



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS
DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EFI AL
UTILIZAR LA INTERFASE ECO-OBD2”**

AUTOR: PINTO CORTEZ, MARIO ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN

LATACUNGA

2019



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EFI AL UTILIZAR LA INTERFASE ECO-OB2*" fue realizado por el señor **PINTO CORTEZ, MARIO ALEJANDRO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 31 de enero de 2019

Firma:

.....

Ing. Washington Germán Erazo Laverde

DIRECTOR

C. C....0501432637



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PINTO CORTEZ, MARIO ALEJANDRO**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EFI AL UTILIZAR LA INTERFASE ECO-OBD2*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 25 de enero de 2019

Firma:

Pinto Cortez, Mario Alejandro

C.C.: 1716036882



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, **PINTO CORTEZ, MARIO ALEJANDRO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación: ***INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EFI AL UTILIZAR LA INTERFASE ECO-OB2*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de enero de 2019

Firma:

Pinto Cortez, Mario Alejandro

C.C.: 1716036882

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de investigación a mi familia que supo darme su apoyo emocional y económico y a los profesionales con quienes traté que con su sabiduría académica y experimental supieron guiarme, en especial mi madre porque fue una importante fuente de conocimiento científico.

Mario Alejandro Pinto Cortez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por haberme dado su apoyo emocional durante la realización de mi carrera.

Agradezco a mi madre su ejemplo de cumplir las metas académicas y su dedicación al conocimiento científico.

Agradezco al Ing. Germán Erazo por darme la oportunidad de aprender la realización de este proyecto.

Agradezco al Ing. Danilo Zambrano que tuvo la voluntad de ayudarme con la información administrativa que habilitó la realización de esta investigación.

Mario Alejandro Pinto Cortez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación e importancia	5
1.4. Objetivos generales y específicos.....	6

1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Metas	7
1.6. Hipótesis	8
1.7. Variables de la investigación.....	8
1.7.1. Variable independiente	8
1.7.2. Variable dependiente	9
1.8. Metodología de desarrollo del proyecto	10
1.8.1. Método inductivo.....	10
1.8.2. Método deductivo.....	10
1.8.3. Método experimental.....	10
1.8.4. Observación directa	11
1.8.5. Medición.....	11
1.8.6. Método analítico.....	11
1.8.7. Método comparativo.....	12
1.8.8. Método Sintético	12
1.8.9. Matemización	12
1.8.10. Descripción de la metodología del proyecto.....	13

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción	17
2.2. On-board diagnostics, conceptos, interfaces y protocolos	17
2.3. Arquitectura de los sistemas OBD	19
2.4. Modos de operación y parámetros PID's	21
2.5. Parámetros característicos del motor de combustión interna	25
2.6. Par motor o torque	25
2.7. Potencia	27
2.8. Consumo específico efectivo de combustible	28
2.9. Presión media efectiva	29
2.10. Rendimiento mecánico	30
2.11. Rendimiento térmico	30
2.12. Rendimiento indicado	31
2.13. Rendimiento efectivo	31

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Introducción	33
3.2. Levantamiento de requerimientos previos	33

3.3. Equipo tecnológico.....	34
3.3.1. Automóvil Kia Cerato Forte 1,6 L.....	35
3.3.2. Cable “splitter” de OBDII Diageng.....	36
3.3.3. Interfase economizadora de combustible ECO OBD2	37
3.3.4. Interfase de comunicación bluetooth ELM327	40
3.3.5. Aplicación informática Car Scanner ELM OBD2	42
3.3.6. Analizador de gases AGS-688.....	47
3.3.7. Dinamómetro de rodillos 3000-Lite	48
3.3.8. Multímetro digital 2860A	50
3.4. Protocolo de pruebas.....	51
3.4.1. Prueba de potencia y torque.....	51
3.4.2. Prueba de consumo de combustible.....	55
3.4.3. Prueba de calidad de gases de escape	60
3.5. Resultado de pruebas.....	62
3.5.1. Resultados torque y potencia.....	62
3.5.2. Resultados de consumo de combustible.....	67
3.5.3. Resultados de niveles de emisiones contaminantes.....	69

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1.	Introducción	71
4.2.	Datos preliminares	71
4.3.	Cálculo de rendimiento térmico.....	72
4.4.	Cálculo de rendimiento mecánico	73
4.5.	Cálculo de rendimiento indicado	73
4.6.	Cálculo de rendimiento efectivo	74
4.7.	Cálculo de gasto específico efectivo de combustible con pruebas de carretera.....	74
4.8.	Análisis de torque	75
4.9.	Análisis de potencia	77
4.10.	Análisis comparativo de gasto específico efectivo	79
4.11.	Análisis de rendimiento térmico	80
4.12.	Análisis de rendimiento mecánico.....	81
4.13.	Análisis de rendimiento indicado.....	82
4.14.	Análisis de rendimiento efectivo.....	82
4.15.	Análisis comparativo de emisiones de monóxido de carbono CO	83
4.16.	Análisis comparativo de emisiones de dióxido de carbono CO ₂	84
4.17.	Análisis comparativo de emisiones de oxígeno O ₂	85

4.18. Análisis comparativo de emisiones de hidrocarburos no combustionados HC.....	86
4.19. Análisis comparativo de emisiones de factor lambda λ	87

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Introducción	89
5.2. Recursos humanos	89
5.3. Recursos físicos.....	90
5.4. Recursos financieros.....	90
5.5. Recursos materiales	92
5.6. Recursos tecnológicos.....	92
5.7. Análisis de costo beneficio.....	93
5.8. Cronograma de actividades	93

CONCLUSIONES.....	95
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	97
------------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
---	-----------

ANEXOS	110
---------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente	8
Tabla 2 Variables dependientes.....	9
Tabla 3 Descripción de la metodología del proyecto.....	13
Tabla 4 Valores de presión media efectiva	29
Tabla 5 Ficha técnica del automóvil.....	35
Tabla 6 Instalación de interfase ECO OBD2.....	39
Tabla 7 Instalación de interfase ELM 327.....	41
Tabla 8 Configuración de Car Scanner ELMOBD2.....	43
Tabla 9 Características del dinamómetro de rodillos	49
Tabla 10 Características del multímetro.....	50
Tabla 11 Procedimiento de prueba dinamométrica.....	52
Tabla 12 Circuito para medición de voltaje de señal de nivel de combustible	55
Tabla 13 Medición de la carga inicial de combustible	57
Tabla 14 Prueba de consumo de combustible en circuito.....	58
Tabla 15 Protocolo de pruebas para análisis de gases de escape	60
Tabla 16 Torque y potencia con ECO OBD 2	64
Tabla 17 Torque y potencia sin ECO OBD2.....	66

Tabla 18 Consumo volumétrico.....	69
Tabla 19 Emisiones contaminantes	70
Tabla 20 Valores preliminares del vehículo.....	72
Tabla 21 Rendimiento térmico	73
Tabla 22 Rendimiento mecánico.....	73
Tabla 23 Rendimiento indicado.....	74
Tabla 24 Rendimiento efectivo.....	74
Tabla 25 Gasto específico efectivo	75
Tabla 26 Torques máximos.....	75
Tabla 27 Potencias máximas	77
Tabla 28 Tabla de recursos humanos.....	89
Tabla 29 Tabla de recursos físicos	90
Tabla 30 Tabla de recursos financieros	91
Tabla 31 Tabla de recursos materiales	92
Tabla 32 Tabla de recursos tecnológicos.....	92
Tabla 33 Análisis de costo-beneficio.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Árbol del problema</i>	4
Figura 2. <i>Pin lay-out para el DLC</i>	19
Figura 3. <i>Interfase ECO OBD2</i>	23
Figura 4. <i>Curva de par motor</i>	26
Figura 5. <i>Curva de potencia</i>	27
Figura 6. <i>Diagrama de flujo del mantenimiento del vehículo</i>	34
Figura 7. <i>Cable OBD II 2 Y Splitter Cable</i>	37
Figura 8. <i>ECO OBD2 chip</i>	38
Figura 9. <i>Instrucciones de instalación de la interfase ECO OBDII</i>	38
Figura 10. <i>Interfase ELM 327</i>	41
Figura 11. <i>App Car Scanner ELM OBD2</i>	43
Figura 12. <i>Ficha técnica del analizador de gases</i>	47
Figura 13. <i>Pantallas del analizador de gases</i>	48
Figura 14. <i>Filtros del analizador de gases</i>	48
Figura 15. <i>Dinamómetro 3000-Lite 2WD IO Chassis Dyno</i>	49
Figura 16. <i>Multímetro Robusto 2860^a</i>	51
Figura 17. <i>Datos de torque y potencia vs rpm con ECO OBD2</i>	65
Figura 18. <i>Torque y potencia vs rpm sin ECO OBD2</i>	67

Figura 19. Circuito para la medición de consumo de combustible.....	68
Figura 20. Comparación de torques	76
Figura 21. Torque vs RPM.....	77
Figura 22. Comparación de potencias	78
Figura 23. Potencia vs RPM	79
Figura 24. Comparación de gastos específicos efectivos.....	80
Figura 25. Comparación de rendimientos térmicos	80
Figura 26. Comparación de rendimientos mecánicos.....	81
Figura 27. Comparación de rendimientos indicados.....	82
Figura 28. Comparación de rendimientos efectivos.....	83
Figura 29. Comparación de las emisiones de monóxido de carbono CO	84
Figura 30. Comparación de las emisiones de dióxido de carbono CO ₂	85
Figura 31. Comparación de las emisiones de dióxido de oxígeno O ₂	86
Figura 32. Comparación de las emisiones de hidrocarburos no quemados HC	87
Figura 33. Comparación de factor λ	88
Figura 34. Cronograma de actividades.....	94

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i> Cálculo del par motor.....	26
<i>Ecuación 2</i> Fórmula de potencia indicada.....	27
<i>Ecuación 3.</i> Consumo específico de combustible	28
<i>Ecuación 4.</i> Presión media efectiva	29
<i>Ecuación 5.</i> Ecuación de rendimiento mecánico	30
<i>Ecuación 6.</i> Cálculo de la eficiencia térmica	30
<i>Ecuación 7.</i> Rendimiento indicado	31
<i>Ecuación 8.</i> Ecuación de rendimiento efectivo	32

RESUMEN

El presente proyecto buscó determinar la factibilidad de uso de la interfase ECO OBDII como variador del desempeño del motor de combustión interna EFI en pos de lograr una mayor eficiencia de combustible, basándose en cálculos de rendimiento y comparación de parámetros característicos obtenidos de pruebas dinamométricas y de campo. Para lograr el objetivo de este proyecto primeramente se realizó una exploración de la literatura y repositorios académicos correspondiente al tema de parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI. Seguidamente se elaboró un levantamiento de datos inicial de los sistemas que componen el sistema OBDII. Se investigó la ficha técnica del automóvil y del motor de combustión interna de un automóvil KIA Cerato Forte año 2016. Se midieron los parámetros característicos de desempeño del motor a través de protocolos de pruebas establecidos de torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases contaminantes (O₂, HC, CO₂, CO y Lambda) en dos condiciones del automóvil: 1) con la interfase instalada y 2) sin utilizar la interfase, aplicando equipos como: dinamómetro de rodillos, analizador de gases, scanner automotriz y pruebas en carretera. Se calculó rendimientos: térmico, mecánico, indicado y efectivo y consumo específico efectivo para cada condición. Finalmente se realizó análisis comparativos y conclusiones de los parámetros característicos y cálculos.

PALABRAS CLAVE:

- **CONSUMO DE COMBUSTIBLE**
- **DIAGNÓSTICO A BORDO (OBDII)**
- **INTERFASE ECO-OBD2**
- **MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

ABSTRACT

The present project sought to determine the feasibility of using the ECO OBDII interface as a variator of the performance of the EFI internal combustion engine in order to achieve greater fuel efficiency, based on performance calculations and comparison of characteristic parameters obtained from dynamometric tests and field. To achieve the objective of this project, an exploration of the literature and academic repositories corresponding to the characteristic performance parameters of the EFI internal combustion engine was carried out. Next, an initial data survey of the systems that make up the OBDII system was prepared. We investigated the technical sheet of the car and the internal combustion engine of a KIA Cerato Forte 2016 year. The characteristic performance parameters of the engine were measured through established test protocols of torque, power, fuel consumption and emission of pollutants gases (O₂, HC, CO₂, CO and Lambda) in two conditions of the car: 1) with the interface installed and 2) without using the interface, applying equipment such as: roller dynamometer, gases analyzer, automotive scanner and road tests. Performance was calculated: thermal, mechanical, indicated and effective specific consumption for each condition. Finally, comparative analyzes and conclusions of the characteristic parameters and calculations were carried out.

KEYWORDS:

- **FUEL CONSUMPTION**
- **ON-BOARD DIAGNOSIS (OBDII)**
- **INTERFACE ECO-OBD2**
- **INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO

1.1. Antecedentes

(El Telégrafo, 2017) expuso que: uno de los principales problemas de la humanidad en la actualidad es la contaminación ambiental provocada por las altas concentraciones de CO₂ (dióxido de carbono) en la atmósfera que a su vez causa el calentamiento global y que alcanzó niveles records en 2016 según lo informó la Organización Meteorológica Mundial (OMM). (pág. 1)

Esta misma fuente informó que la causa del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, de los cuales el principal es el CO₂, son; el crecimiento demográfico, agricultura intensiva, deforestación, industrialización y explotación de combustibles fósiles con fines energéticos. (El Telégrafo, 2017, p. 1)

Según el (Consejo Nacional de Planificación (CNP), 2017) Ecuador es un país que busca prevenir, controlar y disminuir la contaminación ambiental para mejorar la calidad de vida de la población, es así que dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 *Toda una Vida* se establece que “La revolución ecológica debe ser la consolidación del cambio de la matriz productiva y de la matriz energética, como base para la generación de empleo y riqueza, reduciendo las emisiones que contribuyen al cambio climático y garantizando la conservación y el mantenimiento de nuestro

patrimonio natural (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, 2017).” (pág. 64)

(Diario El Telégrafo, 2017) informó que: en el Ecuador los mayores contaminantes con el 52% de emisiones de CO₂, en la ciudad de Quito, son los vehículos para transporte los cuales están vinculados a la combustión de diésel y gasolina. Según la Agencia Metropolitana de tránsito, hasta el 25 de julio de 2017 sólo 260999 de los 274415 aprobaron la revisión técnica vehicular y la principal causa por las que los automotores no aprueban es los sistemas de gases de escape defectuosos. Razón por la cual, la Secretaría de Ambiente de Quito monitorea constantemente la calidad del aire a fin de controlar la emisión de CO₂ por el uso de vehículos livianos. (pág. 1)

(El Comercio, 2018) comunicó que: un uso ineficiente del combustible no sólo afecta a la calidad del aire sino también a la economía familiar. En el año 2018 el precio de todos los combustibles subieron significativamente a valores de \$3,10/galón de gasolina súper y \$2,74/galón de diésel con tendencia a seguir subiendo en el año 2019. (pág. 1)

Una de los avances tecnológicos más eficientes para disminuir la contaminación del aire por efecto de la emisión de gases de escape en los motores de combustión interna a gasolina es la inyección electrónica de combustible, electronic fuel injection (EFI), que reemplazó al carburador, cuya función era totalmente mecánica. El control electrónico hizo posible la dosificación exacta del combustible y cambiar el tiempo de

inyección de la mezcla de acuerdo a las revoluciones del motor, la condición de carga y los gases de combustión.

De acuerdo a (Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia CESVI COLOMBIA, 2015), para reducir la contaminación por emisiones de combustión en los automóviles, los fabricantes de vehículo europeos y americanos desarrollaron sistemas de diagnóstico de los motores con control electrónico denominado On Board Diagnostics (OBD). En 1988 la “California Air Resources” obligó el uso de este método de diagnóstico que controlar los límites máximos de emisiones mediante dispositivos de mando electrónicos y diagnostica las anomalías en el motor. (pág. 18)

Expone (Clavero, 2011) que: En la actualidad el protocolo OBD proporciona mucha cantidad de información sobre el funcionamiento del motor que puede generar su centralita en tiempo real y que puede ser leída a través de dispositivos electrónicos que se conectan a la toma del OBD y software de lectura. (p. 1)

Según (Santos, 2016), el control del sistema de a bordo OBD II o prueba de componente, permite la comunicación bidireccional entre la herramienta de escaneado y la ECU del vehículo, con él es posible cambiar parámetros de operación. (pág. 21)

1.2. Planteamiento del problema

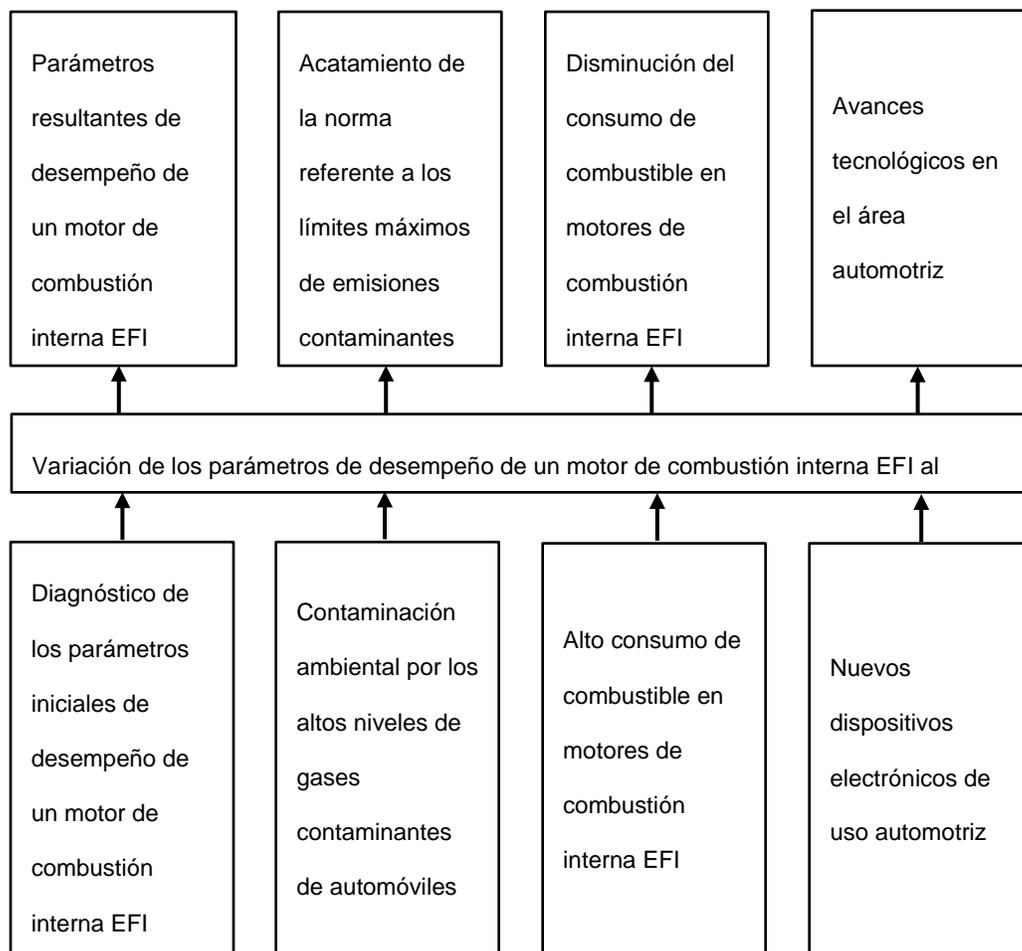


Figura 1. Árbol del problema

Esta investigación surge del deseo constante por reducir cada vez más los niveles de consumo de combustible en los motores de combustión interna a través de mejoramientos al sistema de control electrónico.

El problema a investigar es la variación del torque, la potencia, el consumo de combustible y los niveles de emisiones contaminantes de un motor de combustión interna EFI al utilizar una interfase para ahorro de combustible ECO OBD2.

Por otro lado, existe el problema de que muchos automotores no aprueban la revisión técnica vehicular que realiza la Corporación Municipal de mejoramiento de calidad del Aire de Quito (CORPAIRE) para su matriculación, debido a sistemas de gases de escape ineficaces de los motores de combustión interna EFI.

1.3. Justificación e importancia

La importancia de utilizar una interfase ECO OBD2 radica en ser un avance tecnológico que ayuda a economizar el consumo de combustible lo que a su vez aporta a la reducción de emisiones de gases contaminantes del aire sin necesidad de cambiar de manera permanente los ajustes de fábrica del motor y economizar el presupuesto personal para consumo de combustibles.

(Ministerio del Ambiente, 2010) expuso en su publicación Plan Nacional de la Calidad del Aire que: esta reducción de emisiones de gases está en concordancia con los objetivos de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito de ralentizar la degradación de la calidad del aire en la ciudad y así beneficiar las condiciones de vida de sus habitantes (pág. 9).

(El Comercio, 2018) informó que: “la reducción del consumo de combustible es un objetivo actual con impacto a nivel nacional y más aún en este año cuando el

Gobierno Nacional del Ecuador anunció un alza en los precios del galón de todos los combustibles”. (pág. 1)

El resultado de la investigación permitió obtener datos reales de los efectos de la utilización de la interfase ECO OBD2 sobre los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI y especialmente del consumo de combustible.

1.4. Objetivos generales y específicos

1.4.1. Objetivo general

- Obtener los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI al utilizar una interfase ECO OBD2.

1.4.2. Objetivos específicos

- Buscar información pertinente al tema de la presente investigación en artículos científicos, libros y repositorios académicos.
- Lograr el levantamiento inicial de datos de los parámetros característicos del motor de combustión interna y requerimientos para la instalación del interfase ECO OBD2.
- Desarrollar los protocolos de pruebas para la estimación de la medida de los parámetros característicos de desempeño (torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases contaminantes).

- Seleccionar los equipos de verificación y comprobación que permitan cumplir los protocolos de prueba de los parámetros característicos de desempeño del motor EFI.
- Determinar los parámetros característicos de desempeño iniciales del motor a través de protocolos de pruebas establecidos de torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases contaminantes.
- Instalar y calibrar la interfase ECO OBD2 y obtener nuevos datos de los parámetros característicos de desempeño.
- Analizar los datos de las pruebas obtenidas de la variación de los parámetros característicos de desempeño y su relación con el rendimiento del motor.

1.5. Metas

- Se determinó la factibilidad del uso de la interfase ECO OBD2 para reducir el consumo de combustible.
- Se comparó los valores de consumo de combustible obtenidos en las pruebas y cálculos con los prometidos del fabricante de entre 5% y 10%.
- Se monitoreó la variación de los parámetros característicos del motor de combustión interna EFI antes y después de instalar del interfase.
- Se analizó los rendimientos térmico, efectivo, indicado y mecánico para justificar la eficiencia del dispositivo.

1.6. Hipótesis

- El uso de un dispositivo electrónico ECO OBD2 proporciona una reducción del consumo de combustible de una manera fácil, rápida, económica y sin necesidad de variar los ajustes de fábrica del motor.

1.7. Variables de la investigación

1.7.1. Variable independiente

- Interfase ECO OBD2

Tabla 1
Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Dispositivo electrónico de fácil instalación a través del puerto OBDII que influye en el comportamiento de la ECU para reducir el consumo de combustible en base a su programación y lectura de las costumbres de conducción del conductor	Académico tecnológico	Temperatura del motor	°C	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Caudal de Aire	g/s	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Posición de la válvula mariposa de aceleración	%	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Posición del cigüeñal	RPM	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Tiempo de inyección	ms	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas

1.7.2. Variable dependiente

- Variación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna.

Tabla 2
Variables dependientes

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Parámetros en los que el motor de combustión interna se desempeña cuando es sometido a carga constante	Académico tecnológico	Torque	N-m	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Potencia	KW	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Consumo de combustible	Kg/h	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Niveles de emisiones	Ppm HC	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Niveles de emisiones	% CO	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Niveles de emisiones	% CO ₂	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Niveles de emisiones	O ₂	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Rendimiento térmico	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Rendimiento mecánico	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Rendimiento indicado	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
	Académico tecnológico	Rendimiento efectivo	%	Cálculo	Protocolo de pruebas

1.8. Metodología de desarrollo del proyecto

La metodología permitió establecer modelos a seguir para el transcurso de la investigación, se logró determinar las técnicas, pasos para el desarrollo y así culminar con el objetivo de reducir el consumo de combustible aplicable a cualquier vehículo de turismo.

1.8.1. Método inductivo

Según (Ruiz, 2007), “el método inductivo es un proceso llega a una conclusión general basada en la comprobación de los hechos particulares. Con este método se comprueba la hipótesis de la investigación”. (pág. 18)

1.8.2. Método deductivo

(Ruiz, 2007, pág. 20) ha escrito que: “el método deductivo utiliza el razonamiento lógico para deducir una conclusión específica basada en premisas generales” (pág. 20). Este método se utilizó para determinar los parámetros de desempeño de los motores EFI a gasolina basándose en las pruebas de parámetros de desempeño de los motores de combustión interna en general.

1.8.3. Método experimental

Según (Explorable, 2018), en este método “el investigador manipula algunas variables y controla el resto de variables para observar sus consecuencias”. Este

método sirvió para controlar las condiciones de funcionamiento del motor variando el uso de la interfase ECO OBD2.

1.8.4. Observación directa

(Martínez C. , s.f.) publicó que: “Es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio dentro de una situación particular”. Debido a la eficacia de este método se utilizó durante todo el proceso de investigación en: el diagnóstico del motor, aplicación de la interfase ECO OBD2, pruebas de parámetros característicos y análisis de resultados.

1.8.5. Medición

Según la (Universidad Autónoma de México, s.f.) Medir es asignar una valoración numérica a los objetos con el fin de comparar una unidad con otra (pág. 24). Este método se va a utilizar en la asignación de valores en las pruebas de los parámetros característicos de desempeño.

1.8.6. Método analítico

Según Ruiz (2007), siendo este método una desarticulación de un todo en sus partes, este permite conocer su composición y efectos con lo cual se puede comprender mejor su comportamiento (pág. 13). Se empleó este método para analizar la variación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI luego de utilizar la interfase ECO OBD2.

1.8.7. Método comparativo

(Abc Digital, 2003) expuso que: “a este método trata de una contrastación sistemática de fenómenos para determinar similitudes y diferencias que ayuden a disipar una incógnita y llegar a conclusiones”. De acuerdo a este método se analizó diferencias y similitudes de los parámetros característicos de desempeño antes y después de la instalación de la interfase ECO OBD2.

1.8.8. Método Sintético

Según (Ruiz, 2007), “al ser un proceso de razonamiento que busca reconstruir un todo a fin de elaborar un resumen de lo que ya se ha investigado en el análisis” (pág. 15). Este método se utilizó para describir las conclusiones del proceso de investigación.

1.8.9. Matemización

De acuerdo a (Martínez I. E., 2014), “es una situación real que implica utilizar a la matemática para construir un modelo que permita interpretar la realidad concreta o parte de ella, también nos permite describir y analizar el comportamiento de un sistema” (pág. 14). En la investigación se utilizó la matemática para representar los valores de la variación del desempeño del motor en función de sus parámetros característicos de torque, potencia, consumo de combustible y nivel de emisión de gases contaminantes.

1.8.10. Descripción de la metodología del proyecto

En la siguiente tabla se describen las metodologías aplicadas al presente proyecto:

Tabla 3
Descripción de la metodología del proyecto

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Inductivo	Con este método se comprobó la hipótesis de la investigación de que el uso de un dispositivo electrónico ECO OBD2 proporcionó una reducción del consumo de combustible mediante la variación de los parámetros característicos del motor antes y después de instalar la interfase ECO OBD2.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Deductivo	Este método se utilizó para determinar la eficiencia del uso de la interfase basándose en los resultados de las pruebas de los parámetros de desempeño de los motores EFI.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas

			Armadas ESPE sede Latacunga
Experimental	Este método sirvió para controlar las condiciones de funcionamiento del motor variando el uso de la interfase ECO OBD2.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Observación directa	Debido a la eficacia de este método se utilizó durante todo el proceso de investigación en: el diagnóstico del motor, aplicación de la interfase ECO OBD2, pruebas de parámetros característicos y análisis de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Medición	Este método se va a utilizar en la asignación de valores en las pruebas de los parámetros característicos de desempeño.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador

		<ul style="list-style-type: none"> - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Analítico	Se empleó este método para analizar la variación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna EFI luego de utilizar la interfase ECO OBD2.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Comparativo	De acuerdo a este método se analizó diferencias y similitudes de los parámetros característicos de desempeño antes y después de la instalación de la interfase ECO OBD2.	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Sintético	Este método se utilizó para describir las conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Motor de combustión interna 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en

	del proceso de investigación.	<ul style="list-style-type: none"> - Interfase ECO OBD2 - Aplicación de scanner automotriz - Computador portátil - Analizador de gases - Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga
Matematización	En la investigación se utilizó la matemática para representar los valores de la variación del desempeño del motor en función de sus parámetros característicos de torque, potencia, consumo de combustible y nivel de emisión de gases contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Computador portátil 	<ul style="list-style-type: none"> - Taller Dinamyca - Taller El Gato - Pruebas en Panamericana Sur - Domicilio del investigador - Laboratorio Autotrónica de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

(Rodríguez Mendoza & Tenorio Sangucho, 2017) dice que: dentro del motor de combustión interna EFI existen elementos mecánicos móviles y fijos que pueden transformar la energía química de un combustible en energía mecánica y cuya eficiencia se ve reflejada en los parámetros característicos: potencia, torque, calidad de emisiones contaminantes y consumo específico de combustible.

(Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia CESVI COLOMBIA, 2015) expone que: el control electrónico hizo posible la dosificación exacta del combustible y cambiar el tiempo de inyección de la mezcla de acuerdo a las revoluciones del motor, la condición de carga y los gases de combustión (pág. 18).

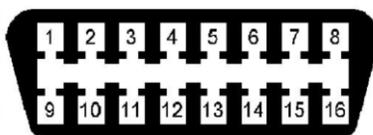
(Clavero, 2011) dice que: en la actualidad el protocolo OBD proporciona gran cantidad de información sobre el desarrollo del motor en tiempo real y que puede ser leída a través de dispositivos electrónicos que se conectan a la toma del OBD y software de lectura.

2.2. On-board diagnostics, conceptos, interfaces y protocolos

Expone (Santos, 2016) que la sigla OBD (en idioma inglés On-Board Diagnostic) es el nombre de un sistema de autodiagnóstico disponible en la mayoría de los vehículos automotores actualmente. La conexión a este sistema se realiza a través de

un conector estandarizado que fue establecido como obligatorio en Europa y en los Estados Unidos para todos los vehículos producidos a partir de 1996, y, en Brasil, a partir de 2010 con el estándar de segunda generación llamado OBD-II. Esta medida tiene la meta de indagar las emisiones de gases contaminantes en el aire, dado que algunos países tienen acuerdos mundiales en que se comprometen con la preservación del ambiente, como es el protocolo de Kyoto.

Además el OBD pretende masificar el servicio de reparación electrónica, reduciendo el costo de los talleres. Basándose en la lectura de los datos del sistema de diagnóstico, es posible identificar diversos tipos de fallas, desde una simple lámpara quemada en el panel de control, hasta serios problemas en el sistema de inyección electrónica EFI. La estandarización y la apertura de los protocolos de comunicación han traído al mercado equipos que pueden ser adquiridos por los propios conductores y que poseen tecnología Bluetooth para sincronizarlos con un computador o un teléfono o celular. Esto conlleva a que con algún conocimiento básico acerca del funcionamiento del vehículo, el propietario del automotor puede llegar al taller con una suposición acerca de una anomalía y, entonces, evitar ser engañado. Habitualmente, el conector OBD se encuentra ubicado en la parte inferior izquierda del panel del conductor. La Figura 1 el formato del conector y la identificación de los pines. (pág. 17)



PIN	Description.	PIN	Description
1	Vendor Option	9	Vendor Option
2	J1850 Bus +	10	J1850 Bus
3	Vendor Option	11	Vendor Option
4	Chassis Ground	12	Vendor Option
5	Signal Ground	13	Vendor Option
6	CAN (J-2234) High	14	CAN (J-2234) Low
7	ISO 9141-2 K-Line	15	ISO 9141-2 Low
8	Vendor Option	16	Battery Power

Figura 2. Pin lay-out para el DLC

Fuente: (Tahat, Said, Jaouni, & Qadamani, 2012)

También según el mismo autor los sistemas OBD tienen dos versiones: OBD-I y OBD-II. La primera fue desarrollada en la década de los años 80 y definía un grupo de estándares de comunicación entre los módulos de control electrónico de los vehículos y las herramientas de diagnóstico. Sin embargo, cada fabricante utilizaba sus propios conectores y códigos de error (Diagnostic Trouble Codes o DTC). “Desde 1996, los vehículos fabricados en los Estados Unidos y Europa pasaron a salir de fábrica equipados con el sistema OBD-II estandarizado con el conector J1962” (SAE, 1992) y también los protocolos soportados. Con este avance, se necesitó un único dispositivo para obtener datos de diagnóstico de vehículos de diferentes marcas. (pág. 17)

2.3. Arquitectura de los sistemas OBD

Según (Santos, 2016) un sistema básico OBD consiste en una *ECU* (en inglés Engine Control Unit), que utiliza la entrada de señales de varios *sensores* (por ejemplo, sensor de oxígeno) para controlar los *actuadores* (por ejemplo, inyectores de

combustible) con el fin de obtener el rendimiento deseado. El sistema también reporta y registra fallas, que pueden ser alertadas por el conductor a través de la luz de “check engine” en el panel de controles, también conocido como *MIL* (en inglés Malfunction Indicator Light). Una ECU de un vehículo moderno puede soportar cientos de parámetros simultáneamente, que se pueden acceder a través del *DLC* (en inglés Diagnostic Link Connector) utilizando herramientas de exploración, conocidas como *scanners*. Según Santos (2016) la ECU también es capaz de aplicar algoritmos inteligentes para permitir mayor seguridad durante la conducción. Una ECU es responsable, por ejemplo, de definir cuál es el momento adecuado para accionar el proceso sistema antibloqueo de las ruedas, o ABS, lo que logra una parada total del vehículo en un intervalo de tiempo menor, comparado con la no utilización de este sistema. Típicamente, las ECU se basan en microcontroladores programables de 8 a 32 bits, con pocos megabytes de memoria, operando entre 32 y 100 MHz. A pesar de la baja frecuencia de operación, en comparación con los ordenadores personales, estos controladores son capaces de procesar en tiempo real, desde funciones simples, como la señalización de apertura de una puerta, hasta el control de sistemas críticos como los de frenado y tracción. Para esto, algunos requisitos básicos son requeridos, como: soporte para la conversión de señales analógicas y digitales, generación de señales, temporizadores, entrada y salida serial y paralela, tolerancia a fallos y bajo tiempo de contestar. Algunos ejemplos de controladores que se destacaron en sistemas de este tipo, son, por ejemplo: Infineon Tri-core, Atmel AVR, Microchip PIC, Renesas y el Intel 8051. A diferencia de otras aplicaciones, como las relacionadas con Internet de las

cosas, en las que hay una constante preocupación por el bajo consumo de energía, la ECU tiene alimentación provista por la batería del vehículo, la cual es cargada por la propia combustión del motor, de esta forma, es posible utilizar dispositivos comunes de mercado y, por consiguiente, más baratos (pág. 18).

2.4. Modos de operación y parámetros PID's

Escribió (wlap.org, 2016) que: las informaciones que pueden obtenerse de un sistema OBD-II se organizan en modos de operación y códigos de parámetros (PID). El modo de operación debe ser informado al realizar una solicitud para la ECU y consiste en un valor hexadecimal de dos dígitos que debe estar entre los valores 0x01 y 0x0A. Cada modo de funcionamiento puede tener hasta 256 PID, que se representan también por un número hexadecimal de dos dígitos. El estándar OBD-II regula un conjunto de PID y modos de operación, algunos de los cuales son puestas a disposición obligatoria por el fabricante, especialmente los destinados a la emisión de gases contaminantes. Otros parámetros previstos por el estándar son de adopción facultativa, es decir, el fabricante decide si están disponibles de forma abierta para herramientas de diagnóstico. Además de los modos de operación y PID estandarizados, el propio fabricante puede definir códigos adicionales cuya lectura sólo puede realizarse con el conocimiento de las especificaciones propietaria. (pág. 1)

El mercado de certificaciones para el desarrollo de estas herramientas es bastante restrictivo y, generalmente, las montadoras cobran caro por ese tipo de capacitación. Debido a eso, los llamados scanners, en general, no son accesibles al

consumidor final. El costo de un dispositivo moderno certificado por el fabricante puede variar de cientos hasta algunos miles de reales, por consiguiente, una exploración completa del vehículo se pasa a ser realizada sólo por talleres mecánicos en la ocurrencia de anomalías perceptibles por el conductor.

Según (Santos, 2016) también, el modo 0x08, control del sistema de a bordo o prueba de componente, permite la comunicación bidireccional entre la herramienta de escaneado y la ECU del usuario vehículo. Es decir, con él es posible cambiar parámetros de operación y, por lo tanto, probar diferentes hipótesis hasta identificar la causa del problema. Cabe recalcar que este modo debe ser utilizado con cuidado, pues si se utiliza sin el conocimiento necesario puede causar daños al vehículo. La llamada “chipaje”, técnica que se ha vuelto bastante popular en los últimos años, permite aumentar la potencia del motor en algunos de los caballos de fuerza sólo mediante la reprogramación de la ECU del vehículo.

Existen productos de mercado, como el Nitro OBD 2 Tuning y el ProRacingX OBD 2, que prometen una ganancia de hasta un 35% en potencia y de hasta un 25% en torque sólo con el uso de un dispositivo que se monta en la toma de OBD-II. A pesar de ello, esta técnica no es recomendada por los mecánicos y fabricantes, pues expone el vehículo a situaciones de operación para las que no ha sido proyectado. Por otro lado hay adaptadores que proponen un enfoque más ecológico, como el ECO OBD2.

Este producto rehace el sistema de inyección electrónica de acuerdo con los hábitos del conductor para obtener hasta un 15% de reducción en el consumo de combustible. (pág. 21)



Figura 3. Interfase ECO OBD2

Fuente: (Ebay, 2018)

Según (Guagalango & Loachamín, 2016), “el flujo de datos del OBD II fue diseñado para leer en tiempo real la condiciones en las que trabaja el motor de combustión interna EFI a través de datos que proveen los sensores llamados parámetros de diagnóstico y que utiliza el OBD II para evaluar su funcionamiento” (pág. 32).

Según (Augeri): “Dentro de los principales parámetros revisados en el scanner se tienen:

- RPM. Revoluciones del motor leídas por el PCM, las RPM confirman que el PCM lee vueltas en el cigüeñal.
- ECT. Temperatura del motor tomada por el sensor de temperatura del refrigerante es indicada en grados Celsius C o en grados Fahrenheit.
- IAT. Indica la temperatura del aire en el múltiple de admisión y es indicada en grados Celsius C o en grados Fahrenheit.
- MAP. Indica la presión del colector de admisión ayuda al PCM a calcular la carga del motor esto es presentado en KPa o mmHg.
- TPS. Indica la posición de la mariposa independientemente del sensor que se tenga (Voltaje ascendente o descendente) el valor siempre se presentara en % de carácter ascendente.
- MAF. Indica la cantidad de aire que ingresa al motor evaluada en flujo, ésta es medida por el sensor MAF y en el menú se presenta en g/s o en lb/min.
- VSS. Indica la velocidad del vehículo medida en Km/h o m/h, esta puede ser medida en la transmisión en las ruedas o por otro sistema como el ABS y comunicada al PCM por datos.
- AVANCE. Indica el avance que calcula el PCM del encendido, para cada condición de carga existe un avance calculado por el PCM, para ello se ayuda del SFT. (Short Fuel Trim) y del LFT. (Long Fuel Trim) que son el ajuste de combustible a

corto plazo y a largo plazo respectivamente, los cuales indican la compensación que coloca el PCM de acuerdo al promedio de cambios de la señal del sensor de Oxígeno. Este valor medido se presenta en el flujo de datos como %. Positivo o negativo de acuerdo a la condición. En el caso de alcanzar un valor de 25% se genera un código continuo. En algunas aplicaciones el LFT debe superar 30% para encender el MIL.” (pág. 7)

2.5. Parámetros característicos del motor de combustión interna

Exponen (Quimbita & Guallichico, 2017) que: “los indicadores del funcionamiento del motor son: el par, la potencia y el consumo específico que proporcionan información acerca de la fuerza que genera, cuánto combustible consume por kilómetro y con qué rapidez puede trabajar el motor” de combustión interna. (pág. 33)

2.6. Par motor o torque

De acuerdo a (Sanz S. , 2017), se lo denomina también momento de giro y es la consecuencia de rotación que se desarrolla cuando se comunica una fuerza sobre una palanca. El valor resulta de la multiplicación de la fuerza en Newtons por la distancia en metros. En el motor de combustión interna, de la presión obtenida de la combustión por la superficie de la cabeza del pistón resulta la fuerza que recibe la biela. (pág. 71)

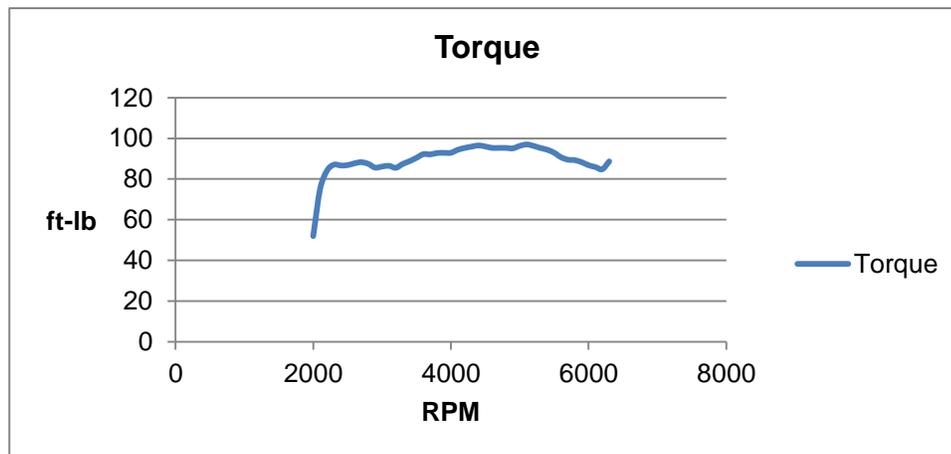


Figura 4. Curva de par motor

(Crouse, Motores del automóvil, 1996) dice que: "el par motor es una función de la fuerza (F) aplicada a la biela de longitud de codo de cigüeñal (d) cuyo valor es la mitad de la carrera. La fuerza aplicada al codo del cigüeñal resulta proporcional a la presión media efectiva sobre la cabeza del pistón".

$$M = Ni \cdot w$$

Ecuación 1. Cálculo del par motor

Fuente: (Crouse, Motores del automóvil, 1996)

En dónde:

- M es el par motor
- Ni es la potencia indicada
- w la velocidad angular cigüeñal

2.7. Potencia

Según (Castro, 1998), “la potencia se define como la cantidad de trabajo que puede realizar el motor de combustión interna por unidad de tiempo. En tanto más potente es el motor, más peso es capaz de mover a una misma velocidad”.

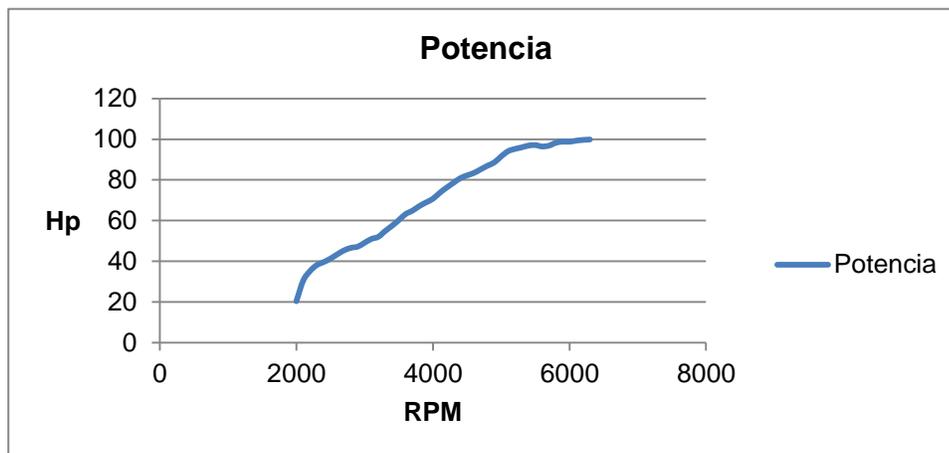


Figura 5. Curva de potencia

$$Ni = \frac{Pi * i * Vh * n}{30 * \tau}$$

Ecuación 2 Fórmula de potencia indicada

Fuente: (Crouse, Motores del automóvil, 1996)

En dónde:

Según (Crouse, Mecánica del automóvil, 1993), “Ni es potencia indicada que desarrolla el motor en el interior de las cámaras de combustión durante ese tiempo y viene dada en la ficha técnica del automóvil”.

- Pi es presión media indicada
- Vh es cilindrada unitaria

- N es la velocidad del giro del cigüeñal

2.8. Consumo específico efectivo de combustible

Según (Bosch, 2003) que “el consumo específico de combustible, indica la masa de combustible, que necesita un motor de combustión para ejecutar un trabajo determinado”.

Y expone (Sánchez, 2012) que: “el consumo suele expresarse por un consumo específico (G_{pe}) y se puede deducir este consumo específico en función del rendimiento del motor y el calor específico del combustible”:

$$G_{pe} = \frac{B \cdot 3600}{N_e}$$

Ecuación 3. Consumo específico de combustible

Fuente: (Ocaña A. , 2000)

En dónde:

- G_{pe} es el consumo o gasto específico efectivo de consumo en (Kg/KW-h)
- B es el consumo de combustible en (Kg/s)
- N_e es la potencia efectiva del motor (KW); que dice (González, Motores térmicos y sus sistemas auxiliares, 2015) es la “potencia obtenida a partir del freno dinamométrico del banco de pruebas se conoce como potencia efectiva del motor a un determinado régimen y carga del motor siendo la potencia útil disponible en el cigüeñal”
- 3600 es un factor de conversión de segundos a hora

2.9. Presión media efectiva

Según (Casado, 2009), “cuando se haya obtenido la potencia que es efectiva la cual es determinada en el banco dinamométrico se puede calcular la presión media efectiva por cada ciclo que se realiza en cada uno de los cilindros del motor”.

La fórmula de la presión media efectiva del motor se puede calcular como sigue:

$$P_{mc} = \frac{T}{V_h} * i$$

Ecuación 4. Presión media efectiva

Fuente: (Casado, 2009)

Donde;

T es torque

V_T es la cilindrada total cm^3

i es el número de cilindros

El valor resultante varía en los vehículos automotores dependiendo si funcionan a gasolina o a diésel.

Tabla 4

Valores de presión media efectiva

Presión media efectiva (<i>pme</i>)	
Motor	Valor
Gasolina	8 – 14 $\frac{kg}{cm^2}$
Diésel	7 – 18 $\frac{kg}{cm^2}$

Fuente: (Sanz S. , 2011)

2.10. Rendimiento mecánico

Es un rendimiento que se produce por causa del rozamiento de los pistones, cigüeñal, etc. y se calcula por el cociente entre la potencia efectiva y la indicada (Ocaña A. , 2000).

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

Ecuación 5. Ecuación de rendimiento mecánico

Fuente: (Jóvaj, 1982)

En dónde:

- η_m es el rendimiento mecánico
- N_e es el trabajo efectivo
- N_i es el trabajo indicado

2.11. Rendimiento térmico

Expone (Bosch, 2003) que dentro del motor de combustión interna no toda la energía química del combustible se convierte en trabajo mecánico, sino que una parte invertida se pierde.

$$n_t = P_{mc} \frac{(\varepsilon - 1)(k - 1)}{P_a \varepsilon^k k (\rho - 1)}$$

Ecuación 6. Cálculo de la eficiencia térmica

Fuente: (Mena L, 2011)

Donde:

n_t es la eficiencia térmica.

P_{mc} es la presión media del ciclo

ε es la relación de compresión

k es el coeficiente adiabático

ρ es el grado de expansión previa

2.12. Rendimiento indicado

Expone (Ocaña A. , 2000) que este rendimiento indica la calidad del trabajo del motor en lo que tiene que ver con el diagrama de trabajo, reglajes de distribución y encendido. Se calcula mediante la relación entre el rendimiento térmico y el rendimiento mecánico.

$$n_i = \frac{n_t}{n_m}$$

Ecuación 7. Rendimiento indicado

Fuente: (Mena L, 2011)

2.13. Rendimiento efectivo

Escribe (González, 2011) que el rendimiento efectivo relaciona la potencia efectiva empleada con la potencia del combustible y mide el grado de aprovechamiento del motor de combustión interna en relación al combustible empleado.

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i$$

Ecuación 8. Ecuación de rendimiento efectivo
Fuente: (Jóvaj, 1982)

En dónde:

- n_e es el rendimiento efectivo
- n_m es el rendimiento mecánico
- n_i es el rendimiento indicado

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Introducción

Con el propósito de conocer los indicadores del funcionamiento del motor, que son: el par, la potencia, el consumo específico y la calidad de gases de escape que proporcionan información acerca de la fuerza que genera, cuánto combustible consume por kilómetro y con qué rapidez puede trabajar el motor de combustión interna se realizó pruebas en laboratorio y en campo que se detallan a continuación.

3.2. Levantamiento de requerimientos previos

Los requerimientos previos para llevar a cabo las pruebas subsiguientes son principalmente: el buen funcionamiento del equipo tecnológico y la disponibilidad de los lugares para las pruebas.

Primeramente al vehículo se le realizó una revisión mecánica preventiva para que esté en buenas condiciones de funcionamiento, por ello se realizó el procedimiento de “mantenimiento del vehículo” propuesto a continuación.

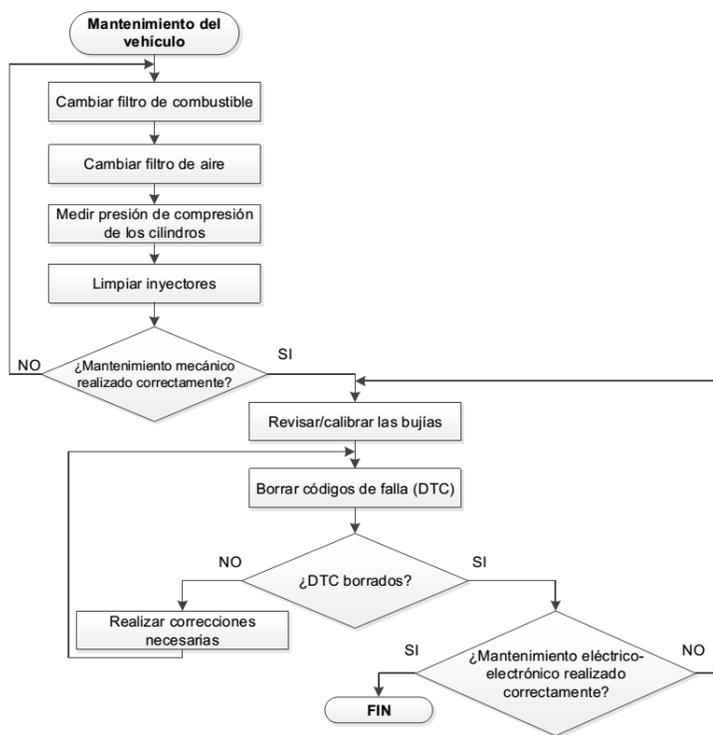


Figura 6. Diagrama de flujo del mantenimiento del vehículo
Fuente: (Chiliquinga Bustos & Ruiz Ruiz, 2016, pág. 78)

Para verificar la disponibilidad del resto del equipo tecnológico se realizó pruebas previas de funcionamiento antes de cada prueba.

3.3. Equipo tecnológico

Cada instrumento utilizado en las pruebas y su método de aplicación se detalla a en este capítulo. Como dato general se puede mencionar que en los talleres Dinámica ubicados en la ciudad de Quito se desarrolló las pruebas de torque y potencia en un dinamómetro de rodillos, en los talleres El Gato ubicado también en la ciudad de Quito se realizó las pruebas de emisiones contaminantes con una analizador de gases y en la vía E35 se llevó a cabo las pruebas de consumo de combustible con la ayuda de una

aplicación de teléfono celular que funciona como scanner automotriz para medir el tiempo y distancias recorridas además de un multímetro digital que sirvió para registrar el voltaje del sensor de nivel de combustible.

3.3.1. Automóvil Kia Cerato Forte 1,6 L

Las características del automóvil se lee en la ficha técnica, que es una serie de datos técnicos del automóvil que proporciona el fabricante. La ficha también contiene información dimensiones geométricas y de parámetros característicos medidos en laboratorios especializados del motor de combustión interna que sirvió para posteriores cálculos de esta investigación.

Tabla 5

Ficha técnica del automóvil

MOTOR	EX 1.6	EX 2.0	SX 2.0
Arquitectura	Cuatro cilindros en línea, block en fundición y tapa en aluminio	Cuatro cilindros en línea, block y tapa en aluminio	
Combustible	Nafta		
Diámetro x carrera (mm)	76,5 x 87	86 x 86	
Cilindrada (cm ³)	1.599	1.998	
Relac. de compresión	10,1:1	10,5:1	
Potencia CV (KW) / régimen (rpm)	124 (91) / 6.300	156 (114) / 6.200	
Torque Nm (kg-m) / régimen (rpm)	156 (15,9) / 4.200	194 (19,8) / 4.300	
Alimentación	Inyección electrónica de combustible		
Distribución	Dos árboles de levas a la cabeza comandados por correa dentada	Dos árboles de levas a la cabeza comandados por correa dentada, con distribución variable CVVT para admisión y escape	
Válvulas	4 por cilindro		
TRANSMISIÓN			
Tracción	Delantera		
Caja de cambios	Caja manual de cinco relaciones	Caja automática de cinco relaciones	
Relaciones	No informado		
SUSPENSIONES			
Delantera	Ruedas independientes, McPherson con barra antirrolido, resortes helicoidales y amortiguadores hidráulicos		

CONTINÚA 

Trasera	Brazo de torsión con barras antirrolido, resortes helicoidales y amortiguadores hidráulicos	
FRENOS Y DIRECCIÓN		
Tipo	Hidráulico	Hidráulico con ABS y EBD
Delanteros	Discos ventilados	
Traseros	Discos sólidos	
Dirección	Piñón y cremallera, con asistencia en función de la velocidad	
LLANTAS		
Delanteras y traseras	15" en aleación	17" en aleación
NEUMATICOS		
Delanteros y traseros	195/65 R15	205/55 R16
CARROCERÍA		
Tipo	Berlina tricuerpo, con carrocería unibody en acero	
Puertas / plazas	4 / 5	
Cx	No informado	
DIMENSIONES		
Largo (mm)	4.530	
Ancho (mm)	1.775	
Alto (mm)	1.460	
Distancia entre ejes (mm)	2.650	
Trocha delantera (mm)	1.557	
Trocha trasera (mm)	1.564	
Peso (kg)	No informado	
CAPACIDADES		
Baúl (dm ³)	416	
Tanque de combustible (l)	62	
GARANTÍA		
3 (Tres) años o 100.000 km		
Fuente: (Autofaro, 2019)		

3.3.2. Cable “splitter” de OBDII Diageng

(walmart, 2019) muestra que el cable “Diageng Ultra Low Profile Left or Right Angle OBD II 2 Y Splitter Cable 30cm/12””, con número de parte MCS-SCA-ULP-Y30-FBA, es una extensión eléctrica de 30cm de longitud que conecta paralelamente un conector macho y 2 dos conectores hembra tipo OBDII de 16 pines ultra planos J1962 de bajo perfil.

Este cable se usó para conectar a la toma OBDII del automóvil la interfase ECO OBDII y la ELM 327 simultáneamente.



Figura 7. Cable OBD II 2 Y Splitter Cable

Fuente: (walmart, 2019)

3.3.3. Interfase economizadora de combustible ECO OBD2

(Tecnofuel, 2015) Expone que el ECO OBD2 es un dispositivo electrónico que contiene un chip que se conecta al puerto OBDII del vehículo y que su objetivo es reducir el consumo de combustible mediante su interacción con los mapas electrónicos programados en la ECU (pág. 1).

“Cuando está conectado al puerto OBDII, el ECO OBD2 recibe la información de la computadora de la Unidad de Control del Motor. Con los datos recibidos de la Unidad de Control del Motor, el Eco OBD2 ajusta la presión de impulso, cantidad de combustible, sincronización de la inyección y presión para reducir el consumo de combustible del vehículo.

El adaptador no excede los requerimientos del fabricante. Trabaja solo dentro de la tolerancia del motor” (pág. 1).



Figura 8. ECO OBD2 chip
Fuente: (Aliexpress, 2019)

La interfase ECO OBDII viene con instrucciones de instalación que se muestran a continuación.

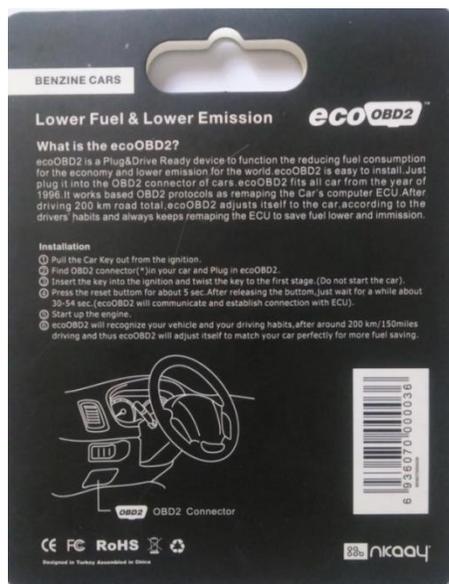


Figura 9. Instrucciones de instalación de la interfase ECO OBDII
Fuente: (NKAAY, 2018)

Las instrucciones mostradas están escritas en idioma inglés y se resume como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6
Instalación de interfase ECO OBD2

Procedimiento	Figura
<p>Saque la llave del encendido.</p> <hr/> <p>Localice el puerto OBD 2 del vehículo y conecte el Eco OBD2.</p>	
<p>Inserte la llave en el encendido y gire a la primera posición. (No encienda el motor)</p> <hr/> <p>Presione el botón reinicio por 5 segundos. Después de soltar el botón, espere por aproximadamente 30-54 segundos. (El Eco OBD2 se comunica y establece una conexión con la Unidad de Control del Motor.)</p>	
<p>Encienda el Motor.</p> <hr/> <p>El Eco OBD2 reconoce su vehículo y hábitos de manejo, después de los 200 km de conducción se ajusta para coincidir con el vehículo perfectamente y ahorrar combustible.</p>	

3.3.4. Interfase de comunicación bluetooth ELM327

(KitoSDev-CMS, 2019) presenta al interfase ELM327 como una herramienta para diagnosticar vehículos con sistemas OBDII – EOBD – CAN que normalmente se los encuentra en vehículos estadounidenses, europeos y asiáticos fabricados desde 1996 y que cuenten con un conector de diagnóstico a bordo de 16 pines.

Físicamente la interfase es un dispositivo electrónico que es capaz de detectar automáticamente el protocolo de comunicación de la ECU y permite su conexión con ésta para leer y borrar códigos de error DTC's, la luz de “check engine” o llamada también MIL (Malfunction Indicator Lamp) y visualizar los valores de sensores y actuadores del motor mientras se encuentra en pleno funcionamiento.

La información que la interfase ELM 327 extrae de la ECU es luego enviada inalámbricamente a un ordenador como un teléfono celular “inteligente” o una computadora utilizando tecnología Wi-Fi o bluetooth para ser decodificada por un software apropiado como el Car Scanner ELM OBD2.



Figura 10. Interfase ELM 327

Fuente: (Ebay, 2019)

(obd2-elm327, 2017) expone un procedimiento para la instalación de la interfase ELM 327 que se resume en la siguiente tabla.

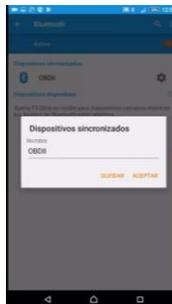
Tabla 7

Instalación de interfase ELM 327

Procedimiento	Figura
<p>Conectar la interfase en el puerto OBDII, poner el automóvil en contacto y asegurarse de que tiene el led indicador de color rojo encendido, esto indica que está en funcionamiento y que está disponible para ser buscado por bluetooth.</p>	

CONTINÚA 

Acceder al menú de configuración bluetooth del teléfono celular u ordenador y activar el bluetooth si no está activado. Al realizar la búsqueda de dispositivos cercanos aparece el OBD2 ELM327, se lo selecciona y se inserta la clave “1234”. Enseguida el dispositivo queda vinculado al teléfono u ordenador.



Fuente: (Tecnofuel, 2015)

3.3.5. Aplicación informática Car Scanner ELM OBD2

(Carscanner.info, 2019) dice que el Car Scanner ELM OBD2 es una aplicación informática para dispositivos móviles y ordenadores de escritorio que permite al usuario leer y grabar los datos de los parámetros de funcionamiento del automóvil que la unidad de control del automóvil ECU está monitoreando activamente con instrumentos como el velocímetro, tacómetro, indicador de combustible, indicador de temperatura del refrigerante, etc., a través del teléfono celular.

Y así como se pueden visualizar los PDI's también se pueden visualizar los DTC's que encienden la lámpara de "Check Engine" MIL (Malfunction Indicator Lamp).

Para que la aplicación pueda acceder a los datos de la ECU, utiliza una interfase ELM327 que se conecta a la toma OBDII y transmite inalámbricamente la información del computador del motor hacia el teléfono celular con tecnología bluetooth.

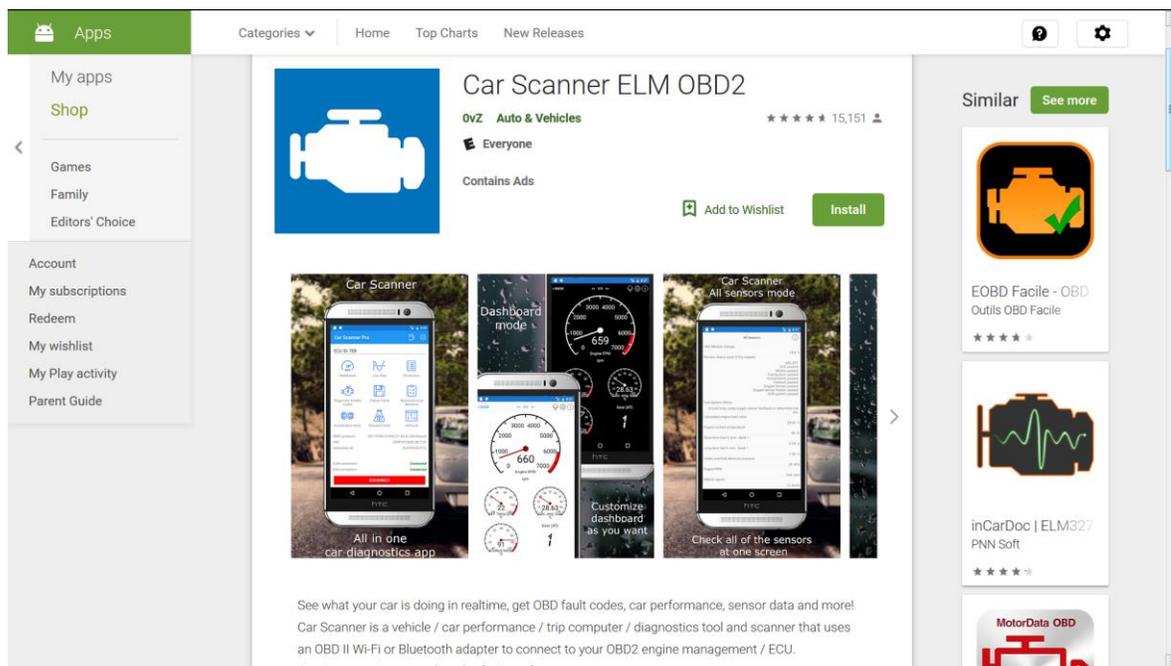


Figura 11. App Car Scanner ELM OBD2
Fuente: (Google, 2019)

(Carscanner, 2018) enseña que: “existen varios procedimientos para la configuración de la aplicación Car Scanner ELM OMD2 según el tipo de tecnología para la transmisión inalámbrica de datos y el hardware que se utilice”.

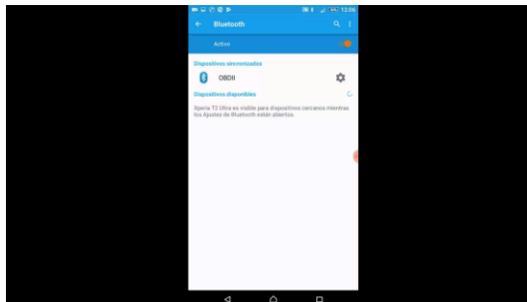
A continuación se presenta el procedimiento aplicado para esta investigación.

Tabla 8
Configuración de Car Scanner ELM OBD2

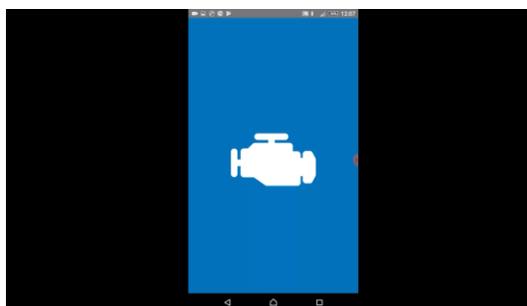
Procedimiento

Figura

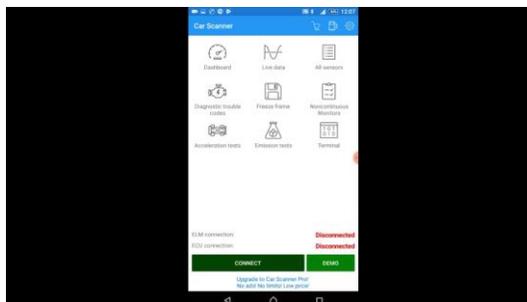
Previamente debe estar vinculada la interfase ELM 327 con el teléfono celular.



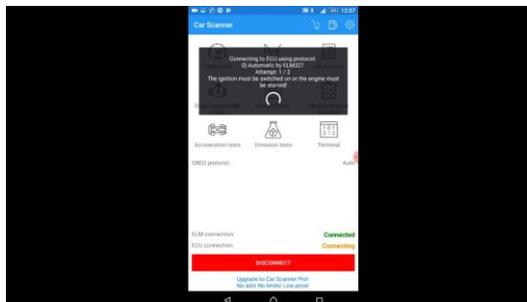
Con el automóvil en contacto o prendido, abrir la aplicación Car Scanner ELM OBD2.



Seleccionar “Conectar”, instantáneamente la aplicación reconoce el dispositivo ELM 327 y su vinculación con el teléfono celular u ordenador.

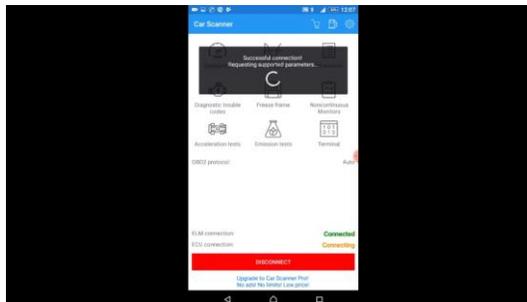


La aplicación comienza a sincronizarse con el dispositivo ELM 327 y solicita que el automóvil sea prendido si no lo ha estado.

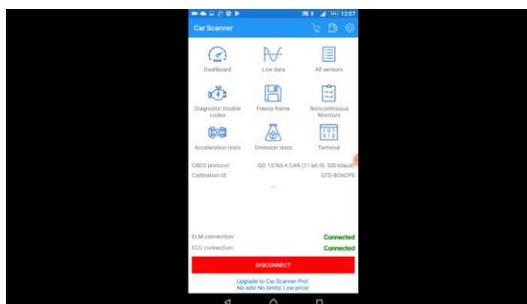


CONTINÚA 

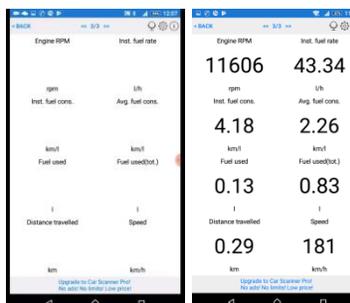
Cuando la sincronización se realice de forma exitosa, aparece un mensaje “Successful connection” y enseguida la aplicación empieza a solicitar la información de los parámetros del automóvil a la ECU.



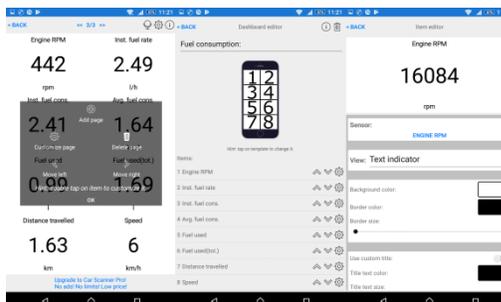
Cuando el proceso de sincronización esté finalizado aparece la página principal de la aplicación con los símbolos de los menús en color azul como indicación de que ya pueden ser utilizados, además aparece el tipo de protocolo utilizado para comunicarse con la ECU.



Al ingresar al menú “Dashboard” se pueden leer en tiempo real varios PID’s del automóvil que se inician en 0 pero se actualizándose conforme se recorre con el vehículo.



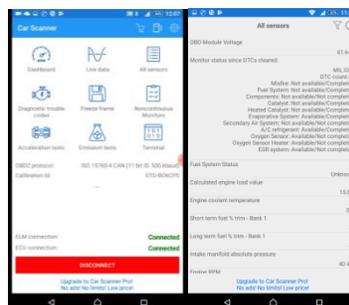
Estos PID’s se pueden escoger ingresando al menú de configuración en la esquina superior derecha.



CONTINÚA

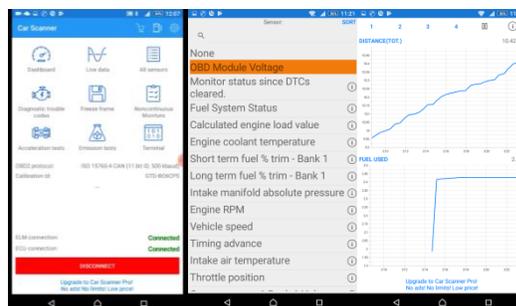


En la página principal se escoge el menú “All sensors” se observa en tiempo real la lectura de todos los sensores que pueda proveer la ECU.

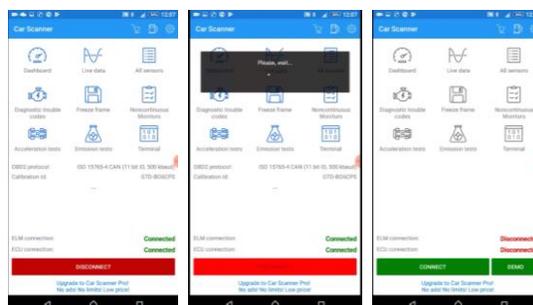


Volver a la página principal y escoger el menú “Live data” se ve la figura de parámetros PID’s que se escoge en función del tiempo.

Cada vez que el automóvil se enciende, un nuevo archivo con los datos leídos por el menú “Dashboard” en milésimas de segundo es guardado para poder extraerlo posteriormente en un ordenador.



Para desconectar la aplicación, se debe escoger la opción “Disconnect” en la página principal, entonces el programa pregunta una confirmación de la orden y se desvincula del dispositivo ELM 327.



CONTINÚA 

3.3.6. Analizador de gases AGS-688

El equipo utilizado es un analizador marca Brain Bee y modelo AGS-688. Este equipo se utiliza para la medición de la concentración de gases: O₂, HC, CO, CO₂, factor λ y RPM en la mezcla de gases de escape expulsados por el motor de combustión interna. Además mide las revoluciones del motor en RPM y la calidad de mezcla aire combustible Lambda λ en función de los demás parámetros medidos.

A continuación se muestra la ficha técnica del analizador de gases utilizado:

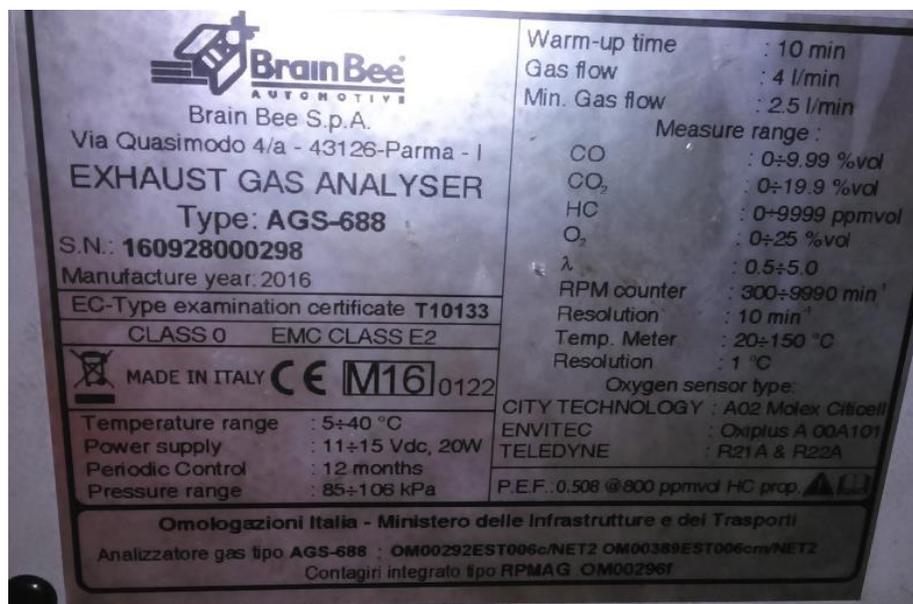


Figura 12. Ficha técnica del analizador de gases



Figura 13. Pantallas del analizador de gases



Figura 14. Filtros del analizador de gases

3.3.7. Dinamómetro de rodillos 3000-Lite

El dinamómetro de rodillos es un equipo indispensable para realizar las pruebas de potencia y par motor. En la siguiente se aprecian las características importantes del dinamómetro de rodillos.

Tabla 9
Características del dinamómetro de rodillos

MODELO	3000-Lite 2WD IO Chassis Dyno
TIPO DE DINAMÓMETRO	Rodillos. Para chasis.
NÚMERO DE RODILLOS	2
DIÁMETRO DE RODILLOS	30" (76 cm)
ALCANCE DE REVOLUCIONES	32000 RPM
TIPO DE FRENO	Neumático
ELECTRÓNICA UTILIZADA	DYNO-MAX 2000
SENSOR DE VELOCIDAD	Óptico 0-255 MPH

Fuente: (Dynamitedynamometer, 2019)



Figura 15. Dinamómetro 3000-Lite 2WD IO Chassis Dyno



Figura 16. Multímetro Robusto 2860^a
Fuente: (BK Precision Electronic Test Instruments)

3.4. Protocolo de pruebas

Las pruebas midieron los datos característicos del motor de combustión interna y fueron de tres tipos:

- Pruebas dinamométricas, para medir el torque y la potencia.
- Conducción en pista, para medir el consumo de combustible.
- Análisis de gases de escape, para medir la concentración de emisiones contaminantes.

3.4.1. Prueba de potencia y torque

Para obtener datos del torque y potencia del motor se probó el automóvil en un dinamómetro de rodillos. En esta prueba se debe priorizar criterios de seguridad personal debido a que el movimiento que ejerce el automóvil sobre los rodillos es parecido cuando produce su tracción sobre la pista y por lo tanto también existen movimientos laterales que se generan con eminente fuerza, lo que ocasionaría graves daños personales y materiales si el automóvil se desatara del banco de pruebas.

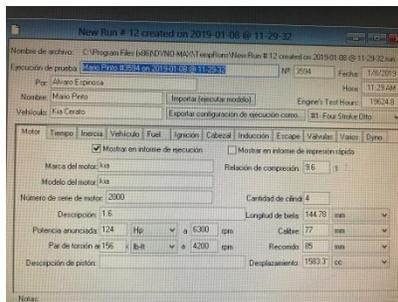
Para evitar las consecuencias mencionadas. las principales medidas de seguridad son: el anclaje del automóvil y el despeje del área por parte de los participantes.

Tabla 11
Procedimiento de prueba dinamométrica

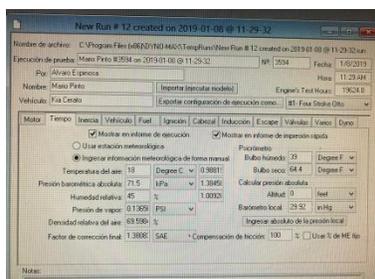
Procedimiento	Figura
Centrar las ruedas delanteras del automóvil sobre los rodillos cuidando la simetría en la posición ayudándose con el freno de los rodillos y accionar el freno de mano.	
Asegurar el chasis del automóvil al suelo usando eslingas y ganchos.	
Colocar el ventilador frente al automóvil. Levantar el capó del motor y conectar los terminales eléctricos a los polos de batería.	
Instalar la sonda lambda en el tubo de escape.	

CONTINÚA 

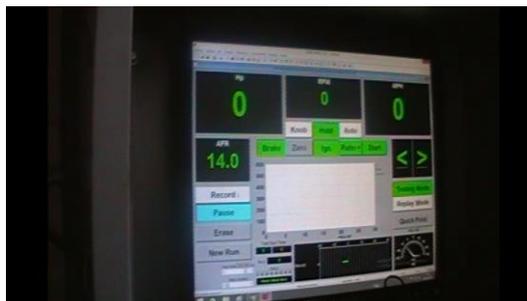
Prender el ordenador, acceder el software DYNO MAX 2000, escoger una nueva prueba e ingresar la ficha técnica del automóvil.



Ordenar al programa establecer automáticamente los parámetros climáticos de temperatura y presión ambientales.



Ordenar al programa empezar a correr la prueba. Una nueva pantalla aparece que muestra las RPM del motor e indicadores de torque y potencia. Despejar el área alrededor del automóvil.



Acelerar el motor del automóvil. Cuando está cerca de las 2000 RPM ordenar al programa empezar a grabar los datos de las mediciones.



CONTINÚA 

3.4.2. Prueba de consumo de combustible

La prueba consistió en medir los parámetros de interés al circular el vehículo en un circuito establecido en ruta.

Es importante respetar las normas de manejo defensivo y de tránsito para llevar con seguridad la prueba que se describe en las siguientes tablas.

También se recomienda documentar en video con anotaciones de voz todo el trayecto para documentar los datos de interés.

Primeramente se debe realizar una instalación eléctrica que permita una medición permanente del voltaje de señal del sensor de nivel de combustible. En la siguiente tabla se muestra el proceso realizado.

Tabla 12

Circuito para medición de voltaje de señal de nivel de combustible

Procedimiento	Figura
Acceder al conector eléctrico del cuerpo de la bomba de combustible que está sobre el tanque debajo del asiento posterior de pasajeros.	

CONTINÚA 

Identificar el cable de señal del sensor de nivel de combustible



Insertar un alfiler con una extensión de cable al positivo de la señal y otro al negativo.



Conectar la extensión del positivo de la señal con la entrada de positivo del multímetro y lo mismo con el correspondiente del negativo.



Comprobar el funcionamiento de la medición de voltaje.



CONTINÚA 

Asegurar el circuito con cinta aislante y montarlo de forma que permanezca seguro durante la conducción.



Ubicar el multímetro en un lugar que permita al conductor medir el voltaje de señal durante la prueba de consumo.



Antes de llevar a cabo la prueba en sí es necesario medir el volumen de combustible que sirvió para la prueba y hacer su equivalencia en voltaje de señal del sensor de combustible para los cálculos posteriores, procedimiento que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13
Medición de la carga inicial de combustible

Con el motor prendido pero sin mover el automóvil, medir el voltaje de señal del sensor de nivel de combustible y documentar la posición de la aguja de nivel en el tablero de instrumentos.



CONTINÚA 

Cargar una cantidad conocida de combustible en el tanque según marque el dispensador del proveedor y documentar.



Una vez terminada la carga de combustible, mantener el automóvil quieto con el motor encendido hasta que el voltaje de señal del sensor de combustible se estabilice y documentar su valor y la posición de la aguja de nivel en el tablero de instrumentos.



Después de hacer la prueba inicial de voltajes con la carga de combustible se prosigue con la medición de los parámetros de interés en el circuito de carretera como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 14

Prueba de consumo de combustible en circuito

Hacer una prueba de reconocimiento del circuito



CONTINÚA 

Con el vehículo prendido pero estático, medir los parámetros iniciales de voltaje, tiempo y kilometraje, para lo cual sirvió: el multímetro, la interfase ELM 327, la aplicación Car Scanner ELM OBD2 y el tacómetro del automóvil.



Comenzar el recorrido antes de llegar al punto de inicio.



Al llegar al punto de inicio, circular en tercera marcha y mantener una velocidad de 60 Km/h hasta después del punto final del circuito.



Al finalizar el circuito tomar medida del tiempo y kilometraje y seguir avanzando con el automóvil en marchas adecuadas y desacelerar hasta llegar a revoluciones de ralentí. Parar el vehículo y dejarlo reposar hasta que los voltajes medidos se estabilicen y documentar los parámetros de interés.



CONTINÚA



3.4.3. Prueba de calidad de gases de escape

El analizador de gases AGS-688 cuenta con las siguientes funciones:

- Método de análisis de varios gases: CO_2 , CO , O_2 y HC .
- Método de análisis de mezcla aire combustible Lambda λ .
- Tiempo de precalentamiento <5 min a 20°C.
- Extracción automática de condensación.
- Impresión de resultados.
- Lectura de revoluciones del automóvil.

El protocolo de prueba para la utilización del analizador de gases AGS-688 se describe en la siguiente tabla.

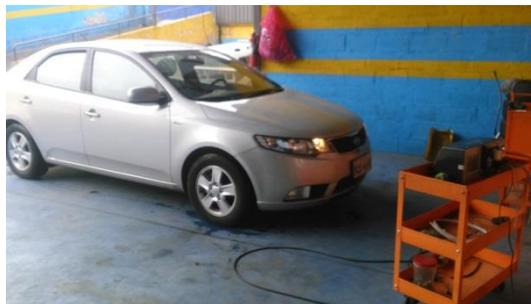
Tabla 15

Protocolo de pruebas para análisis de gases de escape

Procedimiento	Figura
Encender el equipo y dejarlo precalentar durante un tiempo de cinco minutos.	

CONTINÚA 

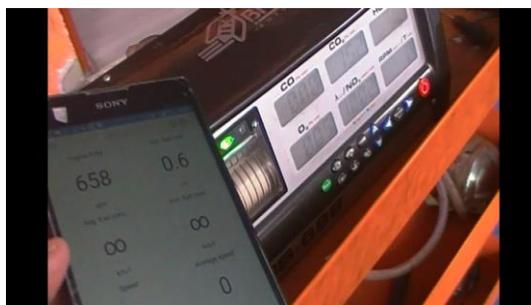
Conectar la sonda lambda en la salida del tubo de escape y el captador de revoluciones al cable de la bujía del primer cilindro.



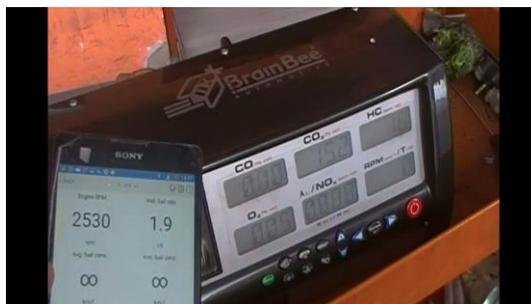
Encender el automóvil y conectar el filtro del analizador.



Esperar hasta que se estabilicen las revoluciones del motor de combustión interna en ralentí y observar las mediciones en las pantallas del analizador. En la figura se puede leer una velocidad angular del motor de 658 RPM en la aplicación Car Scanner ELM OBD2.



Acelerar el motor de combustión interna hasta 2500 RPM y mantenerlo por 20 segundos hasta que los valores en las pantallas del analizador se estabilicen. En la figura se puede leer una velocidad angular del motor de 2530 RPM.



CONTINÚA 

Desacelerar el motor de combustión interna e imprimir los resultados.



3.5. Resultado de pruebas

De las pruebas mencionadas se obtuvieron valores tabulados como se indica:

- Figuras de torque y potencia en función de revoluciones del motor, obtenidos las pruebas dinamométricas.
- Valor de combustible consumido en función del tiempo, de la prueba de pista.
- Concentración de emisiones contaminantes en los gases de escape, de la prueba con el analizador de gases.

3.5.1. Resultados torque y potencia

Los resultados de la pruebas dinamométricas son dos: una tabla de valores de torque y potencia según intervalos de RPM del motor y un gráfico de torque y potencia vs RPM del motor. En estos resultados se observan la variación del torque y la potencia durante la prueba y sus valores máximos que son utilizados para su análisis posterior.

Las pruebas dinamométricas se realizó en dos estados diferentes del vehículo: primero con la interfase ECO OBD2 instalada y luego sin la interfase. Cada prueba fue realizada tres veces en cada estado del vehículo, el valor promedio entre los resultados de la segunda y tercera prueba el que se tomó en cuenta para uso de esta investigación pues en ese momento el automóvil alcanzó la temperatura más óptima de funcionamiento.

a. Torque y potencia con ECO OBD2

En la siguiente tabla se observan los valores de torque y potencia con el automóvil sin el interface ECO OBD II instalado y adicionalmente el dinamómetro también ofrece datos de la relación de la mezcla aire-combustible.

Tabla 16
Torque y potencia con ECO OBD 2

Velocidad angular (RPM)	Potencia			Torque		
	Prueba 1 (Hp)	Prueba 2	Promedio	Prueba 1 (ft-lb)	Prueba 2	Promedio
2000	17,566	23,980	20,773	45,240	61,550	53,395
2100	43,337	35,540	39,439	81,600	85,530	83,565
2200	35,571	35,480	35,525	84,901	84,740	84,821
2300	37,987	37,660	37,824	86,734	86,000	86,367
2400	39,099	39,040	39,070	85,638	85,490	85,564
2500	40,978	40,780	40,879	86,166	85,750	85,958
2600	44,042	42,900	43,471	88,912	86,710	87,811
2700	44,721	44,770	44,745	86,982	87,100	87,041
2800	45,756	46,170	45,963	85,940	86,670	86,305
2900	47,875	47,370	47,622	86,778	85,880	86,329
3000	48,741	48,860	48,800	85,481	85,690	85,586
3100	50,225	50,680	50,452	85,267	86,010	85,639
3200	52,643	52,280	52,462	86,545	85,960	86,253
3300	54,508	54,310	54,409	86,858	86,560	86,709
3400	57,031	57,290	57,161	88,192	88,580	88,386
3500	60,681	60,500	60,591	91,061	90,820	90,941
3600	63,320	63,400	63,360	92,370	92,490	92,430
3700	66,310	65,730	66,020	94,104	93,300	93,702
3800	66,950	67,390	67,170	92,530	93,140	92,835
3900	68,551	69,050	68,800	92,391	93,020	92,706
4000	71,341	71,230	71,285	93,691	93,550	93,621
4100	74,040	73,970	74,005	94,840	94,750	94,795
4200	76,756	77,160	76,958	95,985	96,500	96,242
4300	79,184	79,730	79,457	96,742	97,390	97,066
4400	80,629	81,250	80,940	96,259	96,990	96,625
4500	81,443	82,610	82,026	95,103	96,430	95,767
4600	82,820	84,010	83,415	94,640	95,960	95,300
4700	84,642	85,130	84,886	94,672	95,200	94,936
4800	86,211	86,270	86,240	94,411	94,500	94,455
4900	87,071	87,970	87,521	93,452	94,400	93,926
5000	89,751	90,450	90,101	94,402	95,130	94,766
5100	92,971	93,070	93,021	95,811	95,920	95,866
5200	94,618	94,400	94,509	95,668	95,460	95,564
5300	96,150	95,700	95,925	95,410	94,980	95,195
5400	96,970	96,870	96,920	94,460	94,370	94,415
5500	95,926	96,620	96,273	91,825	92,460	92,143
5600	95,227	96,020	95,623	89,566	90,300	89,933
5700	97,537	98,600	98,068	88,624	89,570	89,097
5800	97,156	98,350	97,753	88,276	89,350	88,813
5900	97,874	99,020	98,447	87,454	88,460	87,957
6000	97,359	99,110	98,235	95,404	97,090	96,247
6100	97,900	99,080	98,490	84,668	85,670	85,169
6200	96,883	98,560	97,722	82,439	83,880	83,159
6300	95,820	97,270	96,545	71,775	81,500	76,637
	Valor máxima en cada prueba					
	Valor máximo promedio					

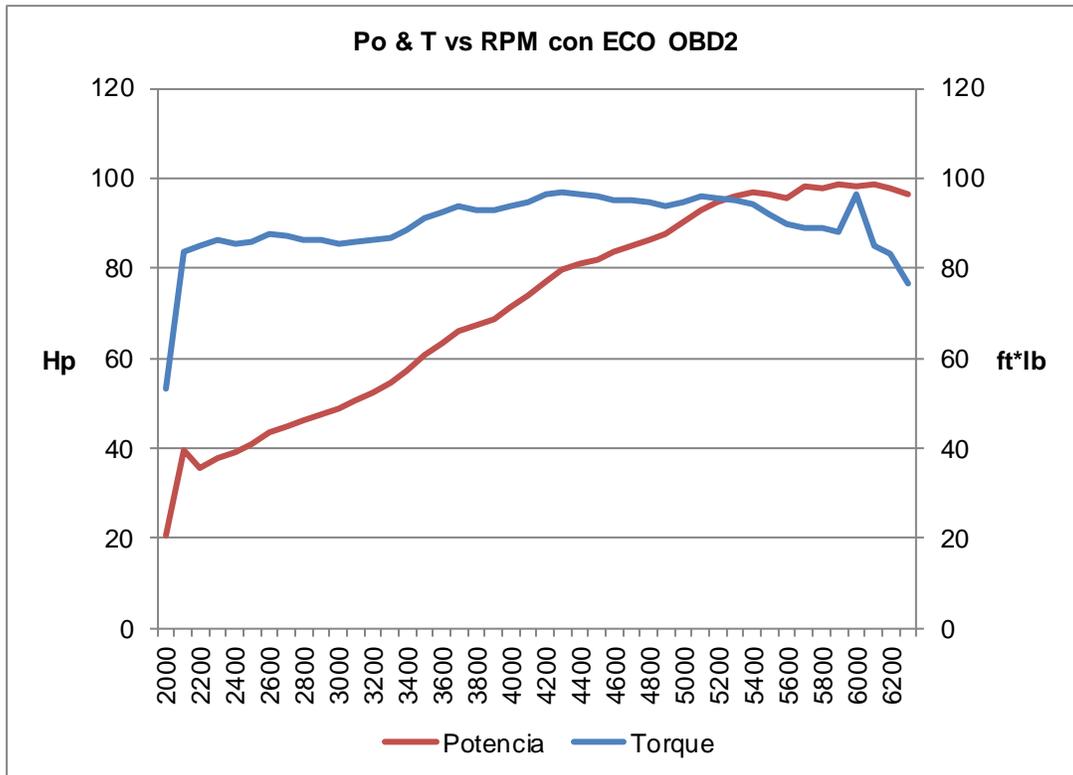


Figura 17. Datos de torque y potencia vs rpm con ECO OBD2

b. Torque y potencia sin ECO OBD2

En la siguiente tabla se observan los valores de torque y potencia con el automóvil con el interface ECO OBD II instalado y también datos de la relación de la mezcla aire-combustible en intervalos regulares de revoluciones del motor.

Tabla 17
Torque y potencia sin ECO OBD2

Velocidad angular (RPM)	Potencia (Hp)			Torque (ft-lb)		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
2000	17,200	23,480	20,340	43,990	59,850	51,920
2100	33,460	27,440	30,450	81,540	68,640	75,090
2200	35,220	35,130	35,175	84,170	84,010	84,090
2300	38,290	37,960	38,125	87,420	86,680	87,050
2400	39,620	39,560	39,590	86,740	86,590	86,665
2500	41,410	41,210	41,310	87,040	86,620	86,830
2600	43,980	42,840	43,410	88,820	86,620	87,720
2700	45,340	45,390	45,365	88,210	88,330	88,270
2800	46,380	46,800	46,590	87,080	87,820	87,450
2900	47,430	46,930	47,180	86,040	85,150	85,595
3000	49,040	49,160	49,100	86,000	86,210	86,105
3100	50,740	51,200	50,970	86,120	86,870	86,495
3200	52,170	51,810	51,990	85,800	85,220	85,510
3300	54,930	54,730	54,830	87,550	87,250	87,400
3400	57,260	57,520	57,390	88,570	88,960	88,765
3500	60,290	60,110	60,200	90,540	90,300	90,420
3600	63,140	63,220	63,180	92,150	92,270	92,210
3700	65,140	64,570	64,855	92,500	91,710	92,105
3800	66,880	67,320	67,100	92,470	93,080	92,775
3900	68,670	69,170	68,920	92,550	93,180	92,865
4000	70,760	70,650	70,705	92,970	92,830	92,900
4100	73,680	73,610	73,645	94,420	94,330	94,375
4200	75,970	76,370	76,170	95,020	95,530	95,275
4300	78,250	78,790	78,520	95,610	96,250	95,930
4400	80,510	81,130	80,820	96,130	96,860	96,495
4500	81,620	82,790	82,205	95,330	96,660	95,995
4600	82,810	84,000	83,405	94,640	95,960	95,300
4700	84,950	85,440	85,195	95,030	95,560	95,295
4800	86,960	87,020	86,990	95,240	95,330	95,285
4900	88,160	89,070	88,615	94,610	95,570	95,090
5000	91,200	91,910	91,555	95,900	96,640	96,270
5100	94,040	94,140	94,090	96,930	97,040	96,985
5200	95,330	95,110	95,220	96,400	96,190	96,295
5300	96,200	95,750	95,975	95,470	95,040	95,255
5400	96,920	96,820	96,870	94,440	94,350	94,395
5500	96,750	97,450	97,100	92,610	93,250	92,930
5600	96,020	96,820	96,420	90,320	91,060	90,690
5700	96,310	97,360	96,835	89,040	89,990	89,515
5800	97,640	98,840	98,240	88,730	89,810	89,270
5900	98,210	99,360	98,785	87,760	88,770	88,265
6000	97,870	99,630	98,750	86,030	87,550	86,790
6100	98,700	99,890	99,295	85,360	86,370	85,865
6200	98,790	100,500	99,645	84,080	85,550	84,815
6300	99,100	100,600	99,850	83,030	94,280	88,655
	Valor máximo en cada prueba					
	Valor máximo promedio					

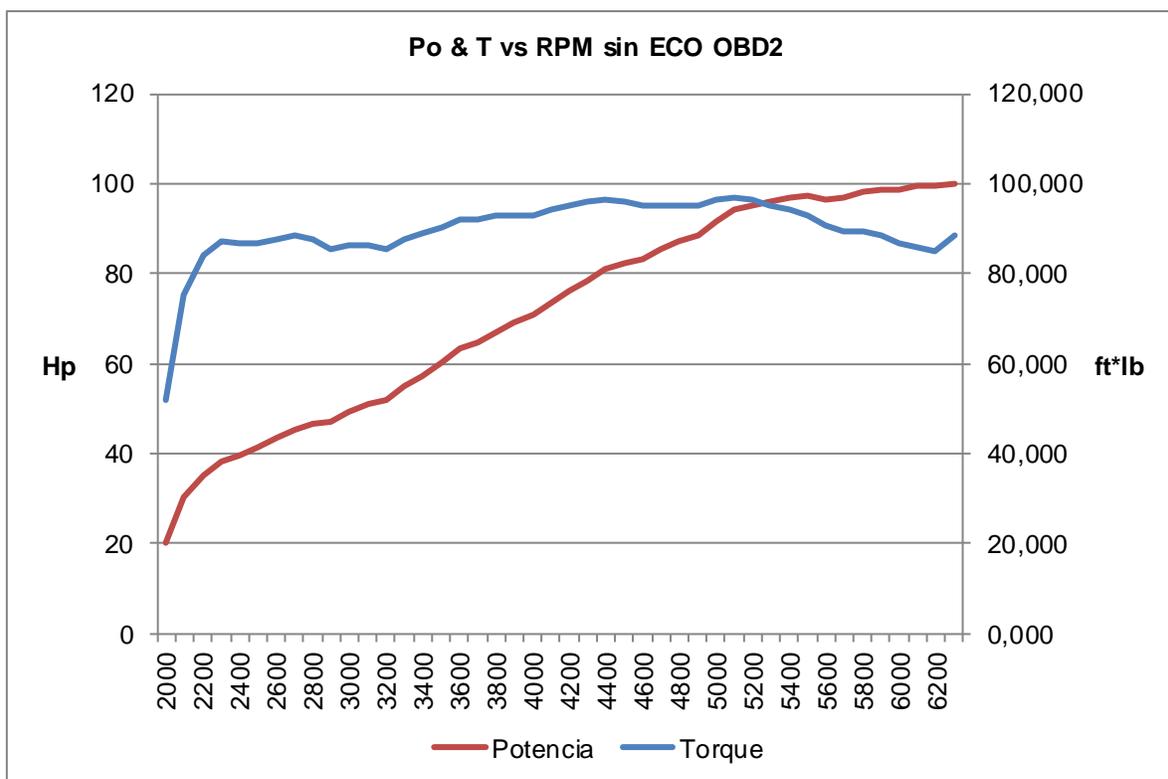


Figura 18. Torque y potencia vs rpm sin ECO OBD2

3.5.2. Resultados de consumo de combustible

A continuación se las mediciones de Tiempo, voltaje y distancia recorridas y los cálculos de consumo volumétrico en pruebas de campo.

a. Circuito establecido

Para la pruebas de se estableció un circuito que consistía en un tramo de carretera en pendiente en el cual el vehículo pueda transitar a una velocidad de 60 km/h en tercera marcha por varios kilómetros.

El tramo escogido fue desde el kilómetro 319 al kilómetro 314 de la vía Panamericana Sur, o E35, en sentido sur-norte como se muestra en la siguiente figura:

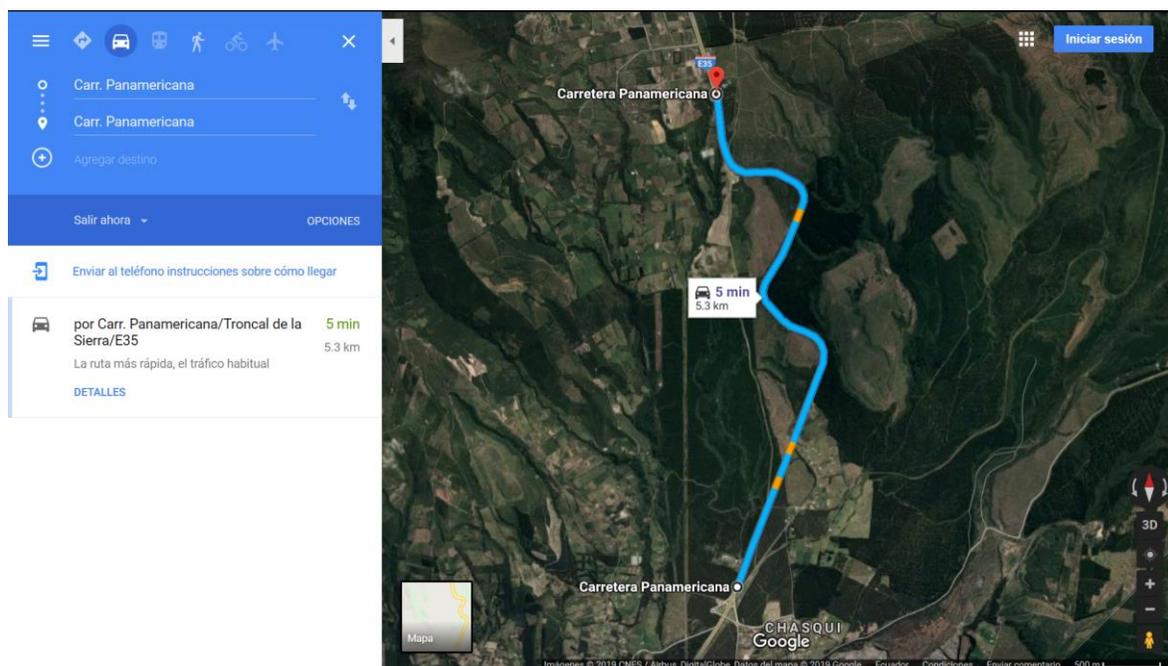


Figura 19. Circuito para la medición de consumo de combustible

Fuente: (Google Maps, 2019)

Este recorrido es conocido con el nombre de “Subida del Chasqui” y se caracteriza por ser de superficie asfaltada, con una pendiente de 60° de inclinación y con carriles de libre tránsito.

b. Resultados de consumo volumétrico

Primeramente se realizó mediciones iniciales del volumen de combustible que se cargó al vehículo y los voltajes de señal del sensor de nivel de combustible antes y después de la recarga para calcular la equivalencia entre voltajes y galones de combustible.

A continuación se muestran los resultados de las mediciones y cálculos de: equivalencia voltios-galones, voltajes de señal del sensor de nivel de combustible, distancia recorrida, duración de la prueba, velocidad promedio y consumo de combustible.

Tabla 18
Consumo volumétrico

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Factor de equivalencia de galones por voltio	V/E	Volumen inicial	V_0	0	0	Gal				
		Volumen final	V_f	5,531	5,531	Gal				
		Voltaje inicial	E_0	4,2	4,2	V	$\frac{V}{E} = \frac{ \Delta V }{ \Delta E } = \frac{ V_f - V_0 }{ E_f - E_0 }$	7,560	7,560	$\frac{L}{V}$
		Voltaje final	E_f	0,874	0,874	V				
		Factor de conversión de galones a litros	-	4,546	4,546	L/Gal				
Voltaje inicial	E_0	1,945	1,964	V						
Voltaje final	E_f	1,882	1,901	V						
Volumen de combustible consumido	V	Factor de galones por voltio	V/E	7,560	7,560	L/V	$V = \Delta V = (E_f - E_0) * (V/E)^{0,476}$	0,476		L
Distancia	D	Kilometraje inicial	d_0	0,050	0,060	Km	$D = \Delta d = (d_f - d_0) $	5,290	5,260	Km
		Kilometraje final	d_f	5,340	5,320	Km				
Período	T	Hora inicial	t_0	0:00:48	0:01:10	Hr	$T = \Delta t = t_f - t_0$	0,090	0,091	h
		Hora final	t_f	0:06:11	0:06:36	Hr				
Velocidad media	V_m	Distancia	D	5,290	5,260	Km	$V_m = \frac{D}{T}$	58,960	58,086	$\frac{Km}{h}$
		Período	T	0,090	0,091	h				
Índice de consumo de combustible	\dot{V}_c	Volumen de combustible consumido	V	0,476	0,476	L	$\dot{V}_c = \frac{V}{T}$	5,308E+00	5,259E+00	$\frac{L}{h}$
		Período	T	323,000	326,000	s				

3.5.3. Resultados de niveles de emisiones contaminantes

La siguiente tabla muestra las mediciones de emisiones contaminantes del vehículo que proporcionó el equipo analizador de gases y que serán analizadas posteriormente.

Tabla 19
Emisiones contaminantes

Condición	Revoluciones de motor	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	RPM	% Vol	% Vol	ppm Vol	% Vol	U
Valores con ECO	660	0,010	15,300	96,000	0,510	1,019
	2500	0,030	15,500	89,000	0,040	0,998
Valores sin ECO	660	0,020	15,100	38,000	0,050	1,000
OBD2	2500	0,060	15,200	7,000	0,250	1,010

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Introducción

En base a los datos obtenidos de las pruebas en dinamómetro y con el analizador de gases se realizó los cálculos de varios rendimientos y se analizó los resultados de las pruebas y de rendimientos en cada estado del vehículo, es decir con el ECO OBD2 instalado y luego sin la interfase.

Se calculó: presión media del ciclo, eficiencia térmica, rendimiento mecánico y rendimiento indicado según las fórmulas presentadas en el marco teórico, capítulo 2 de esta investigación.

4.2. Datos preliminares

Para el uso de las ecuaciones se necesitaron datos de variables y constantes físicas establecidos en libros técnicos y del resultado de las pruebas al automóvil en esta investigación.

Tabla 20
Valores preliminares del vehículo

Parámetro	Símbolo	Valores sin ECO OBDII	Valores con ECO OBDII	Ud.
Torque máximo	T	96,985	97,066	ft*lb
Potencia efectiva	N_e	99,85	98,490	Hp
Potencia indicada	N_i	124	124	Hp
Cilindrada unitaria	V_h	3,978E-04	3,978E-04	m^3
Número de cilindros	i	4	4	Ud.
Relación de	ϵ	10,1	10,1	Ud.
Coeficiente adiabático	k	1,41	1,41	Ud.
Grado de expansión previa	ρ	8,5	8,5	Ud.
Presión atmosférica absoluta	P_a	0,715	0,715	bar

Fuente: (Autofaro, 2019)

4.3. Cálculo de rendimiento térmico

A continuación se calcula del rendimiento térmico del ciclo en los dos estados del automóvil, es decir con y sin la interfase instalada.

Tabla 21
Rendimiento térmico

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Presión media del ciclo	P_{mc}	Torque máximo	T	131,492	131,602	N*m	$P_{mc} = \frac{T}{Vh} * i$	13,224	13,235	bar
		Cilindrada unitaria	Vh	3,978E-04	3,978E-04	m ³				
		Número de cilindros	i	4,000E+00	4,000E+00	Ud.				
Rendimiento térmico	η_t	Relación de compresión	ϵ	10,100	10,100	Ud.	$\eta_t = P_{mc} * \frac{(\epsilon - 1)(k - 1)}{P_a \epsilon^k (\rho - 1)}$	35,295	35,325	%
		Coefficiente adiabático	k	1,410	1,410	Ud.				
		Presión atmosférica absoluta	Pa	0,715	0,715	bar				
		Grado de expansión previa	ρ	8,500	8,500	Ud.				

4.4. Cálculo de rendimiento mecánico

A continuación se calcula el rendimiento mecánico del ciclo en los dos estados del automóvil, es decir con y sin la interfase instalada.

Tabla 22
Rendimiento mecánico

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Rendimiento mecánico	η_m	Potencia efectiva	Ne	99,85	98,48982481	Hp	$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} * 100\%$	80,524	79,427	%
		Potencia indicada	Ni	124	124	Hp				

4.5. Cálculo de rendimiento indicado

A continuación se calcula el rendimiento indicado del ciclo en los dos estados del automóvil, es decir con y sin la interfase instalada.

Tabla 23
Rendimiento indicado

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Rendimiento indicado	η_i	Rendimiento térmico	η_t	35,295	35,325	%	$n_i = \frac{nt}{nm}$	43,832	44,474	%
		Rendimiento mecánico	η_m	80,524	79,427	0				

4.6. Cálculo de rendimiento efectivo

A continuación se calcula el rendimiento efectivo del ciclo en los dos estados del automóvil, es decir con y sin la interfase instalada.

Tabla 24
Rendimiento efectivo

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Rendimiento indicado	η_e	Rendimiento mecánico	η_m	80,524	79,427	%	$n_e = n_m * n_i$	35,295	35,325	%
		Rendimiento indicado	η_i	43,832	44,474	%				

4.7. Cálculo de gasto específico efectivo de combustible con pruebas de carretera

Para el cálculo de gasto específico efectivo primeramente se calculó un valor promedio de potencia entre 3500 RPM y 4500 RPM y posterior se aplicó la ecuación 3 a los resultados.

Tabla 25
Gasto específico efectivo

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Consumo de combustible	B	Volumen de combustible consumido	V	0,476	0,476	L	$B = \left \frac{V}{T} * \rho_g \right $	1,065E-03	1,055E-03	$\frac{Kg}{s}$
		Densidad de gasolina	ρ_g	0,722	0,722	Kg/L				
		Periodo	T	323,000	326,000	s				
Consumo específico efectivo	b_e	Consumo de combustible	B	0,001	0,001	0	$b_e = \frac{B * 3600}{N_e}$	7,190E-02	7,085E-02	$\frac{Kg}{Kw * h}$
		Potencia efectiva (promedio entre 3500 RPM y 4500 RPM)	N_e	53,305	53,596	Kw				

4.8. Análisis de torque

A continuación se muestra una tabla y diagramas que incluyen los valores máximos de torque con sus respectivas RPM según cada condición del vehículo, con y sin interfase, obtenidos de las pruebas dinamométricas, para su comparación.

Tabla 26
Torques máximos

Condición	Torque máximo	Revoluciones del motor
S/C	ft*lb	RPM
Valor sin ECO OBD2	96,985	5100
Valor con ECO OBD2	97,066	4300

Como se puede leer, el torques son prácticamente iguales con y sin el uso de la interfase ECO OBD II, sólo existe un ligero aumento de 0,085 (ft-lb) cuando se usa la interfase no es una cantidad apreciable. Sin embargo como dato interesante se puede ver que el mismo torque se alcanza a las 5100 RPM cuando no se utiliza la interfase y a los 4300 RPM cuando se la utiliza, lo que indica que el motor alcanza su fuerza máxima

en un tiempo menor cuando se está utilizando la interfase, como se observa en la figura.

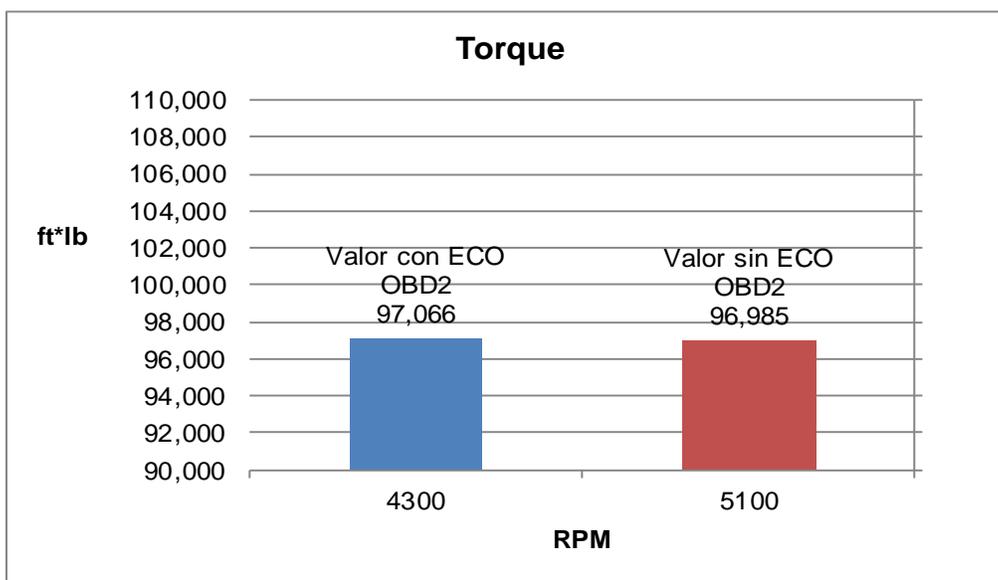


Figura 20. Comparación de torques

A continuación se presentan las gráficas sobrepuestas de los torques promedio de las pruebas dinamométricas con y sin el uso de la interfase para cada línea del gráfico.

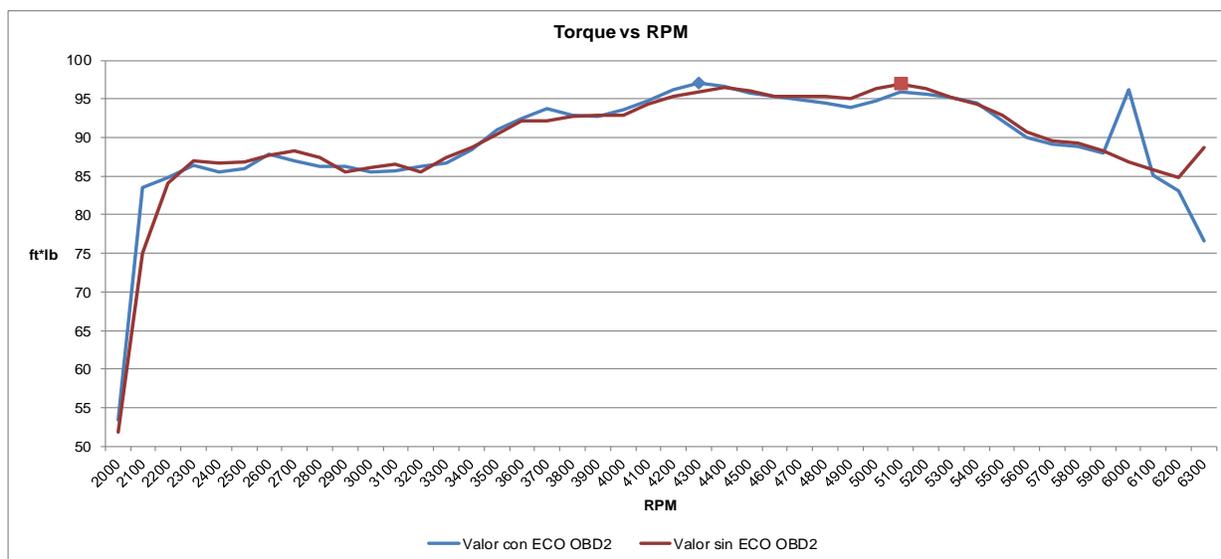


Figura 21. Torque vs RPM

La figura muestra el análisis expuesto anteriormente: que los valores son prácticamente iguales en las dos líneas, sin embargo los valores máximos corresponden a RPM diferentes.

4.9. Análisis de potencia

A continuación se muestra una tabla y diagramas que incluyen los valores máximos de potencia con sus respectivas RPM según cada condición del vehículo, con y sin interfase, obtenidos de las pruebas dinamométricas, para su comparación.

Tabla 27
Potencias máximas

Condición	Potencia máxima	Revoluciones del motor
S/C	Hp	RPM
Valor sin ECO OBD2	99,850	6300
Valor con ECO OBD2	98,490	6100

Como se puede leer, las potencias son muy similares con y sin el uso de la interfase ECO OBD II, sólo existe una pequeña disminución de 1,36 (Hp) cuando se usa la interfase.

Las velocidades angulares a las que se alcanzan los valores de las potencias máximas son igualmente similares y se puede especificar que la potencia máxima con la interfase se alcanza 200 RPM antes que sin la interfase, como se ilustra en la figura siguiente.

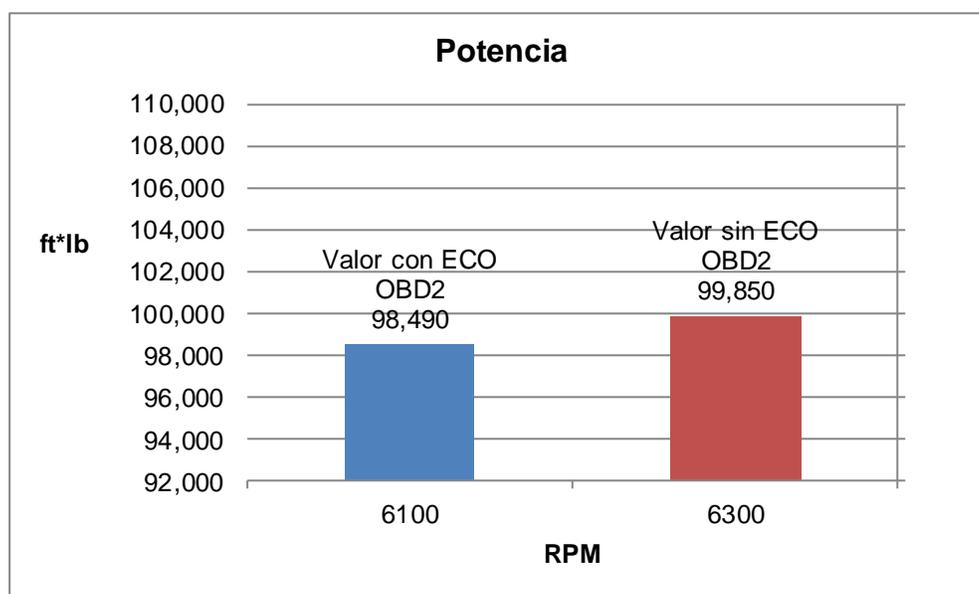


Figura 22. Comparación de potencias

A continuación se presentan las gráficas sobrepuestas de las potencias promedio de las pruebas dinamométricas con y sin el uso de la interfase para cada línea del gráfico.

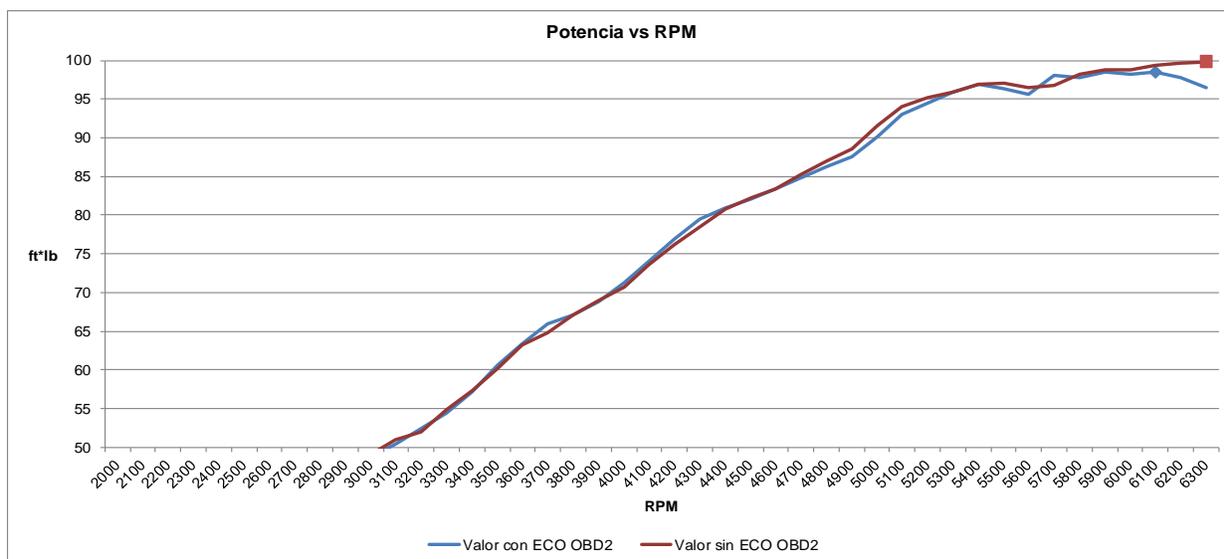


Figura 23. Potencia vs RPM

En la gráfica anterior se ilustra del análisis expuesto anteriormente: que los valores son muy similares en las dos líneas pero los valores máximos corresponden a RPM diferentes.

4.10. Análisis comparativo de gasto específico efectivo

Al comparar los valores de gasto específico efectivo se puede evidenciar que con el uso de la interfase existe una reducción de 0,782 g/Kw-h que equivale a 1,458% menos del gasto sin el uso de la interfase.

La siguiente figura ilustra los valores obtenidos:

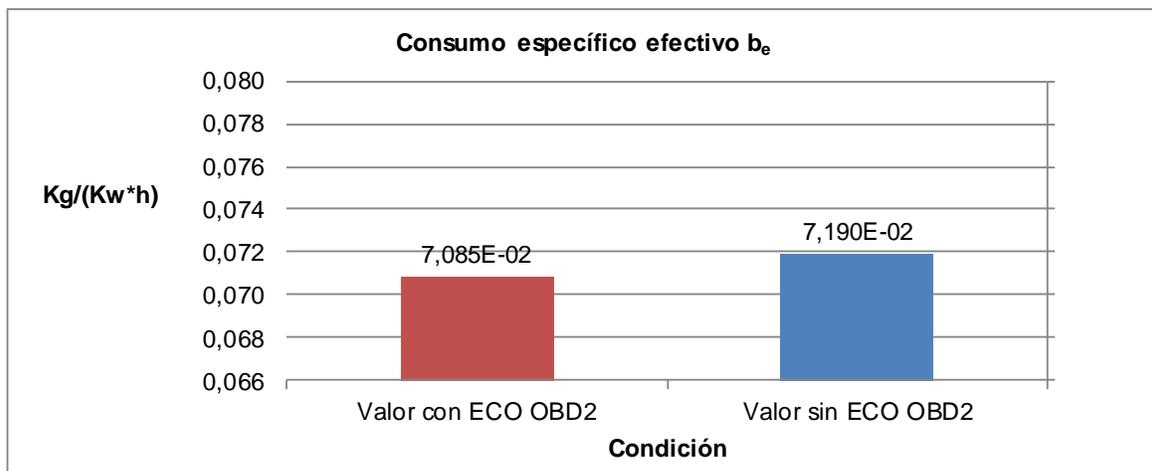


Figura 24. Comparación de gastos específicos efectivos

4.11. Análisis de rendimiento térmico

A continuación se presenta un diagrama de barras que compara los valores de rendimiento térmico de acuerdo a cada condición del automóvil, es decir con y sin el uso de la interfase ECO OBDII.

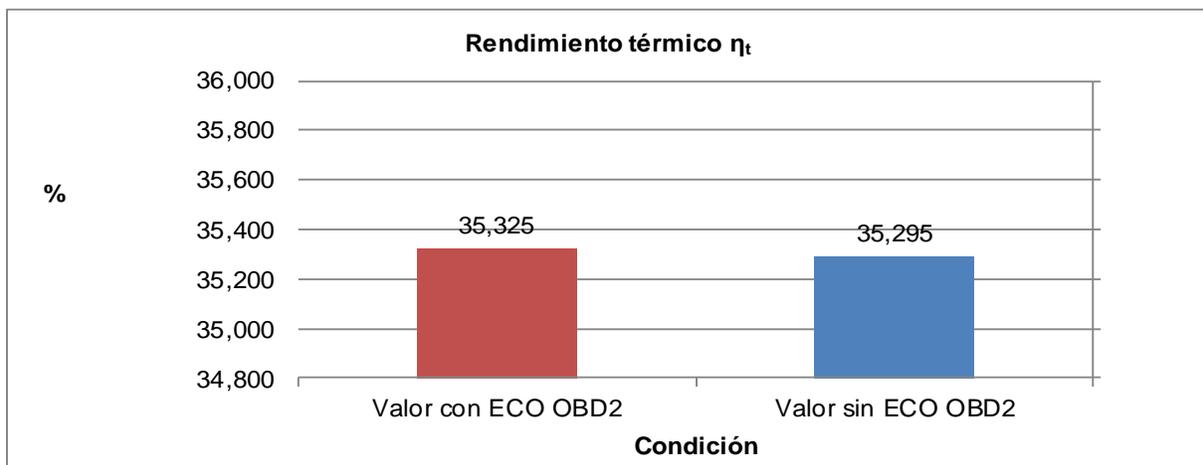


Figura 25. Comparación de rendimientos térmicos

El gráfico muestra un ligero aumento en el rendimiento térmico con el uso de la interfase lo que representa en proporción 0,0837% más del valor inicial mientras que la diferencia numérica es de 0,000295.

4.12. Análisis de rendimiento mecánico

A continuación se presenta un diagrama de barras que compara los valores de rendimiento mecánico de acuerdo a cada condición del automóvil, es decir con y sin el uso de la interfase ECO OBDII.

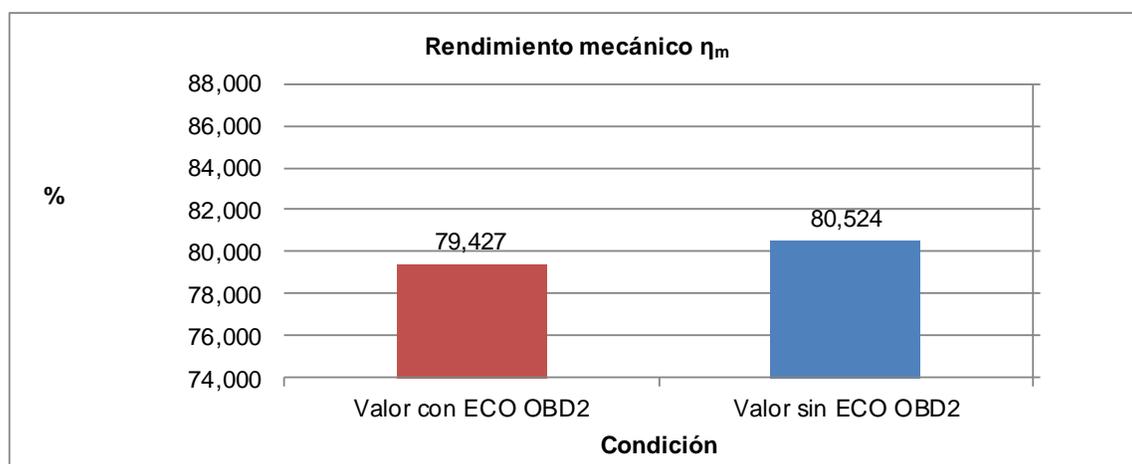


Figura 26. Comparación de rendimientos mecánicos

El gráfico muestra un mejor aprovechamiento mecánico del automóvil sin el uso de la interfase, cuantificadamente hay un diferencia de 1,097% entre los dos valores.

4.13. Análisis de rendimiento indicado

A continuación se presenta un diagrama de barras que compara los valores de rendimiento indicado de acuerdo a cada condición del automóvil, es decir con y sin el uso de la interfase ECO OBDII.

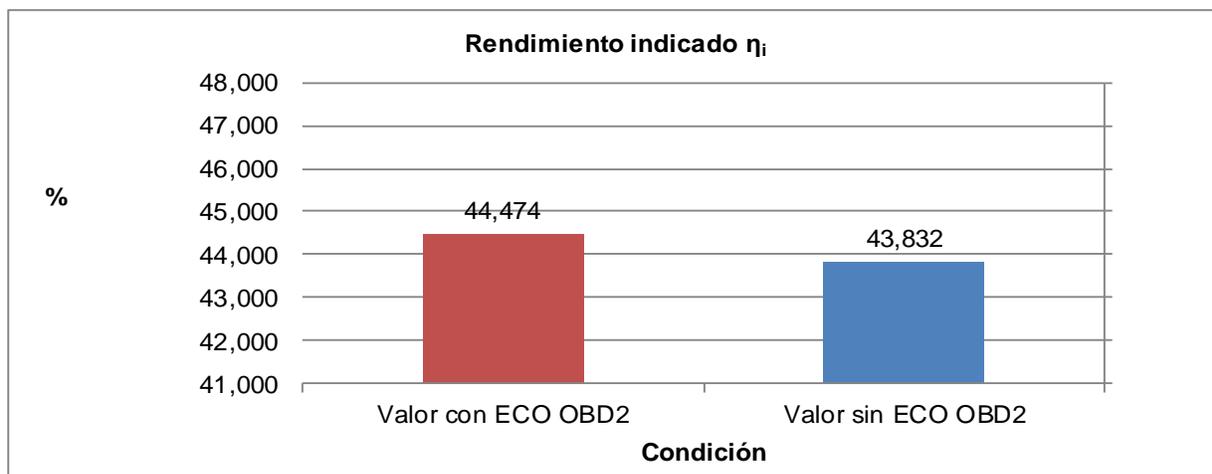


Figura 27. Comparación de rendimientos indicados

Los datos muestran que existe un rendimiento energético general del motor mayor cuando se utiliza la interfase, cuantificadamente la diferencia es 0,643% más con el uso de la interfase.

4.14. Análisis de rendimiento efectivo

A continuación se presenta un diagrama de barras que compara los valores de rendimiento efectivo de acuerdo a cada condición del automóvil, es decir con y sin el uso de la interfase ECO OBDII.

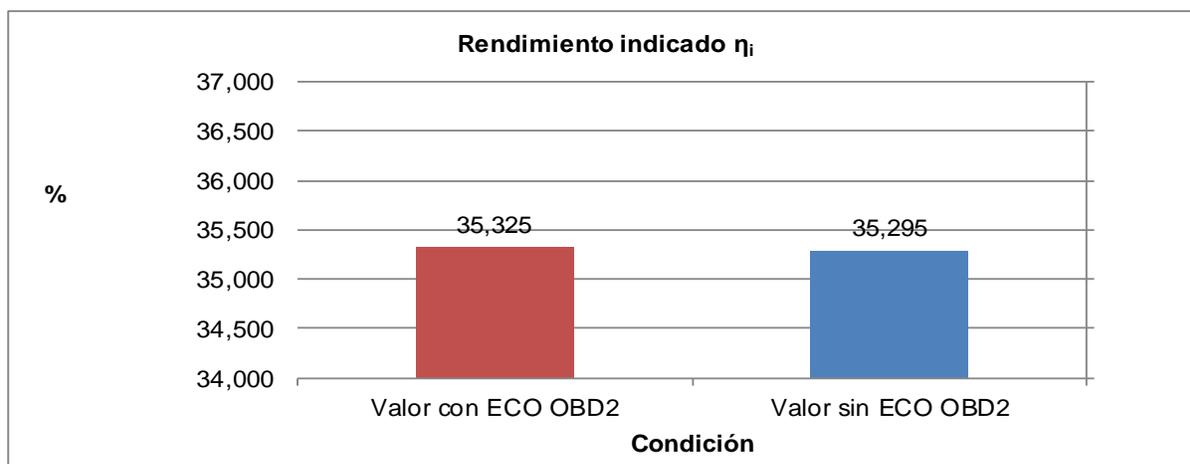


Figura 28. Comparación de rendimientos efectivos

La figura muestra un balance entre el total de pérdidas de energía y el 100% de la energía del combustible prácticamente igual entre los rendimientos calculados. Sólo existe una diferencia de 0,0295% más cuando se utiliza la interfase.

4.15. Análisis comparativo de emisiones de monóxido de carbono CO

En la siguiente figura se puede observar el nivel de CO, monóxido de carbono, que se genera con y sin la interfase instalada en revoluciones de ralenti y velocidad crucero.

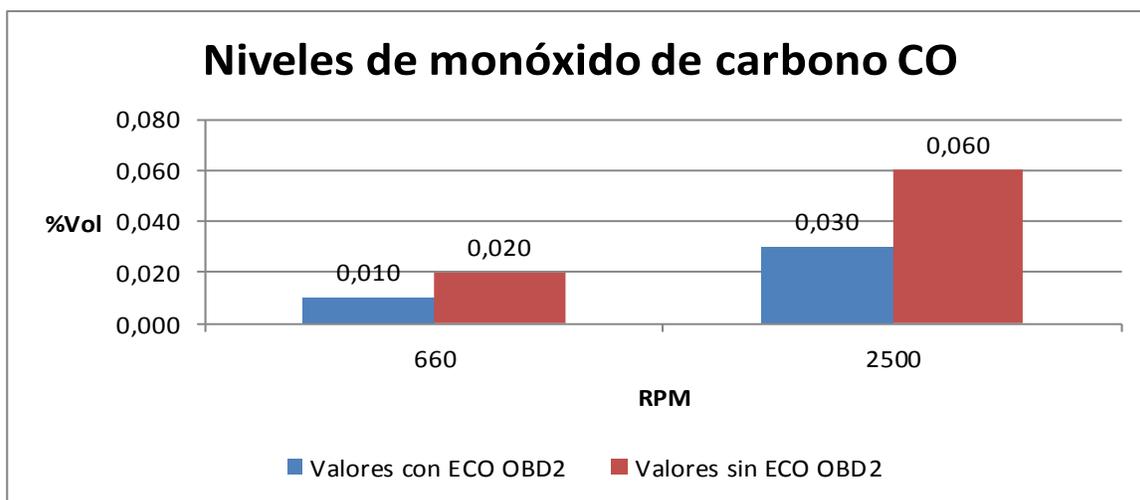


Figura 29. Comparación de las emisiones de monóxido de carbono CO

De los datos y la gráfica obtenidos se afirma que los niveles de emisión de monóxido de carbono se redujeron en 50% de los valores cuando se utilizó la interfase ECO OBD II.

4.16. Análisis comparativo de emisiones de dióxido de carbono CO₂

En la siguiente figura se puede observar el nivel de CO₂, dióxido de carbono, que se genera con y sin la interfase instalada en revoluciones de ralentí y velocidad crucero.

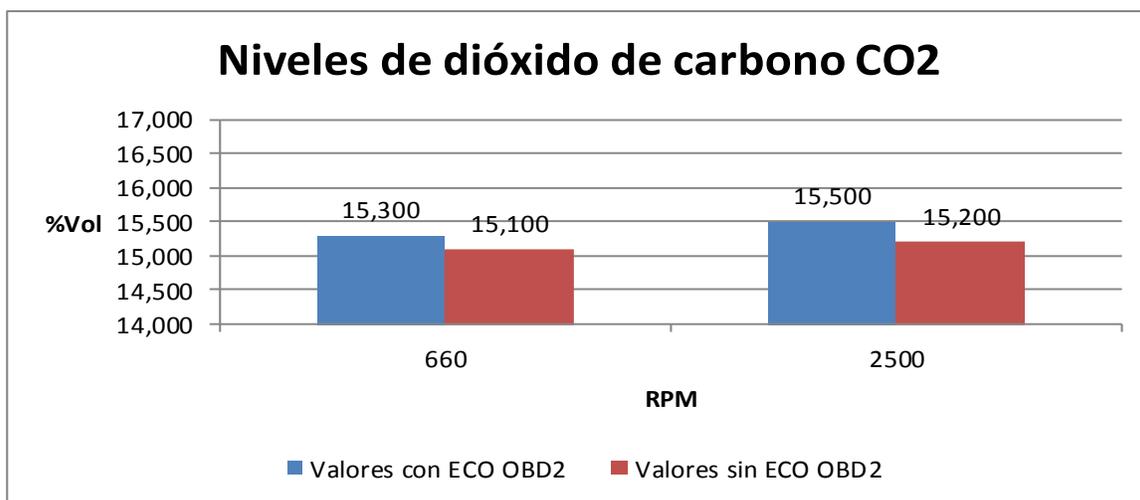


Figura 30. Comparación de las emisiones de dióxido de carbono CO₂

En base a los datos y la gráfica obtenidos se puede calcular que con el uso de la interfase ECO OBD II existe un aumento de cantidad en 0,2 %Vol de emisiones de CO₂ en revoluciones de ralentí y 0,3%Vol en revoluciones de velocidad crucero en comparación al uso del automóvil sin la interfase ECO OBD II.

4.17. Análisis comparativo de emisiones de oxígeno O₂

En la siguiente figura se puede observar el nivel de O₂, oxígeno, que se genera con y sin la interfase instalada en revoluciones de ralentí y velocidad crucero.

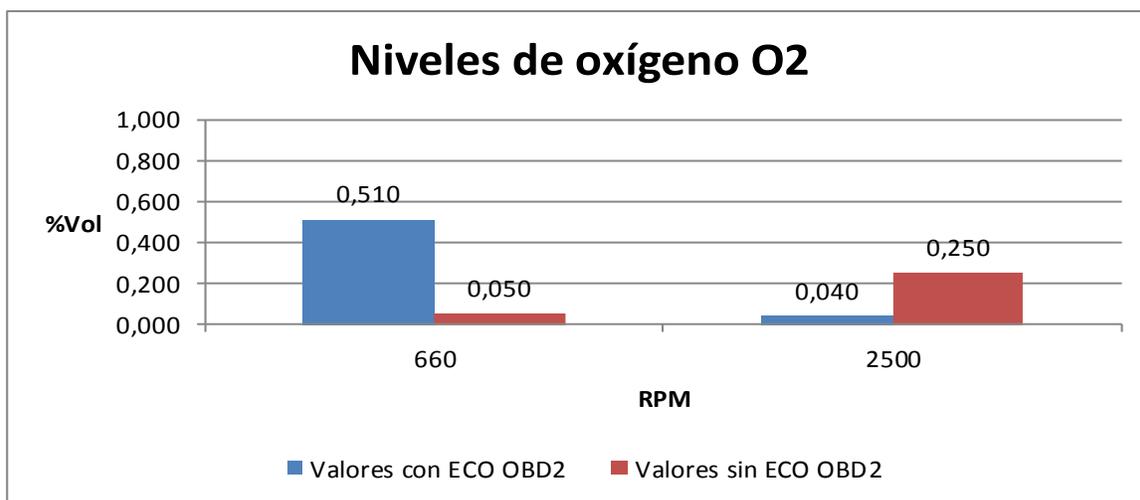


Figura 31. Comparación de las emisiones de dióxido de oxígeno O₂

Se puede apreciar en la tabla un evidente aumento del nivel de oxígeno en la mezcla de gases de escape cuando el motor está a revoluciones de ralentí en una proporción de 1020%. En revoluciones de velocidad crucero sucede un efecto contrario, con la interfase instalada los niveles disminuyen en 16% del valor inicial.

4.18. Análisis comparativo de emisiones de hidrocarburos no combustionados HC

En la siguiente figura se puede observar el nivel de HC's, hidrocarburos no combustionados, que se genera con y sin la interfase instalada en revoluciones de ralentí y velocidad crucero.

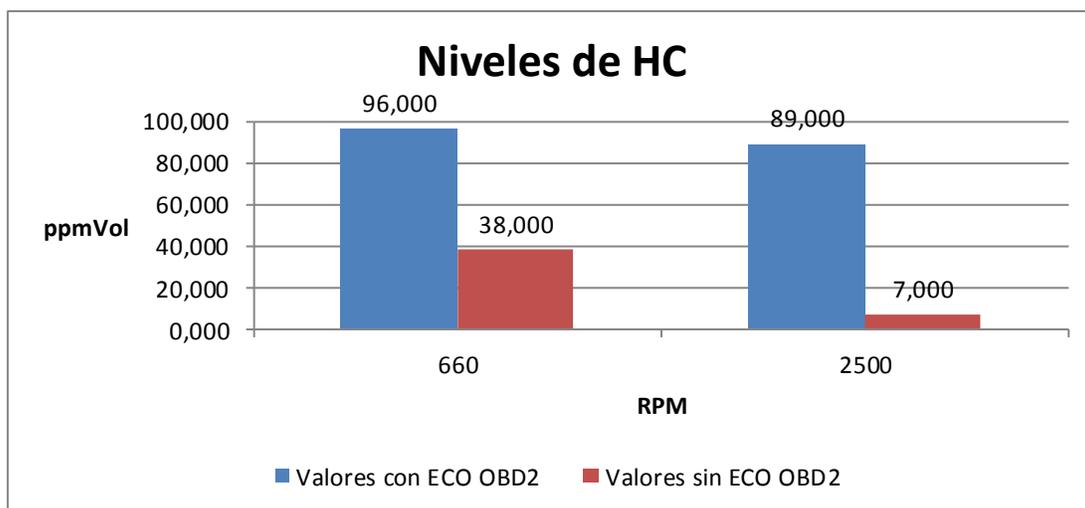


Figura 32. Comparación de las emisiones de hidrocarburos no quemados HC

Analizando el gráfico se puede recalcar un evidente aumento de los niveles de HC con el uso de la interfase ECO OBD2. En bajas revoluciones el aumento es de 58 ppmVol lo que representa 252,63% más y en altas revoluciones el aumento es de 82ppmVol que es 1271,42% más.

4.19. Análisis comparativo de emisiones de factor lambda λ

En la siguiente figura se puede observar la variación de la mezcla aire-combustible representado por el factor lambda, λ , que se genera con y sin la interfase instalada en revoluciones de ralenti y velocidad crucero.

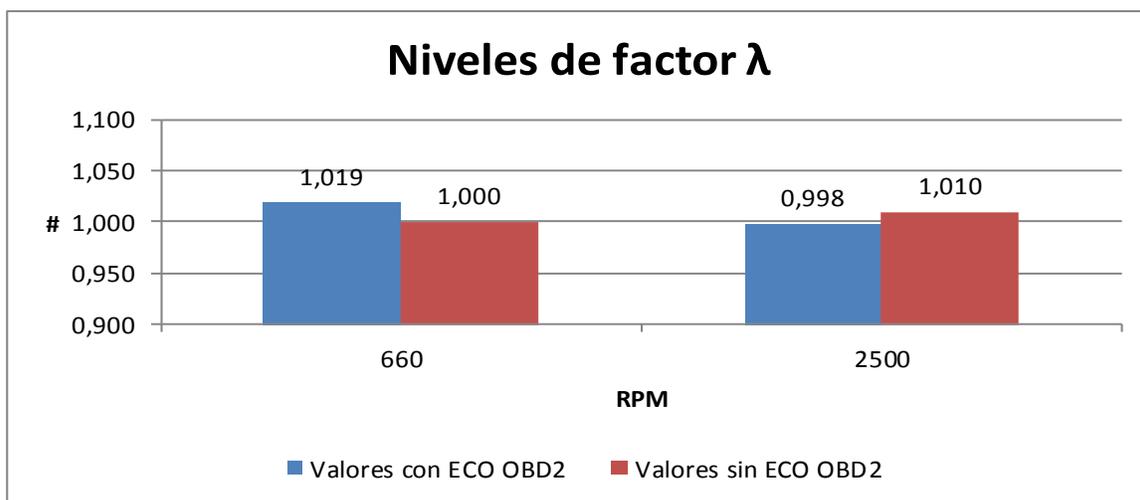


Figura 33. Comparación de factor λ

Analizando la figura se descubrió que las mezclas aire-combustible a bajas revoluciones son pobres y casi las mismas utilizando o no la interfase, los valores que nos da el analizador muestra un aumento de 0,019 en el factor cuando se usa el dispositivo, lo que demuestra un intento de hacer un uso eficiente del combustible en decremento de la potencia.

En altas revoluciones curiosamente existe un cambio importante puesto que la mezcla se transforma de pobre con 1,010 en el factor λ sin utilizar la interfase a rica con 0,998 utilizando la interfase y esto demuestra un contraposición del comportamiento del motor referente al consumo de combustible frente a los objetivos que pretende lograr la interfase ECO OBD II de disminuir el consumo de combustible, a lo menos en la prueba estática con el analizador de gases.

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Introducción

Este capítulo indica el manejo que se hizo de los recursos invertidos en la investigación, del tiempo y de presupuesto para el desarrollo de las actividades expuestas en los anteriores capítulos. Además se hace un análisis de costo beneficio para responder la meta de la factibilidad de la interfase Eco OBD2 como innovación tecnológica para reducir el consumo de combustible.

Con la finalidad de alcanzar las metas de esta investigación resulta necesario analizar los medios empleados teniendo en cuenta los recursos: humanos, físicos, financieros, materiales y tecnológicos indispensables para su ejecución.

5.2. Recursos humanos

Es el recurso principal, pues gracias a las metas trazadas y conocimiento científico, tiempo y solución de problemas se ha permitido el desarrollo cada etapa del proyecto.

Tabla 28

Tabla de recursos humanos

Nombre	Cargo	Función
Ing. Germán Erazo	Director	Tutoría científica
Sr. Mario Pinto	Investigador	Desarrollar el proyecto

5.3. Recursos físicos

Este apartado se refiere a las locaciones geográficas donde se desarrolló las investigaciones, los cuáles deben proporcionar condiciones apropiadas de seguridad y comodidad con la finalidad de que los resultados obtenidos sean veraces y confiables.

Tabla 29

Tabla de recursos físicos

Desarrollo práctico	Taller Dinamyca, Quito-Ecuador
	Panamericana Sur en sección Quito-Latacunga
	Av. Simón Bolívar, Quito-Ecuador
	Gasolinera San José de PETROECUADOR, Machachi - Ecuador
Desarrollo teórico	Biblioteca de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L Extensión Latacunga, Latacunga-Ecuador
	Domicilio del investigador, Quito-Ecuador

5.4. Recursos financieros

La investigación es de carácter técnico y científico por lo que se necesita utilizar varios equipos especializados de medición, lo que conlleva recursos financieros para su adquisición, siendo estos recursos asumidos por el investigador. En la siguiente tabla se detallan tales recursos.

Tabla 30
Tabla de recursos financieros

Ord.	Cant.	Unid.	Detalle	Unitario	Total
1	20	Gal.	Gasolina súper	\$ 2,95	\$ 59,00
2	2	Unid.	Equipo de seguridad personal	\$ 10	\$ 20,00
3	1	Juego.	Herramientas manuales	\$ 50	\$ 50,00
4	1	Unid.	Limpia contactos	\$ 11	\$ 11,00
5	1	Paquete	Servilletas industriales	\$ 3	\$ 3,00
6	1	\$	Gastos extras	\$ 50	\$ 50,00
7	2	\$	Alquiler de dinamómetro	\$ 60	\$ 120,00
8	1	\$	Dispositivo ELM327	\$ 30	\$ 30,00
9	120	día	Uso de computador personal	\$ 1,00	\$ 120,00
10	1000	Unid.	papel Bond	\$ 0,01	\$ 10,00
11	1000	Unid.	Impresiones	\$ 0,05	\$ 50,00
12	4	Unid.	Empastados	\$ 15	\$ 60,00
13	1	Unid.	Interfase ECO OBD2	\$ 55	\$ 55,00
14	5	día	Uso de automóvil	\$ 50	\$ 250,00
15	1	día	Cable paralelo OBDII 1 a 2	\$ 20	\$ 20,00
16	120	día	Uso de teléfono "inteligente"	\$ 0,25	\$ 30,00
TOTAL GENERAL					\$ 938,00

5.5. Recursos materiales

Para obtener los parámetros utilizados en esta investigación se hace imprescindible el uso de materiales técnicos automotrices y para su análisis teórico se necesitan materiales y suministros de oficina.

Tabla 31

Tabla de recursos materiales

Desarrollo práctico	Herramientas para mecánica automotriz
	Equipo de seguridad industrial
	Cable paralelo OBDII 1 a 2
	Dinamómetro de rodillos
Desarrollo teórico	Hojas de papel bond
	Bibliografía
	Libros y manuales técnicos

5.6. Recursos tecnológicos

Estas herramientas nos permiten optimizar el tiempo empleado en el desarrollo de la investigación, ayudando así a cumplir los objetivos propuestos, facilitando la visualización y manejo de los resultados de cada prueba para su análisis.

Tabla 32

Tabla de recursos tecnológicos

Desarrollo práctico	Automóvil KIA Cerato Forte
	Interfase ELM 327
	Smartphone SONY Xperia T2
	Interfase ECO OBDII
Desarrollo teórico	Computador portátil
	Impresora
	Software Office
	Internet

5.7. Análisis de costo beneficio

Antes del inicio de la investigación se realizó una inversión monetaria para dar mantenimiento mecánico al automóvil y se adquirió equipos para la toma de datos en las pruebas. Todos estos valores fueron financiados por el investigador

Tabla 33
Análisis de costo-beneficio

Parámetro	Símbolo	Dato	Símbolo	Valor medido sin ECO OBD2	Valor medido con ECO OBD2	Ud.	Fórmula	Valor calculado sin ECO OBD2	Valor calculado con ECO OBD2	Ud.
Volumen de combustible consumido por semana	V_{cc}	Horas de conducción por semana	T_c	28		h/semana	$V_{cc} = T_c * \dot{V}_c * \frac{Gal}{4,546L}$	32,695	32,394	Gal/semana
		Índice de consumo de combustible	\dot{V}_c	5,308E+00	5,259E+00	L/h				
Costo de combustible consumido por semana	C_{cc}	Volumen de combustible consumido por semana	V_{cc}	3,269E+01	3,239E+01	Gal/semana	$C_{cc} = V_{cc} * C_{gal}$	96,450	95,562	\$/semana
		Precio del galón de gasolina "súper" EP Petroecuador	C_{gal}	2,950		\$/Gal				
Volumen de combustible ahorrado	V_{ca}	Volumen de combustible consumido por semana	V_{cc}	32,695	32,394	Gal/semana	$V_{ca} = V_{cc} - V_{ccs} $	N/A	0,301	Gal/semana
Costo de combustible ahorrado por semana	C_{ca}	Volumen de combustible ahorrado por semana	V_{cc}	N/A	0,30087328	Gal/semana	$C_{ca} = \Delta V_{cc} * C_{gal}$	N/A	0,888	\$/semana
		Precio del galón de gasolina "súper" EP Petroecuador	C_{gal}	2,95		\$/Gal				
Tiempo de amortización	T_a	Costo del ECO OBD2	C_{eco}	0	55	\$	$T_a = \frac{C_{eco}}{C_{ca}}$	N/A	62	semanas
		Costo de combustible ahorrado por semana	C_{ca}	N/A	0,88757619	\$/semana				

5.8. Cronograma de actividades

A continuación se muestra un cuadro que coincide las actividades realizadas con los períodos de tiempo en que fueron realizados.

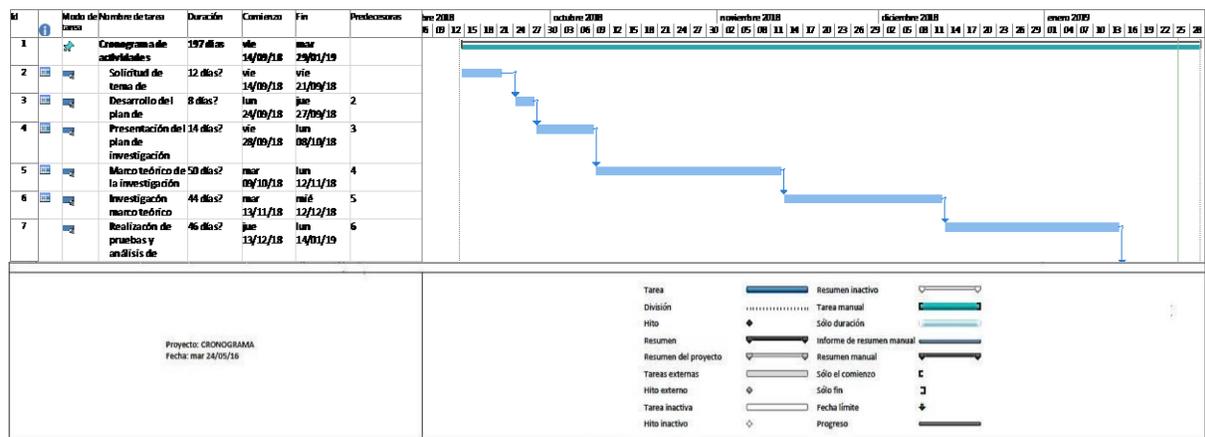


Figura 34. Cronograma de actividades

CONCLUSIONES

- Se analizó la variación de los parámetros térmicos y mecánicos del motor de combustión interna EFI del vehículo KIA Cerato Forte 1,6L al utilizar la interfase ECO OBDII.
- Se realizó mediciones de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes del motor de combustión interna EFI en condiciones normales y con el uso de la interfase ECO OBDII.
- Es importante contar con la información técnica que proporciona el fabricante de la interfase ECO OBDII para una correcta instalación y calibración del mismo.
- Es apreciable la influencia que tiene el control electrónico sobre los parámetros del rendimiento del motor de combustión interna EFI, es así que en cuanto se utiliza la interfase ECO OBDII el consumo de combustible presenta variaciones notorias a favor de un uso eficiente del combustible.
- Además de los valores numéricos que se han mostrado, también hay una percepción de un cambio en el manejo del automóvil que se puede describir como una aceleración y desaceleración menos brusca aunque igual de fuerte con el uso de la interfase ECO OBDII.
- En condiciones normales de funcionamiento y con parámetros atmosféricos de la ciudad de Quito, el motor 1,6L del vehículo KIA Cerato Forte marca una potencia máxima de 99,85 (Hp) a 6300 RPM y un valor máximo de torque de 96,85 (ft-lb) a 5100 (RPM).

- Con la interfase ECO OBDII instalada y con parámetros atmosféricos de la ciudad de Quito el motor EFI tuvo una potencia máxima de 98,49 (Hp) a 6100 RPM, un valor máximo de torque de 97,07 (ft-lb) a 4300 (RPM).
- La variación del valor de consumo específico efectivo de combustible en prueba de campo fue una reducción de 1,458% que es muy distinta a la reducción prometida por el fabricante de 15%, por lo que se concluye que la interfase ECO OBD2 no es factible como mejorador del consumo de combustible en el automóvil.
- El aprovechamiento de la energía química de la gasolina como trabajo mecánico es del 35,295% en el modelo estándar y hay una inapreciable variación al alza con el uso de la interfase de 0,0837%, es decir que para usos prácticos no existe variación, por lo que se concluye que la interfase ECO OBD2 prácticamente no aumenta la eficiencia térmica del motor de combustión interna y por ende no aumenta el aprovechamiento energético del combustible.

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo pruebas dinamométricas y de campo a nivel del mar para que las condiciones atmosféricas sean más similares a las que el fabricante realiza para realizar su ficha técnica.
- Realizar el mismo estudio utilizando otros tipos de combustible que pueden ser gasolinas de diferente octanaje o mezclas para realizar un cálculo comparativo de costos de consumo de combustible en kilómetros por galón incluyendo la reducción que proporciona la interfase ECO OBDII y así obtener la opción de combustible que más economía monetaria presta al consumidor.
- Probar la interfase en vehículos de diferentes marcas para observar los inconvenientes que puede presentar la interfase ECO OBDII y ELM 327 en comunicarse con la ECU ya que los fabricantes de los economizadores de combustible especifican una lista de marcas y modelos en los que el dispositivo trabaja y cuando se adquiere los productos aquella lista puede que no sea una actualizada.
- Realizar la investigación en varios tipos de vehículos para evidenciar la diferencia de economía e combustible usando la interfase ECO OBDII en motores de diferente cilindrada y vehículos con diferente carga de arrastre.
- Disponer de acceso a una base de fichas técnicas profesionales de fuentes certificadas para el alumnado que se disponga a realizar este tipo de investigaciones científicas como puede ser AUTODATA o CARQUERY.

- Aplicar protocolos certificados para la obtención de datos de consumo a la altura de las posibilidades técnicas de nuestro entorno científico.
- Usar dispositivos de medición más precisos que ofrezcan más cantidad de datos medidos en intervalos de tiempo y revoluciones muy pequeños para obtener curvas de datos más reales y completas y posteriormente sirvan para hacer cálculos más ciertos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abc Digital. (4 de abril de 2003). *El método comparativo: comparación o contrastación (V)*. Recuperado el 01 de 11 de 2018, de <http://www.abc.com.py/articulos/el-metodo-comparativo-comparacion-o-contrastacion-v-691577.html>

Aliexpress. (2019). *aliexpress.com*. Recuperado el 04 de 01 de 2019, de <https://fr.aliexpress.com/item/For-Benzine-EcoOBD2-ECU-Chip-Tuning-Box-15-Fuel-Saving-Green-Color-Eco-OBD2-Gasoline-Plug/32811205119.html>

Álvarez, J. A. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de Google books: <https://books.google.com.ec/books?id=RLDuW6HWXA0C&pg=PA3>

Augeri, F. (s.f.). *Diagnóstico con scanner - OBDII Genérico*.

Autofaro. (10 de 01 de 2019). *Kia cerato forte ficha tecnica*. Recuperado el 10 de 01 de 2019, de http://autofaro.com.ar/presentaciones/presentaciones_0137ft.html

BK Precision Electronic Test Instruments. (s.f.). *Manual de Usuario Multímetro Robusto 2860A*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/manuals/es-mx/2860A.pdf>

Bosch, R. (2003). *Gasoline Engine Management: Motronic Systems: Bosch Technical Instruction*. Bentley Robert Incorporated.

Carscanner. (12 de agosto de 2018). *Escaner automotriz ELM OBD2. Configuring Wi-Fi connection to ELM327 adapter*, <https://translate.google.com/translate?source=osdd&sl=auto&tl=es&u=https%3A%2F%2Fwww.carscanner.info%2Fwifi%2F%23>. (OVZ, Productor) Recuperado el 16 de 01 de 2019, de <https://www.carscanner.info>: <https://www.carscanner.info/wifi/#>

Carscanner.info. (2019). *Car Scanner ELM OBD2*. Recuperado el 04 de 01 de 2019, de <https://www.carscanner.info/>: <https://www.carscanner.info/>

Casado, E. (2009). *Técnicas básicas de mecánica y electricidad*. Recuperado el 01 de 10 de 2018, de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497327145/tecnicas-basicas-de-mecanica-y-electricidad>

Castro, V. (1998). *Nueva Enciclopedia del Automóvil: El motor de* . Barcelona, España: CEAC.

Centro de Experimentación y Seguridad Vial Colombia CESVI COLOMBIA. (junio de 2015). *Auto Crash*. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de Evolución de los sistemas de inyección de combustible: <http://www.revistaautocrash.com/wp-content/uploads/2016/01/Edicion-32.pdf>

Chiliquinga Bustos, J. L., & Ruiz Ruiz, C. M. (2016). *Análisis del potencial energético del metanol y etanol como aditivo orgánico de la gasolina extra, para su utilización en el motor de combustión ciclo Otto en proporciones del 5%, 10% y 15%*.

Carrera de Ingeniería Automotriz. Latacunga: Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Extensión Latacunga.

Clavero, D. (7 de noviembre de 2011). *Dispositivos OBD: toda la información de tu coche en el móvil, ¿cumplen con lo que prometen?* Recuperado el 25 de 09 de 2018, de Diariomotor Tecmovia: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/11/07/dispositivos-obd-toda-la-informacion-de-tu-coche-en-el-movil-%C2%BFcumplen-con-lo-que-prometen/>

Consejo Nacional de Planificación (CNP). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

Crouse, W. H. (1993). *Mecánica del automóvil* (Vol. II). México D.F.: Marcombo.

Crouse, W. H. (1996). *Motores del automóvil*. Recuperado el 09 de 01 de 2019, de <https://es.scribd.com/doc/297885519/Motores-de-Automovil-William-h-Crouse>

Diario El Telégrafo. (05 de agosto de 2017). *Los vehículos sin los que más contaminan el aire*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de Quito. La alcaldía busca que cada vez más personas usen transporte público.: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/los-vehiculos-son-los-que-mas-contaminan-el-aire>

Dynomitedynamometer. (2019). <https://www.dynomitedynamometer.com>. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de https://www.dynomitedynamometer.com/_selector/automotive/chassis/2wd/30/inertia/034-3000-1k_specifications.htm

Ebay. (11 de 09 de 2018). *EcoOBD2 ECO OBD2 Plug & Drive Fuel Economy Chip Tuning Box - Cars*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de https://www.ebay.com/itm/EcoOBD2-ECO-OBD2-Plug-Drive-Fuel-Economy-Chip-Tuning-Box-Cars-/231667767667?_ul=EC

Ebay. (2019). <https://www.ebay.com>. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://www.ebay.com/itm/Mini-OBD2-Code-Reader-ELM327-1-5-Bluetooth-Auto-Diagnostic-Tool-PIC18F25K80-Chip-/192416594869>

El Comercio. (28 de 12 de 2018). *La gasolina súper y el diésel tienen nuevos precios en Ecuador*. (M. P. Guayaquil, Editor) Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://www.elcomercio.com>: <https://www.elcomercio.com/actualidad/super-diesel-nuevos-precios-gasolina.html>

El Telégrafo. (30 de octubre de 2017). *Nuevo récord de concentración de CO2 en la atmósfera*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/4/nuevo-record-de-concentracion-de-co2-en-la-atmosfera>

Explorable. (4 de septiembre de 2018). *Investigación experimental*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <https://explorable.com/es/investigacion-experimental>

González, D. (2011). *Motores*. Madrid: Paraninfo.

González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.

Google. (2019). *Google Play*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ovz.carscanner>

Google Maps. (2019). <https://www.google.com/maps>. Recuperado el 22 de 01 de 2019, de <https://www.google.com/maps/dir/-0.6966696,-78.5886654/-0.6575701,-78.5907303/@-0.6768441,-78.6002143,5788m/data=!3m1!1e3!4m2!4m1!3e0>

Guagalango, P., & Loachamín, L. (diciembre de 2016). *Investigación de la variación de los parámetros térmicos y mecánicos del motor de combustión interna Daewoo del vehículo Chevrolet Aveo 1.6 l, al generar averías en el subsistema de control electrónico*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13084>

ISO. (2000). *ISO 14230-4: Road vehicles - Diagnostic systems*.

ISO. (2005). *ISO 15765-4: Road vehicles - Diagnostic on Controller Area Networks (CAN)*.

Jóvaj, M. S. (1982). *Motores del Automóvil*. Moscú: Mir.

KitoSDev-CMS. (2019). *obd2-elm327.es*. Recuperado el 04 de 01 de 2019, de <https://obd2-elm327.es/elm327-informacion-dispositivos>

Martínez, C. (s.f.). *Lifeder.com*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de ¿Qué es la Observación Directa? Características y Tipos: <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>

Martínez, I. E. (junio de 2014). *Aprender a matematizar, Matematización como medio y no como fin*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de TFM Trabajo Fin de Máster: https://fqm193.ugr.es/media/grupos/FQM193/cms/TFM_EntrenaMartinez.pdf

Mena L. (2011). *Compilador de ejercicios de motores de combustión interna diesel y gasolina*. Quito: Nueva aurora.

Mercadomecanico. (2016). *Scanner Bosch – Mercado*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de <http://www.mercadodomecanico.com.br/>

Ministerio del Ambiente. (2010). Recuperado el 25 de 01 de 2019, de Plan Nacional de la Calidad del Aire: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

NKAAY. (2018). Instrucciones de instalación de ECO OBDII. Quito, Huizhou, China.

Obd Solutions. (2015). *What is OBD?* Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <http://www.obdsol.com/knowledgebase/>

obd2-elm327. (2017). <https://obd2-elm327.com>. (KitoSDev-CMS, Productor)

Recuperado el 16 de 01 de 2019, de <https://obd2-elm327.es/modo-utilizacion-uso-elm327-obd2>

Obdtester. (2015). *OBD2 protocols*. Obtenido de http://obdtester.com/obd2_protocols

Ocaña, A. (2000). *Tratado del automóvil*. Madrid: CIE Inversiones Editoriales.

Ocaña, A. (2000). *Tratado del automóvil: La técnica en los siglos XX-XXI*. España: Inversiones Editoriales.

Quimbita, A., & Guallichico, E. (17 de julio de 2017). *Determinación del potencial energético y mecánico del motor Mazda F2 al utilizar los tipos de gasolina comercial empleados en el Ecuador*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13790>

Robertti, J. (01 de 2018). *motores.com.py*. Recuperado el 04 de 01 de 2019, de <https://motores.com.py/foro/index.php?threads/kia-cerato-forte.60025/>

Rodríguez Mendoza, J. A., & Tenorio Sangucho, V. G. (2017). *Análisis del comportamiento de los parámetros característicos del motor CFZ del vehículo Volkswagen gol a través de la variación de los tiempos de quemado originado por diversos tipos de bujías y bobinas de encendido*. Recuperado el 25 de 01 de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13199/1/T-ESPEL-MAI-0579.pdf>

Ruiz, R. (2007). *El Método Científico y sus Etapas*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>

S.A.E. (1991). *J1979: E/E Diagnostic Test Modes - SAE International*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de http://standards.sae.org/j1979_201202/

SAE. (1992). *J1962A: Diagnostic Connector*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de SAE International: http://standards.sae.org/j1962_201509/

Sánchez, M. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro*. Málaga: IC Editorial.

Santos, A. L. (2016). *Economía de combustible con o uso de telemetría para vehículos de passeio*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de Universidade Federal Do Rio Grande Do sul: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/147672>

Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex.

Sanz, S. (2017). *Motores*. Recuperado el 02 de 09 de 2018, de https://books.google.com.ec/books?id=_vrIDgAAQBAJ&pg=PA66&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES. (2017). *Programa de Gobierno 2017-2021. Cambios para renovar la Patria: Un programa para la sociedad, la educación, la producción y el trabajo digno*. Recuperado el 01 de 09

de 2018, de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

Singh, A. (2014). *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter - Uart*. Recuperado el 03 de 09 de 2018, de <http://pt.slideshare.net/AnkitSingh13/uart-32550652>

Sparks, K. (2004). *VPW J1850 Multiplexing Controller (BDLC) Module*.

Steinhilper, R., Freiburger, S., & Nagel, A. (2011). *Understanding the communication between automotive mechatronics*. Recuperado el 03 de 09 de 2018, de http://www.lup.uni-bayreuth.de/documents/universitaere_forschung/Understanding_CAN_BUS_Technologies_for_REMAN_Purposes.pdf

Tahat, A., Said, A., Jaouni, F., & Qadamani, W. (2012). *Android-Based Universal Vehicle Diagnostic and Tracking System*. Recuperado el 03 de 09 de 2018, de 2012 IEEE 16th International Symposium: https://www.researchgate.net/profile/Ashraf_Tahat/publication/235666610_Android-based_universal_vehicle_diagnostic_and_tracking_system/links/0a85e5364ec07b421e000000/Android-based-universal-vehicle-diagnostic-and-tracking-system.pdf

Tecnofuel. (2015). *Tecnofuel Experiencia Fuel Injection*. Recuperado el 16 de enero de 2019, de http://www.tecnofuelsoporte.com.mx/assets/ficha_tecnica_eco_obd2_apymrsa.pdf

Thenestobdiiscanners. (2016). *OBD2 Scanners - What is Mode 1?* Recuperado el 02 de 09 de 2018, de <http://thebestobdiiscanners.com/10-modes-of-operation-for-obd2-scanners/>

Universidad Autónoma de México. (s.f.). *Capítulo 2: métodos de medición*. Recuperado el 01 de 09 de 2018, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/655/A5.pdf?sequence=5>

walmart. (2019). <https://www.walmart.com>. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://www.walmart.com/ip/Diageng-Ultra-Low-Profile-Left-or-Right-Angle-OBD-II-2-Y-Splitter-Cable-30cm-12/946808175>

Wikibooks contributors. (19 de 08 de 2017). <https://en.wikibooks.org>, 3278220. (T. F. Wikibooks, Editor) Recuperado el 24 de 01 de 2019, de https://en.wikibooks.org/w/index.php?title=Electronics/Measuring_Instruments&oldid=3278220

wlap.org. (04 de 11 de 2016). *LAND CRUISER PRADO REPAIR MANUAL (RM990E) Land cruiser prado repair manual (m990e)*. Recuperado el 25 de 01 de

2019, de <https://www.wlap.org>: https://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics

Zal, P. P. (2019). *automobile-catalog.com*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de https://www.automobile-catalog.com/car/2013/1363505/kia_cerato_koup_1_6_cvvt_comfort_automatic.html

Zurita, M. (6 de agosto de 2018). *Investigación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna 2.0 PE serie Mazda controlado a través del sistema SKYACTIV-G*. Recuperado el 02 de 01 de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14954>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

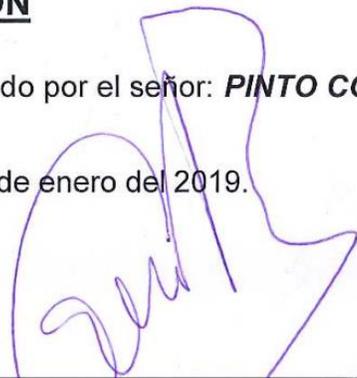
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

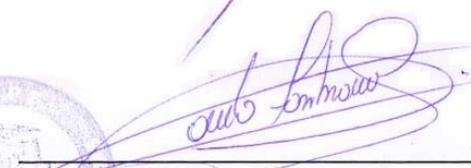
Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **PINTO CORTEZ MARIO ALEJANDRO**.

En la ciudad de Latacunga a los 31 días del mes de enero del 2019.

Aprobado por:



Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DE PROYECTO



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



Dr. Darwin Alban
SECRETARIO ACADÉMICO

