



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE
EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE
COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA
MEDIANTE LA IMPLMEMNTACIÓN DE UNA
VÁLVULA MARCLAIS APLICADO EN LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Trabajo de integración curricular:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: CARLOS ANDRES CONDO ULLOA

MARCO VINICIO MANZANO VALENCIA

DIRECTOR: Ing. VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO

Riobamba- Ecuador

2021

©2021, Carlos Andrés Condo Ulloa; Marco Vinicio Manzano Valencia

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Carlos Andrés Condo Ulloa y Marco Vinicio Manzano Valencia, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 2 de diciembre de 2021



Carlos Andres Condo Ulloa

150085894-7



Marco Vinicio Manzano Valencia

180475573-2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular:
Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA VÁLVULA MARCLAIS APLICADO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por los señores: **CARLOS ANDRES CONDO ULLOA; MARCO VINICIO MANZANO VALENCIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos DELEGADO DECANO	JUAN CARLOS ROCHA HOYOS <small>Firmado digitalmente por: JUAN CARLOS ROCHA HOYOS DN: cn=JUAN CARLOS ROCHA HOYOS c=EC o=SECURITY DATA S.A. 2 ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Fecha: 2022-01-11 17:46-05:00</small>	02/12/2021
Ing. Víctor David Bravo Morocho DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO <small>Firmado digitalmente por VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO Fecha: 2022.01.08 17:33:17 -05'00'</small>	02/12/2021
Ing. Paúl Alejandro Montufar Paz MIEMBRO DEL TRIBUNAL	PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ <small>Firmado digitalmente por PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ Fecha: 2022.01.11 12:45:47 -05'00'</small>	02/12/2021

DEDICATORIA

Dedico a mis padres quienes siempre fueron siempre mi sostén y me llenaron de fuerzas para poder cumplir con éxito mi carrera universitaria y que no escatimaron esfuerzos en su apoyo incondicional.

A mi hermana y amigos los cuales fueron muy importantes en la vida universitaria, los cuales con sus consejos y elocuencias me ayudaron a seguir y no desmayar

Carlos

Dedico primeramente a Dios por la sabiduría y salud brindada a mi familia y a mí, por guiarme y llenarme de valentía para poder cumplir con mis objetivos propuestos.

A mis padres Luis Manzano y María Valencia por ser los pilares fundamentales en mi hogar quienes han estado en todo momento apoyándome, guiándome y aconsejándome tanto moral como económicamente, a mis hermanos por brindarme su apoyo y estar siempre pendientes de las actividades que me encontraba haciendo.

Marco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me dio la fuerza y los conocimientos necesarios para emprender y culminar mi carrera universitaria, a mis padres, hermana, familiares y amigos los cuales me han apoyado de mil y un formas con aliento y consejos, lo cual a echo que me convierta en una persona y profesional de bien que pueda servir a la sociedad.

Un agradecimiento inmenso a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH quienes han aportado con sus enseñanzas a formarme como un profesional a carta cabal, y en especial al Ing. Víctor Bravo nuestro director de Trabajo de Titulación el cual nos a ayudado a que este proyecto salga delante de una forma correcta, y al Ing. Paul Montufar por ser el asesor del proyecto y guiarnos con sus conocimientos para la obtención del título.

Carlos

A Dios por permitirme cumplir con uno de los objetivos más anhelados de mi vida, a mis padres y hermanos quienes me han brindado su apoyo incondicional en las decisiones que he tomado, a mis docentes de mi querida Escuela de Ingeniería Automotriz quienes durante la vida universitaria me han compartido sus conocimientos, sus experiencias y consejos, a mis compañeros quienes han influido significativamente durante esta etapa de mi vida.

Marco

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Problemática.....	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Alcances.....	3
1.6. Marco Teórico	4
1.6.1. <i>Motores de Combustión interna</i>	4
1.6.2. <i>Tipos de Motores Automotrices</i>	4
1.6.3. <i>Sistemas de Alimentación</i>	5
1.6.4. <i>Carburador</i>	5
1.6.5. <i>Sistema de Inyección</i>	6
1.6.6. <i>Clasificación del Sistema de Inyección</i>	7
1.6.6.1. <i>Inyección indirecta</i>	7
1.6.6.2. <i>Inyección Directa</i>	8

<i>1.6.7.</i>	<i>Principio de funcionamiento del sistema de inyección electrónica</i>	8
<i>1.6.8.</i>	<i>Sensor MAF</i>	8
<i>1.6.9.</i>	<i>Sensor TPS</i>	9
<i>1.6.10.</i>	<i>Sensor MAP</i>	10
<i>1.6.11.</i>	<i>Sensor de Oxígeno</i>	10
<i>1.6.12.</i>	<i>Emisiones Contaminantes</i>	11
<i>1.6.13.</i>	<i>Monóxido de Carbono (CO)</i>	13
<i>1.6.14.</i>	<i>Dióxido de Carbono (CO₂)</i>	13
<i>1.6.15.</i>	<i>Óxidos de Nitrógeno (NO_x)</i>	13
<i>1.6.16.</i>	<i>Hidrocarburos (HC)</i>	14
<i>1.6.17.</i>	<i>Material Particulado</i>	14
<i>1.6.18.</i>	<i>Efectos de la altitud sobre los motores de combustión interna</i>	14
<i>1.6.19.</i>	<i>Efectos de la altitud sobre las emisiones contaminantes en motores.</i>	16
<i>1.6.20.</i>	<i>Efectos de la altitud sobre el consumo de combustible en motores</i>	21
<i>1.6.21.</i>	<i>Compensador Altimétrico Marclais (Válvula Ecológica)</i>	23
<i>1.6.21.1.</i>	<i>Principio de funcionamiento</i>	23
<i>1.6.21.2.</i>	<i>Ficha técnica de la válvula</i>	24
<i>1.6.21.3.</i>	<i>Resultados de funcionamiento por el fabricante</i>	25

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	26
2.1.	Tipo y Diseño de la Investigación.	26
<i>2.1.1.</i>	<i>Esquema del marco metodológico</i>	27
2.2.	Operacionalización de las variables	28
<i>2.2.1.</i>	<i>Tipos de variables</i>	28
<i>2.2.1.1.</i>	<i>Variable de Independiente</i>	28
<i>2.2.1.2.</i>	<i>Variables Dependientes</i>	28
2.3.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	29

2.3.1.	<i>Selección del vehículo.</i>	29
2.3.2.	<i>Determinación del Combustible</i>	31
2.3.3.	<i>Determinación de ruta.</i>	31
2.3.4.	<i>Analizador de gases.</i>	32
2.3.4.1.	<i>Especificaciones técnicas del equipo</i>	34
2.3.5.	<i>Tanque portátil de combustible.</i>	34
2.3.6.	<i>Balanza digital.</i>	35
2.3.7.	<i>Protocolo de instalación de la válvula ecológica Marclais.</i>	35
2.3.8.	<i>Protocolo de medición de gases según NTE INEN 2 203:2000 y NTE INEN 2204.</i>	37
2.3.8.1.	<i>Procedimiento para la medición estática de las emisiones de gases contaminantes ..</i>	37
2.3.8.2.	<i>Medición</i>	38
2.3.8.3.	<i>Informe de resultados</i>	38
2.3.9.	<i>Protocolo de consumo de combustible norma SAE J1321:2012.</i>	39
2.3.9.1.	<i>Procedimiento de Medida de combustible.</i>	39
2.4.	Técnicas de análisis.	41
2.4.1.	<i>Excel</i>	42
2.4.2.	<i>Minitab</i>	42
2.4.3.	<i>Prueba Estadística t de Student</i>	42

CAPITULO III

3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
3.1.	Emisiones de gases contaminantes	44
3.1.1.	<i>Análisis de los resultados del Monóxido de Carbono (CO)</i>	45
3.1.1.1.	<i>Discusión</i>	46
3.1.2.	<i>Análisis de los resultados del Dióxido de Carbono (CO₂)</i>	47
3.1.2.1.	<i>Discusión</i>	48
3.1.3.	<i>Análisis de los resultados de los Hidrocarburos (HC)</i>	48
3.1.3.1.	<i>Discusión</i>	50

3.1.4.	<i>Análisis de los resultados del Oxígeno (O₂)</i>	50
3.1.4.1.	<i>Discusión</i>	51
3.2.	Consumo de combustible	52
3.2.1.	<i>Análisis de los resultados del consumo de combustible.</i>	53
3.2.1.1.	<i>Discusión</i>	55
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Esquema del Carburador	6
Figura 2-1:	Esquema general de un sistema electrónico de inyección de gasolina.....	6
Figura 3-1:	Sistema de inyección indirecta	7
Figura 4-1:	Sistema de inyección directa	8
Figura 5-1:	Sensor MAF.....	9
Figura 6-1:	Sensor TPS.....	9
Figura 7-1:	Sensor MAP.....	10
Figura 8-1:	Sonda Lambda/ Sensor de Oxígeno.....	11
Figura 9-1:	Composición de los gases de combustión de un MEP	12
Figura 10-1:	Composición de los contaminantes de un MEP.....	12
Figura 11-1:	Eficiencia volumétrica en función de la altitud del motor y velocidad del motor (1000-2500rpm).....	16
Figura 12-1:	Eficiencia volumétrica en función de la altitud del motor y velocidad del motor (3000-4000rpm).....	16
Figura 13-1:	Emisiones de monóxido de carbono a relantí	17
Figura 14-1:	Emisiones de monóxido de carbono a (2500rpm).....	17
Figura 15-1:	Emisiones de hidrocarburos a relantí.....	18
Figura 16-1:	Emisiones de hidrocarburos a (2500rpm).....	18
Figura 17-1:	CO vs Altitud	19
Figura 18-1:	HC vs Altitud	19
Figura 19-1:	Efecto de la altitud sobre las emisiones de CO	20
Figura 20-1:	Efecto de la altitud sobre las emisiones de CO ₂	20
Figura 21-1:	Efecto de la altitud sobre las emisiones de HC.....	21
Figura 22-1:	Comparación de consumo de combustibles	22
Figura 23-1:	Consumo de combustible por distancia recorrida	22
Figura 24-1:	Consumo de combustible en ruta.....	23

Figura 25-1:	Válvula Ecológica Marclais	23
Figura 26-1:	Vista en corte de la Válvula Ecológica Marclais	24
Figura 27-1:	Ficha técnica de la Válvula Marclais	24
Figura 28-1:	Consumo de combustible de 2000 – 4000 rpm.....	25
Figura 1-2:	Graficas de vehículos matriculados año 2018.....	29
Figura 2-2:	Edad del parque automotor.....	29
Figura 3-2:	Vehículo utilizado para las pruebas	30
Figura 4-2:	Porcentaje de despacho de las gasolinas 2019	31
Figura 5-2:	Ruta de Carretera.....	32
Figura 6-2:	Analizador de gases KANE 4-2.....	33
Figura 7-2:	Software KANE LIVE	33
Figura 8-2:	Tanque portátil de combustible	34
Figura 9-2:	Balanza digital FS-400	35
Figura 10-2:	Perforación del múltiple de admisión	36
Figura 11-2:	Instalación de la válvula	36
Figura 12-2:	Válvula instalada	37
Figura 13-2:	Calibración del equipo de medición.	38
Figura 14-2:	Colocación de la sonda en tubo de escape	39
Figura 15-2:	Instalaciones del tanque portátil	40
Figura 16-2:	Pesaje del combustible	40
Figura 17-2:	Distancia de cada prueba según el odómetro del vehículo.....	41
Figura 18-2:	Recolección de datos de consumo	41
Figura 18-2:	Curva para la prueba estadística t de Student	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tabla de altitud vs Presión	15
Tabla 2-1:	Características técnicas de la válvula	25
Tabla 1-2:	Designación de las nomenclaturas	28
Tabla 2-2:	Especificación técnica del vehículo	30
Tabla 3-2:	Tramos de la Ruta	32
Tabla 4-2:	Ficha técnica del analizador de gases KANE 4-2.....	34
Tabla 1-3:	Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes	44
Tabla 2-3:	Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes CO.....	45
Tabla 3-3:	Prueba estadística t de Student (CO).....	46
Tabla 4-3:	Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes CO ₂	47
Tabla 5-3:	Prueba estadística t de Student (CO ₂).....	48
Tabla 6-3:	Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes HC.....	49
Tabla 7-3:	Prueba estadística t de Student (HC).....	49
Tabla 8-3:	Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes O ₂	50
Tabla 9-3:	Prueba estadística t de Student (O ₂)	51
Tabla 10-3:	Resultados obtenidos del consumo de combustible sin válvula	52
Tabla 11-3:	Resultados obtenidos del consumo de combustible con válvula	52
Tabla 12-3:	Promedios de consumo sin válvula	53
Tabla 13-3:	Promedios de consumo con válvula.....	53
Tabla 14-3:	Prueba estadística t de Student (O ₂)	54

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Relación del Monóxido de carbono	45
Gráfico 2-3:	Relación del Dióxido de Carbono	47
Gráfico 3-3:	Relación de Hidrocarburos	49
Gráfico 4-3:	Relación del Oxígeno.....	51
Gráfico 5-3:	Consumo en gramos de cada prueba.....	54
Gráfico 6-3:	Consumo promedio.....	55

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES.

ANEXO B: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 203:2000

ANEXO C: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204

ANEXO D: NORMA SAE J1321

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo conocer el funcionamiento y la eficiencia de la válvula ecológica altimétrica Marclais para mitigar los efectos negativos que produce la altura sobre el nivel del mar, en el rendimiento del motor, para ello, se instala en un vehículo de inyección electrónica a gasolina y se realiza pruebas de emisiones contaminantes y consumo de combustible. Las pruebas de emisiones contaminantes se las realizó según norma NTE INE 2 203:2000 utilizada en pruebas estáticas, los datos se obtuvieron a diferentes cargas del motor ralentí, 2000rpm y 4000rpm empleando un analizador de gases KEIN 4-2. El consumo de combustible se realizó mediante pruebas dinámicas según norma SAE J 1321:2012, donde se muestra la toma de datos que se realizó másicamente en una ruta establecida de 12.3 km a una velocidad promedio de 50km/h, con combustible extra siendo el más expendido en la ciudad de Riobamba a 2750msnm. Al analizar los datos obtenidos de las emisiones contaminantes hubo una disminución del 20% en el Monóxido de Carbono (CO) y los Hidrocarburos (HC) es del 24% siendo estos los gases los más contaminantes y los que se busca reducir al máximo, el Oxígeno (O₂) y el Dióxido de Carbono no presentaron variaciones notables, por su parte en el consumo de combustible se obtuvo un ahorro significativo del 23.56 %. Para la validación de los datos obtenidos se utilizó la prueba estadística t de Student, llegando a la conclusión de que la válvula altimétrica Marclais contribuye a la disminución de los gases contaminantes y consumo de combustible en el automóvil de prueba, se recomienda realizar más estudios en motores Diesel y carburador, debido al gran número de vehículos circulando en ciudades de gran altura.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <VÁLVULA ECOLÓGICA>, <CONSUMO>, <GASES>, <ALTITUD>, <EMISIONES>, <COMBUSTIBLE>.



16-04-2021

1020-DBRAI-UTP-2021

ABSTRACT

This study aims to know the operation and efficiency of the ecological valve altimetry Marclais to mitigate the harmful effects of the sea level rise on engine performance. It was installed in an electronic fuel injection vehicle and tests for polluting emissions and fuel consumption. Tests of polluting emissions were carried out according to the NTE INE 2 203: 2000 standard used in static tests, data was obtained at different loads on engine idling, 2000rpm, and 4000rpm using a KEIN 4-2 gas analyzer. The fuel consumption was made by dynamic tests according to SAE J 1321: 2012 standard. It showed the data collection was performed massively on an established route of 12.3 km at an average speed of 50 km/h, with extra fuel being the most sold in the city of Riobamba at 2750 masl. Analyzing the obtained data, there was a 20% decrease in Carbon Monoxide (CO) and 24% in Hydrocarbons (HC) from polluting emissions. Being these gases the most pollutants and those that seek to reduce as much as possible. Oxygen (O₂) and Carbon Dioxide did not show notable variations, and there was a significant saving of 23.56% in fuel consumption. For the validation of the obtained data, the Student's t-test, concluding that the Marclais altimetric valve contributes to the reduction of polluting gases and fuel consumption in the test car. It is recommended to carry out more studies on diesel engines and carburetors, due to the large number of vehicles circulating in cities with high-rise.

Keywords: <ECOLOGICAL VALVE>, <CONSUMPTION>, <GASES>, <ALTITUDE>, <EMISSIONS>, <FUEL>.



Firmado electrónicamente por:
PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país que se encuentra geográficamente atravesado por los Andes, lo cual le hace tener cuatro regiones muy marcadas, costa y región insular que se encuentran a nivel del mar, el oriente que está lleno de selvas y ríos, y la región sierra que posee grandes montañas y nevados, lo cual hace que sus ciudades se encuentren a gran altura con respecto al nivel del mar, llegando a estar sobre los 2750 msnm.

La mayoría de las marcas configuran sus vehículos para dar su máximo rendimiento a una altura cercana al nivel del mar, cuando sobrepasan los 1500 msnm comienzan a disminuir su eficiencia debido a la falta de oxígeno. Varios estudios han demostrado que a mayor altura existe menor densidad de oxígeno en el aire, así también la presión disminuye como consecuencia de que hay menos masa de aire sobre nosotros. La falta de oxígeno en un motor atmosférico hace que la combustión sea ineficiente provocando un mayor consumo de combustible y por ende mayor concentración en las emisiones contaminantes perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Para mitigar en cierta medida las pérdidas de rendimiento en los motores atmosféricos se ha visto la necesidad de crear dispositivos externos con el fin de compensar el nivel de altura, se sabe que desde la década de los 70 existen prototipos de válvulas compensadoras de presión, una de ellas es la válvula ecológica Marclais diseñada y patentada por el Ingeniero Mecánico Ricardo Aldana Monroy quien al darse cuenta de estos factores que se da en la ciudad de Bogotá a 2500 msnm la creó, esta válvula desde su creación ha tenido varias mejoras hasta la actualidad, enfocándose en la reducir la pérdida de potencia, consumo de combustible y contaminantes atmosféricos. En los últimos años esta válvula se ha introducido en el mercado Andino llegando a estar presentes en Colombia, Chile, Perú, Bolivia y últimamente en Ecuador.

En Ecuador no existen estudios que corroboren la eficiencia de dicha válvula por lo cual hemos visto la necesidad de realizarlos adaptándolo a nuestro país, donde se eligió una ruta dentro de la ciudad de Riobamba para realizar la toma y análisis de datos ya que esta ciudad se encuentra sobre los 2750 msnm.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Problemática

La válvula ecológica Marclais es un dispositivo utilizado para reducir los gases contaminantes y el consumo de combustible en todo tipo de vehículo que se encuentran en ciudades sobre los 1500 msnm.

En Ecuador no existe una verificación y/o validación del dispositivo debido a que es un producto poco comercializado y desconocidos por los dueños de vehículos y mecánicos.

El centro del país bordea los 2700 msnm lo que ocasiona que haya menos densidad de oxígeno en el aire y la combustión no sea correcta, lo que a su vez produce que el motor no aproveche las bondades de la ignición del combustible y un incremento en la emisión de gases contaminantes.

1.2. Justificación

La reducción de emisiones contaminantes provocados por motores atmosféricos es uno de los retos más importantes que los fabricantes de vehículos se han propuesto con el fin de conservar el medio ambiente y la salud de los seres vivos. Mientras los vehículos se encuentren a mayor altura, estos van a presenciar la falta de densidad de oxígeno en el aire lo que va a provocar que la combustión sea deficiente al no realizarse una mezcla ideal y por ende un aumento de las emisiones contaminantes que afectan directamente al medioambiente.

En Estados Unidos las marcas automotrices se dieron cuenta de este problema por lo cual desde la década de los 70 crearon dispositivos para mitigar los efectos de altura y el consumo que se producía por el carburador, en la modernidad los sistemas electrónicos hacen que el motor inyecte mucho menos combustible a la cámara lo que en cierta medida intenta reducir los efectos de altura, pero a su vez hace que exista una pérdida de potencia, además que la mala combustión sigue afectando a la contaminación que generan.

La presente investigación se centra en el análisis de la eficiencia de la válvula ecológica Marclais, debido a que en el país no se han desarrollado estudios que confirmen las mejoras que ofrece este producto tanto en reducción de consumo de combustible como emisiones contaminantes, este estudio se lo lleva a cabo para tener la validación en la comercialización del producto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Verificar el funcionamiento de la válvula ecológica Marclais mediante la realización de ensayos de emisiones contaminantes y consumo de combustible en una ruta establecida en un vehículo Chevrolet Optra.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer el principio de funcionamiento de la válvula ecológica Marclais mediante revisión bibliográfica.
- Instalar correctamente la válvula Marclais en el sistema de admisión de aire del vehículo Chevrolet Optra y establecer una ruta de prueba.
- Realizar pruebas estáticas de análisis de gases al vehículo sin válvula y con válvula Marclais bajo las normas NTE INEN 2 203:2000 y NTE INEN 2204.
- Realizar pruebas dinámicas del consumo de combustible sin la válvula y con válvula Marclais bajo la norma SAE J1321:2012.
- Realizar un análisis comparativo de consumo y gases contaminantes de las pruebas realizadas, y determinar la funcionalidad de la válvula.

1.4. Hipótesis

(H0). La válvula ecológica Marclais no tiene la capacidad de reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes en una ruta de prueba sobre los 2750 msnm.

(H1). La válvula ecológica Marclais tiene la capacidad de reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes en una ruta de prueba sobre los 2750 msnm.

1.5. Alcances

El presente proyecto busca validar o desmentir la eficiencia que puede llegar a tener la válvula Marclais la cual se presenta como un compensador de altura, se quiere llegar a tener los siguientes resultados en la investigación:

- Tener conocimientos del funcionamiento de la válvula ecológica Marclais a través de la revisión bibliográfica.
- Instalación correcta de la válvula en el sistema de admisión de aire en el vehículo Chevrolet Optra.
- Establecer una ruta de prueba para el respectivo estudio.
- Obtener datos mediante las pruebas estáticas de la medición de gases a través de las normas NTE INEN 2 203:2000 y NTE INEN 2204.
- Obtener datos mediante las pruebas dinámicas de la medición de consumo a través de la norma SAE J1321:2012.
- Determinar la funcionalidad de la válvula mediante el análisis comparativo de consumo y gases.

1.6. Marco Teórico

1.6.1. Motores de Combustión interna

Un motor de combustión interna es una maquina termodinámica cuya estructura se forma de piezas fijas y móviles, la función principal es la transformación de energía química en energía mecánica, dicha transformación sucede en la cámara de combustión que consiste en la mezcla de oxígeno con un combustible gasificado realizando un trabajo útil. La energía mecánica producida es además utilizada para mover diferentes mecanismos que están acoplados al motor (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.67).

Una pequeña parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica el resto se dispersa en diversas formas, del 100% de poder calorífico del combustible el 20% se pierde en agua, un 35% en el escape y un 15% en rozamientos mecánicos y resistencia pasiva. Entonces se dispone de un 30% en MEP y un 35% en MEC de calorías útiles para propulsar un vehículo (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.67).

1.6.2. Tipos de Motores Automotrices

Motor de ciclo Otto (MEP) son los motores que más usualmente se utilizan en el área automotriz, es un motor que utiliza chispa generada por una bujía para encender la mezcla aire-combustible que se encuentra comprimida dentro de la cámara de combustión, estos motores depende en gran medida de la compresión que es la proporción que existen entre el máximo y mínimo volumen de la cámara de combustión, por lo general la compresión suele estar de 10 a 1 en la mayoría de las

marcas que utilizan estos motores, su combustible es la gasolina (Introducción a la Ingeniería Automotriz, 2010, p.68).

Motor Diesel (MEC): este motor utiliza la compresión que se genera dentro de su cámara la cual genera la ignición del combustible debido a las altas temperaturas que se llegan a alcanzar dentro, no requiere de una chispa para encender la mezcla, utiliza el Diesel como combustible (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.84).

1.6.3. Sistemas de Alimentación

Para que se produzca la combustión en un motor MEP debe existir un combustible, un comburente y calor. El comburente (aire) se encuentra en estado gaseoso, mientras que, la gasolina en estado líquido, lo cual se lo debe transformar a estado gaseoso para que la mezcla sea homogénea (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.91).

“La mayor concentración de oxígeno por unidad de volumen permite quemar más combustible a la vez, por lo cual el motor aumenta el rendimiento volumétrico, genera más fuerza motriz y desarrolla mayor potencia” (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.91).

En los motores MEP existen dos tipos de dosificadores cuyo objetivo es la preparación de la mezcla según el requerimiento del motor, uno es el carburador, mientras que el otro es el sistema de inyección que en la actualidad son los más usados.

1.6.4. Carburador

Su función es realizar la mejor mezcla posible entre aire y gasolina antes de ser enviados a la cámara de combustión según los requerimientos del motor para que se genere una combustión óptima. Su funcionamiento se base en el principio de Venturi que provoca que toda corriente de aire que pasa por un canal genere una depresión es decir una succión del combustible que genera el carburador (Introducción a la Ingeniería Automotriz, p.96).

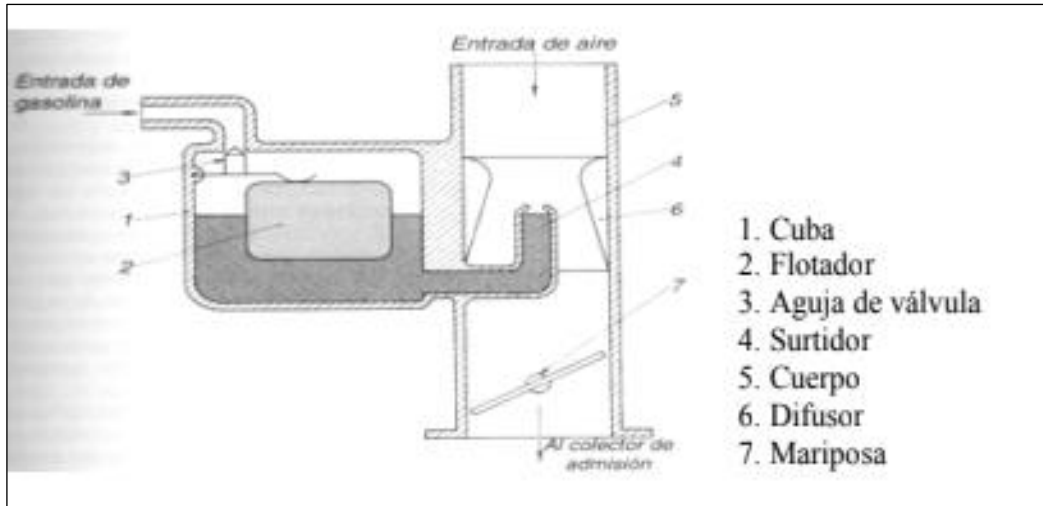


Figura 1-1. Esquema del Carburador.
Fuente: (Introducción a la Ingeniería Automotriz).

1.6.5. Sistema de Inyección

Estos sistemas en comparación a los sistemas de carburación presentan mejor calidad en la mezcla, así como mejor control del dosado o relación aire combustible incluyendo todas las condiciones operativas del motor. La presión de inyección del combustible en la cámara de combustión es mayor a la presión de aire, por lo que el tamaño de las gotas es menor que de los sistemas de carburador es decir pulverizan de mejor manera. Todos los sistemas de inyección son de tipo eléctrico para obtener la presión de inyección y de tipo electrónico para calcular la cantidad de combustible según los requerimientos del motor (Payri y Desantes, 2011, p.471).

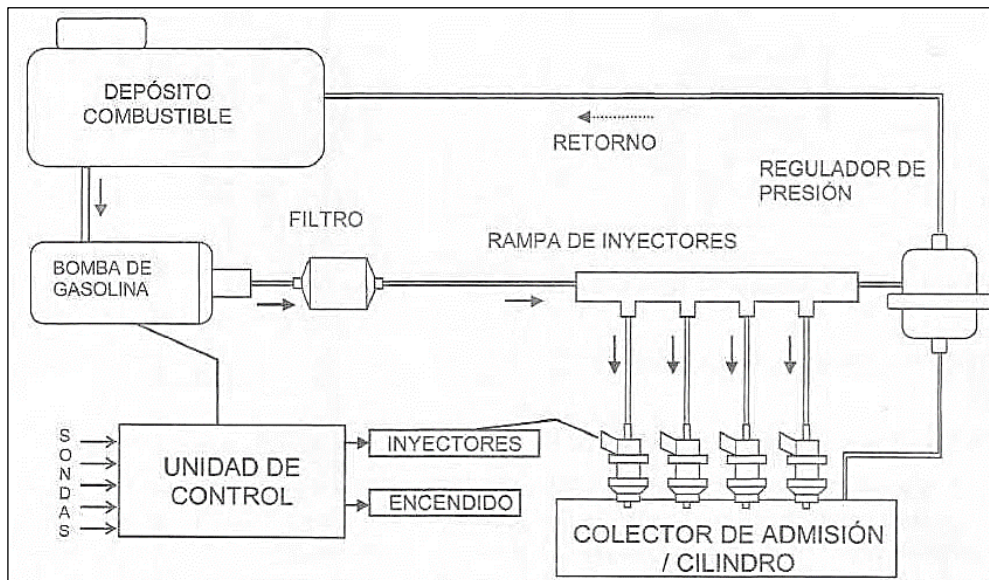


Figura 2-1. Esquema general de un sistema electrónico de inyección de gasolina.
Fuente: (Payri y Desantes, 2011).

La exigencia asociada a controlar la mezcla aire-combustible con el fin de reducir las emisiones contaminantes, consumo de combustible, y aprovechamiento de la eficiencia del motor han llevado a los fabricantes de vehículos a utilizar un sistema de inyección a gasolina. El sistema de inyección busca mantener condiciones óptimas de desempeño mediante una mezcla casi perfecta de aire-combustible en todos los regímenes del motor para que se produzca una buena combustión y por ende la reducción de emisiones contaminantes (Introducción a la Ingeniería Automotriz, 2010, p.96).

1.6.6. Clasificación del Sistema de Inyección

Los sistemas de inyección se clasifican dependiendo de múltiples criterios, pero, el más importante es el que nos muestra si inyecta o no inyecta el combustible directamente en el cilindro, inyección directa o indirecta. Dentro de la inyección indirecta existen un subconjunto el cual divide al sistema por el número de inyectores monopunto, multipunto (Payri y Desantes, 2011, pp.473-474).

1.6.6.1. Inyección indirecta

“El combustible se inyecta a través de un inyector por un cilindro (inyector multipunto) en las proximidades de la válvula de admisión. Algunos motores poseen un solo inyector para todos los cilindros (monopunto)” (Payri y Desantes, 2011, p.474).

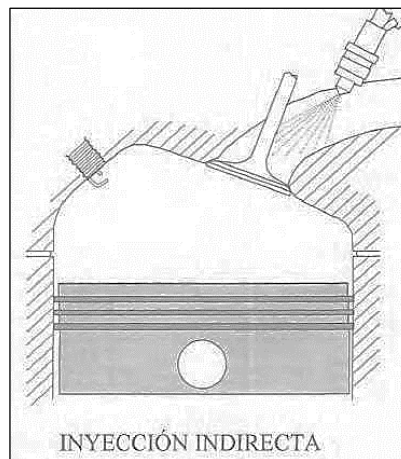


Figura 3-1. Sistema de inyección indirecta.

Fuente: (Payri y Desantes, 2011).

1.6.6.2. Inyección Directa

Según Payri y Desantes la inyección directa se da cuando:

El combustible se inyecta dentro de la cámara de combustión, durante la carrera de admisión en unos casos y al final de la compresión en otros. La parte superior del pistón tiene una geometría de forma que en el momento del encendido la mezcla que se encuentre en las proximidades de la bujía sea inflamable (Payri y Desantes, 2011, p.474).

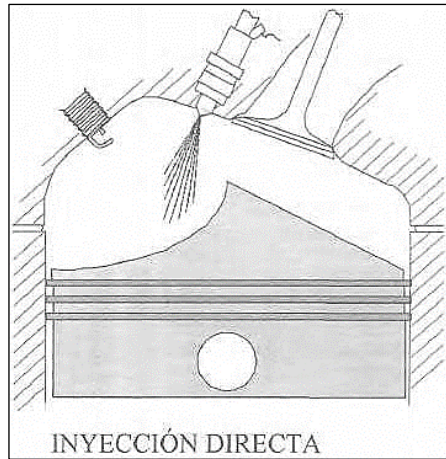


Figura 4-1. Sistema de inyección directa.
Fuente: (Payri y Desantes, 2011).

1.6.7. Principio de funcionamiento del sistema de inyección electrónica

El sistema de inyección electrónica es la evolución de todos los sistemas pues que ahora cuenta con sensores los cuales mediante señales eléctricas envían los datos a la ECU la cual recepta y calcula para poner llegar a tener una mezcla lo más cercana a la ideal de aire-combustible, la ECU al realizar los cálculos se encarga de enviar señales a los actuadores para que realicen su función (Introducción a la Ingeniería Automotriz, 2010, p.100).

1.6.8. Sensor MAF

El medidor de flujo de masa de aire se encuentra entre el filtro de aire y el cuerpo aceleración, mide la masa de aire succionada que ingresa por el ducto de admisión. Existen medidores de masa de aire de hilo caliente y de película caliente. Ambos trabajan por el mismo principio (Bosch, 2010, p.19).

La unidad de mando recibe una tensión que es proporcional a la masa de aire que está ingresando hacia la admisión y la unidad electrónica de control del motor realiza cálculos para determinar la cantidad de combustible necesaria (Bosch, 2010, p.19).

Su principio funcionamiento se basa en la medida que ingresa el flujo de masa aire, el platino que se encuentra caliente se enfría con lo que el circuito electrónico compensa dicha pérdida mediante voltaje para mantenerle una temperatura constante.



Figura 5-1. Sensor MAF.
Fuente: (Bosch,2010).

1.6.9. Sensor TPS

El TPS o sensor de posición de la mariposa existe de tres tipos, el de contactos, el tipo potenciómetro, y el mixto que abarca las dos anteriores. El más conocido es de tipo potenciómetro, que posee tres pines, la alimentación de 5v, la señal de salida y la masa, su principio de funcionamiento se basa en una resistencia lineal alimentada con 5v que varía según el registro de la posición de la mariposa y la velocidad angular del movimiento de apertura y cierre (Bosch,2010, p.19).



Figura 6-1. Sensor TPS.
Fuente:(Bosch,2010).

1.6.10. Sensor MAP

El sensor MAP o Sensor de Presión Absoluta del Múltiple es utilizado para medir la presión atmosférica, cual se envía una señal a la ECU para que el motor tenga un correcto funcionamiento con respecto a la proporción aire-combustible (Bosch,2010, p.16).

El sensor de presión del conducto de aspiración mide la presión absoluta en el conducto de aspiración, estos sensores pueden ser de montaje interno cuando van integrados en la unidad de mando, o de montaje externo cuando están sobre el conducto de aspiración. Los sensores DUO son sensores modernos que en la actualidad hacen una doble función la de medir la presión en el múltiple de admisión y la de medir temperatura (Bosch,2010, p.16).

Funciona bajo el principio de los materiales piezoeléctricos, tiene una pequeña abertura que da al múltiple de admisión donde las variaciones de presión hacen que se dilate o contraiga una fina lamina de silicio lo cual genera una señal eléctrica que se la envía a la ECU.



Figura 7-1. Sensor MAP.

Fuente: (Bosch,2010).

1.6.11. Sensor de Oxígeno

El sensor de oxígeno también conocido como sonda Lambda es parte de un sistema de retroalimentación cerrado el cual evalúa los gases quemados que salen del múltiple de escape. La sonda mide la cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape produciendo un voltaje que se envía a la ECU para su análisis, si el contenido de oxígeno es bajo producirá un voltaje que oscila entre los 0.9 voltios lo cual es una mezcla rica, si el contenido de oxígeno es alto el sensor producir un voltaje que estará en los 0.1 voltios lo cual es una mezcla pobre. Este sensor cicla entre 0.1 y 0.9 voltios, los sistemas antiguos utilizaban un solo sensor el cual iba antes del catalizador, en la actualidad posee dos de estos sensores los cuales se ubican uno delante y el otro atrás del

catalizador para también poder ver el accionamiento del catalizar y comprobar que los gases contaminantes sean tratados por el catalizador (Denton, 2016, pp.84-86).

Existen dos tipos de sensores de oxígeno: los sensores titanio los cuales requieren una señal de entrada y los de zirconio los cuales producen un pequeño voltaje (Denton, 2016, p.86).



Figura 8-1. Sonda Lambda/ Sensor de Oxígeno.

Fuente: (Bosch, 2010).

1.6.12. Emisiones Contaminantes

Según Payri y Desantes (2011, p.416) todo proceso de combustión lleva asociado un problema de contaminación medioambiental.

A medida del incremento del parque automotor a nivel mundial se generó un nuevo tipo de contaminación atmosférica, que se percibe en ambientes contaminados principalmente en las zonas urbanas por causa de los hidrocarburos sin quemar o parcialmente quemados (HC) que son producto de una combustión incompleta, y los óxidos de nitrógeno (NO_x), ambos producto de los gases de escape emitidos por los automotores junto a la repercusión de la luz solar. Mientras más alejada esté la mezcla estequiométrica aire-combustible mucho mayor será la contaminación ambiental (Payri y Desantes, 2011, p.416).

Los gases resultantes de una combustión en motores MEP son:

- Oxígeno y gases nobles
- Nitrógeno
- Dióxido de carbono
- Sustancias contaminantes

Estos gases tienen una representación mínima del 1% del total de los gases generados como podemos observar en la siguiente figura, el resto de los gases son inofensivos en mínimas concentraciones.

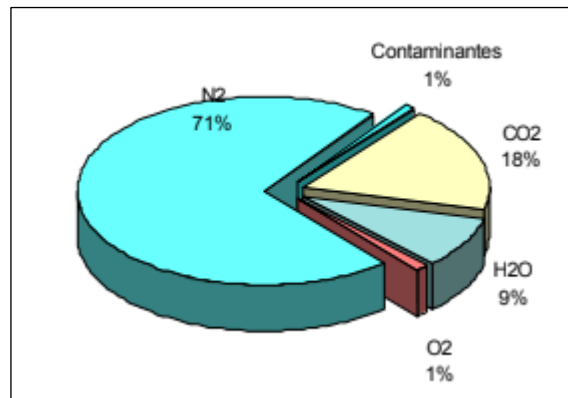


Figura 9-1. Composición de los gases de combustión de un MEP.
Fuente: (Álvarez et al., 2005).

En la actualidad existen normas limitantes en todo el mundo respecto a los siguientes gases contaminantes que son producto de la combustión:

- Hidrocarburos
- Monóxido de Carbono
- Óxidos de nitrógeno.
- Material particulado
- Dióxido de carbono.

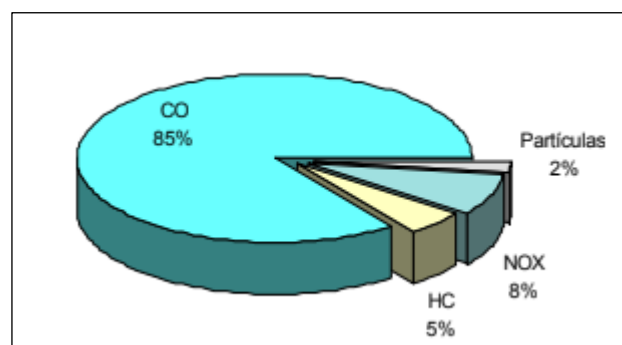


Figura 10-1. Composición de los contaminantes de un MEP.
Fuente: (Álvarez et al., 2005).

Los porcentajes mostrados en la figura 10-1. son solo referenciales ya que pueden variar dependiendo del país o región del mundo donde se encuentren.

Las emisiones contaminantes de un motor de combustión interna pueden proceder de tres fuentes distintas como: Evaporaciones del combustible, Emisiones del Carter y gases de la combustión (Álvarez et al., 2005, p.337).

1.6.13. Monóxido de Carbono (CO)

El CO emitido a la atmosfera es incoloro e inodoro, aproximadamente un 3% más ligero que el aire, en bajas dosis es letal, al ser inalados se combina con la hemoglobina de la sangre más rápidamente que el oxígeno reduciendo la capacidad de absorción de oxígeno lo cual provoca asfixia (Payri y Desantes, 2011, p.427).

El CO es uno de los contaminantes más importantes en la combustión, está relacionado directamente con el dosado, se puede dar en mezclas ricas en motores MEP. Su formación se da en un paso intermedio en la oxidación de un hidrocarburo, se debe básicamente a la disociación de las moléculas de CO₂ produciendo temperaturas elevadas a partir de 2000°K que se generan en la combustión (Payri y Desantes, 2011, pp.424-425).

1.6.14. Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de Carbono es el resultado de la combustión en cual en primera instancia no es tóxico, pero cuando existen grandes cantidades de este gas ayuda al efecto invernadero que se produce en nuestra atmosfera. Como características de este gas encontramos es incoloro e inodoro, es mucho más pesado que el aire, por lo cual sustituya al oxígeno y reduce su proporción. Es el principal responsable del efecto invernadero debido a las grandes cantidades que se producen diariamente por parte de los vehículos (Álvarez et al., 2005, pp.338-340).

1.6.15. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los NO_x es una forma genérica de llamar a los óxidos de nitrógeno, donde los más importantes son (NO) y (NO₂). El monóxido de nitrógeno es un gas incoloro e inodoro el cual se produce por consecuencia de las altas temperaturas y presiones que se dan dentro del motor, así mismo acompañado del suficiente oxígeno. El dióxido de nitrógeno se da debido a la oxidación del NO el cual se convierte en un gas de olor penetrante y de color rojizo, este gas es nocivo para las vías respiratorias, llegando a la destrucción de los tejidos pulmonares (Álvarez et al., 2005, p.341).

Este gas no solo es nocivo para la salud humana como lo hemos venido viendo sino también para el medioambiente, el cual provoca diversas anomalías como son: niebla fotoquímica, destrucción de la capa de ozono y las conocidas lluvias acidas (Álvarez et al., 2005, p.341).

1.6.16. Hidrocarburos (HC)

Los factores que conllevan a la formación de los hidrocarburos (HC) se pueden dar por los siguientes motivos, por ejemplo, combustión incompleta del combustible resultando una composición extremadamente heterogénea, cortocircuito en la carga fresca que normalmente ocurren en los motores de dos tiempos, apagado de la llama por efecto pared o misfiring, insuficiente evaporación del combustible (Payri y Desantes, 2011, pp.427-428).

Además, la composición de las emisiones de los HC dependerá directamente de la mezcla de la gasolina, así como varios parámetros de funcionamiento propios del motor. Varias emisiones HC son cancerígenos, y reaccionando con la atmosfera provocan la niebla fotoquímica (smog).

1.6.17. Material Particulado

Los motores MEC son los que más material particulado producen en las emisiones contaminantes. Estas partículas pueden llegar a tener un diámetro entre 0.1 a 0.3 μm y están compuestas por hidrocarburos y carbón los cuales no son compuestos solubles. A altas revoluciones los porcentajes de carbón son muy elevados debido a la falta de oxígeno en la mezcla, mientras que a bajas los compuestos orgánicos tienen mayor porcentaje, razón es los hidrocarburos que no se han quemado (Álvarez et al., 2005, p.344).

Las altas temperaturas y presión que se genera dentro de la cámara de combustión son los factores que producen la formación del material particulado, estas partículas emitidas son de dos tipos: Partículas Secas que son formadas por carbono, y las Partículas Húmedas que provienen de los HC sin quemar o también por la combustión de los aceites que han penetrado a la cámara. Según estudios estas partículas tienen sospechas de llegar a ser cancerígenas (Álvarez et al., 2005, pp.340-344).

1.6.18. Efectos de la altitud sobre los motores de combustión interna

El aire está compuesto por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% restante de otros gases, la altitud afecta al aire porque cambia su densidad, esto debido a que el aire es un gas compresible y es afectado por los cambios de presión los cuales influyen directamente en su composición (López, 2018, pp.9-10).

El principal efecto de la altura con respecto a los motores de combustión interna es la pérdida de potencia la cual ronda entre el 10% de pérdida por cada mil metros de altura que se aumente, la

razón de esta pérdida de potencia es que los fabricantes de los motores utilizan parámetros referenciales como: presión atmosférica, msnm y la temperatura del ambiente del al momento de ser aspirado. Los parámetros son adoptados dependiendo de la norma del constructor. Por lo general estas normas especifican que la presión debe ser la de 1 atmosfera, estar a 0 msnm y a una temperatura promedio de 20°C (López, 2018, p.9).

La presión atmosférica cambia de forma inversa a la altitud, a nivel del mar existe mayor cantidad del aire por lo cual existe mayor presión atmosférica, por el contrario, a mayor altitud existe menos aire por lo cual la presión será menor. Por cada 1000 metros la presión cae aproximadamente 10KPa (López, 2018, pp.10-11).

Tabla 2-1: Tabla de altitud vs Presión

Altura en metros	Presión (KPa)	Presión (Bar)
0	101.325	1
1000	89.875	0.8987
5000	54.021	0.54021
10000	26.436	0.26436
15000	12.045	0.12045
20000	5.475	0.05475

Fuente: (López, 2018)

Realizado por: Carlos C. & Manzano M., 2020

Riobamba se encuentra a una altura superior a los 2750msnm lo que indica que existe una disminución de presión y temperatura atmosférica muy significativa con relación al nivel del mar, afectando a la densidad del aire y su composición y por ende al rendimiento de las maquinas térmicas. “Este problema es más acentuado en máquinas térmicas de desplazamiento volumétricos como los motores de combustión interna alternativos, y dentro de ellos, aún más en los de aspiración natural” (Lapuerta et al., 2006, p.1).

Para corroborar estas afirmaciones los autores Shannak y Alhasan (2002, pp.3-4) realizaron un estudio llamado “Effect of atmospheric altitude on engine performance” utilizando un motor con sistema de carburación para las pruebas, donde observaron que cuando el motor se encontraba de 1000rpm-2500rpm la eficiencia del llenado de la cámara era baja con un 40% de llenado, mientras que si se superaba las 3000rpm el llenado de la cámara alcanzaba el 85% del su volumen total, cabe recalcar que la toma de datos fueron hechas en una altura que oscilaba entre 620 a 850 msnm, llegando a la conclusión de que “Cualquier cosa que disminuya la masa de aire que ingresa al cilindro durante la carrera de admisión también disminuye la eficiencia volumétrica” siendo la

presión uno de los principales factores de la disminución de la concentración de aire en el llenado de los cilindros.

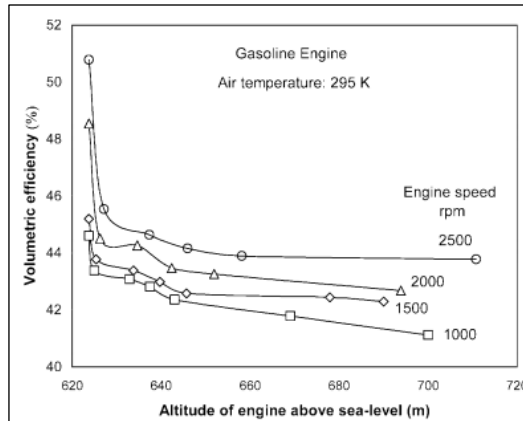


Figura 11-1. Eficiencia volumétrica en función de la altitud del motor y velocidad del motor (1000-2500rpm).
Fuente: (Shannak y Alhasan, 2002).

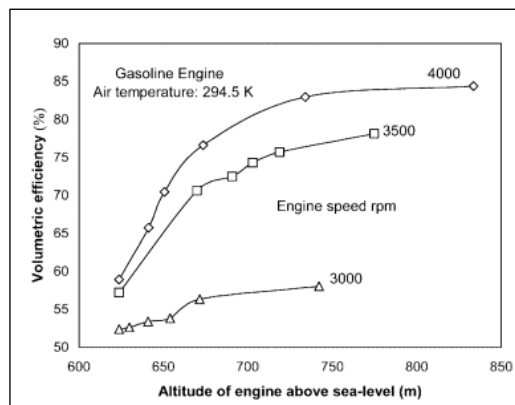


Figura 12-1. Eficiencia volumétrica en función de la altitud del motor y velocidad del motor (3000-4000rpm).
Fuente: (Shannak y Alhasan, 2002).

1.6.19. Efectos de la altitud sobre las emisiones contaminantes en motores.

La región andina está compuesta por 5 países los cuales comparte características topográficas similares debido a que la cordillera de los Andes lo atraviesa, debido a esto mucho de sus ciudades importantes se encuentran a gran altitud, impulsado por esto un grupo de investigadores se ha visto en la necesidad de realizar pruebas de emisiones contaminantes ya que los estudios son muy escasos en la región.

En (Antamba et al.,2016, pp.4-5) se realiza una comparativa de emisiones de gases contaminantes utilizando combustibles de Ecuador, Bolivia, Colombia y Perú, en la ciudad de Quito-Ecuador a 2800msnm en el vehículo Chevrolet Sail que es uno de los más vendidos en la región. Para llevar esta investigación los parámetros y altitudes fueron las mismas en los cuatro países con lo que llegaron a las siguientes conclusiones: en las pruebas estáticas a ralentí (820 rpm) el porcentaje de emisiones de monóxido de carbono (CO) en Ecuador es el más alto con 0.13%CO y el % más bajo se dio en Perú con 0.08%CO. Mientras que a régimen alto (2500 rpm) los valores de CO nos indican que Colombia tiene un aumento de porcentaje de 0.18%CO, mientras que Perú se mantiene con menos porcentaje de 0.09%CO.

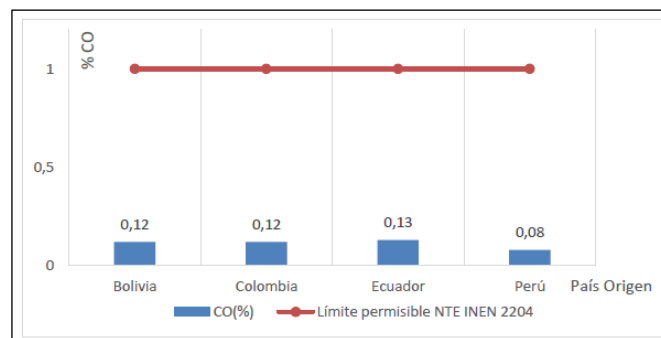


Figura 13-1. Emisiones de monóxido de carbono a ralentí.
Fuente: (Antamba et al.,2016).

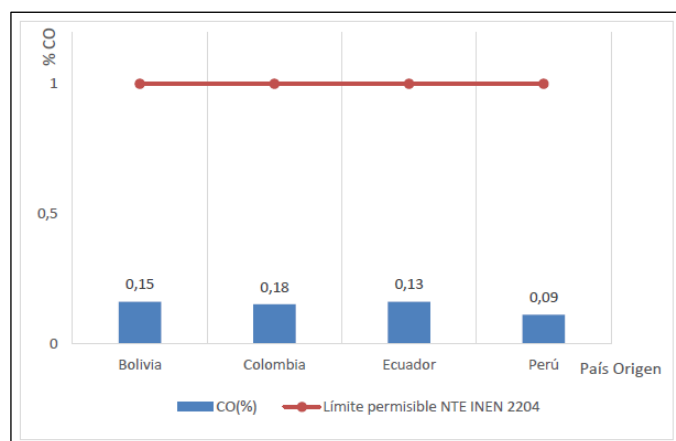


Figura 14-1. Emisiones de monóxido de carbono a (2500rpm).
Fuente: (Antamba et al.,2016).

En las mediciones de Hidrocarburos (HC) en regímenes bajos en ralentí (820 rpm) el país que más hidrocarburos obtuvo fue Bolivia con 63.5 ppm, mientras que el país más bajo en la medición fue Colombia con 41.4 ppm. En regímenes altos a (2500rpm) Bolivia obtuvo un 41.2ppm, mientras que Perú tuvo una baja significativa de 35.3 ppm. Las emisiones de los cuatro países están dentro del límite que nos da la norma NTE INEN 2204 (Antamba et al.,2016, pp.5-6).

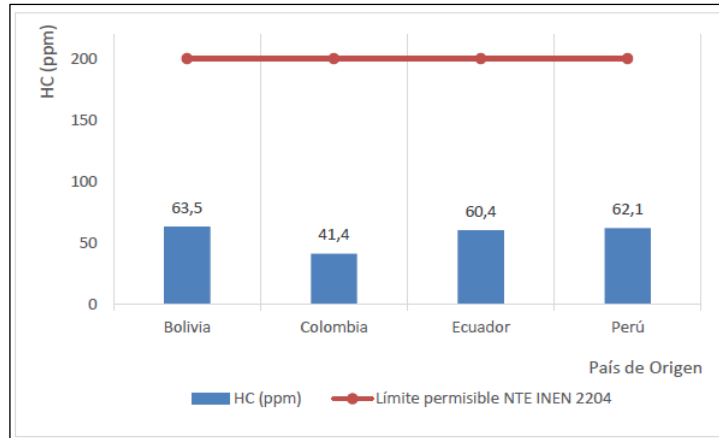


Figura 15-1. Emisiones de hidrocarburos a ralentí.
Fuente: (Antamba et al.,2016).

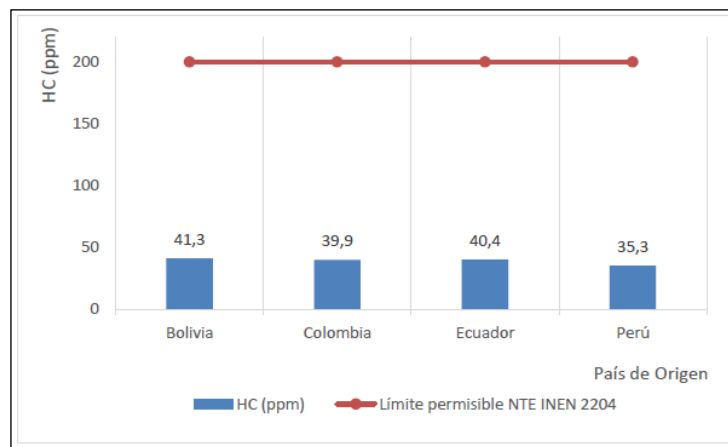


Figura 16-1. Emisiones de hidrocarburos a (2500rpm).
Fuente: (Antamba et al.,2016).

Existen varios estudios de los efectos de la altitud con respecto a los gases contaminantes en el Ecuador, uno de ellos es el “Estudio de las Emisiones de Gases Contaminantes en función de la Altitud en la Zona Norte del Ecuador” realizado por (Barrera et al., 2018,pp.17-19), quienes realizaron un estudio en dos localidades a distinta altitudes, Ambuquí (Valle del Chota) a 1500msnm y Bolívar (Carchi) a 3007 msnm, el vehículo de prueba fue un Chevrolet Aveo Emotion año 2016 1.6 en el cual se realizaron pruebas estáticas basándose en la norma INEN 2203 en donde se llegan apreciar los siguientes resultados. En los resultados de Monóxido de Carbono (CO) se observa que existe un incremento de las emisiones debido al factor altura aumentando en un 66% cada 500 metros de altitud.

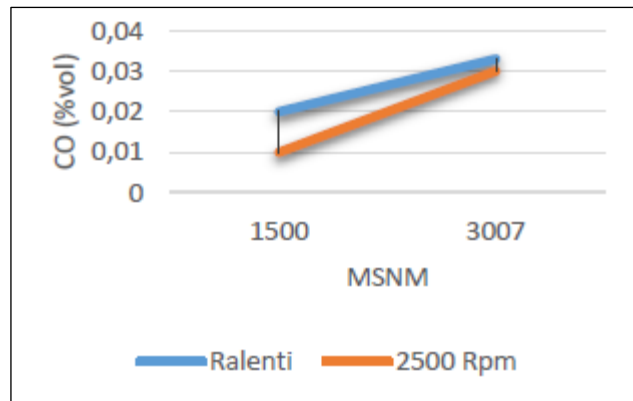


Figura 17-1. CO vs Altitud.

Fuente:(Barrera et al., 2018).

En las mediciones del Dióxido de Carbono (CO_2), se observó una disminución de este gas lo cual indica que existe una combustión incompleta por ende un rendimiento menor del motor, con un decrecimiento del 2% de CO_2 cada 1500msnm. Los Hidrocarburos mostraron un gran incremento debido a la mala combustión generada dentro de la cámara al existir una mezcla aire-combustible deficiente aumentando un 50% cada 500msnm (Barrera et al., 2018, p.20).

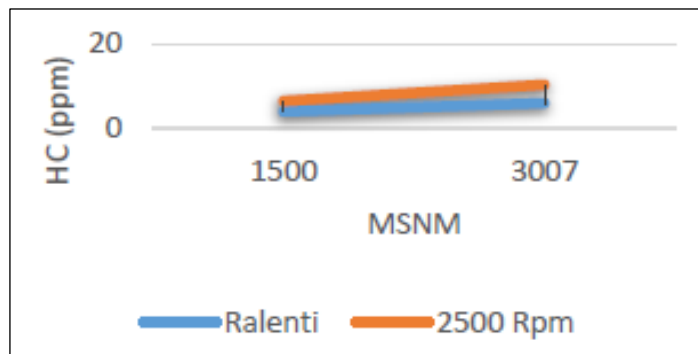


Figura 18-1. HC vs Altitud.

Fuente:(Barrera et al., 2018).

Una investigación más completa y actual es el "Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado" realizado por parte de (Arroyo et al., 2019, pp.2-7) tomando como referencia tres altitudes diferentes (0,2200 y3000) msnm y cuatro regímenes de giro (ralentí, 2500, 3500 y 4500) rpm en un vehículo Kia Rio 1.4 2017, evaluando las emisiones de Monóxido de Carbono(CO),Dióxido de Carbono (CO_2) y los Hidrocarburos (HC) llegando a la conclusión de que los factores más influyente con respecto a la emisiones contaminantes son la altitud y las rpm mostrando los siguientes resultados: el Monóxido de Carbono(CO) como en los estudios antes mencionados se ha incrementado a medida que aumenta la altitud esto se debe a la baja presión y poca concentración de oxígeno.

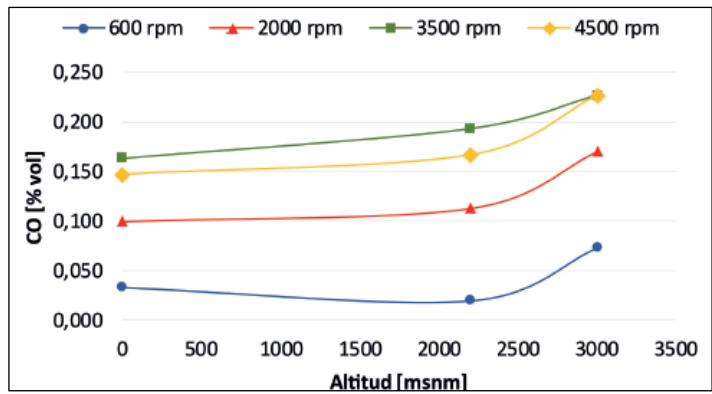


Figura 19-1. Efecto de la altitud sobre las emisiones de CO.
Fuente: (Arroyo et al., 2019).

El Dióxido de Carbono (CO_2) va disminuyendo a medida que las pruebas se realizaron a mayor altura, esto se da por que la densidad del oxígeno es menor a mayores altitudes por lo cual la combustión es incompleta, se puede decir que el CO_2 es un indicador de que tan buena o que tan mala es la combustión (Arroyo et al., 2019, p.10).

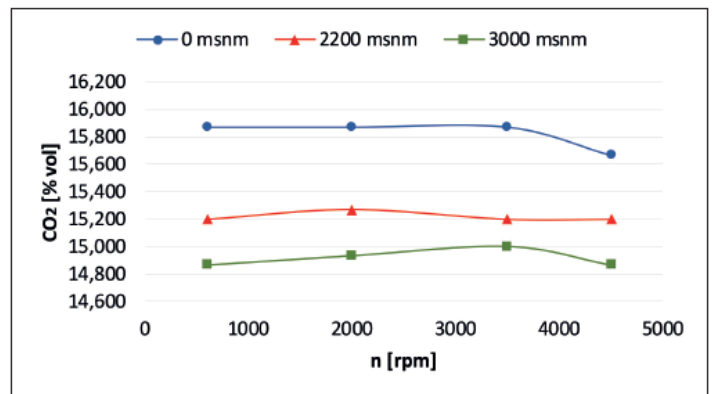


Figura 20-1. Efecto de la altitud sobre las emisiones de CO_2 .
Fuente: (Arroyo et al., 2019).

En los resultados de los Hidrocarburos (HC) a diferencia del estudio anterior, tiende a disminuir los HC conforme aumenta la altitud, llegando a su punto más bajo a los 2200msnm, a partir de ahí vuelven a aumentar ligeramente. El pulso de inyección y la cantidad de oxígeno son los que influyen en la creación de los Hidrocarburos no combustionados (Arroyo et al., 2019, pp.12-13).

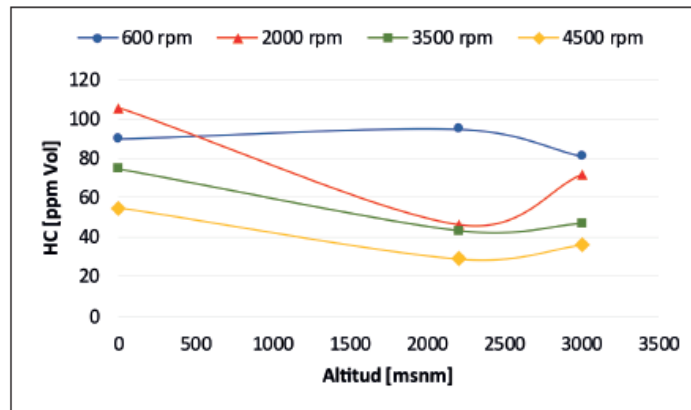


Figura 21-1. Efecto de la altitud sobre las emisiones de HC.
Fuente: (Arroyo et al., 2019).

1.6.20. Efectos de la altitud sobre el consumo de combustible en motores

Los efectos de la altitud sobre el consumo de combustible es un tema sobre el cual no existen muchos datos de investigaciones y los que se han realizado se enfocan más en ciclos de conducción o ecodriving, mas no en una comparativa real entre el consumo a nivel del mar y en altitud. La Escuela de Ingeniería Mecánica, el Instituto de Tecnología de Beijing China y la Academia de Investigación de Ciencias Ambientales de Beijing, China han desarrollado un estudio en el año 2019 denominado “Estimación basada en modelos de trabajos ligeros economía de combustible del vehículo a gran altitud” los investigadores realizaron un modelo estadístico para predecir el consumo de combustible de los vehículos a diferentes altitudes para lo cual hicieron pruebas de consumos reales utilizando un vehículo Volkswagen Passenger 1.4 del año 2012, el modelo realizado tuvo un margen de error del 5% llegando a ser exitoso. Los estudios de campo se realizaron a diferentes altitudes desde los 842msnm hasta ellos 3030msnm, así mismo se los desarrollo a diferentes velocidades y con parámetros similares. En la siguiente tabla se observa que existe un aumento en el consumo de combustible a medida que se va incrementando la altitud (Hao et al., 2019, pp.1-6).

Altitude (m)	Speed (km/h)	Tested data (L/100 km)	Predicted data (L/100 km)	Error (%)
842	50	4.37	4.53	3.66
	60	5.41	5.52	2.03
	80	7.64	7.74	1.31
	90	9.85	9.98	1.32
	100	10.68	10.87	1.78
	120	11.64	11.96	2.75
1520	50	5.12	5.01	-2.05
	60	5.58	5.49	-1.57
	80	6.56	6.67	1.68
	90	7.63	7.61	-0.26
	100	8.56	8.72	1.87
	120	9.41	9.57	1.70
2676	50	4.69	4.75	1.28
	60	5.74	5.79	0.87
	80	6.56	6.71	2.29
	90	6.95	7.03	1.15
	100	7.74	7.89	1.94
	120	8.89	8.99	1.12
3030	50	6.3	6.39	1.50
	60	7.42	7.34	-1.02
	80	8.44	8.42	-0.28
	90	9.64	9.74	1.05
	100	10.38	10.48	0.98
	120	12.74	12.98	1.90

Figura 22-1. Comparación de consumo de combustibles.
Fuente: (Hao et al., 2019).

Para tener una visión más clara del consumo de combustible en ciudades de altura en el Ecuador, existen estudios que se enfocan en un método de reducción de combustible llamado “ecodriving” que se basan en una comparativa de conducción normal y utilizando el ecodriving, de los resultados obtenidos en estas investigaciones nos interesa los datos de consumo en conducción normal, que nos servirán como parámetro de referencia en nuestro estudio. En el 2019 se han llevado a cabo varios estudios sobre el tema, uno de ellos es la “Cuantificación de la reducción de consumo de combustible al aplicar ecodriving en un motor de combustión interna de 1.5L” realizado por (Leguisamo et al., 2019a, pp.35-36), dichas pruebas se realizaron en un vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L del año 2013 en las ciudades de Quito e Ibarra obteniendo un promedio de consumo en conducción normal de 1.67 l en un recorrido de 5km.

Pruebas de conducción	Distancia Recorrida (km)	Consumo Combustible	
		Normal (l)	Eco-driving (l)
Prueba 1 2	5	1,70	1.43
Prueba 2 2	5	1,65	1.43
Prueba 3 2	5	1,63	1.47
Prueba 4 2	5	1.65	1.50
Prueba 5 2	5	1.72	1.45
Promedio 2	5	1.67	1.46

Figura 23-1. Consumo de combustible por distancia recorrida.
Fuente: (Leguisamo et al., 2019a).

El siguiente estudio enfocado en el tema de consumo es “Evaluación del consumo de combustible, torque y potencia al aplicar la conducción ecológica en la ciudad de Quito” realizado por (Leguisamo et al.,2019b, pp.79-80) utilizando un vehículo 4x2 Ford Escape 2.5 L Modelo S del año 2015.Los resultados que arroja esta investigación realizada en la ciudad de Quito con respecto al consumo de combustible en condiciones normales de conducción fueron en un promedio de 4.624 L de combustible en 18.09Km de recorrido.

Modo de Conducción	Prueba 1 (l)	Prueba 2 (l)	Prueba 3 (l)	Prueba 4 (l)	Promedio (l)
<i>Normal</i>	4,843	4,857	4,275	4,521	4,624
<i>Ecodriving</i>	3,767	3,735	3,765	3,702	3,742

Figura 24-1. Consumo de combustible en ruta.
Fuente. (Leguisamo et al.,2019b).

1.6.21. Compensador Altimétrico Marclais (Válvula Ecológica)

Un elemento diseñado para compensar los efectos de altitud que se generan dentro del motor es el Compensador Altimétrico o también llamada Válvula Ecológica Marclais la cual está construida con materiales de aluminio endurecido, acero inoxidable y espuma de poliuretano. Es una válvula universal que puede ser instalada en cualquier automotor, sin importar el cilindraje ni el tipo de combustible que utilice.



Figura 25-1. Válvula Ecológica Marclais.
Fuente: (Marclais, 2020).

1.6.21.1. Principio de funcionamiento

La Válvula Ecológica Marclais cuenta con un embolo móvil conectado a un muelle todo esto dentro de una carcasa de aluminio, la válvula se acciona al momento de acelerar el motor debido al vacío, generando una diferencia de presión entre el interior de la válvula y el exterior lo cual hace que el embolo suba, abriendo el conducto para que el aire ingrese, al dejar de acelerar la válvula se cierra evitando la entrada de aire.

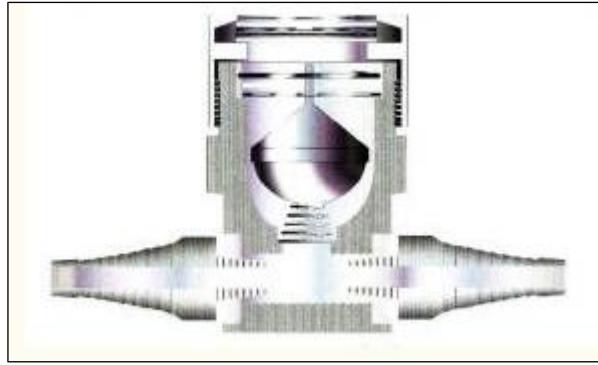


Figura 26-1. Vista en corte de la Válvula Ecológica Marclais.
Fuente: (Marclais, 2020).

1.6.21.2. Ficha técnica de la válvula

Materia prima	Aluminio estructural, Espuma de poliuretano y acero inoxidable .
Composición	Cuatro filtros de aire en malla de acero, Mesh 150 entrelazados, desenroscables.
Mantenimiento	lavable cada 20.000 km o antes si Se transita por caminos destapados.
Caudal de Aire	20 a 50 litros/minuto. Máximo 80 litros/minuto.
Mecanismo rango de apertura	Controlado por muelle cónico helicoidal, en acero inoxidable. Entre 3 y 5 pulgadas de mercurio en vacío. Entre 3 y 5 Psi de refuerzo del turbo.
Calibración	Ajuste automático de dosificación del aire por cambios en la presión atmosférica
Alimentación	Aplica en motores con: <ul style="list-style-type: none"> • Inyección mono punto y multipunto secuencial. • Inyección Diesel convencional y electrónica

Figura 27-1. Ficha técnica de la Válvula Marclais.
Fuente: (Válvulas Ecológicas SA., 2019)

1.6.21.3. Resultados de funcionamiento por el fabricante

Según el fabricante, el producto instalado en automóvil llega a dar los siguientes beneficios

Tabla 2-1: Características técnicas de la válvula

Ahorro de gasolina	<ul style="list-style-type: none"> • 10 a 18% vehículos con carburador. • 15 a 20% vehículos de inyección electrónica.
Recupera potencia: 3 a 5%	<ul style="list-style-type: none"> • hay q pisar menos el acelerador.
Reduce emisiones de	<ul style="list-style-type: none"> • HC Hidrocarburos 10 - 30% • CO Monóxido de carbono 5-20% • NOx Oxidos de nitrógeno 5-15%
Disminuye "cascabeleo" del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos con sensor de oxígeno.

Fuente: (Marclais,2020)

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2020

En el año 2010 la universidad de Antioquia-Colombia realizo la “Evaluación de la Válvula Ecológica Marclais” en donde se utilizó un vehículo Renault twingo 16v de 1.1L, para lo cual se realizaron pruebas dinamométricas de potencia, emisiones contaminantes y consumo de combustible. Los resultados que obtuvieron muestran que la válvula no se acciona cuando se encuentra en estado estacionario(ralentí) sin tener variaciones en las medidas de emisiones y en el rendimiento del motor, al momento que realizaron una prueba de 2000 a 4000 rpm con una aceleración controlada la válvula entra en accionamiento, en este punto se observa una reducción en consumo y emisiones (Agudelo et al, 2010, pp.4-11).

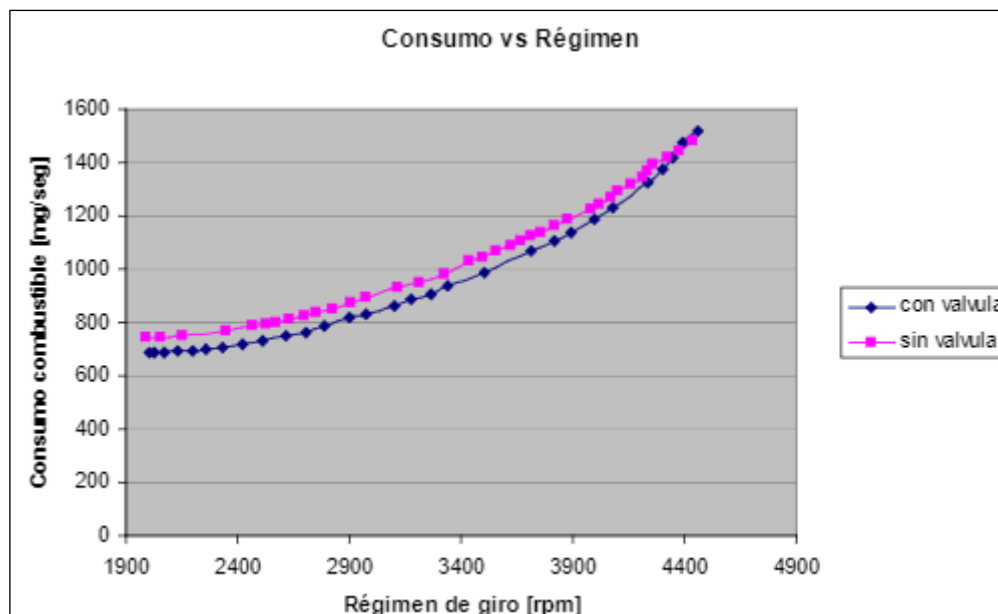


Figura 28-1. Consumo de combustible de 2000 – 4000 rpm

Fuente: (Agudelo et al, 2010)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y Diseño de la Investigación.

Como el objetivo de nuestra investigación es el análisis de resultados de las emisiones contaminantes y el consumo de combustible mediante la implementación de una válvula ecológica se recurrió a los siguientes tipos y diseños de investigación: de campo, explorativa, correlacional y cuantitativa, los cuales visto la problemática y los resultados a obtener son los que mejor se adaptan al estudio.

- Investigación de campo

Se considera investigación de campo debido a que los resultados que se obtienen son mediante una recolección directa de la información de los gases contaminantes y del consumo de combustible para poder evaluar el estado actual del motor combustión interna de encendido por chispa (MEF) antes y después de la implementación de la válvula ecológica Marclais.

- Investigación explicativa

Es una investigación explicativa debido a que la altura sobre el nivel del mar reduce la concentración de oxígeno que hay en el aire siendo este un fenómeno que afecta a las prestaciones de los motores de combustión interna, produciendo alteraciones en las emisiones contaminantes y el consumo de combustible. La válvula ecológica Marclais pretende mitigar este fenómeno.

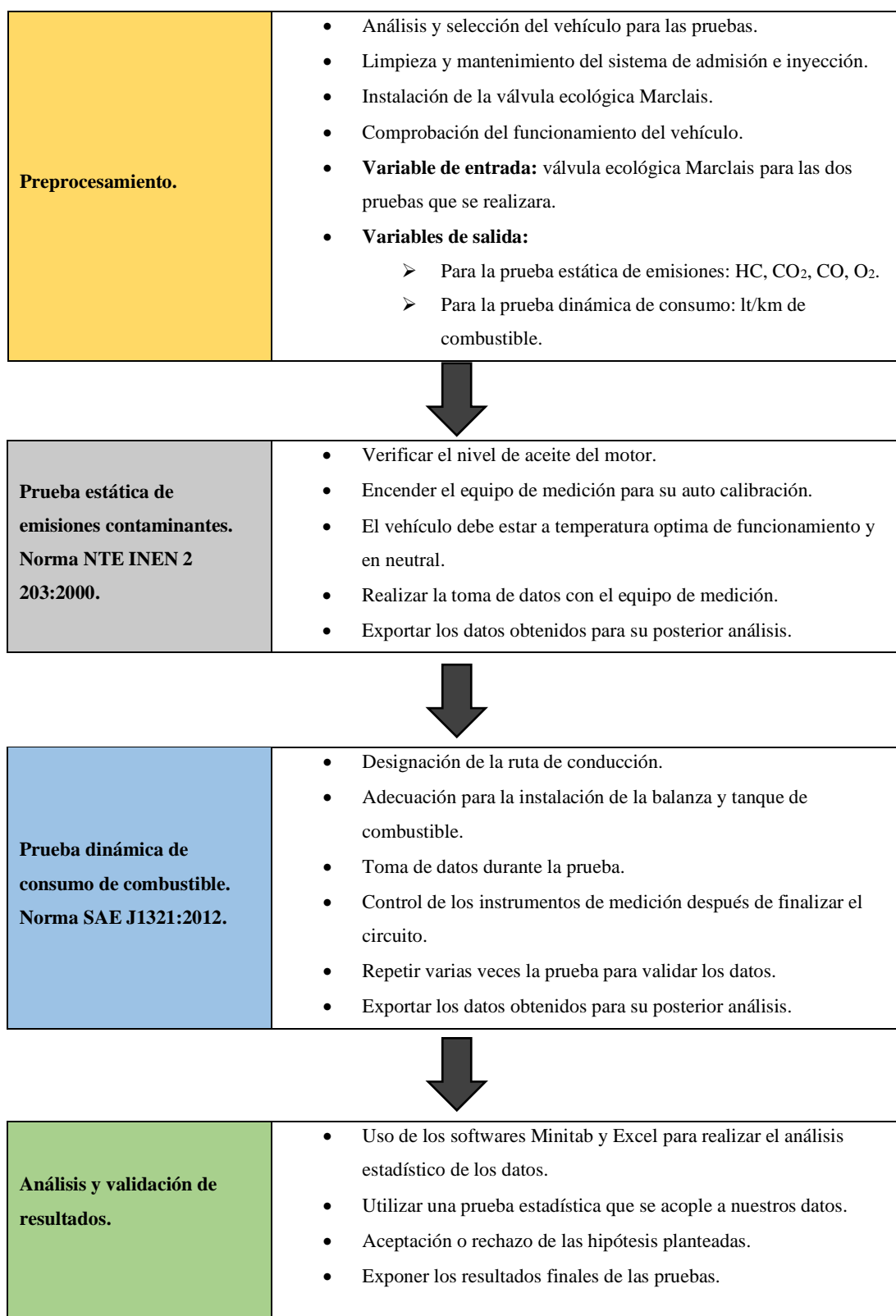
- Investigación correlacional

Nuestra investigación es correlacional porque vamos a determinar si existe una relación entre los datos de los gases contaminantes y del consumo de combustible en condiciones normales y con la implementación de la válvula ecológica Marclais.

- Investigación cuantitativa

Los resultados de las emisiones contaminantes y el consumo de combustible son valores cuantificables que serán evaluados mediante herramientas estadísticas para analizar y determinar la eficiencia del uso de la válvula ecológica Marclais en los motores de combustión interna operando a gran altitud.

2.1.1. Esquema del marco metodológico



2.2. Operacionalización de las variables

2.2.1. Tipos de variables

Tabla 1-2: Designación de las nomenclaturas

FACTOR	NIVELES	DESIGNACIÓN
Válvula Ecológica Marclais.	Sin Válvula Ecológica Marclais.	SVE
	Con Válvula Ecológica Marclais.	CVE

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

2.2.1.1. Variable de Independiente

- Válvula Ecológica Marclais

2.2.1.2. Variables Dependientes

Para la prueba estática de emisión de gases:

- Hidrocarburos (HC)
- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Monóxido de Carbono (NO)
- Oxígeno(O₂)

Para la prueba dinámica de consumo:

- Lt/km (Volumétrica)
- gr/km (Másica)

En el presente estudio se va a visualizar el comportamiento de las variables dependientes. En emisiones contaminantes son: Hidrocarburos (HC), Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (NO) y Oxígeno(O₂). En el consumo de combustible son: Lt/km, gr/km. Mediante la implementación de la válvula en el múltiple de admisión o sin ella produciendo una variación de las emisiones contaminantes y el consumo del combustible dentro de una ruta preestablecida.

En investigaciones similares como las elaboradas por (Arroyo et al.,2019), y (Rocha-Hoyos et al., 2019), han empleado t de Student como análisis estadístico de los resultados de sus investigaciones las cuales utilizaremos como referencia en nuestro presente estudio.

2.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

2.3.1. Selección del vehículo.

El Ecuador respecto a los países andinos posee un parque automotor relativamente pequeño, aunque en los últimos años tiene un crecimiento constante, el cual es del 7.4% según el “Anuario de Estadísticas de Transporte 2018” (INEC, 2019, p.7).

El parque automotor matriculado en el 2018 en el Ecuador es de 2'403.651 de los cuales el 91.1% son vehículos particulares, la clase de vehículos que más existe es el automóvil con 31.2% del total, y la marca que predomina en el mercado es Chevrolet con el 27.6% del mercado global (INEC, 2019, p.8).

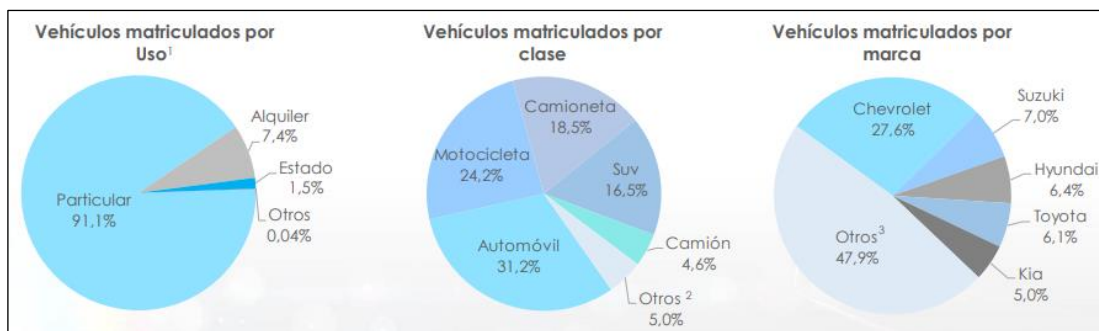


Figura 1-2. Graficas de vehículos matriculados año 2018.

Fuente: (INEC, 2019).

Según la AEADE (2020, p.13) el promedio de edad con la que cuenta el parque automotor del país es de 16.1 años.

Edad del parque automotor						Edad promedio: 16,1 años		
1	1 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 +
132.208	497.548	627.040	396.605	200.748	217.591	153.663	57.788	309.241
5%	19%	24%	15%	8%	8%	6%	2%	12%
TOTAL: 2'592.432								

Figura 2-2. Edad del parque automotor.

Fuente: (AEADE, 2021).

Por los datos expuesto anteriormente llegamos a la conclusión que se debe elegir un auto que se encuentre en el rango de edad promedio y de la marca más utilizada en el país, por lo cual se llegó a la conclusión de que el vehículo Chevrolet Optra 1.8L del 2008 será utilizado para realizar todas las pruebas que se requieran en la investigación.



Figura 3-2. Vehículo utilizado para las pruebas.
Fuente: (Condo C.& Manzano M.,2021).

A continuación, se muestra la ficha técnica del vehículo utilizado para las realizar las pruebas.

Tabla 2-2: Especificación técnica del vehículo

DENOMINACIÓN	DETALLE
Marca	Chevrolet
Modelo	Optra Limited
Tipo	Sedan
Año de fabricación	2008
Motor	4 cilindros (motor en línea)
Cilindrada	1799 cm ³
Peso del vehículo	1211 kg
Transmisión	Tracción delantera, caja de cambios manual
Potencia Máxima	119,4 HP @ 5800 [RPM]
Torque máximo	165 N.m @ 4000 [RPM]

Fuente: (Tecno Autos, 2020)

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

2.3.2. Determinación del Combustible

Según (PETROECUADOR, 2020) en el año 2019 para el sector automotriz se despachó un total de 1.258'135.735 gal de las cuales 3'446.947 gal son gasolinas Super, Extra y Ecopaís, en donde Ecopaís tiene el 48% del consumo, Super 9% y Extra 43%. En la provincia de Chimborazo se comercializa solo gasolina Extra y Super, debido a lo anteriormente expuesto la experimentación se realizará con la gasolina Extra siendo esta la de mayor demanda en la provincia.



Figura 4-2. Porcentaje de despacho de las gasolinas 2019.

Fuente: (PETROECUADOR,2021).

2.3.3. Determinación de ruta.

Para realizar el estudio de consumo de combustible se decidió seleccionar una ruta de carretera comenzando en el redondel del libro, pasando el redondel del terminal conectándonos a la Av. Héroes de Tapi, hasta el redondel del COMIL, siguiendo recto por la Av. Antonio José de Sucre hasta los semáforos de la Andaluza, girando en este punto a la derecha tomando la Av. Edelberto Bonilla Oleas pasando por el redondel de la Vasija, continuando por la Av. Edelberto Bonilla Oleas, prosiguiendo por la avenida 9 de octubre, el cementerio general de Riobamba, llegando al semáforo de la Macají, girando a la derecha y volviendo al punto de inicio. Esta ruta posee una distancia de 12.3 Km, transitada a una velocidad de 50km/h, tal recorrido se repetirá 5 CVE y 5 SVE. Durante todo el recorrido se obtendrá los datos de consumo de combustible.

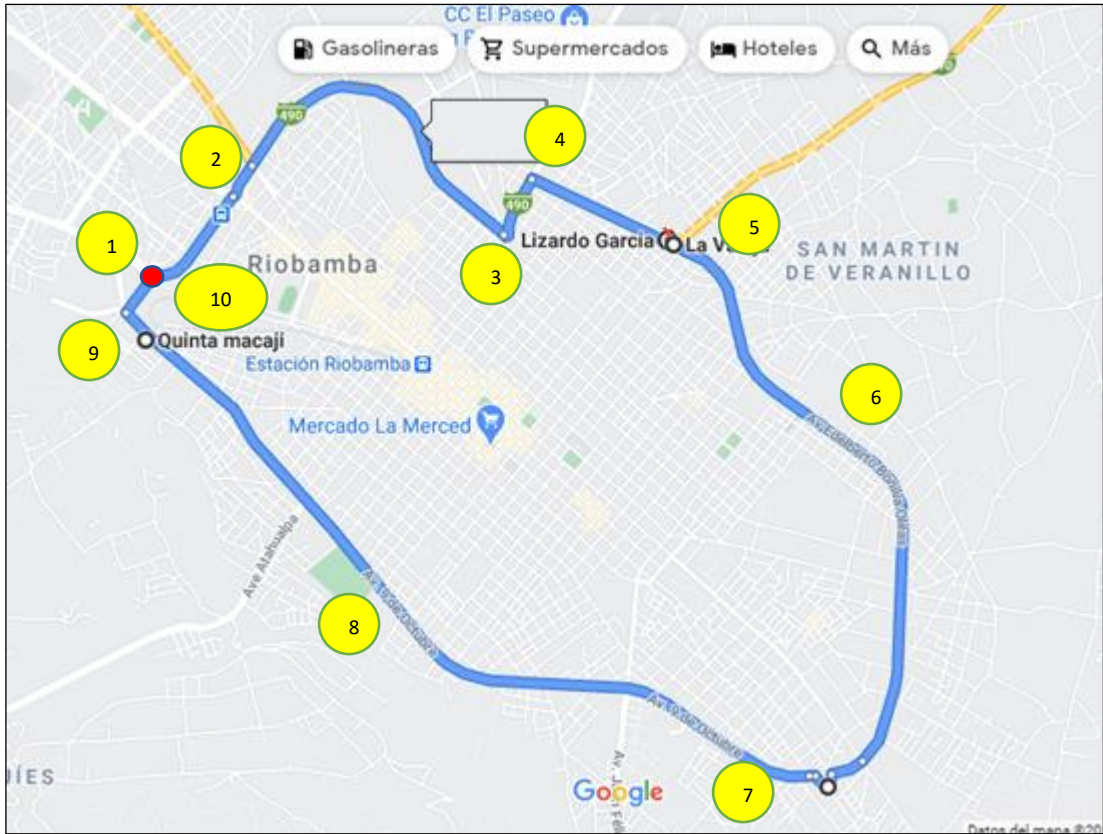


Figura 5-2. Ruta de Carretera.

Fuente: (Google Maps, 2021).

Tabla 3-2: Tramos de la Ruta

TRAMOS	LUGARES DE RECORRIDO
1	Redondel del Libro (INICIO)
2	Redondel del terminal
3	Redondel del COMIL
4	Semáforo de la Andaluza
5	Redondel de la Vasija
6	Av. Edelberto Bonilla Oleas
7	Av. 9 de octubre
8	Cementerio General de Riobamba
9	Semáforo de la Quinta Macají
10	Redondel del Libro (FIN)

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

2.3.4. Analizador de gases.

Para la adquisición de datos y una medición precisa se utilizará el analizador de gases portátil KANE 4-2 ideal para los motores a gasolina el cual nos permite medir los porcentajes de los gases emitidos por el motor de combustión interna, sus rangos de medición se encuentran entre: CO (0-10%), CO₂ (0-16%), HC (0-5000ppm), O₂ (0-21%), NO_x (0-5000ppm), lambda (0.8-1.2)

calculado. Posee conexiones bluetooth lo que nos permite conectarnos de forma fácil a PC, Tablet y celulares, además de poseer un software especializado para gases KANE LIVE.



Figura 6-2. Analizador de gases KANE 4-2.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

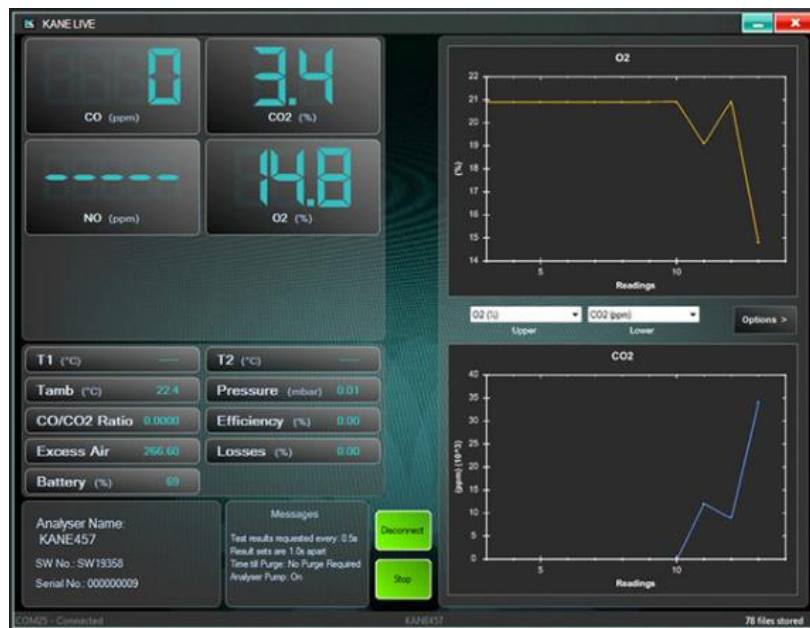


Figura 7-2. Software KANE LIVE.
Fuente: (GLOBALTECH,2021).

2.3.4.1. Especificaciones técnicas del equipo

Tabla 4-2: Ficha técnica del analizador de gases KANE 4-2

Peso	1 kg
Dimensiones	220x55x120mm
Salida Cargador Batería	12v
Carga de la Batería	4horas
Sonda	350x15mm
Manguera	4mts
Humedad	10-90% no condensada
Temperatura ambiente	5-45 °C
Comunicación	Bluetooth
Tiempo de Calentamiento	< 2 min
Idiomas	Varios
Mantenimiento	Fácil

Fuente: (GLOBALTECH,2021)

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

2.3.5. Tanque portátil de combustible.

Se utilizo un tanque portátil el cual posee una bomba de combustible de las mismas características que utiliza el automóvil disponiendo de salida y retorno con una presión de 4 bares, un socket de conexión y una capacidad máxima del tanque es de 2 galones con lo cual se cumple la norma que exige que contenga el doble de combustible que se consumirá en cada vuelta de la ruta.



Figura 8-2. Tanque portátil de combustible.

Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

2.3.6. Balanza digital.

Para la recolección de los datos másicos del consumo de combustible se utilizará de balanza digital SF-400, consta con un panel digital que nos mostrara los valores su rango de medición va desde 1gr hasta 10000 gr, puede medir en gramos y onzas además posee funciones de tara.



Figura 9-2. Balanza digital FS-400.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

2.3.7. Protocolo de instalación de la válvula ecológica Marclais.

Para realizar la instalación de la válvula ecológica Marclais se procederá con los siguientes pasos:

- Realizar una evaluación visual del lugar en donde se instalará la válvula.
- Retirar todos los elementos que interfieran en la instalación como la tapa del motor, el depurador, y desconectar el sensor MAF.
- Una vez localizado el punto de instalación se realiza una perforación guía con la broca 11/32pulg en el múltiple de admisión.
- Se utiliza la broca cónica 1/8*27pulg para realizar la perforación final.
- Se coloca un acople roscado para conectar el múltiple de admisión con la válvula.
- Se conecta una manguera de alta presión para unir el acople con la válvula mediante abrazaderas de presión.
- Se comprueba que no existan fugas
- Se coloca los elementos retirados al inicio.

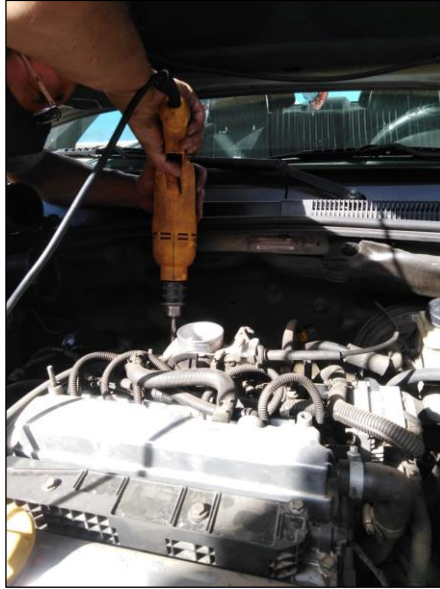


Figura 10-2. Perforación del múltiple de admisión.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).



Figura 11-2. Instalación de la válvula.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).



Figura 12-2. Válvula instalada.

Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

2.3.8. Protocolo de medición de gases según NTE INEN 2 203:2000 y NTE INEN 2204.

2.3.8.1. Procedimiento para la medición estática de las emisiones de gases contaminantes

Se procederá a realizar todos los procedimientos de adquisición de datos bajo la normal INEN 2 203:2000 en la cual manifiesta:

- El equipo debe estar calibrado bajo las normas específicas del fabricante.
- Antes de la prueba se debe someter al equipo a un calentamiento y estabilización.
- Retirar todo el material como partículas extrañas o agua que se encuentren en la sonda de medición.
- Revisar el nivel de aceite del motor, que este entre el mínimo y el máximo.
- Revisar que el vehículo se encuentre en neutro
- La prueba debe ser realizada sin el funcionamiento de ningún accesorio (luces, aire acondicionado).
- El vehículo se debe encontrar en condiciones ideales de funcionamiento (el vehículo debe llegar a la temperatura ideal).
- Si el vehículo no cumple con las condiciones anteriores, no se puede realizar las pruebas (NTE INEN 2 203:2000, 2000, pp. 2-3).

2.3.8.2. Medición

- Conectar el tacómetro del equipo de medición al motor y verificar las condiciones de marcha.
- Con el motor en su temperatura normal de funcionamiento, introducir la sonda de prueba en el sistema de escape del vehículo.
- Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dada por cada fabricante.
- Imprimir las lecturas obtenidas de las emisiones.
- Si el vehículo posee doble sistema de escape, medir por separado cada salida (NTE INEN 2 203:2000, 2000, pp. 2-3).

2.3.8.3. Informe de resultados

- El resultado final será la mayor lectura registrada por el medidor de lecturas obtenidas (NTE INEN 2 203:2000, 2000, pp. 2-3).

Las pruebas que se realizarán en este punto serán en bloques de tres: el primer bloque sin la implementación de la válvula ecológica Marclais y el segundo bloque con la instalación de dicha válvula.



Figura 13-2. Calibración del equipo de medición.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).



Figura 14-2. Colocación de la sonda en tubo de escape.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

2.3.9. Protocolo de consumo de combustible norma SAE J1321:2012.

Para que el resultado de la prueba tenga validez se debe seguir los siguientes requisitos dictados por la norma SAE J1321:2012: la ruta utilizada, así como la velocidad del vehículo deben reflejar una operación real. Se deben realizar más de una prueba en ruta para que los resultados tengan validez ya que una sola prueba no es concluyente donde se puede realizar máxima 5 prueba con parámetros iguales, los datos se obtendrán tal como indica la norma (SAE J1321:2012, 2012, pp.10-14).

2.3.9.1. Procedimiento de Medida de combustible.

- La balanza que se debe utilizar para la medición del combustible debe ser digital y estar situada de la forma que pueda medir con exactitud todo el recorrido sin importar los desniveles presentes en la ruta.
- El tanque utilizado para la medición debe contener el doble de combustible necesario para poder terminar la ruta sin inconvenientes, además debe ser de fácil remoción y poseer todas las conexiones que requiera el vehículo (alimentación, retorno y conexiones de la bomba).
- La velocidad del vehículo en el recorrido de la prueba se debe registrar mediante un GPS con una exactitud de 0.1km/h, esto nos permite que los datos sean aceptables y las pruebas se puedan repetir.
- Las pruebas se deben realizar en un circuito como se especificó anteriormente en el documento, deben ser completado sin errores en los equipos o en la conducción, teniendo en cuenta que se debe empezar y terminar en el mismo punto.

- Al terminar el circuito el motor debe permanecer en ralentí durante un minuto y luego apagarlo, aquí se realizará la última medición.
- El odómetro del vehículo se registra al inicio y final del circuito
- Se debe tener en cuenta las condiciones climáticas, altitud, longitud, latitud, así como las características del tráfico, carretera y conducción (SAE J1321:2012, 2012, pp.13-14).

Las pruebas que se realizarán en este punto serán en bloques de cinco: el primer bloque sin la implementación de la válvula ecológica Marclais y el segundo bloque con la instalación de dicha válvula.



Figura 15-2. Instalaciones del tanque portátil.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).



Figura 16-2. Pesaje del combustible.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).



Figura 17-2. Distancia de cada prueba según el odómetro del vehículo.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

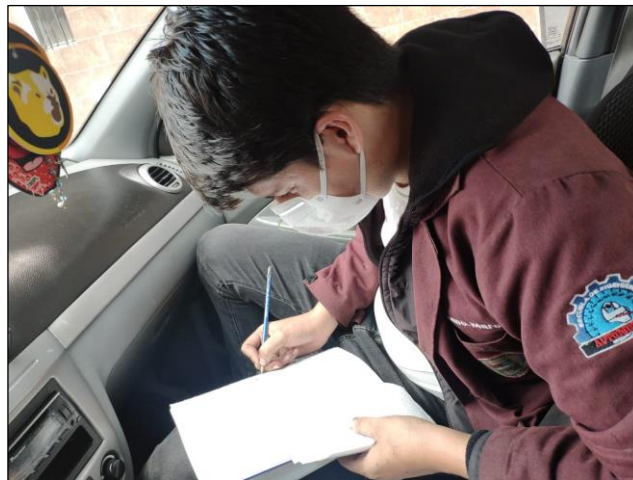


Figura 18-2. Recolección de datos de consumo.
Fuente: (Condo C & Manzano M, 2021).

2.4. Técnicas de análisis.

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en las pruebas tanto estáticas como dinámicas, se utilizará dos softwares en el ámbito estadístico como son: Excel y Minitab, los cuales se adaptan perfectamente a los datos obtenidos por los investigadores.

2.4.1. Excel

Es una hoja de cálculo que permite procesar datos, los cuales pueden ser numéricos o alfanuméricos y llegar a contestar preguntas de forma gráfica para su posterior análisis, además tiene varias funciones intrínsecas en su sistema que ayuda en la parte estadística para obtener valores como varianza, desviaciones estándar, media, mediana, promedios entre otras (MICROSOFT, 2021).

2.4.2. Minitab

Minitab es un software centrado netamente en la estadística, permite hacer cálculos estadísticos simples y avanzados utilizando múltiples variables, mezcla la hoja de cálculos de Excel con gráficas que ayudarán a comunicar mejor los resultados (MINITAB,2021).

2.4.3. Prueba Estadística t de Student

La prueba estadística t de Student es utilizada para determinar si existe diferencias entre las medias de dos grupos, utiliza una estadística deductiva y posee una distribución normal, esta prueba nos da un nivel de significancia menor al 0.05 utilizado en investigaciones de campo. Se utiliza en muestras pequeñas que no sobrepasen los 30 elementos (SCIENTIFICT EUROPEAN, 2019, p.1).

Por los factores mencionados se decidió tomar la prueba estadística t de Student, esta prueba evalúa las medias de las poblaciones a estudiarse, la hipótesis nula establece que las dos medias son iguales, mientras que la hipótesis alternativa establece que las dos medias son diferentes (MINITAB,2021).

Para desarrollar el análisis estadístico t de Student se debe realizar los siguientes pasos

1. Plantear la hipótesis nula en donde $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Siendo μ la media de cada población.
Plantear la hipótesis alternativa en donde $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$.
2. Delimitar el nivel de significancia (α), en estudios de campo por lo general es de 0.05 al 95% confiabilidad.
3. Calcular:
Las medias de las poblaciones
Las varianzas de las poblaciones

Grados de libertad

El estadístico t

4. Establecer la regla de decisión

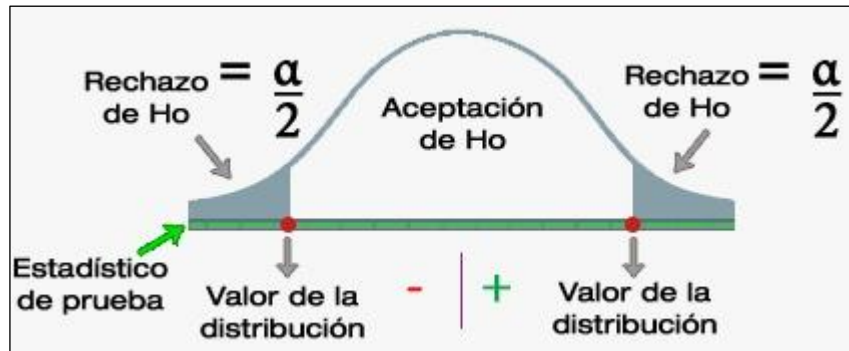


Figura 18-2. Curva para la prueba estadística t de Student.
Fuente: (WIKIVERSIDAD, 2020).

5. Tomar la decisión, conclusiones.

CAPITULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Emisiones de gases contaminantes

Para la obtención de los datos de gases contaminantes del vehículo se realizó 18 pruebas la cuales se dividieron en dos bloques, el primero sin válvula ecológica y el segundo con válvula ecológica. Cada bloque tuvo una subdivisión en base a los regímenes de giro, con ello se puede observar el funcionamiento a diferentes cargas, a su vez cada prueba se la realizo cada cinco minutos siguiendo las especificaciones de la norma técnica NTE INEN 2 203:2000, cada bloque se demoró 45 minutos en completar las mediciones.

Todos los datos que se muestran en la tabla 1-3 se los recolectó en la ciudad de Riobamba a una altura de 2750 msnm.

Tabla 1-3: Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes

	RPM	Nº PRUEBAS	CO	CO ₂	HC	O ₂
PRUEBA SIN VÁLVULA	850	1	1	12.4	195	1.94
		2	0.85	12.5	190	1.95
		3	0.92	12.4	192	1.96
	2000	1	0.48	13.7	157	1.56
		2	0.51	13.6	160	1.57
		3	0.49	13.6	159	1.57
	4000	1	0.47	14.5	123	0.68
		2	0.47	14.4	120	0.67
		3	0.48	14.4	122	0.66
PRUEBA CON VÁLVULA	850	1	0.33	12.2	137	2.33
		2	0.32	12.4	138	2.36
		3	0.33	12.3	135	2.35
	2000	1	0.38	13.4	133	1.8
		2	0.37	13.4	132	1.7
		3	0.37	13.5	133	1.8
	4000	1	0.39	14.6	87	0.27
		2	0.38	14.4	87	0.27
		3	0.35	14.6	86	0.28

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.1.1. Análisis de los resultados del Monóxido de Carbono (CO)

En la tabla 2-3, se observa el promedio en porcentaje de las mediciones con válvula y sin válvula a diferentes regímenes de giro, los resultados obtenidos en todas las pruebas se encuentran dentro de la norma NTE INEN 2 204 indicando que se debe encontrar por debajo del 1% ya que este gas es altamente nocivo para la salud humana y para el medio ambiente, cabe recalcar que el Monóxido de Carbono es un indicativo que se produce una mala combustión. La gráfica 1-3 representa el comportamiento de la producción de Monóxido de Carbono (CO) a diferentes revoluciones en cada uno de los casos.

En la tabla 3-3, se muestra la prueba estadística t de Student con un nivel de confianza del 95% en la cual se analiza la media de las dos muestras llegando a obtener un valor estadístico t de 3.6298, que es superior al valor crítico 2.3060, en consecuencia se aprecia que existe una diferencia significativa entre las dos medias analizadas.

Tabla 2-3: Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes CO

	RPM	PROMEDIO (CO)%
SIN VÁLVULA	850	0.923
	2000	0.493
	4000	0.473
CON VÁLVULA	850	0.327
	2000	0.373
	4000	0.373

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

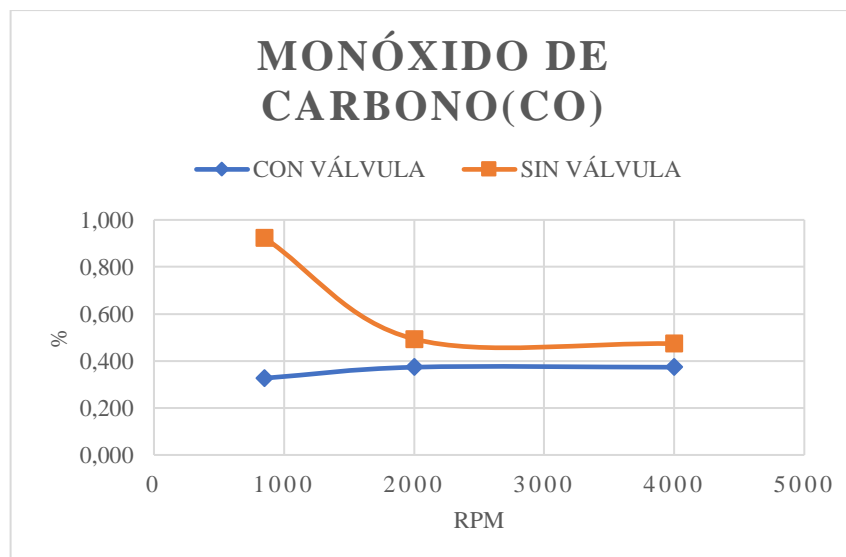


Gráfico 1-3. Relación del Monóxido de carbono

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021.

Tabla 3-3: Prueba estadística t de Student (CO)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	0.63	0.3578
Varianza	0.04995	0.00067
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	3.6298	
P(T<=t) una cola	0.0033	
Valor crítico de t (una cola)	1.8595	
P(T<=t) dos colas	0.0067	
Valor crítico de t (dos colas)	2.3060	

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.1.1.1. Discusión

Por lo tanto, en ralentí (850 rpm) en donde el motor no tiene carga del acelerador se tiene, sin válvula una medición de 0.923% y con válvula 0.327% de CO, reduciendo un 64.57%. Con el motor a 2000 rpm los resultados sin válvula son 0.493% y con válvula de 0.373% de CO en este caso hay una reducción del 24.34%. A 4000rpm los valores de medición sin válvula de 0.473% y con válvula de 0.373% de CO llegando a una reducción del 21.14% del gas. Todos los valores de la experimentación sin válvula se asemejan a los resultados de (Rocha-Hoyos et al., 2018) ya que las dos experimentaciones fueron realizadas de forma estática y a una altura similar.

Lo que da a entender que los resultados mostrados en el gráfico 1-3, es que sin válvula los niveles de Monóxido de Carbono (CO) a ralentí son altos y a medida que aumenta la carga en el motor va disminuyendo, mientras tanto con la válvula Ecológica Marclais los valores en porcentajes tienden a mantenerse bajo del 0.4 %, dichos resultados diferentes del estudio presentado por el grupo GMEL de la universidad de Antioquia (Agudelo et al, 2010) debido a las características de los equipos de medición en ese año, los cuales no arrojaban valores congruentes.

Según el fabricante la reducción del CO se encuentra en un rango del 5-20 % (Marclais, 2020) y estos resultados arrojan que este porcentaje es verdadero, debido a que en todo momento hubo una reducción superior al 20%. Validando así la eficacia de la válvula en la reducción del Monóxido de Carbono (CO).

3.1.2. Análisis de los resultados del Dióxido de Carbono (CO₂)

En la tabla 4-3, se muestran los datos promedios del Dióxido de Carbono CO₂ obtenidos en la experimentación, este dato es muy importante en el análisis de gases de los motores de combustión interna atmosféricos, puesto que indican que existen una buena o mala combustión, estos valores deben estar por encima del 12%. Los valores que nos arrojó la experimentación con respecto al CO₂ CVE Y SVE son similares entre sí cumpliendo con los porcentajes establecidos en la norma NTE INEN 2 203. La gráfica 2-3, muestra el comportamiento de este gas al incrementar las revoluciones del motor. En la tabla 5-3, muestra la prueba estadística t de Student con un nivel de confianza del 95% en la cual se analiza la media de las dos muestras llegando a obtener un valor estadístico t de 0.179, que es inferior al valor crítico 2.120, en consecuencia se aprecia que no existe una diferencia significativa entre las dos medias analizadas.

Tabla 4-3: Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes CO₂

	RPM	PROMEDIO (CO ₂) %
SIN VÁLVULA	850	12.433
	2000	13.633
	4000	14.433
CON VÁLVULA	850	12.300
	2000	13.433
	4000	14.533

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

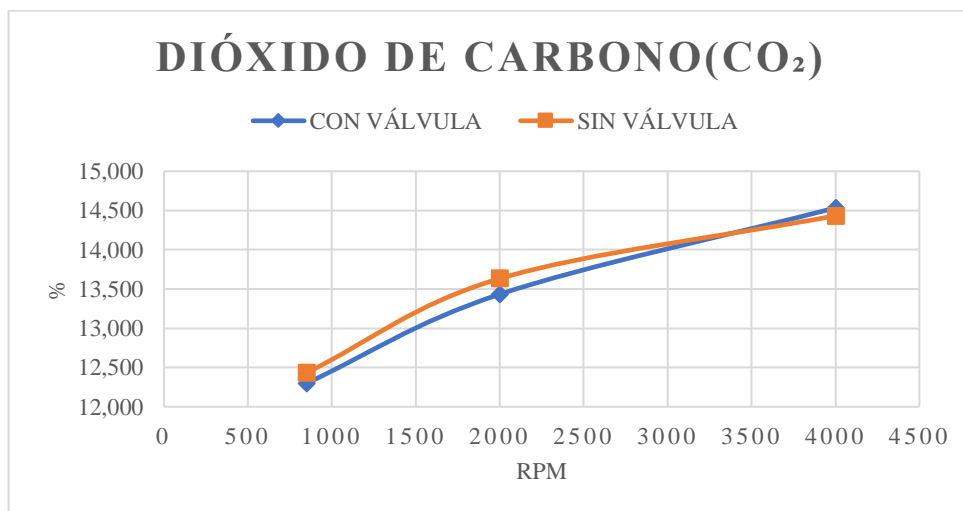


Gráfico 2-3. Relación del Dióxido de Carbono

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

Tabla 5-3: Prueba estadística t de Student (CO₂)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	13.5	13.422
Varianza	0.7625	0.942
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	16	
Estadístico t	0.179	
P(T<=t) una cola	0.430	
Valor crítico de t (una cola)	1.746	
P(T<=t) dos colas	0.860	
Valor crítico de t (dos colas)	2.120	

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.1.2.1. Discusión

En el gráfico 2-3, se observa que los resultados de CO₂ SVE son superiores a los resultados CVE hasta los 3000 rpm, sobrepasada esas revoluciones la tendencia cambia y el porcentaje de CO₂ CVE aumenta llegando a los 14.533% de CO₂. Estos resultados indican que la válvula ecológica Marclais es más eficiente a altas rpm y concuerda con lo que el fabricante menciona en las especificaciones (Marclais, 2020). Llegando a comprobar que en el apartado del CO₂ la válvula ecológica Marclais no interfiere de forma significativa en la producción de este gas. Los valores obtenidos del CO₂, el estudio muestra una tendencia ascendente contrario al estudio de (Arroyo et al., 2019) donde la curva tiende a ser constante sin importar las rpm, mientras tanto con (Rocha-Hoyos et al., 2018) el valor tomado a 2500rpm es muy similar.

3.1.3. Análisis de los resultados de los Hidrocarburos (HC)

En la tabla 6-3, se muestra los promedios de los Hidrocarburos (HC) a diferentes revoluciones en los dos casos analizados, en donde el valor más alto obtenido en la medición es de 195 ppm y el mínimo es de 87 ppm. La norma NTE INEN 2 203 indica que los valores de HC no deben sobrepasar las 300 ppm por lo que los valores de la experimentación se encuentran dentro de los límites permitidos. El exceso del HC indica que la mezcla aire-combustible es demasiado rica es decir no combustiona en su totalidad el combustible, la válvula al inyectar un extra de aire ayuda a corregir la mezcla logrando disminuir los HC producidos como se muestra claramente en el gráfico 3-3. En la tabla 7-3, se muestra la prueba estadística t de Student con un nivel de confianza del 95% en la cual se analiza la media de las dos muestras llegando a obtener un valor estadístico t de 2.9940, que es superior al valor crítico 2.1314, en consecuencia se aprecia que existe una diferencia significativa entre las dos medias analizadas.

Tabla 6-3: Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes HC

	RPM	PROMEDIO (HC) ppm
SIN VÁLVULA	850	195
	2000	157
	4000	123
CON VÁLVULA	850	137
	2000	133
	4000	87

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

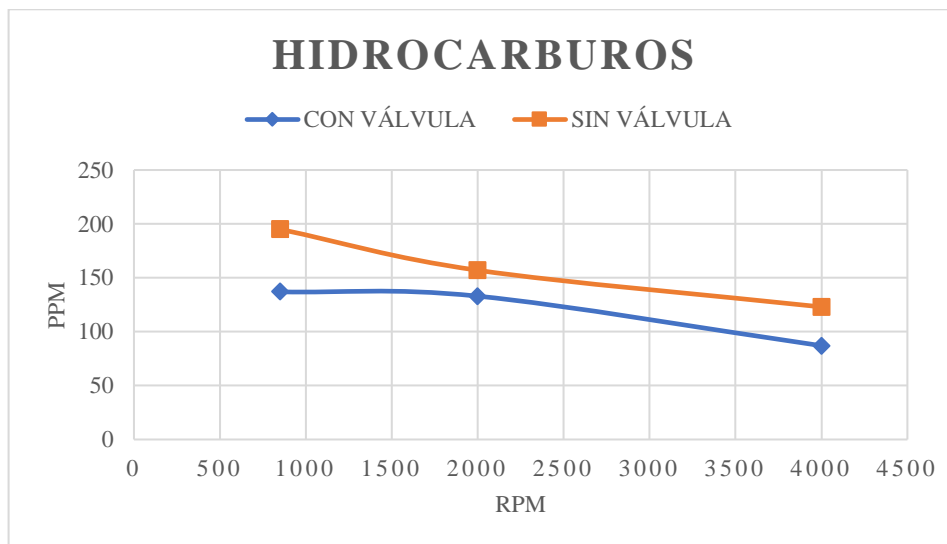


Gráfico 3-3. Relación de Hidrocarburos

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

Tabla 7-3: Prueba estadística t de Student (HC)

	SVE	CVE
Media	157.556	118.444
Varianza	939.778	596.028
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	15	
Estadístico t	2.9940	
P(T<=t) una cola	0.0045	
Valor crítico de t (una cola)	1.7531	
P(T<=t) dos colas	0.0091	
Valor crítico de t (dos colas)	2.1314	

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.1.3.1. Discusión

En la tabla 6-3, se muestra los datos de los valores promedios en partes por millón (ppm) de los hidrocarburos HC, esto indica que a ralenti (850rpm) la reducción de los hidrocarburos CVE es del 29.74%, a 2000 rpm se reduce en un 15.28% CVE y a 4000 rpm el porcentaje de reducción de los hidrocarburos es del 29.26%, indicando que existe una disminución considerable de hidrocarburos aproximadamente del 30%. Según el fabricante la eficiencia de la válvula ecológica en la reducción de los HC está entre el 10% al 30% (Marclais, 2020) corroborando estos porcentajes con estos datos y validando así la eficacia de la válvula en la reducción de los Hidrocarburos (HC) en altura. Los valores HC obtenidos en la experimentación tienden a una disminución constante mientras que en (Arroyo et al, 2019) y (Rocha-Hoyos et al., 2018) los valores permanecen constantes.

3.1.4. Análisis de los resultados del Oxígeno (O₂)

Según la norma NTE INEN 2 203, los valores referenciales del oxígeno se deben encontrar por debajo del 2%, si este valor llega al 0% indica que el oxígeno se consumió por completo dando una mezcla rica. En la tabla 8-3, se muestra los valores promedio de las mediciones del oxígeno, dentro de dicha tabla existe un valor que se encuentra por encima de los porcentajes que exige la normal vigente en Ecuador. En la tabla 9-3, se muestra la prueba estadística t de Student con un nivel de confianza del 95% en la cual se analiza la media de las dos muestras llegando a obtener un valor estadístico t de -0.1839, que es superior al valor crítico -2.1604, en consecuencia se aprecia que no existe una diferencia significativa entre las dos medias analizadas.

Tabla 8-3: Resultados obtenidos en las emisiones contaminantes O₂

	RPM	PROMEDIO (O ₂)%
SIN VÁLVULA	850	1.95
	2000	1.57
	4000	0.67
CON VÁLVULA	850	2.53
	2000	1.77
	4000	0.27

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

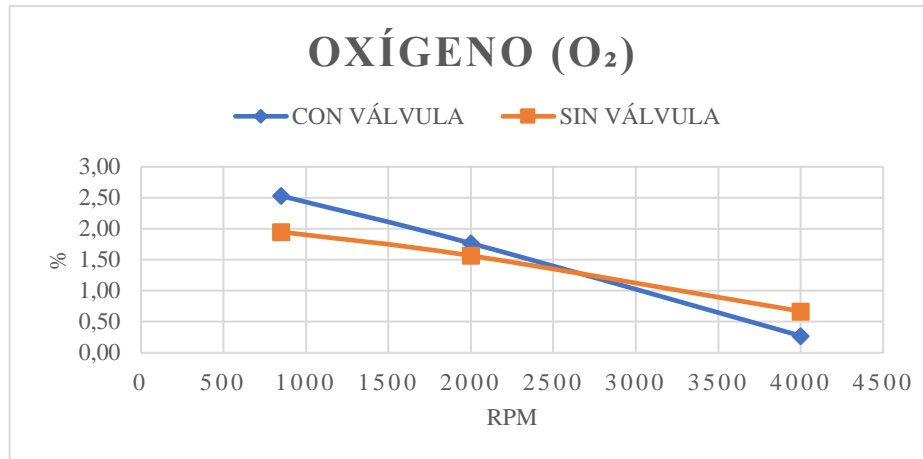


Gráfico 4-3. Relación del Oxígeno

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

Tabla 9-3: Prueba estadística t de Student (O_2)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	1.3956	1.4622
Varianza	0.3237	0.8590
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-0.1839	
P(T<=t) una cola	0.4285	
Valor crítico de t (una cola)	1.7709	
P(T<=t) dos colas	0.8569	
Valor crítico de t (dos colas)	-2.1604	

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.1.4.1. Discusión

En la tabla 8-3, el dato CVE en ralentí (850 rpm) se encuentra mínimamente por encima de los valores normales que indica la norma debido a la entrada extra de aire que provoca la válvula, los valores se normalizan a medida que aumentan el rpm llegando a 0.27% a 4000 rpm. A partir de las 1700 rpm los valores del oxígeno CVE se encuentran dentro del límite permisible por la norma. Llegando a comprobar que en el apartado del O_2 la válvula ecológica Marclais no interfiere de forma significativa en la producción de este gas (Marclais, 2020). Los valores en ralentí de la experimentación se encuentran ligeramente altos en comparación a los valores mostrados en los estudios de (Barrera et al, 2018) y (Rocha-Hoyos et al., 2018) debido al funcionamiento en bajo régimen de la válvula.

3.2. Consumo de combustible

Para la obtención de los datos de consumo de combustible se realizaron diez pruebas en total, cinco sin válvula y cinco con válvula, se utilizaron los mismos parámetros en cada una de las pruebas tratando de reducir los errores en la toma de datos al mínimo. La toma de datos constó de 5 pruebas cada una realizado en dos días diferentes, cada uno empezó a las 11:30 A.M y termino cerca de las 14:00 P.M teniendo como promedio 24:00 minutos en cada prueba. Se tomo en cuenta que los factores medioambientales sean similares en los días que se tomaron los datos, así mismo el tráfico fue un factor influyente por lo cual se escogió hacer la experimentación en fin de semana, debido a la poca afluencia del parque automotor.

En la tabla 10-3 y 11-3, se muestran los datos recolectados tanto con válvula como sin válvula respectivamente, en donde se aprecia el peso inicial, final y el consumo de combustible en cada una de las pruebas realizadas siguiendo los parámetros de la norma SAE J1321: 2012.

Tabla 10-3: Resultados obtenidos del consumo de combustible sin válvula

	N° PRUEBA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	CONSUMO (gr)	VELOCIDAD (Km/h)	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	TIEMPO
SIN VÁLVULA	1	5753	4749	1004	50	11:30:00 A.M	11:53:44 A.M	23:44
	2	5753	4784	969	50	12:00:00 P.M	12:23:28 P.M	23:28
	3	5753	4841	912	50	12:30:00 P.M	12:53:33 P.M	25:33
	4	5753	4818	935	50	13:00:00 P.M	13:24:05 P.M	24:05
	5	5753	4798	955	50	13:30:00 P.M	13:53:50 P.M	23:50

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021.

Tabla 11-3: Resultados obtenidos del consumo de combustible con válvula

	N° PRUEBA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	CONSUMO (gr)	VELOCIDAD (Km/h)	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	TIEMPO (min)
CON VÁLVULA	1	5753	4971	782	50	11:30:00 A.M	11:52:53 A.M	22:53
	2	5753	4997	757	50	12:00:00 A.M	12:24:08 A.M	24:08
	3	5753	5040	713	50	12:30:00 P.M	12:53:20 P.M	23:20
	4	5753	5023	731	50	13:00:00 P.M	13:23:11 P.M	23:11
	5	5753	5086	667	50	13:30:00 P.M	13:53:59 P.M	23:59

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.2.1. Análisis de los resultados del consumo de combustible.

La tabla 12-3, muestra el consumo promedio de las pruebas sin válvula, dando como promedio de las cinco pruebas realizadas 955 gramos que equivale a 1.257 litros de consumo en una ruta de 12.3 km de distancia, a una velocidad promedio de 50 km/h con una presión atmosférica de 730 hPa. La tabla 13-3, muestra el consumo promedio de las pruebas con válvula, dando como promedio de las cinco pruebas realizadas 730 gramos que equivale a 0.961 litros de consumo en una ruta de 12.3 km de distancia, a una velocidad promedio de 50 km/h con una presión atmosférica de 730 hPa. En la tabla 14-3, se muestra la prueba estadística t de Student con un nivel de confianza del 95% en la cual se analiza la media de las dos muestras llegando a obtener un valor estadístico t de 8.9915, que es superior al valor crítico 2.3060, en consecuencia, se aprecia que existe una diferencia significativa entre las dos medias analizadas.

Tabla 12-3: Promedios de consumo sin válvula

	CONSUMO (gr)	CONSUMO EN GALONES	CONSUMO(Lt)
SIN VÁLVULA	1004	0.349	1.321
	969	0.337	1.276
	912	0.317	1.200
	935	0.325	1.230
	955	0.332	1.257
PROMEDIO	955	0.332	1.257

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

Tabla 13-3: Promedios de consumo con válvula

	CONSUMO (gr)	CONSUMO EN GALONES	CONSUMO (LT)
CON VÁLVULA	782	0.272	1.030
	757	0.263	0.995
	713	0.248	0.939
	731	0.254	0.961
	667	0.232	0.878
PROMEDIO	730	0.254	0.961

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

Tabla 14-3: Prueba estadística t de Student de consumo

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	955.031	730.081
Varianza	1216.400	1913.140
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	8.99148	
P(T<=t) una cola	0.00001	
Valor crítico de t (una cola)	1.85955	
P(T<=t) dos colas	0.00002	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600	

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

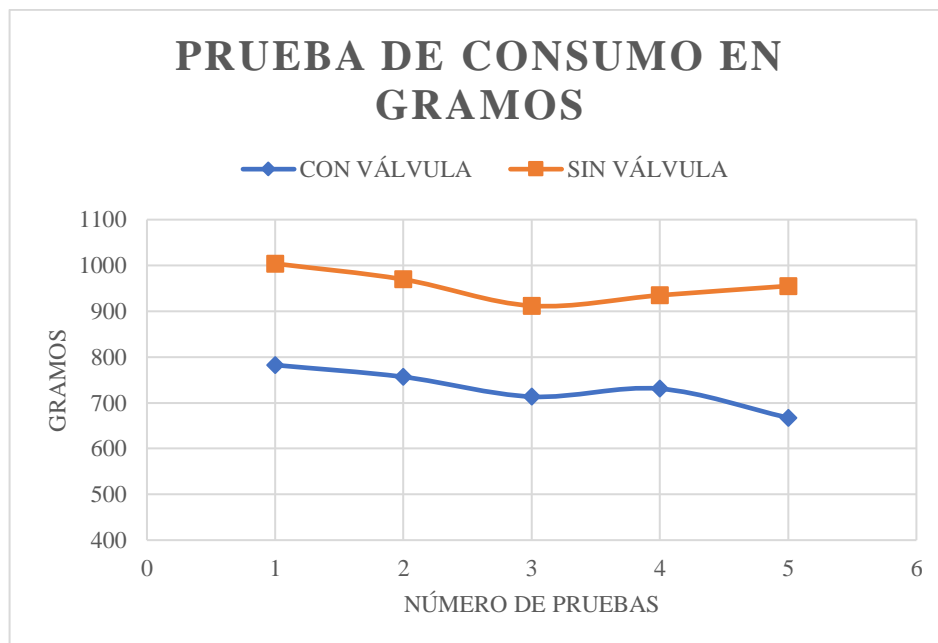


Gráfico 5-3. Consumo en gramos de cada prueba

Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

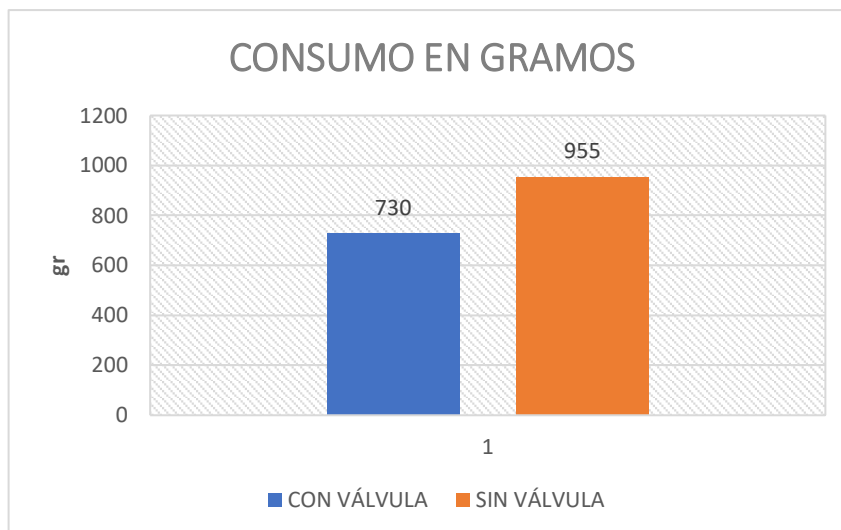


Gráfico 6-3. Consumo promedio
Realizado por: Condo C. & Manzano M., 2021

3.2.1.1. *Discusión*

Los resultados muestra que el consumo de combustible utilizando la válvula ecológica Marclais tuvo una reducción notable en cada una de las pruebas como se muestra en el gráfico 5-3, dichos resultados muestra que hay una reducción de consumo del 23.56%, dicha disminución de consumo se da gracias a que la combustión interna dentro del motor es mucho más eficiente por lo cual hay un ahorro de combustible, asemejándose a los resultados de estudios realizados en ciudades de altura sobre consumo (Lima y Gavilánez, 2016, pp.45-52) y (Arias y Ludueña, 2018, pp. 79-85) . El fabricante de la válvula ecológica Marclais indica en las especificaciones del producto que al ser instalarla debe existir una disminución de consumo de combustible del 15 al 20 % en vehículos de inyección electrónica (Marclais,2020). Validando así la eficiencia de la válvula en la reducción del consumo de combustible en altura.

CONCLUSIONES

- El estudio realizado en la presente investigación demostró que la válvula ecológica Marclais reduce de forma significativa los gases contaminantes y el consumo de combustible en el vehículo Chevrolet Optra 1,8L con inyección electrónica a gasolina que se encuentra circulando en la ciudad de Riobamba a una altura sobre los 2750 msnm. La válvula funciona de manera óptima al sobrepasar el 2500 rpm y en aceleraciones súbitas en donde la carga del motor aumenta.
- El Monóxido de Carbono (CO) presentó una gran disminución empleando la válvula ecológica Marclais con un promedio superior al 20% de reducción. El motor del vehículo presentó una disminución en el rubro de los Hidrocarburos (HC) cercana al 24%, estos dos valores indican que se produjo una mejor combustión en el interior del motor gracias al incremento del oxígeno que provee la válvula al momento de su accionamiento, corroborando así las especificaciones mencionadas por el fabricante de la válvula.
- Los resultados del Dióxido de Carbono (CO₂) al igual que el Oxígeno(O₂) revelan que la válvula ecológica Marclais no afectan en gran medida la producción de estos gases, siendo muy similares los resultados obtenidos en las experimentaciones. Entendiendo que el CO₂ mientras más alto sea en porcentaje indica que el motor trabaja de manera más eficiente y en este caso las mediciones obtenidas se encuentran dentro del parámetro de la norma utilizada.
- Al aumentar el flujo de aire que ingresa al motor a través de la válvula compensa la falta de oxígeno que existe en la ciudad de Riobamba, mejorando el rendimiento de la combustión en la cámara con la cual se logra reducir el consumo de combustible. En una Ruta de 12.3 kilómetros en condiciones normales de conducción y con un tráfico moderado el uso de la válvula provoco una reducción en el consumo de combustible del 23.56%, mejorando la performance en la conducción.
- La instalación de la válvula se lo realiza de manera fácil, rápida y poco invasiva, no interfiere con otros elementos del motor, así como en su funcionamiento debido al tamaño reducido que posee el elemento, su mantenimiento es sencillo además el trabajo de la válvula no genera ruidos estridentes que puedan llegar a molestar a los ocupantes en el habitáculo.

RECOMENDACIONES

- El desempeño de la válvula ecológica Marclais ha generado un efecto positivo en un motor de inyección electrónica a gasolina disminuyendo los gases contaminantes y el consumo de combustible, por lo cual se recomienda generar nuevas experimentaciones en donde se analice el comportamiento de esta válvula en motores diésel para conocer su eficiencia en este apartado.
- Para ahondar el estudio de la válvula ecológica Marclais en motores de inyección electrónica a gasolina se sugiere realizar pruebas de torque y potencia para determinar si existe diferencia en estos dos parámetros.
- Para poder observar cómo varía el funcionamiento de la válvula se recomienda realizar pruebas a diferentes altitudes y con diferentes tipos de combustibles que se encuentren en el mercado ecuatoriano.
- Realizar pruebas on board en una ruta establecida para comprobar el desempeño de la válvula mediante condiciones de conducción normal y tráfico.

BIBLIOGRAFIA

AEADE. “Sector Automotor en cifras”. *Asociación de empresas automotrices del Ecuador* [En línea], 2020, (Ecuador) 1(48), p. 13. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/10/Boletin-Sector-en-cifras-48-resumen-en-espanol.pdf>

AGUDELO, Ramiro; et al. “Informe final Evaluación de Válvula Ecológica Marclais”. PDF Slide [En línea], 2010, (Colombia), pp. 4-11. [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: <https://pdfslide.tips/amp/documents/informe-final-evaluacion-de-valvula-informe-de-pruebas-de-la-valvula-ecologica.html>

AGÜERO ALVA, Hugo. *Introducción a la Ingeniería Automotriz*. Lima-Perú: Imprenta Grupo IDATA, pp. 67-96.

ÁLVAREZ, Jesús; et al. *Motores alternativos de combustión interna*. Barcelona-España: EDICIONS UPC, 2005, pp. 337-344.

ANTAMBA GUASGUA, Jaime; et al. “Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina”. *Scielo* [En línea], 2016, (Ecuador) 7(3), pp. 4-6. [Consulta: 23 noviembre 2020]. ISSN 1390-9363. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300110

ARIAS MONTAÑO, Elmer Israel & LUDUEÑA AYALA, José Andrés. Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo categoría M1 rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca [En línea] [Trabajo de titulación]. (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Ecuador. 2018. pp. 79-85. [Consulta: 17 de febrero del 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15325/1/UPS-CT007541.pdf>

ARROYO TERAN, Edwin; et al. “Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado”. *Ingeniería y Desarrollo*

[En línea], 2019, (Ecuador) 38(1), pp. 2-13. [Consulta: 25 noviembre 2020]. ISSN 2145-9371. Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/12450>

BARRERA ECHEVERRÍA, Josué; et al. Estudio de las Emisiones de Gases Contaminantes en función de la Altitud en la Zona Norte del Ecuador [En línea] (Trabaja de titulación). (Pregrado) Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2018. pp. 17-20. [Consulta: 24 noviembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2794/1/T-UIDE-1987.pdf>

BOSCH. “Sistema de inyección electrónica”. *BOSCH* [En línea], 2010, pp. 16-19. [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf

DENTON, TOM. *Diagnostico Avanzado de Fallas Automotrices*. 3^{era} ed. México D.F.-México: Alfaomega Grupo Editorial, S. A., 2016, pp. 84-86.

EP-PETROECUADOR. Más de 1.258 millones de galones de gasolinas fueron despachados por EP Petroecuador para el sector automotor durante 2019 [Blog]. Ecuador: 6 de enero,2020. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=7980>

GLOBALTECH. Analizador de gases portátil Kane autoplus 4-2 [Blog]. Ecuador: 2020. [Consulta:6 diciembre 2020]. Disponible en: <https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-portatil-kane-autoplus-4-2/>

HAO, Lijun; et al. “Model-based estimation of light-duty vehicle fuel economy at high altitude”. *Advances in Mechanical Engineering* [En línea], 2019, (China) 11(11), pp. 1-6. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1687814019886252>

INEC. “Anuario de estadística de transporte 2018”. *Inec transporte*, 2019, (Ecuador), pp. 7-13.

LAPUERTA, Magín; et al. “Efectos de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte1: Funcionamiento”. *Scielo* [En línea], 2006, (Colombia) 17(5), p. 1. [Consulta: 22 noviembre 2020]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642006000500005&script=sci_arttext&tlng=n

LEGUISAMO, Julio; et al. “Cuantificación de la reducción de consumo de combustible al aplicar ecodriving en un motor de combustión interna de 1.5L”. *Energía Mecánica Innovación y Futuro* [En línea], 2019, (Ecuador) 1(8), pp. 35-36. [Consulta: 26 noviembre 2020] ISSN 1390-7395. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22183>

LEGUISAMO, Julio; et al. “Evaluación del consumo de combustible, torque y potencia al aplicar la conducción ecológica en la ciudad de Quito”. *CONIADT 2019* [En línea], 2019, (Ecuador), pp. 79-80. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: https://75820e2c-74f4-488c-85af-757e862cbae4.filesusr.com/ugd/989bce_197b282c5edc41d7b5f5cff66c8d5d79.pdf

LIMA OYOLA, Bryan Alexander & GAVILANEZ SANDOVAL, Edinson Josué. Análisis del consumo de combustibles de categoría M1 que circulan en el centro Histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de los ciclos de conducción [En línea] [Trabajo de titulación]. (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Ecuador. 2016. pp. 45-52. [Consulta: 17 de febrero del 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12167/1/UPS-CT006109.pdf>

LOPÉZ RUANO, Eldon. Efectos producidos por el cambio de presión atmosférica debido a la altitud y su relación con la pérdida de potencia en los motores de combustión interna ciclo Otto Mitsubishi 4G94 (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala. 2018. pp. 9-11.

MARCLAIS. Información General [Blog]. Bogotá-Colombia. [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.marclais.com/producto.php#contenido>

MICROSOFT. Usar las Herramientas para análisis para realizar análisis de datos complejos [Blog]. 2021. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://support.microsoft.com/es->

es/office/usar-las-herramientas-para-an%C3%A1lisis-para-realizar-an%C3%A1lisis-de-datos-complejos-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6

MINITAB. Aprovecha el poder de las estadísticas [Blog]. 2021. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: https://www.minitab.com/content/dam/www/en/uploadedfiles/documents/brochures/Minitab-Brochure_ES.pdf

NTE INEN 2 203:2000. *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralentí”. Prueba estática.*

NTE INEN 2204. *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.*

PAYRI, F.; & DESANTES, J.M. *Motores de combustión interna alternativos.* Valencia-España: Reverté, S. A., 2011, pp. 471-474.

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. “Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas”. *UNEMI* [En línea], 2018, (Ecuador) 28(11), pp. 97-108. [Consulta: 17 de febrero del 2021]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/711/668>

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. “Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel”. *Información tecnológica* [En línea], 2019, (Ecuador) 30(3), pp. 140-141. [Consulta: 4 enero 2021]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300137#:~:text=Se%20concluye%20que%20a%20medida,opacidad%20hasta%20aproximadamente%20un%2037%25

SAE J1321:2012. *Standard. Fuel consumption test procedure-. Type ii – published*

SCIENTIFIC EUROPEAN. Usar las Herramientas para análisis para realizar análisis de datos complejos [Blog]. 2019. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>

SHANNAK, B. A.; & ALHASAN M.” Effect of atmospheric altitude on engine performance”. *Researchgate* [En línea], 2002, (Jordania) 67, pp. 3-4. [Consulta: 23 noviembre 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/244996115_Effect_of_atmospheric_altitude_on_engine_performance

TECNOAUTOS. Ficha técnica del Chevrolet Optra 1.8 Lt seda/salón ensamblado en 2009 [Blog]. 11 de junio, 2011. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-chevrolet-optra-1-8-lt-sedan-saloon-ensamblado-en-2009/>

WIKIVERSIDAD. Prueba de hipótesis (estadística) [Blog]. 24 de julio,2020. [Consulta: 7 diciembre 2020]. Disponible en: [https://es.wikiversity.org/wiki/Prueba_de_hip%C3%B3tesis_\(estad%C3%ADstica\)](https://es.wikiversity.org/wiki/Prueba_de_hip%C3%B3tesis_(estad%C3%ADstica))