausencia de gases del cárter se nota una disminución del rendimiento. La mayor variación se observa cuando al motor trabaja con falta de combustible (mezcla pobre).
- Motor si válvula EGR, también se observa un ligero descenso del rendimiento del motor con la válvula EGR sin activación.

3.3.4.2 Análisis de dióxido de carbono (CO₂) a media carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Dióxido de carbono (CO₂) con el motor a media carga:

Tabla 28 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO₂) - Media Carga

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) - MEDIA CARGA						
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	IDEAL	
TEMP.	90					° C
RPM	2500 aprox.					
O ₂	14,5	14,27	14,63	14,9	15	% VOL

En la tabla 28 y figura 30 se muestra numérica y gráficamente los datos de CO₂ conseguidos en las pruebas con el motor a media carga.

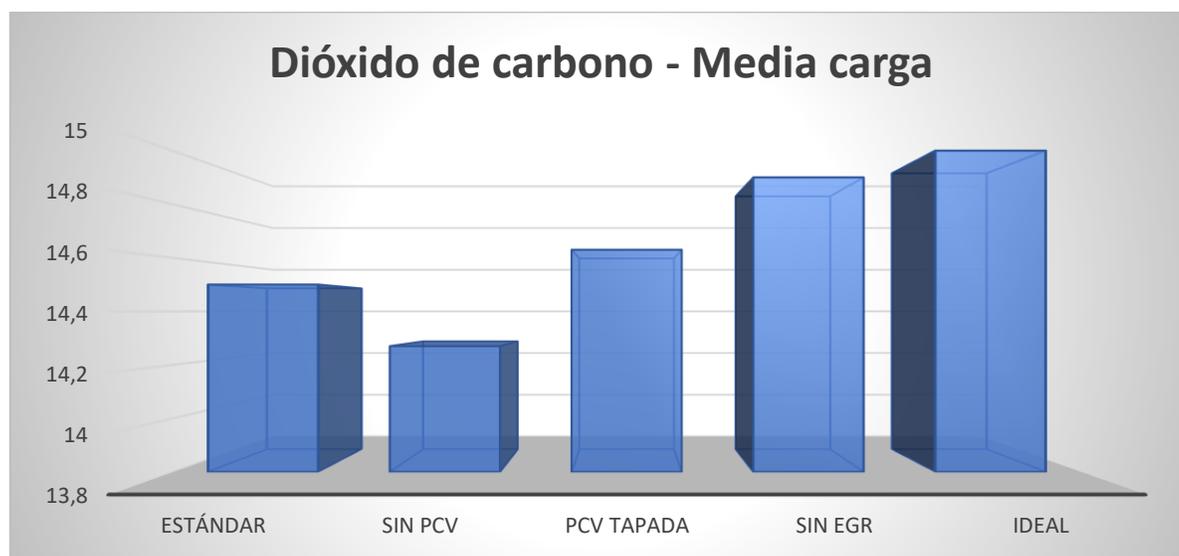


Figura 30 Análisis de Dióxido de Carbono (CO₂) - Media Carga

- Motor sin válvula PCV, se nota que el rendimiento de motor disminuye a pesar de tener una condición de mezcla rica.
- Motor con válvula PCV obstruida, El rendimiento del motor mejora notablemente a pesar de que se considera una mezcla pobre.
- Motor si válvula EGR, se llega a un rendimiento casi óptimo o ideal, corroborando de esta manera que la activación de la EGR para eta carga influye en las prestaciones del motor.

3.3.4.3 Análisis de dióxido de carbono (CO₂) a plena carga

Se muestran los valores y la comparación realizada respecto al Dióxido de carbono (CO₂) con el motor a plena carga:

Tabla 29 Tabla comparativa de Dióxido de Carbono (CO₂) - Plena Carga

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) - PLENA CARGA							
	ESTÁNDAR	SIN PCV	PCV TAPADA	SIN EGR	IDEAL		
TEMP.	90						° C
RPM	4000 aprox.						
O ₂	14,6	14,43	14,77	14,67	15	% VOL	

En la tabla 29 y figura 30 se muestra numérica y gráficamente los datos de CO₂ conseguidos en las pruebas con el motor a plena carga.

Se observa un mejor rendimiento respecto del estándar con el motor trabajando sin válvula EGR, pero lo que llama la atención es el aumento de rendimiento con la válvula PCV obstruida.

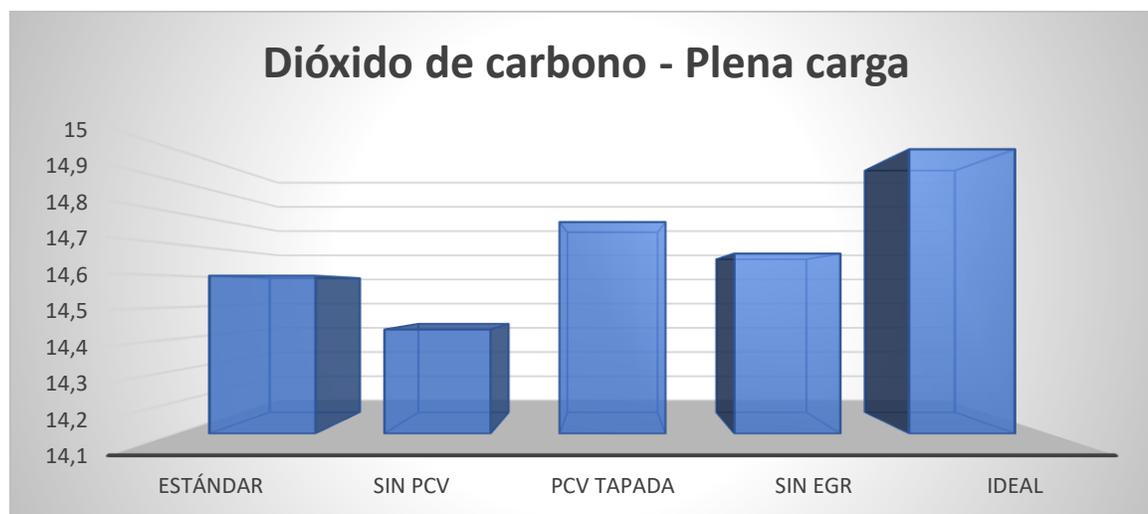


Figura 31 Análisis de Dióxido de Carbono (CO₂) - Plena Carga

- Motor sin válvula PCV, el rendimiento mostrado se mantiene igual que con el motor en condiciones normales.
- Motor con válvula PCV obstruida, pese a considerarse una condición de mezcla pobre, el rendimiento para esta carga se incrementa ligeramente.
- Motor sin válvula EGR, también para esta condición el rendimiento disminuye un poco, indicando una mínima variación respecto al motor en condiciones normales.

3.3.5 ANÁLISIS DE TODOS LOS GASES – PARÁMETROS RTV – RALENTÍ

Tabla 30 Tabla comparativa según RTV – Ralentí.

TABLA DE GASES SEGÚN RTV				
GASES	CO - %VOL	HC -PPMVOL	O ₂ - %VOL	CO ₂ - %VOL
ESTÁNDAR	0,12	25	0,14	14,6
SIN PCV	0,25	44,33	0,37	14,43
PCV TAPADA	0,29	162	0,86	14,37
SIN EGR	0,09	29,67	0,32	14,47
RTV	1	250	3	

En la tabla 30 se presenta la recopilación de los valores obtenidos en la medición a ralentí de los gases de escape con el motor estándar y modificando los sistemas PCV y EGR del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L.

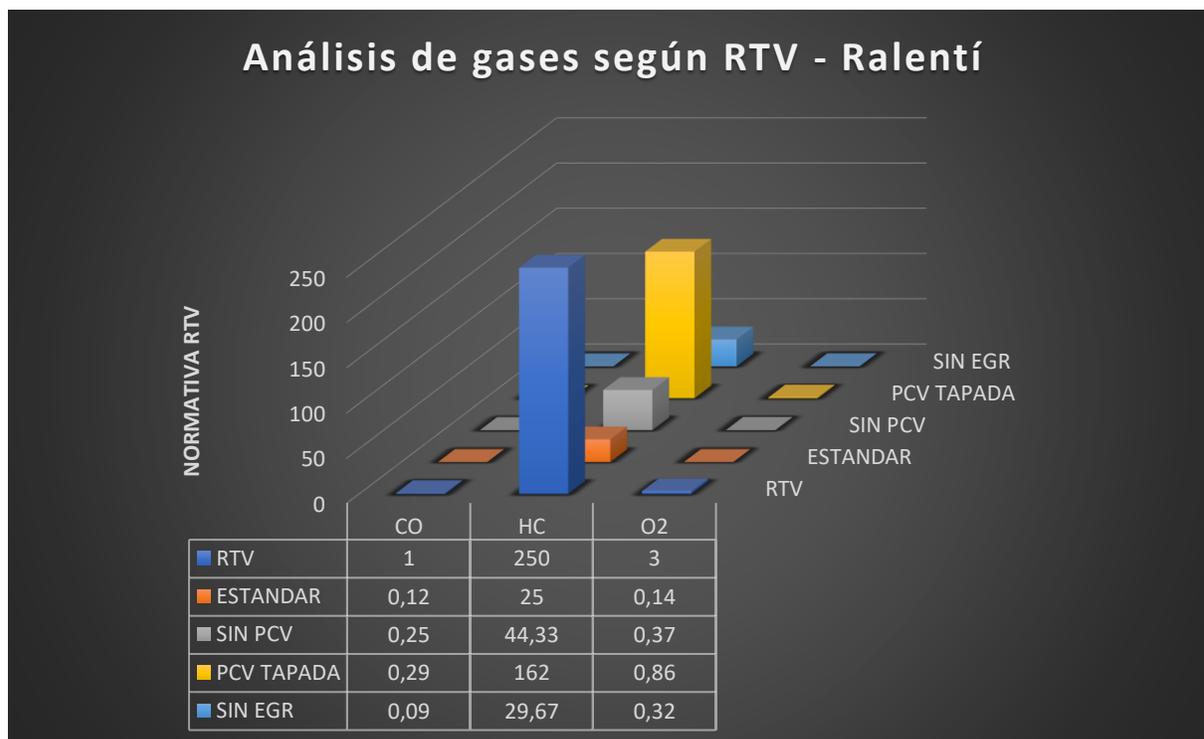


Figura 32 Análisis de emisiones según RTV – Ralentí

El vehículo cumple con los parámetros exigidos por la normativa definida por la RTV, como se aprecia en la figura 31 las barras con los valores más bajos pertenecen al motor en condiciones estándar y se mantiene muy por debajo del límite exigido por la misma.

Al momento de modificar las condiciones de los sistemas PCV y EGR que posee el vehículo para su control de emisiones, se observa un aumento considerable de HC cuando la válvula PCV se encuentra tapada, pero a pesar de la variación se sigue manteniendo dentro de los límites establecidos por la normativa.

3.3.6 ANÁLISIS DE TODOS LOS GASES – PARÁMETROS RTV – MEDIA CARGA

Tabla 31 Tabla comparativa según RTV - Media Carga

TABLA DE GASES SEGÚN RTV				
GASES	CO - %VOL	HC - PPMVOL	O2 - %VOL	CO2 - %VOL
ESTÁNDAR	0,19	40	0,48	14,2
SIN PCV	0,61	250	0,12	14,4
PCV TAPADA	0,22	68	0,1	14,8
SIN EGR	0,06	27	0,08	14,9
RTV	1	250	3	

En la tabla 31 se presenta la recopilación de los valores obtenidos en la medición a media carga de los gases de escape con el motor estándar y modificando los sistemas PCV y EGR del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L.

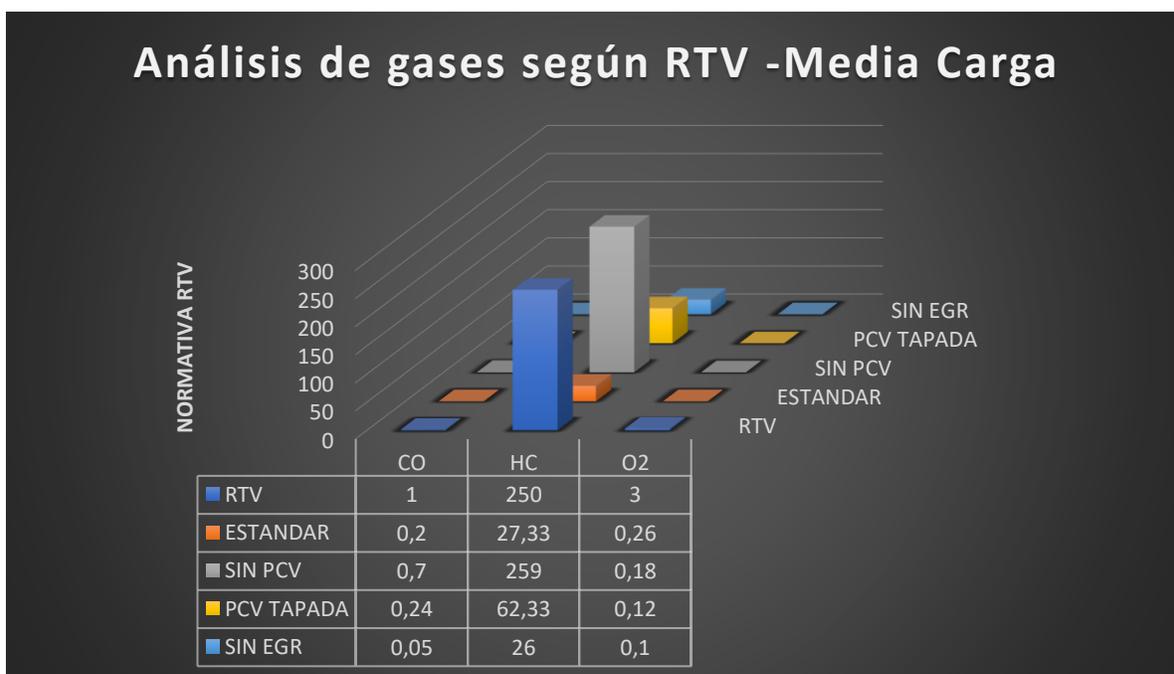


Figura 33 Análisis de emisiones según RTV – Media Carga

A media carga, 2500 rpm aproximadamente en condición estándar el motor también cumple con los parámetros exigidos por la normativa anticontaminación.

En la figura 29 se muestran las barras que indican de forma gráfica el cambio al intervenir sobre los sistemas PCV y EGR, se observa claramente que los valores difieren mucho de la condición anterior, para el caso del motor sin válvula PCV, los Hidrocarburos (HC) se elevan hasta llegar al límite de los parámetros establecidos por la normativa.

También el monóxido de carbono (CO) sufre un incremento notable, demostrando que la mezcla se ha enriquecido al quitar la válvula PCV y permitir que los gases del cárter pasen directamente hacia el colector de admisión.

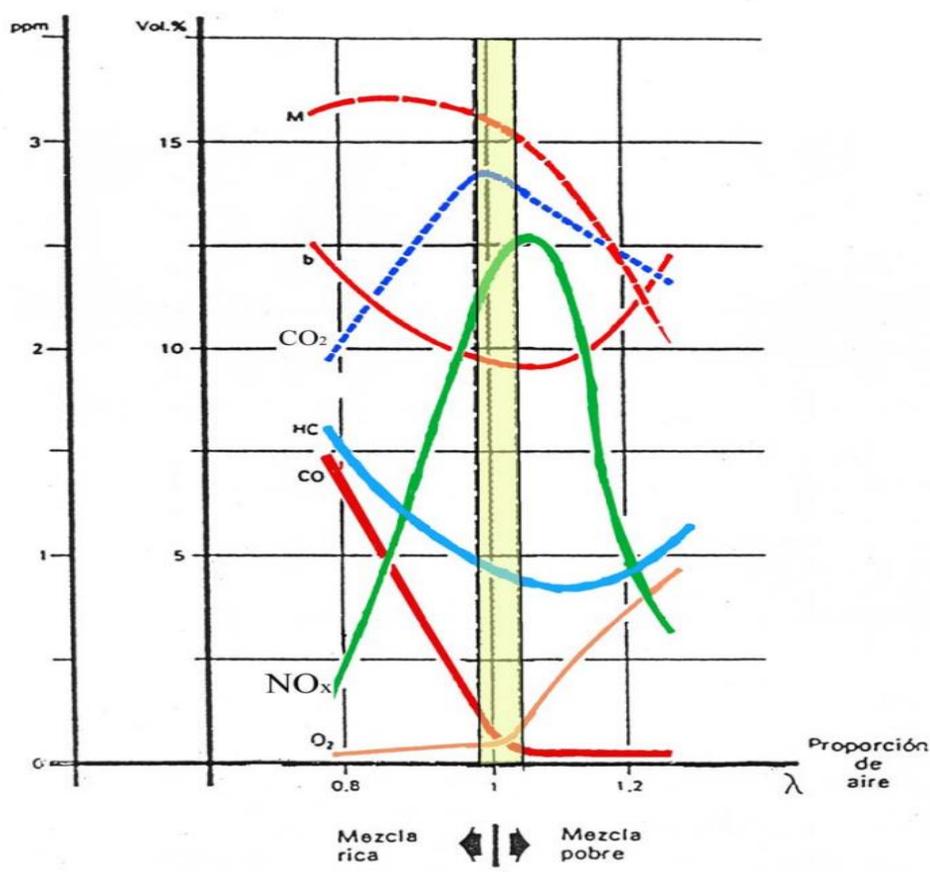


Figura 34 Curvas características de los gases de escape – MEP

(Puente & Remache, 2017)

Si bien es cierto que la mayoría de los gases sufren un cambio; ya se en aumento o disminución de su valor, dependiendo de las condiciones de funcionamiento a los que son expuestos los sistemas PCV y EGR. Nos indica el trabajo en conjunto que realizan los sistemas para lograr mantener cada distinto tipo de gas en su valor mínimo u óptimo independientemente de la carga a la que sea expuesto el motor.

3.3.7 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL MOTOR

En este apartado se toma en cuenta la gestión electrónica del motor, así como los sensores y actuadores principales que intervienen en el funcionamiento de este. También se analiza el flujo de datos y los principales parámetros tomados en cuenta para realizar las pruebas de emisiones.

Datos corrientes			
Nombre de Sensor(1/9)	MID	Valor	Unidad
Fuel System Status-Bank1	11	CLSD LOOP	-
Calculated Load Value	11	16.5	%
Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor	11	89	'C
Short Term Fuel Trim-Bank1	11	0.0	%
Long Term Fuel Trim-Bank1	11	1.6	%
Manifold Absolute Pressure Sensor	11	25	kPa
Velocidad del Motor	11	797	RPM
Oxygen Sensor-Bank1/Sensor1	11	715	mV
Commanded Throttle Actuator	11	4.7	%

Figura 35 Datos Corriente (Flujo de Datos) - Chevrolet Sail 1.4

3.3.7.1 Flujo de datos del motor

Para el estudio del flujo de datos del Chevrolet Sail 1.4 se toma en cuenta los parámetros de los sensores y actuadores principales que influyen en la gestión del motor y sus emisiones

Tabla 32 Flujo de datos Chevrolet Sail 1.4 L - Ralentí

ANÁLISIS DE DATOS (RALENTÍ)		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
Régimen motor	792	rpm
Estado de combustible	Close Loop	
Sensor ECT	87	°C
Sensor MAP	25	Kpa
Posición del acelerador (TPS)	5	%
Compensador a corto plazo (STF)	4	%
Compensador a largo plazo (LTF)	0	%
Sensor O2	660	mV
Presión Barométrica	11,2	psi
Flujo de aire calculado	1,66	g/seg

La tabla 32 muestra el análisis de datos con el motor en condiciones de ralentí y en la tabla 29 los valores obtenidos con el motor a media carga (2500 rpm aproximadamente).

Tabla 33 Flujo de datos Chevrolet Sail 1.4 L - Media Carga

ANÁLISIS DE DATOS (MEDIA CARGA)		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
Régimen motor	2513	rpm
Estado de combustible	Close Loop	
Sensor ECT	92	°C
Sensor MAP	20	Kpa
Posición del acelerador (TPS)	14	%
Compensador a corto plazo (STF)	-8	%
Compensador a largo plazo (LTF)	1	%
Sensor O2	585	mV
Presión Barométrica	11,2	psi
Flujo de aire calculado	4,66	g/seg

3.3.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL MOTOR CON OSCILOSCOPIO

Este análisis nos permite mostrar de forma gráfica la señal entregada por de los sensores a la ECM y de igual forma la que esta entrega hacia los actuadores y en función de ello evaluar los cambios en los parámetros de cada elemento.



Figura 36 Señal de los sensores e inyector con el motor en KOEO

Para este estudio se seleccionaron los sensores; de presión absoluta del colector de admisión (MAP) y sensor de oxígeno (S02) y los actuadores; válvula EGR e Inyector. Todo esto con el fin de observar el cambio que se producido en sus señales a la hora modificar el sistema PCV que es el que más demostró cambios en los valores de emisiones presentados anteriormente.

3.3.8.1 Señales con el motor estándar - Ralentí

Las señales registradas para este caso serán tomadas de los sensores y actuadores donde se considera o espera registrar algún tipo de variación al modificar el estado del motor.

En este caso los valores obtenidos con el motor sin modificar ningún sistema se presentan a continuación.

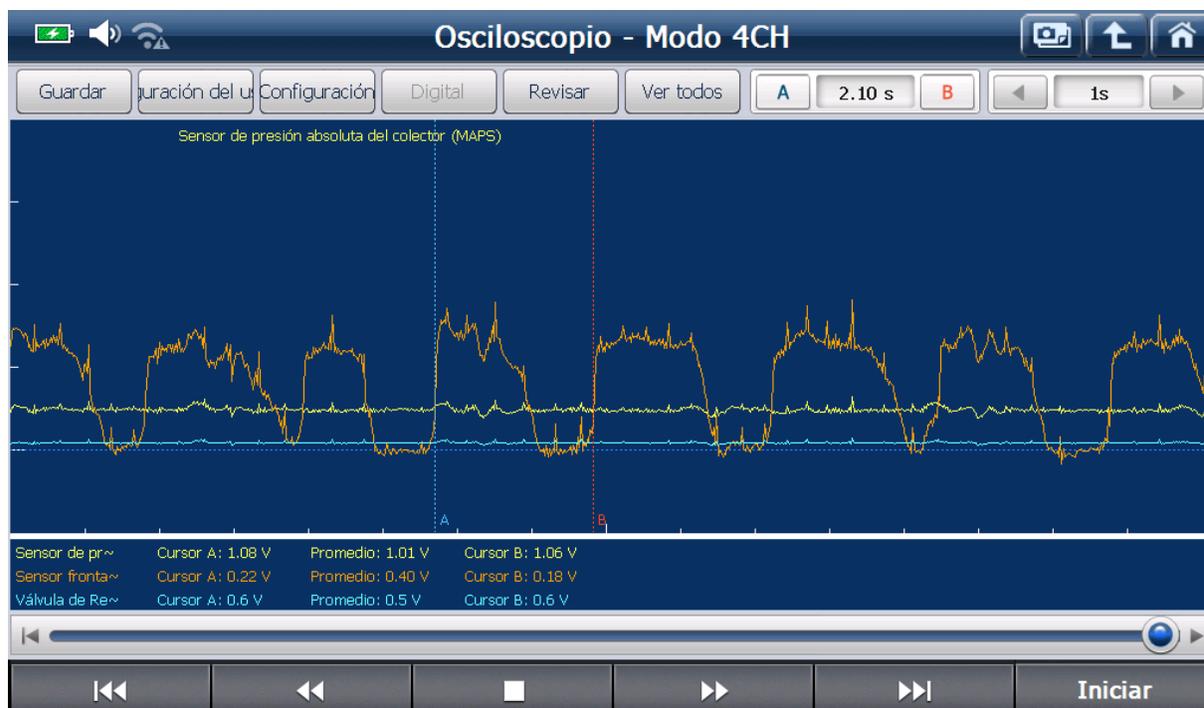


Figura 37 Oscilogramas de los sensores O2, MAP y EGR – Ralentí

En la figura 36 se muestra gráficamente los valores obtenidos pertenecientes a los sensores O2, MAP y potenciómetro de la EGR con el motor a ralentí y en modo estándar.

Tabla 34 Valores sensores O2, MAP y EGR – Ralentí. (Continuación)

SENSORES	VALOR	UNIDAD
O2	0.1 – 0.9	Voltios DC
MAP	1.01	Voltios DC
Potenciómetro EGR	0.5	Voltios DC

Los valores mostrados en la tabla 34 están dentro de los parámetros normales de funcionamiento por estos sensores, aunque es notable destacar que la frecuencia de oscilación del sensor O2 es un poco lenta (2.10 s) indicando un cierto desgaste del mismo.

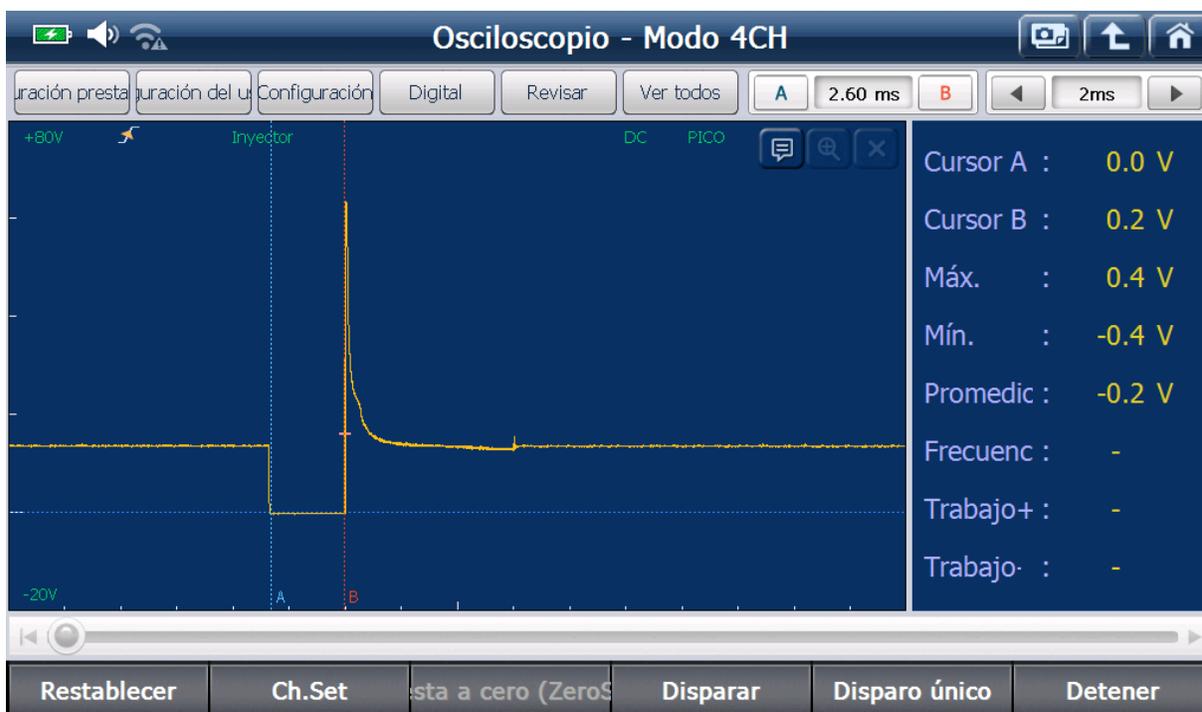


Figura 38 Oscilograma de inyector a ralentí

La figura 37 muestra de forma gráfica el funcionamiento electrónico del actuador (inyector) donde podemos apreciar; un voltaje nominal de 12 VDC desde donde parte la activación del mismo con la puesta a tierra indicando el valor de caída de voltaje para el momento de su activación (aproximadamente 0 VDC), es decir el valor o tiempo de activación depende del tiempo en que el voltaje se encuentre próximo a cero, en la figura 37 de observa una valor de (2.6 ms) para cuando el motor está a ralentí y en condiciones normales de funcionamiento, su pico más alto de voltaje supera los 70 VDC producidos por la autoinducción del bobinado del inyector al momento de su desactivación.

3.3.8.2 Señales con el motor estándar – Media carga

Durante esta prueba se analiza el comportamiento de los sensores; oxígeno (O₂), de presión del colector de admisión (MAP) y potenciómetro de la EGR con el motor estándar y a 2500 rpm apropiadamente.

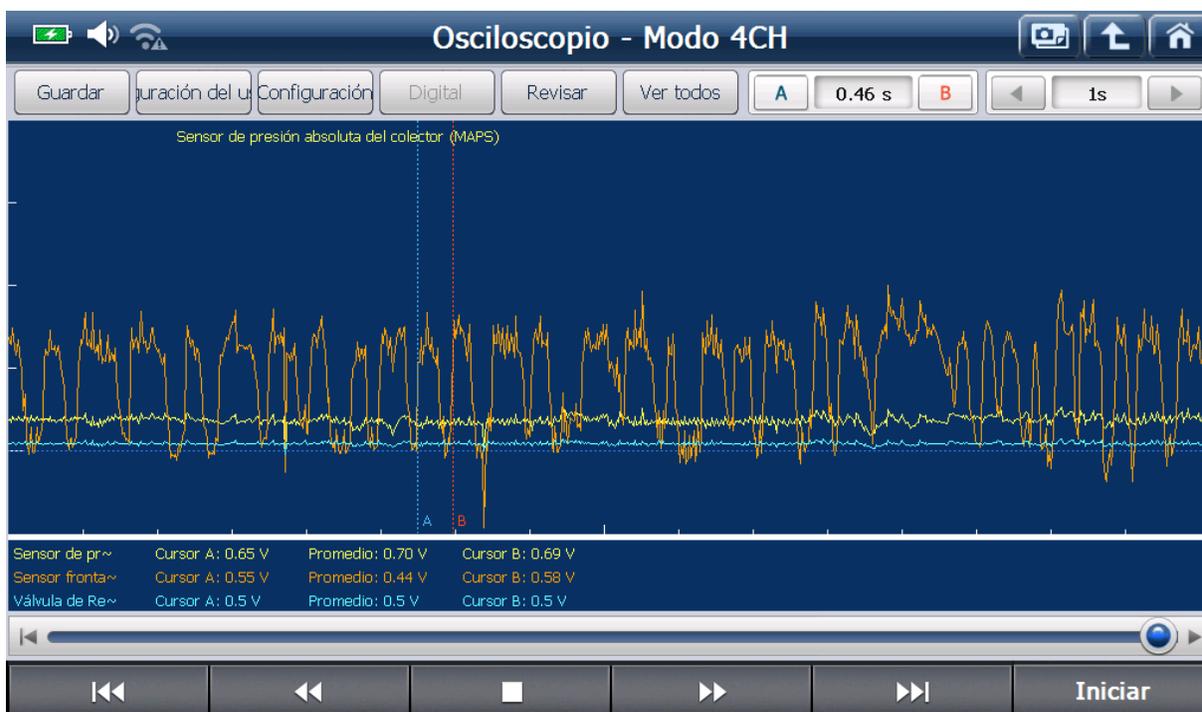


Figura 39 Oscilogramas de los sensores O2, MAP y EGR – Media Carga

En la figura 38 se muestra gráficamente los valores obtenidos pertenecientes a los sensores O2, MAP y potenciómetro de la EGR con el motor a media carga y en modo estándar.

Tabla 35 Valores sensores O2, MAP y EGR - Media Carga.

SENSORES	VALOR	UNIDAD
O2	0.1 – 0.9	Voltios DC
MAP	0.7	Voltios DC
Potenciómetro EGR	0.6	Voltios DC

Los valores mostrados en la tabla 35 difieren un poco respecto a los mostrados en ralentí, pero el cambio más notable está en la frecuencia de oscilación del sensor O2 ya que esta vez el tiempo que demora en completar un ciclo es de (460 ms), mientras que en el sensor MAP se ve ligeramente un descenso en el valor de su voltaje, llegando a los 0.7 VDC.

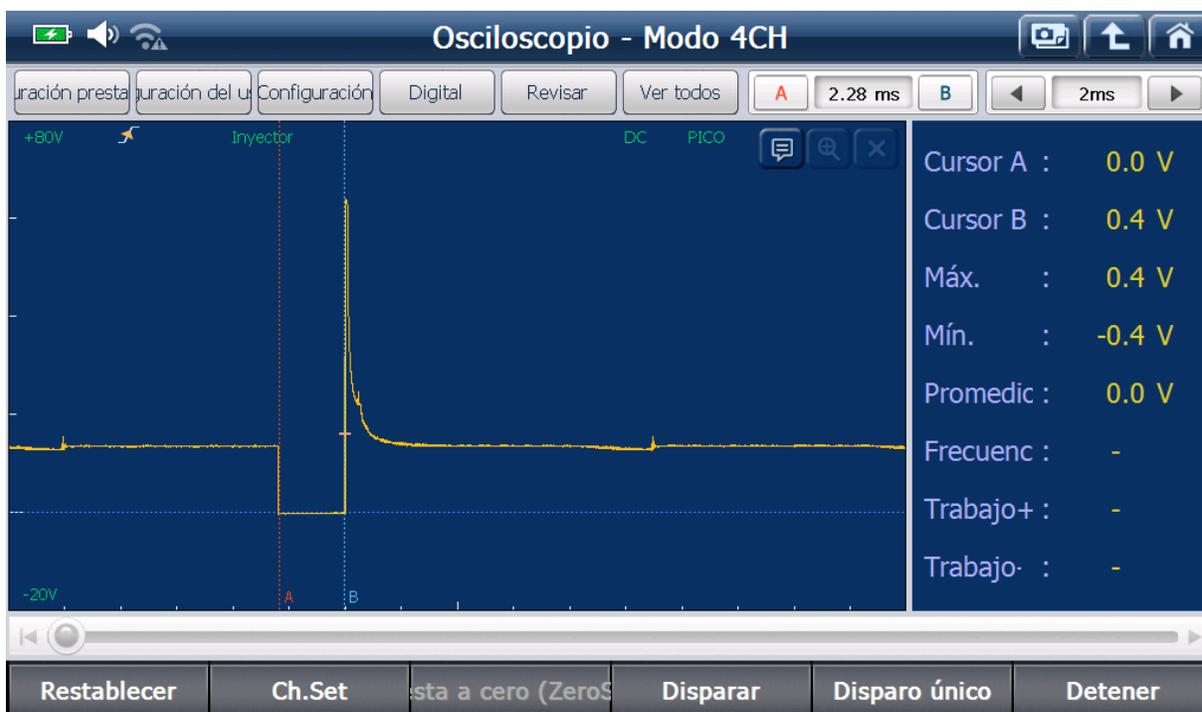


Figura 40 Oscilograma de inyector a media carga

En la figura 39 se observa al igual que en la figura 37 los mismos parámetros de comportamiento en cuanto a voltajes, pero si difiere notablemente en el tiempo que dura la caída de tensión (tiempo de activación) mostrándonos un valor de **(2.28 ms)**.

Se observa este descenso en el tiempo de activación del bobinado ya que la ECU registra un mayor número de revoluciones del cigüeñal para un mismo tiempo del proceso de combustión, razón por la cual realizará un mayor número de activaciones, pero con tiempos de demora mucho menores logrando así controlar todos los parámetros del proceso de combustión.

3.3.8.3 Señales con el motor sin PCV - Ralentí

Al modificar las condiciones del motor (sin PCV) se espera tener cambios en los valores que registran los distintos captadores. En este caso la prueba se realiza a ralentí y retirada la válvula PCV.

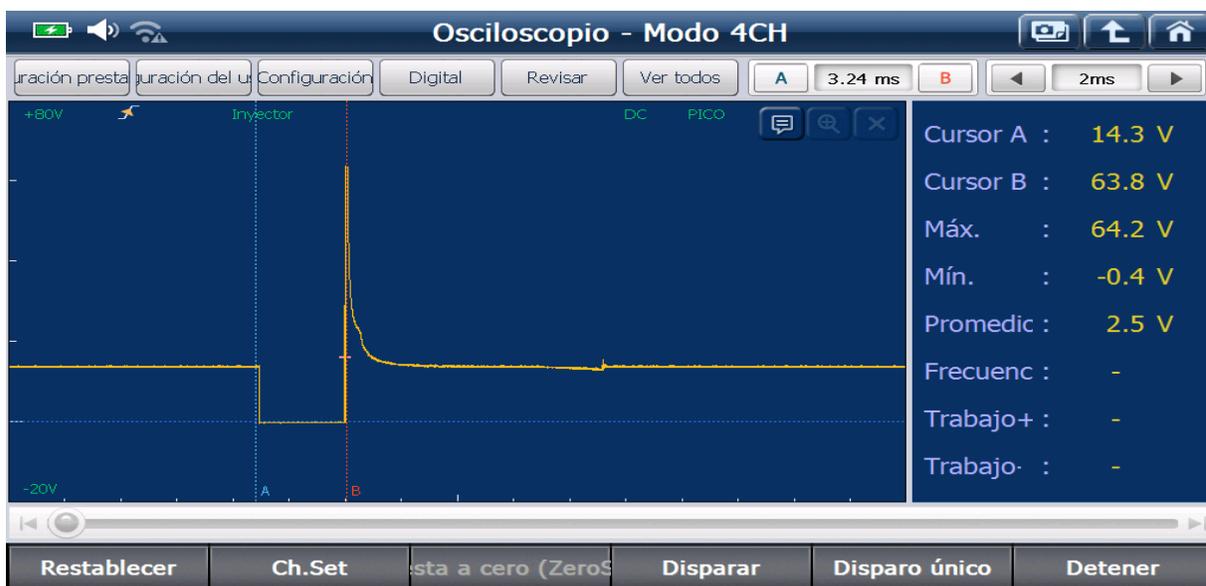


Figura 41 Oscilograma de inyector a ralentí (sin PCV)

Se observa claramente en la figura 40 un aumento en el tiempo de activación del inyector llegando a los **3.24 ms** en relación a los **2.6 ms** mostrados en la figura 37.

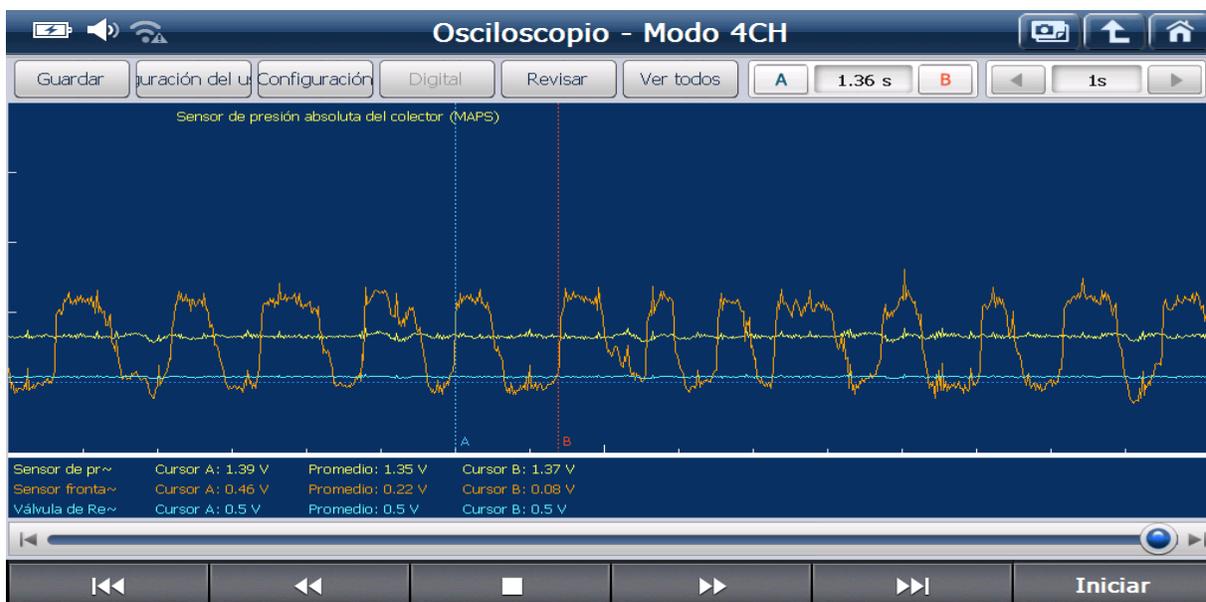


Figura 42 Oscilogramas de los sensores O2, MAP y EGR – Ralentí (sin PCV)

En la figura 41 se muestra gráficamente los valores obtenidos pertenecientes a los sensores O2, MAP y potenciómetro de la EGR con el motor sin válvula PCV y a ralentí.

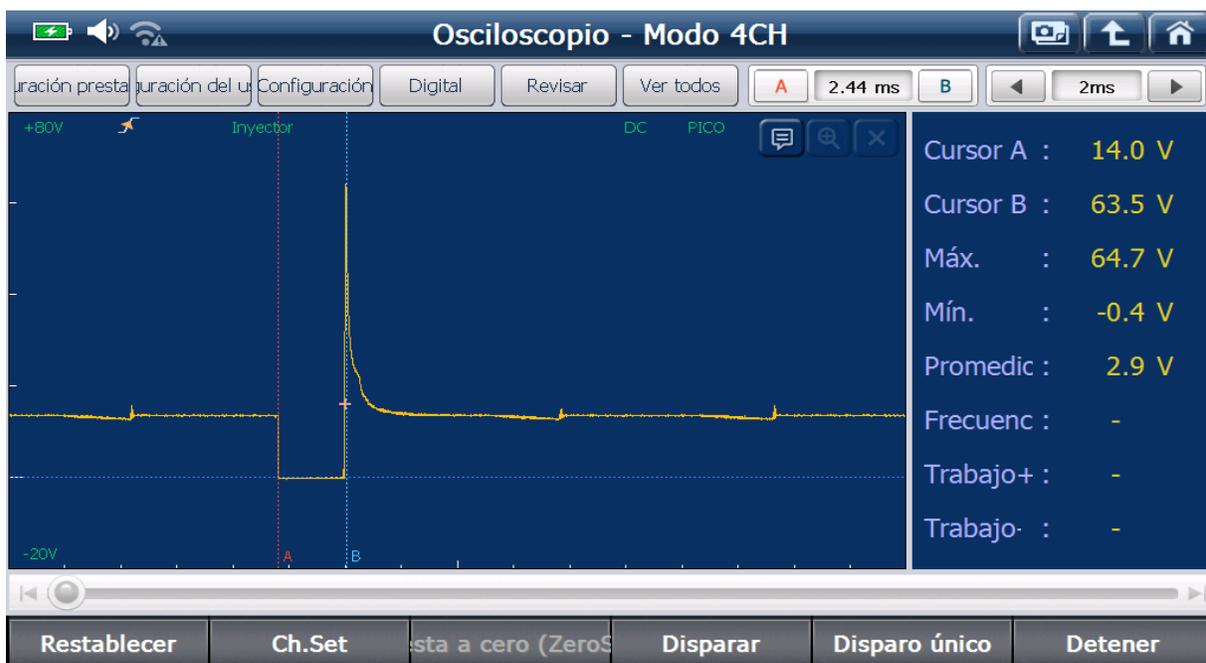
Tabla 36 Valores sensores O2, MAP y EGR – Ralentí (sin PCV)

SENSORES	VALOR	UNIDAD
O2	0.1 – 0.9	Voltios DC
MAP	1.35	Voltios DC
Potenciómetro EGR	0.5	Voltios DC

La tabla 36 muestra claramente un cambio en el sensor de presión absoluta del colector de admisión (MAP), su valor en voltios se eleva indicándonos de que se tiene mayor presión en el múltiple. De igual manera la frecuencia de muestreo del sensor O2 también aumenta, completando un ciclo en (1.36 s).

3.3.8.4 Señales con el motor sin PCV – Media Carga

Con el motor sin válvula PCV y a media carga en la prueba de emisiones fue donde más se notó un cambio, serán medidos los sensores principales para obtener los datos y gráficas de las magnitudes eléctricas para esta esta condición.

**Figura 43** Oscilograma de inyector a media carga (sin PCV)

En la figura 42 también se muestra un incremento en el tiempo de activación (**2.44 ms**) en relación con el mostrado en la figura 39 perteneciente al motor a media carga en condiciones normales (**2.28 ms**).

En definitiva, se asume un aumento en el tiempo de activación que realiza la ECU cuando el motor esta sin la válvula PCV, indicativo de que este sistema esta previamente estudiado y tomado en cuenta a la hora de calcular la carga del motor y en función de ello la dosificación de combustible.

Contrario a lo que se pensaría, al simular una válvula PCV abierta la mezcla en el motor pasaría a estar en condición rica por la presencia de hidrocarburos en los gases y vapores del cárter, parece ser que el motor registra mezcla pobre, obligando a los inyectores a abrirse por más tiempo como se puede apreciar en los oscilogramas.

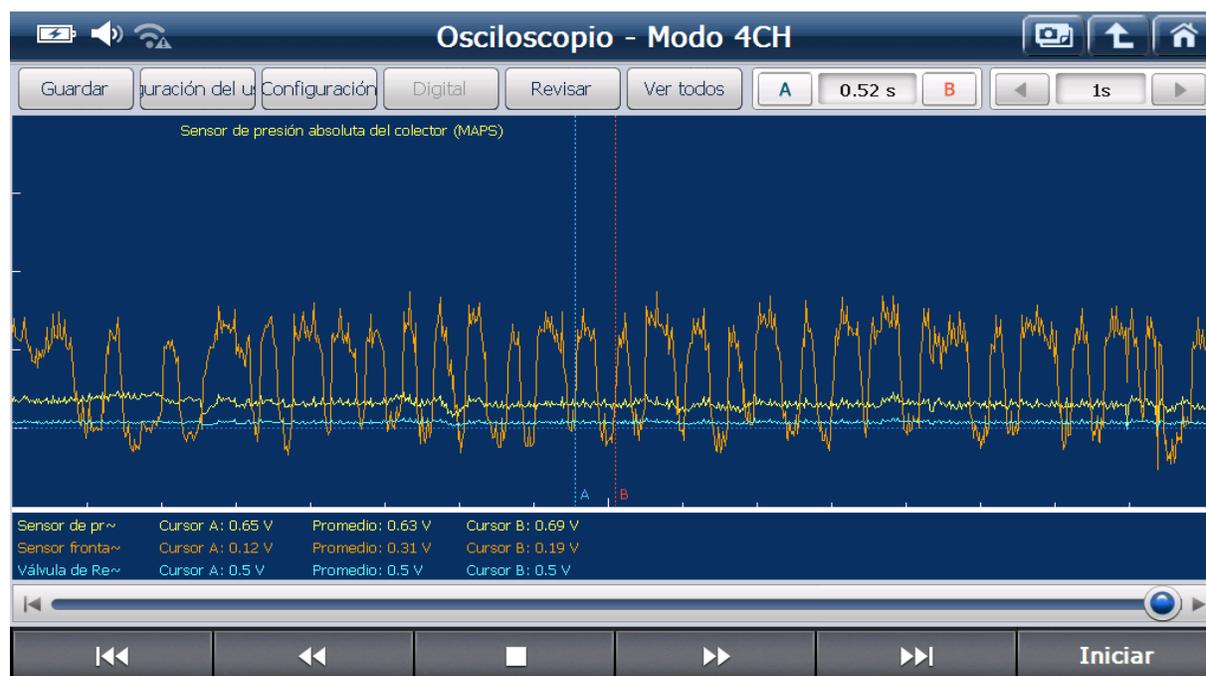


Figura 44 Oscilogramas de los sensores O2, MAP y EGR – Media Carga (sin PCV)

En la figura 43 se muestra gráficamente los valores obtenidos pertenecientes a los sensores O2, MAP y potenciómetro de la EGR con el motor sin válvula PCV y a media carga.

Tabla 37 Valores sensores O2, MAP y EGR - Media Carga (sin PCV)

SENSORES	VALOR	UNIDAD
O2	0.1 – 0.9	Voltios DC
MAP	0.63	Voltios DC
Potenciómetro EGR	0.5	Voltios DC

Pese a estar el motor sin válvula PCV no se registra mayor cambio en las señales de los sensores para esta condición, el sensor MAP registra una mayor presión mientras que el tiempo de ciclo para el sensor O2 aumenta ligeramente a (520ms).

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El Dióxido de Carbono, es un excelente indicador de la eficiencia del motor. Este motor funciona correctamente cuando el valor del CO₂ alcanza su nivel más alto 14,9 % al prescindir del funcionamiento de la válvula EGR en regímenes de media carga (2500 rpm aprox.). Con valores de: 0,19% para el CO, 26 ppm para los HC y 0,1% para el O₂.
- Con una presión barométrica de 77,22 Kpa los sistemas PCV y EGR utilizados en el motor Chevrolet Sail 1,4 L demostraron influir en la parte electrónica, registrándose los cambios más destacables a través del sensor MAP; con 1,01 VDC y 1,35 VDC para cuando el motor funciona en condiciones normales y sin el sistema PCV respectivamente. Una diferencia de 340 mV que provocará un enriquecimiento de la mezcla, detectado en las pruebas de emisiones.
- La variación más importante en las pruebas de gases de escape estáticas se encuentra con la condición del motor funcionando sin válvula PCV a media carga (2500 rpm aprox.), alcanzando su pico máximo para HC sobre los 259 ppm que sobrepasan e impide cumplir con las 250 ppm exigidas por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204.
- Al simular la condición (sin válvula PCV) en el Chevrolet Sail 1.4 L, el ancho de pulso de los inyectores se incrementa notablemente de: 2.6 ms a 3,24 ms a ralentí y de 2,28 ms a 2.44 ms a media carga, evidenciando con todo esto el aumento considerable de los HC, además de alcanzar el límite máximo tolerable por parte del Short Fuel Trim (SFT) antes de generar un posible DTC.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para un mejor control en materia de emisiones se recomienda ampliar el conocimiento en cuanto al Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxidos Nítricos (Nox), e impulsar la toma en cuenta de estos gases como parámetro de medida por los centros de Revisión Técnica Vehicular.
- La renovación de la carga en los motores de combustión interna actualmente depende mucho del estado de los sistemas PCV y EGR, es recomendable estudiar los porcentajes de aire o mezcla que estos aportan a la cámara de combustión en MEP como en MEC y analizar los cambios producidos en los parámetros electrónicos si se realizan pruebas a diferentes alturas respecto del nivel del mar.
- En un futuro se recomienda evaluar los límites máximos de emisiones permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana para vehículos automotores terrestres y promover tolerancias mucho más estrictas que se esfuercen en preservar de mejor manera el medio ambiente en nuestro país.
- Para próximas investigaciones se recomienda estudiar qué ventajas ofrece en tema de emisiones el sistema VVT (Variable Valve Timing) utilizado en vehículos actuales respecto del sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation) para motores Otto, así como el control electrónico empleado por estos sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Analizador de Gases Brain Bee - Modelo AGS-688 - Globaltech Ecuador.* (n.d.). Retrieved November 19, 2020, from <https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-brain-bee-modelo-ags-688/>
2. Analizador, E. L., Puede, D. E. G. A. S. A.-, En, F., Estático, M., Bee, B., Al, G., Panel, I., Tienen, L. O. S. U., Las, T., Especificadas, P., Ley, P. O. R., Un, P., & Impacto, M. (n.d.). AGS-688.
3. *Codigos DTC - Librería de codigos OBD2 en español.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://codigosdtc.com/>
4. G-scan2. (2015). *G-scan2 User Manual.*
5. Guevara Burbano, E. D., & Ron Paz y Miño, J. V. (2014). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR Facultad de Ingeniería Automotriz.*
6. Halderman, J. D. (2012). *AUTOMOTIVE Technology fourth Edition.*
7. INEN. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana Ecuatoriana NTE INEN 2204. *Inen.* <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
8. Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., & Leguísamo Milla, J. C. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>
9. *Manual del propietario Chevrolet Spark M 2015 Manual del propietario Chevrolet Spark M.* (2015).
10. Ortega Galarza, H. A. (2017). “ *Diseño Del Manual De Operación Del Scanner Automotriz Electrónico G-Scan En Sistemas Electrónica a Gasolina ” Operación Del Scanner Automotriz G-Scan 2.*
11. Pardiñas, J., & Feijó, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor (2018).* 433. <https://books.google.com.ec/books?id=4hhfDwAAQBAJ>
12. Pérez, M. (2017). *Sistemas auxiliares del motor 2.ª edición.* In *Sistemas auxiliares del motor 2.ª edición* (p. 500). <https://books.google.com.ec/books?id=KtXLDgAAQBAJ>
13. Puente, E., & Remache, A. (2017). Análisis De Las Curvas Características Y La Opacidad De Un Motor JO5ETC16173 Con La Implementación De Un Turbocargador. *INNOVA Research Journal*, 2(10.1), 97–108. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.1.2017.567>
14. *Qué es la válvula EGR, sus tipos y funcionamiento.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://www.ro-des.com/mecanica/valvula-egr-tipos-y-funcionamiento/>
15. *Recirculación de gases de escape: Válvula EGR | HELLA.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion->

Tecnica/Electricidad-y-electronica-del-automovil/Recirculacion-de-gases-de-escape-3491/

16. Samaca Aguilar, M., & mayden.samaca@campusucc.edu.co. (2019). Contaminación ambiental CDMX. *Frankel, Maurice. Manual de Anticontaminación: Cómo Evaluar La Contaminación Del Ambiente y de Los Lugares de Trabajo. México: FCE; 1982, p. 175.*
17. Sans, A., & Atenea Alonso Serrano, Lorena García Sanz, Irene León Rodrigo, Elisa García Gordo, Belén Gil Álvaro, L. R. B. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de La Investigación Educativa*, 167–193. <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>
18. Serpa, G., Zumba, X., Montalvo, F., Baño, D., Martínez, J., Zambrano, I., Serpa, G., Zumba, X., Montalvo, F., Baño, D., Martínez, J., & Zambrano, I. (2019). Influencia del tipo de bujía en la evaluación del comportamiento y emisiones en un motor de encendido provocado. *Enfoque UTE*, 10(2), 115–125. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n2.465>
19. *Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV) | Autolab.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://autolab.com.co/blog/sistema-ventilacion-positiva-del-carter-pcv/>
20. *Tomo 15 -GM MATIZ 2005-2011 1.0 ECM DE 90 TERMINALES.pdf.* (n.d.).
21. *Trisco Multimetrometro Automotriz.* (n.d.). Retrieved November 19, 2020, from <http://disemaq.com/productos/herramientas-para-inyeccion-electronica/29-trisco-multimetrometro-automotriz>
22. Urquidi, V. L. (2018). CONTAMINACIÓN: In *Revista Diálogos.* <https://doi.org/10.2307/j.ctv6mtcf8.35>
23. *Válvula EGR, todo lo que debes saber.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://www.highmotor.com/valvula-egr-como-funciona.html>
24. *Válvula EGR: qué es, tipos y averías.* (n.d.). Retrieved March 15, 2021, from <https://www.motor.es/que-es/valvula-egr>
25. *VALVULA EGR CHEVROLET AVEO 1.4-1.6 - Cuatro Fierros.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://cuatrofierros.com.ec/producto/valvula-egr-chevrolet-aveo-1-4-1-6/>
26. *Válvula PCV: Sistema de Ventilación Positiva del Cárter.* (n.d.). Retrieved November 19, 2020, from <https://www.autodaewoospark.com/valvula-pcv-sistema-ventilacion-positiva-carter.php>
27. *VALVULA PCV RETORNO CHEVROLET SAIL 1.4 11-18 - autosansmotors.* (n.d.). Retrieved February 4, 2021, from <https://autosansmotors.cl/producto/valvula-pcv-retorno-chevrolet-sail-1-4-11-18/>
28. Yanez, D. (2019). Método descriptivo: características, etapas y ejemplos. *I*, 1. <https://www.lifeder.com/metodo-descriptivo/>
29. Zafra-Mejía, C., Gutiérrez-Malaxechebarria, Á., Hernández-Peña, Y., Zafra-Mejía, C.,

Gutiérrez-Malaxechebarria, Á., & Hernández-Peña, Y. (2019). Correlation between vehicular traffic and heavy metal concentrations in road sediments of Bogotá, Colombia. *Revista de La Facultad de Medicina*, 67(2), 193–199. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n2.68269>

ANEXOS

ANEXO I

MOTOR CHEVROLET SAIL 1.4 L.



Fig.AI.1 Motor Chevrolet Sail 1400 cc utilizado para el proyecto de investigación.

ANEXO II

PRUEBAS DE EMISIONES EN ANALIZADOR BRAIN BEE AGS-688 Y TABLA DE RESULTADOS



Fig.AII.2 Fotos de los valores mostrados en el analizador Brain Bee AGS-688 durante las pruebas de emisiones

Tabla AI.1 Valores de emisiones con el motor sin modificar ningún sistema.

PRUEBA ESTÁNDAR				
TEST 1				UNIDAD
TEMPERATURA	90			° C
CARGA	RALENTÍ	2500 RPM	4000 RPM	1/min
CO	0,02	0,19	0,02	% vol
HC	13	40	23	ppm vol
O2	0,04	0,48	0,05	% vol
CO2	14,6	14,2	14,6	%vol
λ	1.001	1.015	1.001	

ANEXO III

VÁLVULA PCV NUEVA Y ANTIGUA



Fig.AIII.3 Estado de las válvulas PCV (Nueva y vieja)

ANEXO IV

LIMPIEZA DE VÁLVULA EGR



Fig.AIV.4 Estado de la válvula EGR una vez realizada el proceso de limpieza

ANEXO V

MEDICIONES ELECTRÓNICAS SOBRE EL MOTOR 1.4 L



Fig.AV.5 Mediciones eléctricas sobre la válvula EGR, Inyectores y sensor MAP

ANEXO VI

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ISO 14123 (KWP)

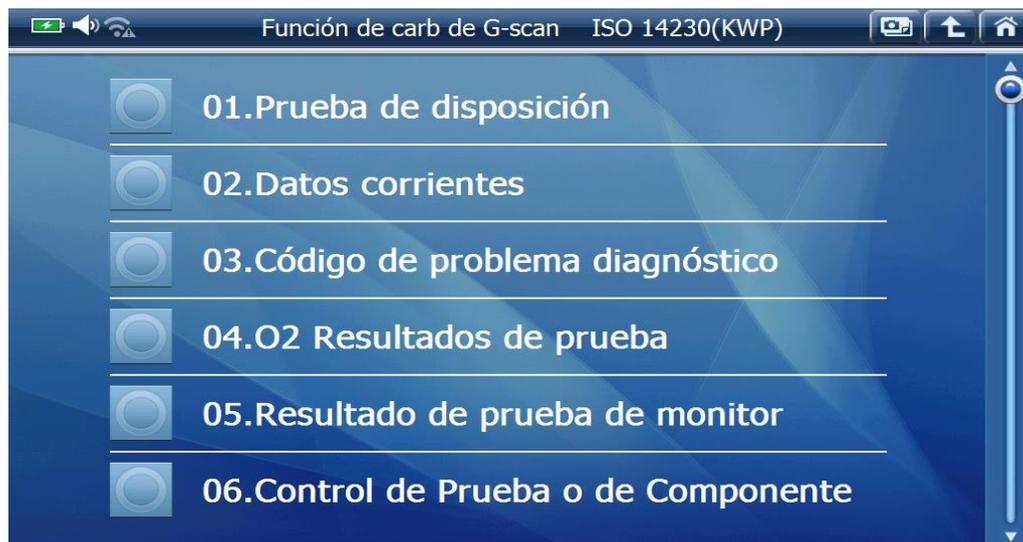


Fig.AVI.6 Protocolo de comunicación ISO 14123 utilizado por el vehículo Sail 1.4 L.

ANEXO VII

OSCILOGRAMAS OBTENIDOS DE: SENSOR O2, MAP, POTENCIOMETRO EGR E INYECTOR

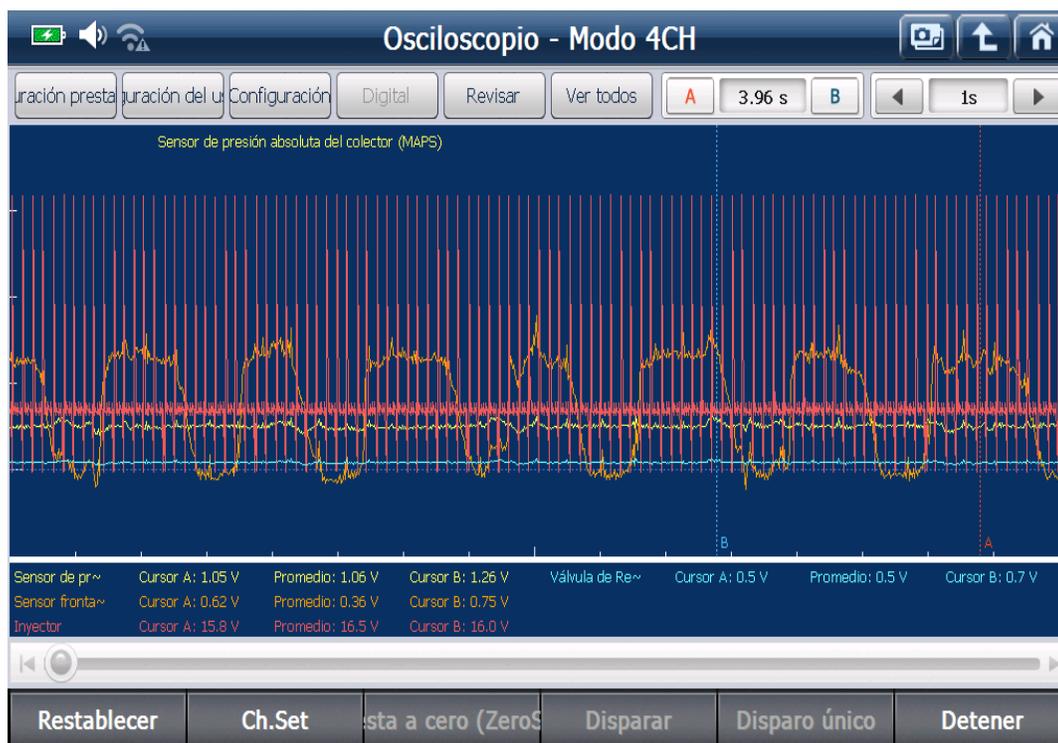


Fig.AVII.7 Oscilogramas de sensor O2, MAP, potenciómetro EGR e inyectores obtenidos mediante osciloscopio.

ANEXO VIII

ANÁLISIS DE GASES FINAL: O₂, HC Y CO (GRÁFICA DE BARRAS)

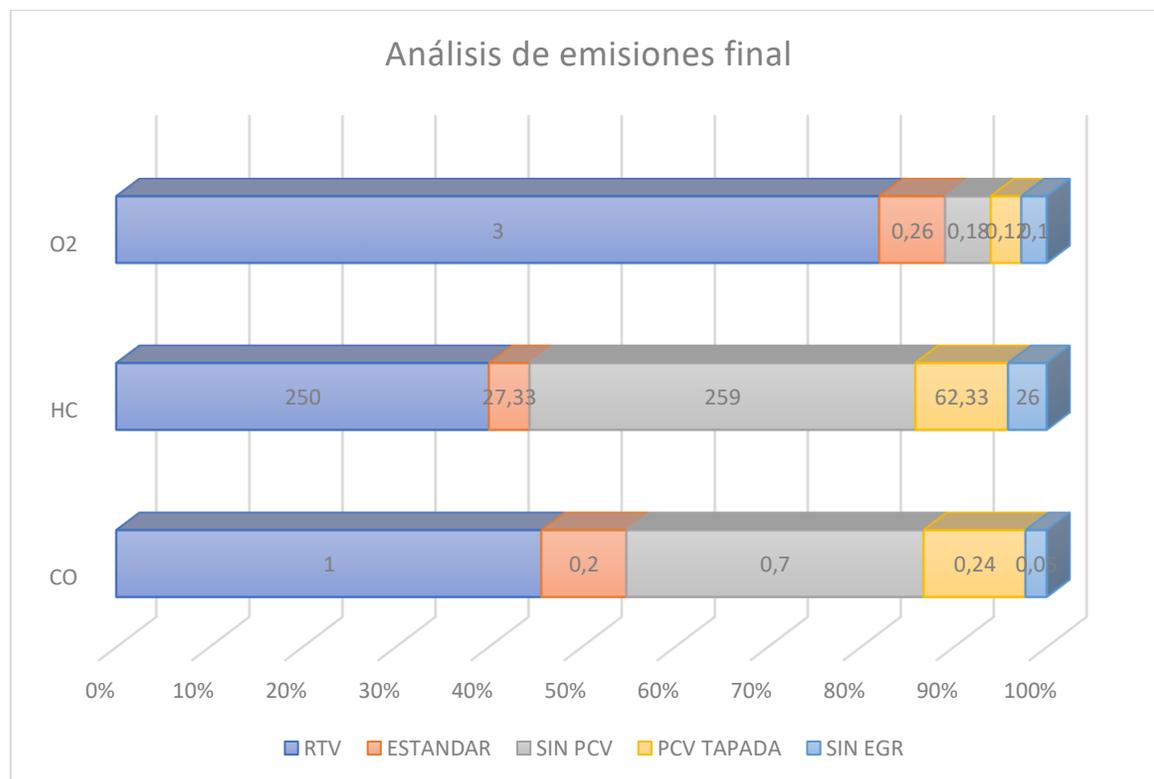


Fig.AVIII.8 Análisis de emisiones final a través de gráficos de barras de los gases: CO, O₂ y HC