



“Realización de mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16b, previo y posterior a su reparación”

Guishcamaigua Shigui, Kevin Orlando

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Amaya Sandoval, Stefania Matilde

21 de Agosto del 2023

Latacunga



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Reporte de verificación de contenido



Escrito_Kevin_Guishamaigua_1807[1]....

Scan details

Scan time: August 7th, 2023 at 16:51 UTC
Total Pages: 50
Total Words: 12413

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	4.6%	565
Minor Changes	3%	368
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
○ Human text

Plagiarism Results: (183)

- (PDF) Salarios mínimos sectoriales - DOKUMEN.TIPS 1.8%
<https://dokumen.tips/amp/business/salarios-minimos-sector...>
 Camaracip
 ...
- Registro Oficial No 919 - Martes 10 de Enero de 201... 1.6%

Ing. Amaya Sandoval, Stefania Matilde

C.C.: 050296187-3



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación

Certifico que la Monografía: **“Realización de mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16b, previo y posterior a su reparación”**. fue realizada por el señor **Guishcamaigua, Shigui Kevin Orlando**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 07 de Agosto del 2023

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Stefania Matilde Amaya Sandoval'. Below the signature is a horizontal line followed by a dotted line.

Ing. Amaya Sandoval, Stefania Matilde

C.C.: 050296187-3



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Guishcamaigua Shigui, Kevin Orlando**, con cédula de ciudadanía N°0503667446, declaro que el contenido, ideas y criterios de la Monografía: **“Realización de mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16b, previo y posterior a su reparación”**. es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 07 de Agosto del 2023

Guishcamaigua Shigui, Kevin Orlando

C.C.: 050366744-6



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

Autorización de Publicación

Yo **Guishcamaigua Shigui Kevin Orlando** con cédula de ciudadanía N°0503667446, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la Monografía: **“Realización de mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16b, previo y posterior a su reparación”**. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 07 de Agosto del 2023

.....

Guishcamaigua Shigui, Kevin Orlando

C.C.: 050366744-6

Dedicatoria

El siguiente escrito lo dedico primeramente a toda mi familia, especialmente a mi padre Carlos Guishcamaigua, cual fue un gran ejemplo a seguir y me enseñó que con esfuerzo y lucha se pueden llegar a lograr grandes cosas, y especialmente a mi madre María Shigui, la que me incentivaba cada mañana para empezar el día con mucho positivismo y siempre agradecido por un día más de vida, los dos fueron un eje muy importante en mi vida, ya que me apoyaron durante todo este proceso y jamás me dejaron solo, y me incentivaron con valores para poder prosperar y superarme como persona ante toda la sociedad,

Guishcamaigua Shigui Kevin Orlando

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme el conocimiento y la sabiduría, para de esa manera seguir adelante con las mismas ganas y esperanzas de triunfar en la vida.

Agradezco a mis padres los cuales me ayudaron y me apoyaron para no rendirme los cuales día a día me incentivaban con palabras de ánimos y de alegría lo cual me motivaba para ser una mejor persona, también agradezco a todos mis compañeros los cuales siempre estuvieron compartiendo las mismas aulas de clases y me incentivaban con palabras y los buenos consejos para seguir adelante en nuestras vidas. Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga por permitirme formar parte de su prestigiosa institución y un agradecimiento especial a todos los ingenieros que participaron en mi preparación académica. De manera especial agradezco a mi tutor, la Ingeniera Stefania Amaya, por ser una instructora y amiga y gracias por todos sus consejos que hicieron realidad este proyecto de tesis, mi eterna gratitud.

Guishcamaigua Shigui Kevin Orlando

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	13
Índice de tablas.....	15
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I: Introducción.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación	21
Objetivos.....	22
<i>Objetivo General.....</i>	22
<i>Objetivos Específicos</i>	22
Alcance	22

Capítulo II: Marco teórico	24
Rendimiento del motor.....	24
Curvas características de un motor de combustión interna	25
Potencia del motor	26
Par motor	27
¿Cómo se mide la potencia del motor?	28
Motores Gasolina	29
El analizador de combustión	31
Normativas Técnicas de regulación y control.....	32
Normativas Técnicas.....	35
<i>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:2013</i>	<i>35</i>
<i>Norma INEN 2204</i>	<i>35</i>
<i>Normativa INEN 2205</i>	<i>36</i>
<i>Normativa INEN 2207</i>	<i>36</i>
<i>Normativa INEN 2349</i>	<i>36</i>
Parámetros de rendimiento del motor	36
<i>La relación de compresión</i>	<i>36</i>
<i>La relación estequiométrica</i>	<i>37</i>
<i>Mezcla rica</i>	<i>38</i>
<i>Mezcla pobre</i>	<i>39</i>
Análisis de gases de la combustión	40

	10
Análisis de producto de combustión	40
Rendimiento de un motor	41
Potencia	41
Torque.....	42
Consumo de combustible.....	42
Emisiones del motor	44
<i>Dióxido de carbono (CO₂)</i>	<i>45</i>
<i>Monóxido de carbono (CO).....</i>	<i>46</i>
<i>Óxidos de nitrógeno (NO_x).....</i>	<i>46</i>
<i>Hidrocarburos (HC).....</i>	<i>47</i>
Normativas y estándares de emisiones	48
<i>Normas de emisiones Euro 2.</i>	<i>48</i>
<i>Normas de emisiones EPA</i>	<i>49</i>
<i>Normas de emisiones locales</i>	<i>50</i>
Equipos de medición	51
<i>Analizador de gases.....</i>	<i>51</i>
Funcionamiento y principios de medición	52
Parámetros medidos y su interpretación	54
Dinamómetro	55
Tipos de dinamómetros	56
<i>Dinamómetros de rodillo</i>	<i>56</i>

	11
<i>Dinamómetros electromagnéticos</i>	57
<i>Dinamómetros de Eddy current</i>	58
Procedimiento de medición.....	59
Capítulo III: Desarrollo del tema	62
Analizador de gases de escape.....	62
Ficha técnica del motor G16b.....	63
Parámetros recolectados previo a la reparación	64
Parámetros recolectados previo a la reparación.	66
Motor en condiciones actuales	67
Consumo de combustible antes.....	69
Motor Reparado.....	70
Emisiones del motor	70
Consumo de combustible.....	72
Análisis de resultados	73
Emisiones de gases	73
Emisiones de hidrocarburos	74
Análisis del consumo de combustible.....	74
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	76
Conclusiones.....	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía	78

Anexos.....85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Comparación del rendimiento del motor Diesel y Gasolina</i>	24
Figura 2	<i>Parámetros de Torque y Potencia</i>	25
Figura 3	<i>Potencia y par de moto</i>	26
Figura 4	<i>Torque del motor de combustión interna</i>	28
Figura 5	<i>Medición de relación de potencia de un motor de combustion</i>	29
Figura 6	<i>Funcionamiento de un M.C.I</i>	31
Figura 7	<i>Analizador de gases</i>	32
Figura 8	<i>Relación de compresión del MCI</i>	37
Figura 9	<i>Relación estequiométrica de un M.C.I</i>	38
Figura 10	<i>Mezcla rica</i>	39
Figura 11	<i>Mezcla pobre</i>	39
Figura 12	<i>Gases producidos por un M.C.I</i>	40
Figura 13	<i>Rendimiento de un motor</i>	41
Figura 14	<i>Potencia y Torque de un motor</i>	42
Figura 15	<i>Consumo de combustible</i>	43
Figura 16	<i>Gases de escape de un motor</i>	44
Figura 17	<i>Contaminación de dióxido de carbono (CO₂)</i>	45
Figura 18	<i>Gases nocivos de contaminación</i>	47
Figura 19	<i>Impacto de emisión de gases</i>	49
Figura 20	<i>Emisión de gases de escape</i>	50
Figura 21	<i>Equipo analizador de gases</i>	52
Figura 22	<i>Conector de analizador de gases</i>	53
Figura 23	<i>Dinamómetro Automotriz</i>	56
Figura 24	<i>Dinamómetro de rodillo</i>	57

Figura 25 <i>Dinamómetro electromagnético</i>	58
Figura 26 <i>Dinamómetro de Eddy current</i>	59
Figura 27 <i>Analizador de gases de escape</i>	62
Figura 28 <i>Tacómetro Automotriz</i>	65
Figura 29 <i>kilometraje del motor</i>	66
Figura 30 <i>Ruta establecida para la respectiva prueba</i>	68
Figura 31 <i>Carga de combustible</i>	69
Figura 32 <i>Análisis de gases de escape</i>	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Emisiones de gases contaminantes</i>	33
Tabla 2 <i>Parámetros y ciclos de trabajo de emisión de gases de escape</i>	34
Tabla 3 <i>Ciclos de prueba de emisión de gases de escape</i>	34
Tabla 4 <i>Límite de emisiones a marcha mínima o relanti</i>	61
Tabla 5 <i>Parámetros y características de motor</i>	63
Tabla 6 <i>Parámetros de emisión de gases de un M.C.I.</i>	65
Tabla 7 <i>Valores medidos previo a la reparación</i>	67
Tabla 8 <i>Valores medidos posterior a la reparación</i>	71
Tabla 9 <i>Valores tomados previo y posterior a la reparación</i>	73
Tabla 10 <i>Valores de HC medidos antes y después</i>	74

Resumen

Para la ejecución del siguiente proyecto se procedió a realizar mediciones de gases de escape antes de realizar una debida reparación del motor de combustión G16b, de esta forma se empezaron tomar los datos correspondientes como lo muestra el analizador de gases, de igual forma luego de la operación se realizaron las pruebas en carretera correspondientes para la recopilación de datos tanto para obtener parámetros de torque, potencia y consumo de combustible. Una vez finalizada la reparación, se realizó la misma prueba de análisis de gases de escape, en la que se siguen los pasos correspondientes anterior de la reparación, manteniendo los mismos parámetros para obtener resultados fijos para realizar las respectivas comparaciones, de la misma forma se realizaron las mismas pruebas, cumpliendo los mismos parámetros fijados antes de la reparación y cubriendo los mismos recorridos, de tal forma que se continúa con la recopilación de datos. Finalmente se realizaron una respectiva comparación donde se analizaron y compararon los datos correspondientes al antes y después de la reparación, donde obtuvimos mejoras en el rendimiento, potencia y consumo de combustible que nos ayudaran a reducir la contaminación de gases y mantener el motor dentro de los parámetros establecidos por las normas gubernamentales de nuestro país.

Palabras clave: Motor G16b, Gases de escape, análisis de combustión, parámetros de motor

Abstract

For the execution of the following project, exhaust gas measurements were carried out before carrying out a proper repair of the G16b combustion engine, in this way the corresponding data was taken as shown by the gas analyzer, in the same way after the operation, the corresponding road tests were carried out for the collection of data both to obtain torque, power and fuel consumption parameters. Once the repair was completed, the same exhaust gas analysis test was carried out, in which the corresponding previous steps of the repair are followed, maintaining the same parameters to obtain fixed results to make the respective comparisons, in the same way They carried out the same tests, complying with the same parameters set before the repair and covering the same routes, in such a way that the data collection continues. Finally, a respective comparison was made where the data corresponding to before and after the repair were analyzed and compared, where we obtained improvements in performance, power and fuel consumption that would help us reduce gas pollution and keep the engine within the limits parameters established by the government regulations of our country.

Keywords: G16b engine, exhaust gases, combustion analysis, engine parameters

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Según, (Resumen Boletines - Instituto Mexicano del Transporte, 2023) el tráfico no evita esta actividad, las emisiones son objeto de una discusión especial porque son producto de la combustión que tiene lugar en los motores cuando producen energía para controlar el movimiento de los vehículos. Como una parte se han realizado esfuerzos para reducir los efectos negativos de las emisiones de los motores y las propias emisiones, anunció varias estrategias que tienen implicaciones internacionales para las tecnologías que se están implementando: conversión de energía más eficiente. Un tema importante está dedicado a la regulación de emisiones, que nació en la década de 1960 con los primeros intentos de promover acciones de preocupación por mantener un ambiente saludable. La combustión es una reacción de oxidación química en la que un elemento combustible (en este caso hidrocarburos que componen la gasolina o el combustible diésel) se combinan con un oxidante, generalmente oxígeno. Esta combinación produce una serie de productos de reacción y una gran cantidad de calor.

Los hidrocarburos son solo carbono e hidrógeno, por lo que solo el CO₂ y el agua se queman con oxígeno. Sin embargo, dado que la atmósfera contiene un 21 % de oxígeno, un 78 % de nitrógeno y un 1 % de otros gases, inevitablemente produce otros productos como el NO_x. Además, algunos hidrocarburos no se queman durante la combustión y se liberan a la atmósfera en forma de CO₂, hidrocarburos no quemados y material particulado. Los motores de gasolina emiten CO₂, CO, hidrocarburos no quemados y NO_x a la atmósfera en orden de importancia. El CO₂ es también el principal contaminante en los motores de encendido por compresión.

Le sigue el NOx, que ocupa una situación similar a la del material particulado. (Resumen Boletines - Instituto Mexicano del Transporte, 2023)

Existen regulaciones gubernamentales que establecen límites a las emisiones de gases de efecto invernadero escape del vehículo. Es importante que los técnicos automotrices estén familiarizados con estas regulaciones y sepan cómo realizar el análisis de gases de escape de manera adecuada para asegurarse de que los vehículos que salen de su taller cumplan con las normas. (Union of Concerned Scientists, s.f.)

Se debe considerar la siguiente información de (Emisiones de CO2 de los coches, 2019), que informa sobre: “Los primeros estudios sobre la contaminación de los gases de escape de los vehículos se iniciaron en la década de 1950, y en los años siguientes se desarrollaron normas para reducir las emisiones de los vehículos a través del uso de catalizadores y otras tecnologías”.

A pesar de estos avances, la contaminación de los gases de escape sigue siendo un problema en muchos lugares del mundo, y se están realizando esfuerzos continuos para encontrar nuevas formas de reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire. (Simioni, 2003)

Planteamiento del problema

El motor de combustión interna es un componente básico de los automóviles, y su rendimiento y Las emisiones tienen un impacto significativo en la eficiencia del vehículo y el impacto ambiental. Sin embargo, es común que los motores experimenten fallas o disminuciones en su rendimiento a lo largo del tiempo, lo cual puede resultar en un aumento de las emisiones contaminantes. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas y conocimientos para realizar

mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16B, tanto antes como después de su reparación, con el fin de evaluar su estado y tomar acciones correctivas.

El objetivo de esta investigación sería analizar y comparar las mediciones de rendimiento y emisiones de un motor de combustión interna antes y después de la optimización del sistema de combustión, con el fin de evaluar los efectos de la optimización en el rendimiento y las emisiones del motor.

Para desarrollar esta investigación, se podría considerar la realización de pruebas de rendimiento y emisiones del motor antes y después de la optimización, utilizando equipos de medición especializados y protocolos de prueba estandarizados.

El análisis de datos también se puede realizar para identificar los factores que afectan el rendimiento y las emisiones del motor.

Justificación

La razón fundamental de esta investigación es la importancia actual de reducir las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia energética de los motores de combustión interna. Ante la creciente preocupación por el cambio climático, la industria automotriz busca tecnologías más avanzadas y eficientes que puedan reducir las emisiones contaminantes.

En general, los gases de escape son los gases producidos por un motor de combustión interna que se liberan a la atmósfera a través de los tubos de escape o las fuentes de escape del vehículo. Estos gases pueden contener contaminantes y residuos tóxicos que pueden afectar negativamente a la salud humana y al medio ambiente.

Realizar mediciones de rendimiento y emisiones en el motor es de vital importancia para garantizar su correcto funcionamiento y cumplir con los estándares ambientales establecidos. Estas mediciones permiten identificar posibles problemas y evaluar el impacto de las reparaciones realizadas. Además, ayudan a mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor, lo cual tiene beneficios tanto económicos como ambientales. Por lo tanto, es fundamental que los estudiantes de tecnología automotriz adquieran las habilidades necesarias para realizar estas mediciones y evaluar el rendimiento y las emisiones del motor.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar mediciones de rendimiento y emisiones en el motor G16B, previo y posterior a su reparación.

Objetivos Específicos

- Familiarizarse con los conceptos y parámetros clave relacionados con el rendimiento y las emisiones de los motores de combustión interna.
- Conocer las normativas y estándares aplicables a las emisiones de los motores de automóviles.
- Determinar los parámetros a ser medidos y las herramientas necesarias que se van a ocupar mediante el análisis de los gases de escape.
- Medir emisiones de gases, consumo de combustible, rendimiento del motor y demás parámetros característicos del mismo.
- Analizar los valores medidos antes y después de la reparación del motor.

Alcance

El proyecto analizará las medidas de rendimiento y salida de emisiones del motor G16B antes y después de que se haya modificado o realizada su respectiva reparación. Se utilizarán equipos de prueba y medición adecuados y se evaluarán los parámetros que son los componentes clave relacionados con el rendimiento y las emisiones. El nivel de servicio no incluye atención directa al motor, pero si es necesario, se pueden utilizar las acciones de reparación y cambios necesarios para mejorar su rendimiento y reducir las emisiones del

motor. El proyecto se centrará en el análisis y comparación de los resultados obtenidos, así como en la adecuada documentación de todas las medidas y actuaciones realizadas. Todo este proyecto se demostrará realizando un control respectivo después de su reparación, de esa manera se comprobará los resultados obtenidos después de la respecta reparación, la ayuda de tablas de medicines tomados al inicio del proyecto serán comparadas ya una vez terminadas con su respectiva reaparición de esa manera podremos demostrar que un motor reparado y establecido con las normas gubernamentales de cada país nos brindan un auto seguro y confiable para la circulación pública.

Capítulo II

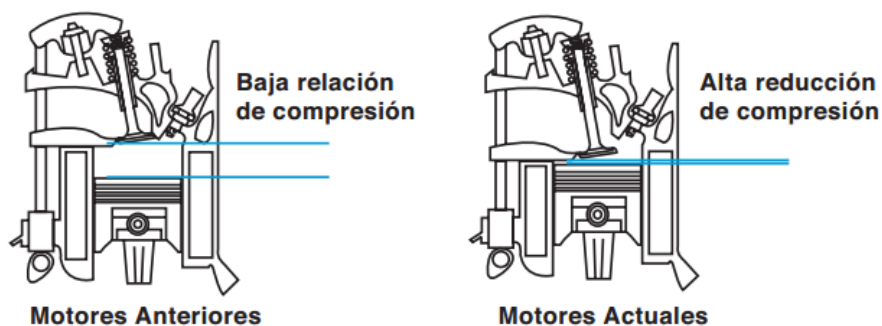
Marco teórico

Rendimiento del motor

La potencia del motor es la eficiencia con la que un motor convierte la energía obtenida al quemar combustible en energía mecánica que se puede utilizar para propulsar un vehículo. Se puede medir en términos de la cantidad de energía que se está produciendo en comparación con la cantidad de energía que se está consumiendo. En general, los motores de alta potencia pueden producir más potencia con menos combustible, lo que los hace más eficientes energéticamente y más baratos de operar. Los motores con alto rendimiento suelen tener diseños que permiten una mejor combustión, mayor capacidad de refrigeración y una mejor relación de compresión. Además, la tecnología y los avances en motores también pueden contribuir a mejorar el rendimiento del motor. (Estaciones de Servicio Zoilo Ríos, s.f.)

Figura 1

Comparación del rendimiento del motor Diesel y Gasolina



Nota. La imagen muestra la comparación de rendimiento y potencia de un motor diésel y gasolina.

Tomado de (Moresa, s.f.)

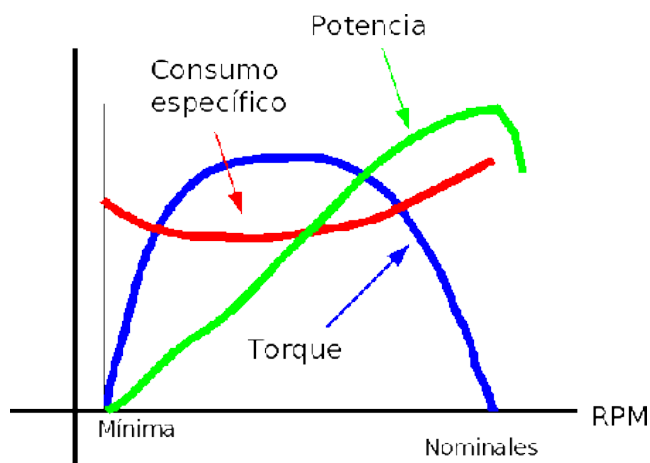
Curvas características de un motor de combustión interna

Las métricas principales de un motor de combustión interna no son constantes en todo el rango operativo, el consumo de combustible, el par y la potencia de salida varían con la velocidad del motor. Estos valores varían ligeramente con el tipo y condición del motor, pero las curvas mostradas generalmente exhiben un perfil de comportamiento característico.

El eje horizontal representa una mayor velocidad y el eje vertical representa una mayor potencia, par y consumo de combustible. El consumo de combustible es la cantidad de combustible utilizado para producir la planta. Ejemplo: gramos/kilovatio hora. (sabelotodo. org, s.f.)

Figura 2

Parámetros de Torque y Potencia



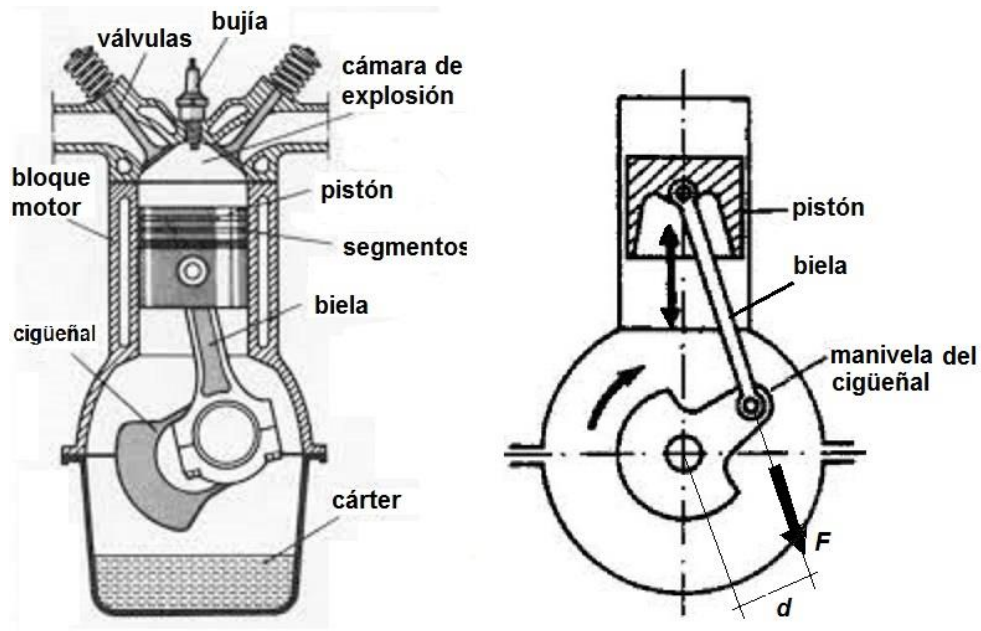
Nota. En la imagen se muestra la curva característica de torque y potencia de un motor de combustión interna en su funcionamiento adecuado. Tomado de (sabelotodo. org, s.f.)

Potencia del motor

La potencia de salida de un motor de combustión interna aumenta a medida que aumenta hasta la velocidad máxima. Un valor de velocidad nominal que comienza a disminuir bruscamente, especialmente con respecto a la velocidad motor diésel.

Figura 3

Potencia y par de motor



Nota. En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento de un motor de combustión interna.

Tomado de (Ingemecanica.com, s.f.)

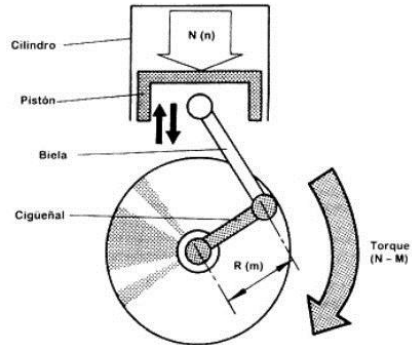
Par motor

Los valores altos de torque se logran a velocidades medias, pero los valores máximos dependen del tipo y condición del motor. Si un motor desarrolla un par máximo a una velocidad relativamente baja, se dice que es potente porque puede adaptarse bien a los cambios de carga reduciendo la velocidad y aumentando el par. Ejemplo: Subir una colina. En general, este punto de par máximo está determinado por las siguientes reglas generales:

- Para los motores de gasolina, el punto de máxima velocidad en el rango de operación es más bajo que para los motores diésel.
- En los motores de gasolina, el punto de par máximo disminuye a medida que aumenta la carrera del pistón.
- La carrera de los motores de gasolina se ha vuelto cada vez más pequeña en el proceso de desarrollo, por lo que se puede decir que el par máximo de los motores modernos es mayor que el de los motores antiguos.
- Los motores diésel de inyección directa ofrecen un par máximo a rpm más altas, mientras que los motores diésel de inyección indirecta con cámaras MAN ofrecen un par máximo (más resistente) a rpm más bajas. (sabelotodo.org, s.f.)

Figura 4

Torque del motor de combustión interna



Nota. En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento interno de un motor de combustión interna, realizando su trabajo respectivo de funcionamiento. Tomado de (Talleres y Repuesto.com, s.f.)

¿Cómo se mide la potencia del motor?

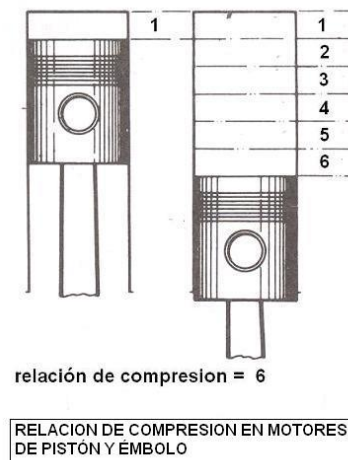
La potencia del motor se puede medir directa e indirectamente. Cuando se mide directamente, se calcula a partir de la potencia de entrada y salida del eje del motor. Sin embargo, la medición indirecta de la potencia del motor provoca pérdidas en el motor. Los motores pueden experimentar pérdidas de carga eléctricas, magnéticas, mecánicas o adicionales. (Estaciones de Servicio Zoilo Ríos)

- Las pérdidas eléctricas aparecen como calor y aumentan rápidamente con la carga del motor.
- Las pérdidas magnéticas son causadas por corrientes generadas en las bobinas del motor durante la operación.

- Las pérdidas mecánicas se producen por el rozamiento de los rodamientos del vehículo y el funcionamiento de los elementos giratorios del motor, como el ventilador.
- Las pérdidas adicionales están relacionadas con la carga del motor. Aquí entran en juego varios factores que se derivan del comportamiento general del motor. (Estaciones de Servicio Zoilo Ríos)

Figura 5

Medición de relación de potencia de un motor de combustión interna



Nota. En la siguiente imagen se muestra la relación estequiometría de un motor de combustión interna. Tomado de (FullMecanica.com, s.f.)

Motores Gasolina

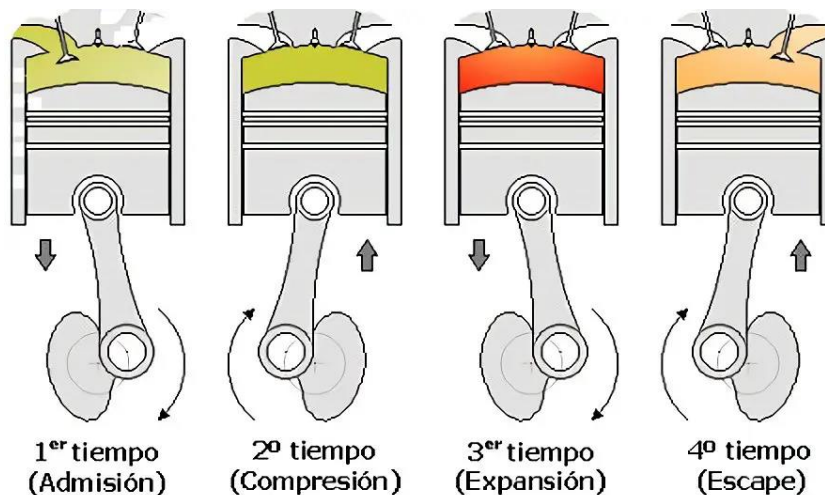
Un motor de gasolina se puede definir como un motor termodinámico que convierte la energía química de ignición inducida por la mezcla de aire y combustible en energía mecánica para afectar la transmisión del vehículo.

Generalmente se considera que los motores de gasolina funcionan mejor, especialmente cuando se consideran criterios como la velocidad y la capacidad de aceleración, porque la combustión produce más potencia, pero la potencia siempre depende del octanaje del combustible utilizado. Algunas personas creen que los motores diésel tienen un mejor rendimiento, pero los motores diésel optimizan la carga de aire en la cámara de combustión y utilizan aire con una relación de compresión más alta, por lo que se deben considerar otros factores, como la relación de compresión. alrededor de 18:1 significa que se puede hacer el mismo trabajo con menos combustible. En términos relativos, se puede decir que el motor de gasolina es fácil de girar porque es liviano. Entonces, en general, podemos decir que los motores de gasolina funcionan mejor a altas revoluciones.

La eficiencia del motor de gasolina es la relación entre la energía que produce el motor y la energía que consume. Para mejorar la eficiencia, es necesario reducir las pérdidas de energía producidas por la fricción, el rozamiento y la ineficiencia del carburador, además de hacer un uso adecuado de las capacidades del motor, como mantener una velocidad constante y reducir la carga en el acelerador. También es importante verificar regularmente el nivel y la calidad del aceite y el combustible utilizados, realizar mantenimiento periódico al sistema de combustible y reducir la carga innecesaria en el vehículo. (RO-DES)

Figura 6

Funcionamiento de un M.C.I



Nota. En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento del ciclo de trabajo de un motor de combustión interna de 4 tiempos. Tomado de (Menna, 2021)

El analizador de combustión

Un analizador de combustión simple es un contador que dispone de dos sensores de temperatura, uno de temperatura ambiente y otro de temperatura de humos, un manómetro para controlar el tiro en aparatos canalizados (con chimenea), y dos sensores electroquímicos para medir la concentración de CO y O₂ en la combustión.

Además de los parámetros medidos, el analizador calcula indirectamente otros valores importantes para la evaluación de la calidad de la combustión, como la concentración de CO₂, el exceso de aire o la pérdida de calor por los gases de escape. (Bruno, 2021)

Figura 7

Analizador de gases



Nota. En la siguiente imagen se muestra el respectivo analizador de gases que fue utilizado para el respectivo proyecto. Tomado de (AUTECH :: Empresa con amplia trayectoria en la comercialización de todo tipo de Equipos y Herramienta Automotriz - Herramientas Automotrices Herramienta Automotriz Herramientas para Taller Mecánico Herramientas para Mecánica Equipos de Diagnóstico Automóvil, 2023)

Normativas Técnicas de regulación y control

La norma NTE INEN 2204 está vigente en el Ecuador desde el año 2002. Esta norma técnica regula los límites permisibles de emisiones de los vehículos con motor de gasolina. A pesar de los avances tecnológicos en el sector automotriz, el marco regulatorio del país está desactualizado y los límites de descarga electrostática no han cambiado. Además, no se adaptan a los aspectos y características técnicas, sociales y geográficas de su entorno. (Universidad Internacional del Ecuador)

Los vehículos con motor a gasolina que operen en el país deben cumplir con todos estos requisitos especificados. Límites máximos de emisión permisibles para fuentes de energía móviles que funcionan con gasolina. Desempleado (prueba estática). Las fuentes de alimentación móviles que funcionan con gasolina no deben emitir niveles excesivos de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) al aire en reposo o en reposo y temperaturas de funcionamiento normales. (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)

Tabla 1

Emisiones de gases contaminantes en relanti y en altas revoluciones

Año modelo	% CO*		Ppm HC*	
	0-1500*	1500-3000**	0-1500**	1500-3000*
2000 y posteriores	1.1	1.0	200	200
1990 a 1999	3.5	4.5	650	750
1989 y anteriores	5.5	6.5	1000	1200

- Volumen (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)
- ** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Nota. La tabla muestra los límites máximos y permítios de emisiones contaminantes de los motores de combustión interna, tanto como a marcha mínima y relanti. tomado de (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)

Tabla 2

Parámetros y ciclos de trabajo de emisión de gases de escape

Categoría del vehículo	Peso del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/kg	HC g/kg	NOx g/kg	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículo Livianos			210	0.25	0.62		2
Vehículos Medianos	≤ 3 860	≤ 1 700	6.2	0.5	0.62	FTP - 75	2
		1 700 – 3 860	6.2	0.5	0.75		2
Vehículos pesados	> 3860 ≤ 6 350		14.4	1.1	5.0	Transporte pesado	2
		> 6350	3.1	1.9	5.0		4

Nota. La siguiente table nos indica los límites máximos de emisiones de los motores de combustión interna de los años 2000 con ciclos americanos. Tomado de (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)

Tabla 3

Ciclos de prueba de emisión de gases de escape

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia kg	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 (1)	≤ 3 500		2.72	0.97	CE 15 + EUDC	2
		< 1 250	2.72	0.97		2
M1 (2)N1		> 1250 < 1700	5.17	1.4		2

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia kg	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
		>1700	6.9	1.7		2

Prueba realizada a nivel del mar

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menos o igual a 2,5 toneladas

(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

Nota. En la siguiente tabla se muestra los ciclos de prueba de un motor de combustión interna, tanto como cargado y con el vehiculó descargado. Tomado de (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)

Normativas Técnicas

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:2013

Esta norma específica métodos de medición para determinar los valores de emisión de gases y partículas para motores de combustión interna (RCI) de pistón para aplicaciones no automotrices. (Esparza, s.f.)

Norma INEN 2204

Este reglamento autoriza límites para las emisiones contaminantes y gaseosas de los vehículos equipados con motores de combustión interna y, según se especifica en los numerales 3.24 y 3.25, para los vehículos móviles de hasta tres ruedas. Esta mezcla no es adecuada para motores de un solo pistón, estacionarios, marinos, de tracción, ferroviarios, aeronáuticos, de tractores, mecánicos e industriales. (Esparza, s.f.)

Normativa INEN 2205

Este reglamento se aplica a los autobuses urbanos y establece una serie de requisitos que deben cumplirse para garantizar un nivel adecuado de seguridad y protección para los pasajeros. Este reglamento cubre el transporte y los vehículos de uso público urbano.

(Esparza, s.f.)

Normativa INEN 2207

Este reglamento establece límites en el uso y la contaminación de los vehículos con motor diésel, con el objetivo de reducir la contaminación a un nivel más bajo. (Esparza, s.f.)

Normativa INEN 2349

Este reglamento se dirige a los procesos de inspección de vehículos que deben realizar las comprobaciones adecuadas de los sistemas y componentes funcionales para pasar cada revisión de los parámetros operativos. (Esparza, s.f.)

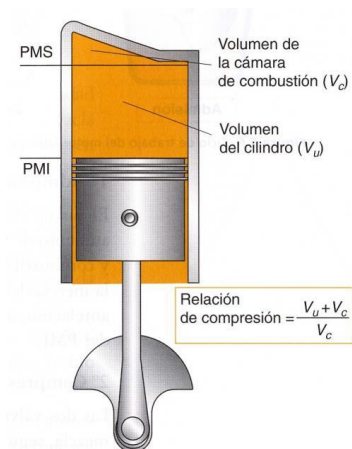
Parámetros de rendimiento del motor***La relación de compresión***

Esto es cuando la diferencia en el volumen de la mezcla de aire/combustible (solo se inyecta el aire del motor diésel) se inyecta y ya se explota en el cilindro. También se puede interpretar como una diferencia de volumen entre las dos posiciones extremas en el pistón en el cilindro. Cuando está en PMI (punto inferior), y cuando sube PMS (punto muerto superior). La

tasa de compresión tiene un efecto directo en el rendimiento térmico. En otras palabras, el uso del motor de combustión proporcionado al cilindro y el uso de energía generado a partir de la mezcla de combustible. Cuanto mayor sea la compresión, mayor es el rendimiento, mayor será el rendimiento y, en principio, el diésel tiene un rendimiento mayor que la gasolina. (Plaza, Motor.es, 2020)

Figura 8

Relación de compresión del MCI



Nota. En la imagen se muestra el resultado de análisis de relación de compresión de un motor de combustión interna. Tomado de (Tabilondo, 21)

La relación estequiométrica

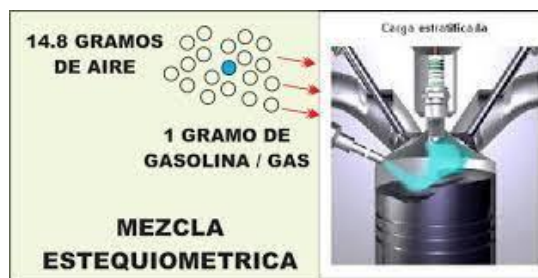
También conocida como mezcla estequiométrica, esta es la proporción ideal de aire/combustible requerida para la combustión más eficiente posible. Esta relación se mide por peso en lugar de volumen y generalmente se expresa en gramos. (Plaza, Motor.es, 2020)

En función del tipo de combustible se obtienen las siguientes relaciones estequiométricas:

- Motor de gasolina: 14,7 partes de aire por gasolina.
- Motor diésel: 14,5 partes de aire por diésel.
- Motor de etanol: 6,7 partes de aire por 1 parte de etanol.
- Motor GLP: 15,63 partes de aire por cada GLP.
- Motor GNC: 17,4 partes de aire por cada gas natural comprimido

Figura 9

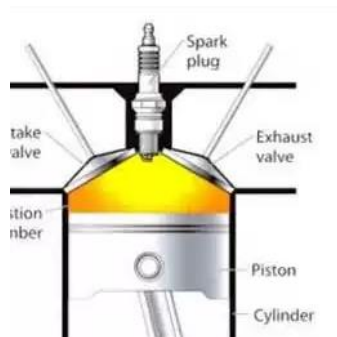
Relación estequiométrica de un M.C.I



Nota. En la siguiente imagen se muestra la mezcla estándar de aire y combustible que necesitan los motores de combustión interna, para su respectivo funcionamiento. Tomado de (15, 2015)

Mezcla rica

La mezcla más rica es la que tiene más combustible. Esto le da más potencia al motor. Aunque se producen más consumos y más emisiones contaminantes. Al igual que la mezcla pobre, no se puede usar en motores con convertidores catalíticos. (Yaiza, 2020)

Figura 10*Mezcla rica*

Nota. En la siguiente imagen se muestra la mezcla rica de un motor de combustión interna que contine más gasolina que aire. Tomado de (Salinas, 2023)

Mezcla pobre

Una mezcla pobre es aquella donde el factor lambda es mayor que 1 o un valor equivalente y donde la relación aire-combustible es mayor que la relación estequiométrica. Esto significa que el motor utiliza menos combustible de lo ideal y consume menos. (Yaiza, 2020)

Figura 11*Mezcla pobre*

Nota. En la siguiente imagen se muestra la mezcla pobre de la combustión, en donde posee más aire que combustible. Tomado de (Salinas, 2023)

Análisis de gases de la combustión

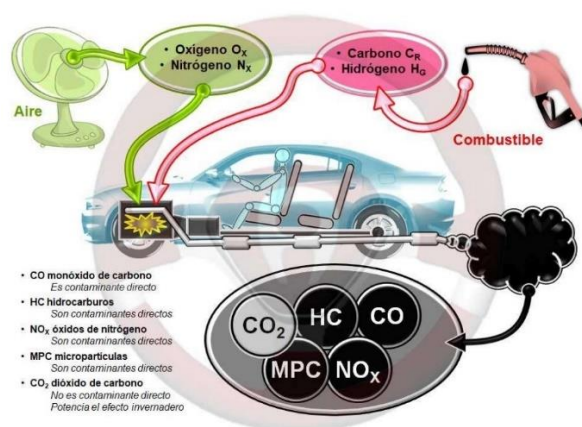
La relación de aire y combustible de un motor que se produce durante el trabajo del motor, al momento de tener una mezcla estequiométrica pobre, la potencia del motor disminuirá, pero los costos de gasto del combustible subirán, de la misma forma al tener una mezcla rica el rendimiento aumentará de la misma manera que el consumo de combustible.

Análisis de producto de combustión

El laboratorio utiliza el aparato de Orsata, que consiste en una bureta de medición y una serie de pipetas de absorción para mezclas que contienen dióxido de carbono, oxígeno o monóxido de carbono, sin embargo, para otros se pueden agregar pipetas adicionales gases. En la actualidad, el equipo utilizado para el análisis de productos combustión son tecnológicamente avanzados, tienen componentes eléctricos y dispositivos electrónicos más precisos como un analizador de gases y un medidor de humo. (Admin, 2022)

Figura 12

Gases producidos por un M.C.I



Nota. En la siguiente imagen se muestra los gases nocivos que son producidos por los motores de combustión interna. Tomado de (Automovil, 2021)

Rendimiento de un motor

La potencia del motor es la relación entre la distancia recorrida y los litros de combustible consumidos en esa distancia. El sentido más técnico de la palabra "potencia" se refiere a la relación entre la potencia de salida y el consumo de energía. Esto plantea la cuestión de cuántos litros de gasolina o gasóleo consume un coche privado por kilómetro.

(Estaciones de Servicio Zoilo Ríos)

Figura 13

Rendimiento de un motor



Nota. En la imagen se aprecia el análisis y el rendimiento del motor. Tomado de (Estaciones de Servicio Zoilo Ríos, 2020)

Potencia

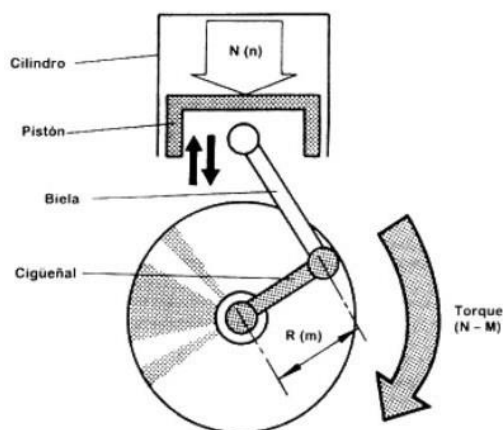
La potencia del motor se mide en caballos de fuerza (hp) y se refiere a la cantidad de potencia que un motor puede producir en un período de tiempo determinado. La potencia del motor es importante ya que afecta la rapidez con la que viaja y acelera el vehículo. (Plaza, Motor.es, 2019)

Torque

El par, por otro lado, se mide en libras-pie (lb-ft) y se refiere a la fuerza de rotación que puede producir un motor. La torsión es importante porque afecta la capacidad de un vehículo para remolcar cargas pesadas y atravesar pendientes pronunciadas e inclinaciones. (Plaza, Motor.es, 2019)

Figura 14

Potencia y Torque de un motor



Nota. En la imagen se muestra el trabajo de potencia y torque que se realiza dentro de la cámara de combustión de un motor. Tomado de (motor.)

Consumo de combustible

El consumo de combustible es la cantidad de combustible utilizada por un motor o vehículo durante un período de tiempo. En otras palabras, la cantidad de gasolina, diésel, electricidad u otro tipo de combustible necesario para hacer funcionar un motor o vehículo

durante un período de tiempo. La economía de combustible se puede medir en diferentes unidades según el tipo de combustible y el país. Por ejemplo, millas por galón (mpg) en Estados Unidos y litros por 100 kilómetros (L/100 km) en Europa. La economía de combustible es un factor importante a considerar al elegir un automóvil, ya que afecta directamente el costo de funcionamiento y la eficiencia del combustible del automóvil. (RO-DES, 2022)

Figura 15

Consumo de combustible



Nota. En la siguiente imagen se muestra el consumo de combustible de un automóvil que realiza maniobras a un cierto límite de velocidad. Tomado de (Asalto, 2022)

Es importante comprender que la potencia y el par no son lo mismo y pueden afectar el rendimiento del motor de diferentes maneras. Por ejemplo, un motor de alto par, pero de baja potencia puede ser mejor para aplicaciones de alta carga y para subir colinas empinadas, y un motor de alta potencia, pero de bajo par puede ser mejor para aplicaciones de alta velocidad y aceleración rápida. (RO-DES, 2022)

Emisiones del motor

Un contaminante común que se encuentra en los gases de escape de los motores de combustión interna. El escape del automóvil es el gas que se produce cuando el combustible se quema en el motor. Estos gases suelen ser emitidos por el sistema de escape del vehículo y pueden contener varios contaminantes, como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas. La contaminación del aire es un problema ambiental grave en todo el mundo, y los automóviles son una fuente importante de contaminantes. El escape de los motores de los vehículos es una fuente importante de estos contaminantes, que pueden tener una variedad de efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.

Es importante que los fabricantes de automóviles trabajen para desarrollar motores más eficientes que emitan menos contaminantes, y que los conductores mantengan sus vehículos en buen estado para reducir las emisiones contaminantes. Además, los reglamentos gubernamentales pueden ayudar a establecer límites para las emisiones de vehículos con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente. (canalMOTOR, 2022)

Figura 16

Gases de escape de un motor



Nota. En la siguiente imagen se observa la contaminación producida por los gases de escape de los vehículos. Tomado de (canalMOTOR, 2022)

Dióxido de carbono (CO₂)

Los gases de escape de los motores de los vehículos pueden contener diversos contaminantes, como el dióxido de carbono. El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inodoro y no inflamable que se produce cuando se queman combustibles carbonosos como la gasolina y el diésel en los motores de los vehículos. El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero emitido por los gases de escape de los vehículos y contribuye al calentamiento global y al cambio climático al almacenar calor en la atmósfera terrestre. Por lo tanto, es importante que los automovilistas y los fabricantes de vehículos se esfuercen por reducir las emisiones de CO₂ conduciendo y construyendo vehículos que sean más eficientes y limpios en términos de emisiones. (Fidalgo, 2015)

Figura 17

Contaminación de dióxido de carbono (CO₂)



Nota. En la siguiente imagen se observa la contaminación del humo de los gases de escape que contienen partículas de dióxido de carbono que son dañinas para el medio ambiente.

Tomado de (Diaz, 2020)

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas nocivo que se encuentra en los gases de escape de los automóviles. Es un gas incoloro e inodoro que puede ser difícil de detectar sin el equipo adecuado. Cuando se inhala monóxido de carbono, se une a la hemoglobina en lugar de al oxígeno, lo que reduce la cantidad de oxígeno que llega a los órganos y tejidos del cuerpo. La inhalación de grandes cantidades de monóxido de carbono puede causar una intoxicación grave e incluso la muerte. Es importante que el vehículo esté en buenas condiciones y equipado con un sistema de escape adecuado para minimizar las emisiones de gases nocivos. También es importante no hacer funcionar el motor de su vehículo en un garaje cerrado u otra área confinada, ya que pueden acumularse niveles peligrosos de monóxido de carbono y causar envenenamiento por monóxido de carbono. (US EPA, 2015)

Óxidos de nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son gases nocivos que se encuentran en los gases de escape de los automóviles. Este gas es nocivo para la salud y también puede provocar la contaminación del aire. El NOx se forma cuando se queman combustibles fósiles en motores de combustión interna, como los motores de vehículos. Las emisiones de NOx pueden reducirse mediante sistemas de control de emisiones. Los vehículos más nuevos están equipados con sistemas de control de emisiones como los sistemas SCR (reducción catalítica selectiva) que reducen las emisiones de NOx al convertirlas en nitrógeno y agua. Es importante minimizar las emisiones de NOx de su vehículo y asegurarse de que su sistema de escape esté en buenas condiciones. También es importante tener en cuenta que ciertas condiciones ambientales, como el calor y la contaminación del aire, pueden aumentar las emisiones de NOx. (España, 2022)

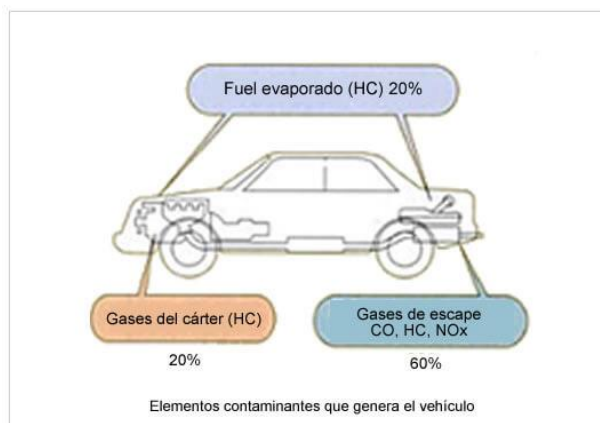
Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos son uno de los principales componentes de los gases de escape de los vehículos. Son causados por la combustión incompleta de combustibles fósiles en los motores de los vehículos. Los hidrocarburos (HC) son compuestos orgánicos formados solo por átomos de carbono e hidrógeno y pueden ser nocivos para la salud humana. Los hidrocarburos pueden contribuir a la formación de la niebla fotoquímica y también pueden ser un factor en la formación de ozono a nivel del suelo.

Para minimizar las emisiones de hidrocarburos en los gases de escape del vehículo, es importante asegurarse de que el sistema de escape esté en buenas condiciones y que el motor esté funcionando correctamente. Además, los vehículos modernos están equipados con sistemas de reducción de emisiones, como el sistema de convertidor catalítico, que reduce las emisiones de hidrocarburos. (Los hidrocarburos - EVE, s.f.)

Figura 18

Gases nocivos de contaminación



Nota. En esta imagen se observa los elementos contaminantes que son producidos por el motor. Tomado de (Ingenius, 2016)

Normativas y estándares de emisiones

Normas de emisiones Euro 2.

La normativa Euro 2 se refiere a los límites máximos de emisiones permitidos para los vehículos nuevos vendidos en la Unión Europea (UE). Establecida en 1996, esta normativa estableció límites más estrictos para las emisiones de gases de escape de los vehículos, incluyendo hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

Con la normativa Euro 2, se establecieron límites más estrictos en las emisiones de los vehículos diésel, con límites de emisiones de óxidos de nitrógeno y partículas más reducidos. También se han endurecido los límites de emisión para vehículos de gasolina y se han agregado límites de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono. (Renting Finders, 2023)

En general, las normativas Euro se han vuelto más estrictas con el tiempo, con el objetivo de reducir aún más las emisiones de los vehículos y mejorar la calidad del aire. La normativa actualmente en vigor es la Euro 6d-Temp, que establece límites aún más bajos para las emisiones de gases de escape. (Renting Finders, 2023)

La norma Euro 2 define la diferencia entre los límites de emisión para motores de gasolina y diésel. Los límites de los motores de gasolina son 2,2 g/km para el monóxido de carbono (CO) y 0,5 g/km para los hidrocarburos (HC), sin tener en cuenta las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx). Los límites de emisión de los motores diésel son de 1 g/km para el monóxido de carbono (CO), 0,7 g/km para los hidrocarburos (HC) y 0,08 g/km para los óxidos de nitrógeno (NOx). (Renting Finders, 2023)

Figura 19

Impacto de emisión de gases



Nota. La imagen ilustra el impacto ambiental que se produce por las emisiones de los motores de combustión interna. Tomado de (Talleres_admin, 2028)

Normas de emisiones EPA

La EPA establece límites máximos de emisiones para contaminantes de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Unidos, incluyendo monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y otros contaminantes. Estos límites se han vuelto cada vez más estrictos a lo largo del tiempo con el fin de tener un aire limpio sin contaminación. (US EPA, 2016)

La EPA ha establecido una serie de estándares de emisiones para vehículos ligeros que son válidos para varios años modelo, a menudo agrupados en categorías de normas ("tiers") de emisiones. Los estándares de emisiones actuales se conocen como estándares Tier 3, establecidos para vehículos de modelos posteriores a 2017, los cuales establecen límites para CO, NO_x, partículas y otros contaminantes. (US EPA, 2016)

Además, para cumplir con estos estándares de emisiones de la EPA, muchos fabricantes han adoptado tecnologías como la inyección directa de combustible, la reducción catalítica selectiva (SCR) y la regeneración del sistema de filtración de partículas diésel (DPF). (US EPA, 2016)

Figura 20

Emisión de gases de escape



Nota. En la siguiente imagen se muestra la alta contaminación de un vehículo el cual no cumple con la normativa EPA, que busca la reducción de contaminación dentro de sus normas gubernamentales. Tomado de (Cesvimap, 2016)

Normas de emisiones locales

Las regulaciones locales de emisiones de contaminación de los gases de escape pueden variar dependiendo de la ubicación y el país en el que te encuentres. Generalmente, estas regulaciones se promulgan para mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación del aire. (UIDE, s.f.)

En los Estados Unidos, por ejemplo, la Ley de Aire Limpio establece límites máximos de emisiones para los nuevos vehículos y equipos, y establece normas para la calidad del combustible.

En la Unión Europea, por otro lado, los estándares de emisiones de los vehículos se basan en el estándar Euro 12, que se ha vuelto más estricto con el tiempo.

En América Latina, diferentes países tienen diferentes regulaciones de emisiones, como el Programa de Control Tecnológico Vehicular en México o la Norma de Emisiones de Vehículos en Colombia. (UIDE, s.f.)

Equipos de medición

Analizador de gases

Un analizador de gases de escape es un dispositivo para medir los gases de escape producidos durante la combustión. También conocidos como analizadores de gases evolucionados, miden con eficacia los diversos gases presentes y proporcionan una lectura de sus niveles. Algunos analizadores de gases también pueden identificar fuentes potenciales de incendio si se libera combustible accidentalmente. Otros modelos también pueden determinar la eficiencia del motor. (Instruments, 2021)

Figura 21

Equipo analizador de gases



Nota. En la siguiente imagen se observa el instrumento que se ocupa para medir los gases de escape de un motor. Tomado de (ingprosuppliers)

Funcionamiento y principios de medición

El analizador de gases de escape automotriz es un analizador de gases múltiples que mide monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), medición infrarroja de HC (NDIR), hidrocarburos dependientes del combustible (HC) y oxígeno (O₂). Los analizadores de gases utilizan sensores químicos y NDIR para el análisis de gases de combustión. Los analizadores de gases de escape de automóviles se utilizan principalmente para diagnosticar problemas de emisiones del motor con el fin de maximizar el rendimiento del motor. Los analizadores de gases brindan mediciones rápidas, confiables y precisas para ayudarlo a cumplir con los estándares de emisiones. Estos se utilizan para medir la cantidad de monóxido de carbono y otros gases. Tanto los analizadores de gases infrarrojos como los analizadores de gases químicos se utilizan para proporcionar eficiencia de combustión en tiempo real a través de mediciones de gases.

Otros usos incluyen verificar el funcionamiento del sistema de emisión por evaporación, las condiciones de arranque, las fugas en el sistema de escape, las fugas en el sistema de emisión por evaporación, el olor a combustible del vehículo, etc. (Instruments, 2021)

Un analizador de gases de escape ofrece resultados precisos cuando se utiliza correctamente.

Así es como funciona:

- Encienda el interruptor de alimentación.
- Conecte la manguera y la sonda.
- Compruebe el cero. (Si no es así, pulse el botón Cero)
- Una vez completado el cero, su analizador de gases está listo para analizar.

Compruebe las lecturas para verificar el funcionamiento del motor.

Figura 22

Conector de analizador de gases



Nota. En la imagen se muestra como es el procedimiento adecuado para realizar el análisis de gases de escape en un vehículo. Tomado de (metrologico, 2023)

Parámetros medidos y su interpretación

Las pruebas de emisiones se realizan para garantizar que el vehículo cumpla con las normas de emisiones aplicables y que el vehículo no emita cantidades excesivas de gases tóxicos. Los parámetros que se tienen en cuenta a la hora de medir las emisiones son:

- **Dióxido de carbono (CO₂):** este gas se produce cuando se quema combustible y es un indicador de la eficiencia del motor.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Este gas también se produce durante la combustión, pero puede ser tóxico en altas concentraciones. Por lo tanto, se toman medidas para que no se descarguen cantidades excesivas.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Este gas también se produce durante la combustión, pero puede ser tóxico en altas concentraciones. Por lo tanto, se toman medidas para que no se descarguen cantidades excesivas.
- **Óxidos de nitrógeno (NO_x):** Estos gases son producidos principalmente por los motores diésel y son muy nocivos para el medio ambiente. Se miden para asegurar que los valores estén dentro de los límites aceptables.

Partículas: este parámetro se relaciona con el tamaño de las partículas liberadas durante la combustión, que pueden ser tóxicas. Se mide en motores diésel y está ampliamente regulado. Es importante señalar que existen diferencias en los parámetros de medición de emisiones dependiendo de la normativa de emisiones que se aplique en cada país o región.

En Ecuador, la Agencia Reguladora de Bioseguridad y Cuarentena de Galápagos (ABG) es el organismo encargado de establecer la normativa sobre emisiones vehiculares. Algunos de los parámetros considerados al momento de medir las emisiones en Ecuador son:

- **Monóxido de carbono (CO):** medido para asegurarse de que no esté liberando demasiado de este gas tóxico.
- **Óxidos de nitrógeno (NOx):** estos gases son altamente dañinos para el medio ambiente y se miden para garantizar que los niveles estén dentro de los límites aceptables.
- **Hidrocarburos no quemados (THC):** estos compuestos también son contaminantes y se miden para verificar los niveles.
- **Dióxido de Carbono (CO₂) y Oxígeno (O₂):** Estos parámetros se miden para determinar la eficiencia de la combustión y la proporción de la cantidad de combustible y aire que ingresa al motor.

Dinamómetro

Un dinamómetro es un dispositivo utilizado para medir el rendimiento del motor. En el caso de los dinamómetros de automóviles, se mide el rendimiento de los motores de automóviles. El dinamómetro automotriz se utiliza para llevar a cabo pruebas de rendimiento en el motor de un vehículo, como la medición de la potencia y el par motor en las ruedas. Este dispositivo se conecta a las ruedas del vehículo para medir la fuerza y la velocidad de giro y, a partir de esa información, se puede calcular la potencia y el par motor.

Además, los dinamómetros automotrices también se utilizan para probar y desarrollar motores y para hacer ajustes en el sistema de control de emisiones. Esto permite a los fabricantes de vehículos asegurarse de que sus motores cumplan con las normativas de emisiones y de que sean eficientes en cuanto al consumo de combustible. (Metrología, s.f.)

Figura 23*Dinamómetro Automotriz*

Nota. En la imagen se observa el funcionamiento del dinamómetro automotriz en su respectivo banco de pruebas. Tomado de (automotriz)

Tipos de dinamómetros***Dinamómetros de rodillo***

Son los más utilizados en talleres de automóviles y son relativamente económicos. Funcionan mediante la aplicación de una carga de fricción a las ruedas del vehículo mientras se mide la potencia que se necesita para mantener la velocidad del motor a un nivel constante.

Figura 24*Dinamómetro de rodillo*

Nota. En la siguiente imagen se observa el dinamómetro de rodillo que es utilizado para medir la potencia y torque de un vehículo. Tomado de (Comunicacion, 2016)

Dinamómetros electromagnéticos

Estos dinamómetros funcionan mediante la aplicación de un campo magnético variable a la rueda del vehículo, lo que crea una fuerza de resistencia contra la que el motor tiene que trabajar. Proporcionan resultados precisos, pero son muy caros.

Figura 25*Dinamómetro electromagnético*

Nota. En la imagen se observa el dinamómetro electromagnético que es utilizado para medir las revoluciones del motor utilizando campos electromagnéticos. Tomado de (Adminmartin, 2020)

Dinamómetros de Eddy current

Estos dinamómetros funcionan mediante la aplicación de un campo magnético estacionario a un disco de aluminio en el eje del motor. Cuando se hace girar el disco, se crea un campo magnético variable que crea una fuerza de resistencia contra la que el motor tiene que trabajar. Son más precisos que los dinamómetros de rodillo y menos caros que los electromagnéticos.

Figura 26*Dinamómetro de Eddy current*

Nota. En la siguiente imagen se puede observar las partes y características del dinamómetro Eddy Current. Tomado de (Dyno)

Procedimiento de medición

El análisis de gases de escape se realiza para medir las emisiones producidas por el motor del vehículo. Este análisis es importante para determinar si el vehículo cumple con los estándares de emisión y si el sistema de escape necesita ajuste o reparación.

El procedimiento para el uso del analizador de gases de escape es el siguiente:

- Asegurarse de que el vehículo se encuentre en un área bien ventilada, como un taller de reparación, pero en caso de hacerlo afuera en un área abierta, asegurarse de que no existan corrientes de aire que puedan afectar las mediciones.

- Arrancar el motor del vehículo y llevarlo a la temperatura normal de funcionamiento. Es importante asegurarse de que el motor se haya calentado adecuadamente para obtener mediciones precisas.
- Conectar el analizador de gases de escape al tubo de escape del vehículo. El analizador de gases de escape debe estar calibrado y configurado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- Acelerar el motor del vehículo durante varios segundos y dejarlo en ralentí, asegurándose de que el motor esté funcionando a su velocidad normal de ralentí. El analizador de gases de escape hará mediciones mientras el motor está acelerando y en ralentí.
- Revisar los resultados del análisis de gases de escape. Se deben registrar los niveles de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (THC) y monóxido de carbono (CO). Es posible comparar con el valor de regulación de las regulaciones de gases de escape. Si los resultados están fuera de los límites establecidos, se puede proceder a ajustar o reparar el sistema de escape del vehículo para mejorar su rendimiento y reducir las emisiones.

Tabla 4

Límite de emisiones a marcha mínima o relanti

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 – 1 500 **	1 500 – 3 000 **	0 – 1 500 **	1 500 – 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	2000	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
* Volumen				
** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Nota. La tabla muestra valores de límites de emisiones de gases contaminantes a marcha mínima o ralenti. Tomado de (RTE INEN 017 “CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES”, 2017)

Las fuentes móviles de gasolina importadas o ensambladas en el país no deben emitir monóxido de carbono a la atmósfera.

(CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas se producen en grandes cantidades.

Capítulo III

Desarrollo del tema

Analizador de gases de escape

Mediante este equipo que nos ayuda a determinar el porcentaje de oxígeno, monóxido de carbono y/o Dióxido de carbono con el motor en el proceso de combustión y nos permite tomar resultados y recopilarlos en forma de porcentaje determinando acciones y correcciones que podamos tomar. El instrumento que utilizamos es el Analizador de Gases Portátil Kane Auto Plus 4-2. ¿Qué puede medir en el porcentaje de los compuestos químicos emitidos por el motor? Quemadura interna con el tubo de escape y el análisis de los propios gases y su composición química. El uso de esta herramienta asegura que los valores de emisiones del motor estén dentro de la normativa marcada por cada país. De esa manera determinaremos la situación motora real y el proceso de combustión con el que trabaja, determinando así los gases combustionados y las partículas que estos mismos poseen. (Importaciones, 2023)

Figura 27

Analizador de gases de escape



Nota. En la imagen se muestra el tipo de analizador de gases de escape que fue utilizado para la toma de medidas, para desarrollar dicho proyecto.

Ficha técnica del motor G16b

El motor G16b es un motor de aspiración natural, viene equipado con un sistema de inyección secuencial (EFI) y sistema de encendido DIS con bobinas de encendido individuales para cada cilindro. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de este motor.

Tabla 5

Parámetros y características de motor

Ficha técnica del motor G16b	
Tipo de motor	L4 16v
Numero de cilindros	4 cilindros
Válvulas por Cilindros	16 válvulas
Disposición de los cilindros	En línea
Combustible	Gasolina
Potencia máxima	97 CV (71 kW) @ 5600
Revoluciones de potencia máxima	132 Nm @ 4000
Par máximo	132 Nm
Revoluciones de par máximo	4.000 rpm
Situación	Delantero longitudinal

Ficha técnica del motor G16b

Material del bloque	Aluminio
Material de culata	Aluminio
Diámetro por carrera	75.0mm x 90.0mm
Cilindrada	1590 cm ³
Relación de compresión	9.5:1
Transmisión	Manual, 5 velocidades
Peso	1040 Kg

Nota. La tabla muestra los valores de las características del motor G16b. Tomado de (Km77.com)

Parámetros recolectados previo a la reparación

El motor G16b, al igual que todos los motores de combustión interna de gasolina, emiten gases contaminantes característicos de la combustión del hidrocarburo con el que trabaja, en las condiciones en la que encontramos al motor nos arrojaron valores que no iban dentro de las medidas gubernamentales dentro del país, de tal manera que se determinó un rápido diagnóstico de una debida reparación interna del motor, ya sea un cambio de componentes y su debida rectificación, para de esa manera el motor entre dentro de las medidas establecidas de contaminación automotriz.

Las mediciones de emisiones del vehículo se realizaron manteniendo varios parámetros y condiciones de velocidad del vehículo.

Figura 28*Tacómetro Automotriz*

Nota. En la imagen se muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para realizar dichas medidas y la toma de gases de escape, para su respectivo análisis.

Tabla 6*Parámetros de emisión de gases de un M.C.I*

Parámetros	Relanti	Revoluciones altas
CO (% V)	0.05	0.06%
CO ₂ (% V)	14.26	14.72
HC (ppm)	6.40	8.50
O ₂ (% V)	0.93	0.51

Nota. La tabla muestra los porcentajes de emisiones del motor Vitara G16b en condiciones normales de funcionamiento. Tomado de (Tipanluiza, 2017)

Parámetros recolectados previo a la reparación.

Tomando como referencia los parámetros característicos de este motor, realizamos las mediciones de los gases contaminantes del motor de combustión, Vitara G16b, en el vehículo Suzuki Vitara 1.4, que es el vehículo en el cual se ha desarrollado toda esta nota conceptual, además cabe recalcar las condiciones que se presentan a continuación solo los datos tomados antes de realizar la respectiva reparación.

El año de fabricación de la camioneta es 1998, el kilometraje actual es de 30616Km., además, presenta dificultad para recorrer pendientes con carga a bordo y emisiones de humo negro por su tubo de escape. Los gases de escape se midieron utilizando un analizador de gases portátil Kane auto Plus 4-2 y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 29

kilometraje del motor



Nota. El gráfico muestra el kilometraje actual de los kilómetros recorridos por el vehículo en la que se ha desarrollado el proyecto.

Usando un detector de gas y colocándolo en el tubo de escape del camión,
 Las emisiones de este motor se miden en detalle
 Los siguientes valores y datos están relacionados con la liberación de oxígeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono e hidrocarburos, al ralentí o a velocidades moderadas.

Tabla 7

Valores medidos previo a la reparación

Parámetros	Relanti	Revoluciones altas
CO2 (% V)	6.0%	6.8%
CO (% V)	11.14%	12.86%
O2 (% V)	8.00%	6.50%
HC (ppm)	1321	1377

Nota. En la tabla se muestran los valores tomados antes de realizar la respectiva reparación del motor G16b.

Motor en condiciones actuales

Basándonos en los valores de datos en la tabla, donde se visualizan el valor obtenido mediante el analizador de gases que se realizó antes de reparar el motor, podemos ver claramente el funcionamiento y el estado en cual se encuentra este mismo, estos valores dan valores y/o parámetros normalmente nos son permitidos para este tipo motor; Las emisiones son altas y claramente es necesario el ajuste de la configuración del motor y los parámetros de

Consumo de combustible antes.

El consumo de combustible de este vehículo se da en el apartado de ficha técnica y se establece que el consumo de combustible en carretera es de 4,7 litros de gasolina cada 100 km recorridos, lo que equivale aproximadamente a 1 km por galón, equivalente al rendimiento. En las condiciones actuales, es decir, previa a la reparación del motor, tomamos datos en una ruta que cubrió un recorrido desde, la Gasolinera del Niagara ubicado frente de la Unidad educativa Ramon Barba Naranjo de la ciudad de Latacunga, llegando al retorno del peaje de Panzaleo hasta llegar al redondel de Pujilí que pertenece a la ciudad de Latacunga en la provincia de Cotopaxi, llegando al mismo punto de salida que es la Gasolinera del Niagara, cubriendo una distancia de kilómetros, para ello iniciamos el recorrido con el depósito de combustible lleno, una vez cumplida la ruta, volvimos a llenar el tanque de combustible, necesitando 1,25 galones de combustible para tal acción.

Figura 31

Carga de combustible



Nota. En la imagen se muestra la foto de carga de gasolina con el tanque lleno, antes de realizar la prueba de ruta y el después de realizar la respectiva prueba

Motor Reparado

Una vez realizada la respectiva reparación del motor en el cual se reemplazaron distintos componentes como árbol de levas, y las respectivas levas, se realizó la respectiva rectificación de todos los componentes internos del motor.

Después de realizar toda la reparación y rectificación en sí, se empezó con el respectivo armado del motor manteniendo u dejando los componentes y sus respectivos sistemas ubicados correctamente en sus lugares correspondientes.

Finalmente, concluida con la respectiva reparación se realizaron algunas comprobaciones y toma de valores para verificar que el motor haya quedado a punto, para continuar con la prueba correspondiente al análisis de gases, ya que esto era la finalidad del respectivo proyecto en reducir la contaminación y consumo de combustible y mejorar el toque y la potencia que le hacía falta al vehículo.

Emisiones del motor

En este apartado se detallan los valores obtenidos de las emisiones de gases contaminantes del motor Suzuki G16b, luego de haber culminado la respectiva reparación del mismo, además, cabe recalcar que los valores fueron tomados con los mismos equipos e instrumentos de diagnóstico y bajo las mismas condiciones de operación del motor que se realizó cuando el motor aun no estaba reparado.

Figura 32

Análisis de gases de escape



Nota. En la imagen se muestra la respectiva prueba de análisis de gases, con el motor ya reparado.

Tabla 8

Valores medidos posterior a la reparación

Parámetros	Relanti	Revoluciones altas
CO	9.99 %	9.99%
CO2	8.1%	7.9%
O2	0.71%	0.53%
HC	1132 ppm	744 ppm

Nota. La tabla muestra los valores tomados una vez ya realizada la respectiva reparación y la corrección de fallas en el mismo motor, los valores son tomados manteniendo las mismas condiciones para poder tener una comparación correspondiente de cada uno de los datos.

Consumo de combustible

Para determinar este parámetro, se realizó la misma prueba de ruta, manteniendo los mismos parámetros tomados al inicio, se mantuvo las mismas revoluciones y los mismos límites de velocidad establecidos para dicha prueba, que se evidenció con el motor previo a su reparación y bajo las mismas circunstancias, es decir, con el depósito de combustible lleno y recorriendo una distancia de 41.5 kilómetros. Al final de esta prueba llenamos nuevamente el depósito de combustible y necesitamos de 0. galones para que el depósito se llene nuevamente

Figura 33

Consumo de combustible después de la reparación



Nota. En la imagen muestra el valor consumido una vez finalizada la respectiva prueba con el tanque lleno y el motor ya reparado.

Análisis de resultados

Después de la reparación de un motor de combustión interna, se puede ver una mejora significativa en su rendimiento y durabilidad. Los cambios dentro del motor podrían tener un impacto en su eficiencia y velocidad. También es importante seguir las recomendaciones de mantenimiento del fabricante para asegurar que el motor se mantenga en óptimas condiciones después de la reparación, comparamos el estado antes y después donde se puede mostrar la diferencia en el rendimiento del motor y su eficiencia tanto en su desempeño y ahorro de combustible, y logramos reducir en un cierto porcentaje las emisiones contaminantes que el motor presentaba.

Emisiones de gases

Revisemos y comparemos los datos tomados por el analizador de gases previo y posterior de la reparación del vehículo de la siguiente tabla

Tabla 9

Valores tomados previo y posterior a la reparación

Parámetro	Valor previo	Valor posterior
CO₂	6.0%	9.99%
CO	11.14%	8.1%
O₂	8.00 %	0.71%
HC (ppm)	1321	1132

Nota. La siguiente tabla muestra la comparación de los valores tomados antes y después de la respectiva reparación.

Emisiones de hidrocarburos

En este apartado analizamos los valores tomados de los hidrocarburos no combustionados (HC), lo analizaremos cada uno de estos parámetros realizando una previa comparación y lo analizamos de manera individual respecto a los otros gases, debido a que éste se mide en partículas por millón (**ppm**), de esta manera podemos visualizar y determinar si pudimos obtener ducha mejora después de la reparación del motor y tener una mejor interpretación.

Tabla 10

Valores de HC medidos antes y después

Parámetros	Valor Previo	Valor Posterior
HC (ppm)	1321	1132

Nota. En la tabla se muestra los valores del HC (ppm) tomadas antes y después de su respectiva reparación.

Análisis del consumo de combustible

En este apartado analizamos el consumo de combustible del motor, dato tomado mediante una prueba de ruta, la misma que ya ha sido descrita y tuvo un recorrido de 41,5 kilómetros, tomando la misma ruta que fue cubierta antes y después de la reparación.

Después de realiza la respectiva prueba de ruta que cubrió una distancia de (41.5 Km), el vehículo necesitó de 1.25 galones correspondientes a 4.7 litros, teniendo un equivalente de *8.82 km/L*, es decir, el motor consumo 11.32 litros de combustible por cada 100 kilómetros recorridos.

De la misma manera ya con el motor ya reparado y tomado la misma prueba de ruta, se necesitó de 0.85 galones correspondientes a 3,2 litros, cubriendo la misma trayectoria, siendo esto equivalente a (), es decir, el motor ya reparado consume () litros de combustible por cada 100 kilómetros recorridos

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Podemos decir que las emisiones contaminantes que producen los automóviles afectan en un porcentaje muy alto de contaminación, ya que, al momento de realizar las respectivas pruebas y los análisis, no se encuentran en los estándares adecuados a las normativas, de tal manera llegamos a una conclusión que un vehículo en condiciones de motor y prueba de emisiones fuera de la normativa pueden llegar a contaminar mucho más.
- Después de realizar un respectivo análisis y el reconocimiento de los componentes de medición de gases, nos damos cuenta que estos equipos son muy útiles ya que mediante pruebas y recopilación de datos nos detalla el estado y comportamiento del vehículo.
- En conclusión, se puede decir que, un vehículo que nos está cumpliendo con los parámetros establecidos por la normativa, están produciendo un alto índice de contaminación, por tal motivo podemos decir que en la disponibilidad de torque y potencia estos se quedan muy cortos ya que necesitan una correcta reparación, para cumplir y establecerse en las normativas correspondientes por cada país.
- Mediante el análisis y la medición de gases contaminantes producidos por el motor, tomando en cuenta el antes y el después del análisis donde se pueden recopilar datos que son muy importantes, lo cual nos permite diagnosticar el estado y comportamiento del vehículo. Estos pueden ser datos muy primordiales ya que son requisitos indispensables para la inspección y el registro del vehículo, de tal manera el proyecto puede servir como aporte de transferencia para que los propietarios de los autos para que los conductores toman este rol en la vida diaria de sus vehículos y los tengan dentro de los estándares establecidos por las normativas.

Recomendaciones

- Para llevar a cabo un respectivo proceso de medición y análisis de gases, es necesario saber el uso del equipo de pruebas y analizador de gases, para que de esta manera garantizar la recopilación precisa de datos y también se evite algunos daños en los mismos equipos.
- Las emisiones de gases contaminantes dentro de las normativas establecidas por cada país son de mucha importancia ya que esto busca mantener los estándares de contaminación y reducir el índice de gases producidas por un motor en mal estado, es recomendable establecer y tomar las debidas condiciones adecuadas para el buen funcionamiento de los motores de combusto interna y de esa manera reducir el impacto ambiental que estos mismos producen.
- Es recomendable mantener a nuestros vehículos en las condiciones estables de funcionamiento de tal manera que estos mismos no presenten ningún tipo de fallas o averías, ya que de esta manera se mejorará el rendimiento y la potencia del motor, y nos dará un índice menos de contaminación lo cual nos mantiene dentro de las normativas establecidas de nuestro país.
- Las pruebas y los análisis de los motores de combustión interna son de mucha importancia a la hora de pasar por las debidas revisiones que son asignadas por cada país, algunas revisiones son necesarias para la matriculación vehicular, de tal manera es recomendable mantener el vehículo y estado de funcionamiento en condiciones estables para de esa manera no presentar ningún tipo de problema a la hora de realizar la respectiva revisión.

Bibliografía

- 15, A. A. (15 de Abril de 2015). *Mezcla rica y Mezcla pobre*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://blog.ausingo.es/2015/04/15/mezcla-rica-y-mezcla-pobre/>
- Admin. (24 de Octubre de 2022). *Quimicafacil.net*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://quimicafacil.net/infografias/material-de-laboratorio/analizador-de-gas-de-orsat/>
- Adminmartin. (21 de Septiembre de 2020). *MYG Inc*. Retrieved 4 de Juno de 2023 , from <https://motoresygeneradores.com/funcionamiento-de-un-dinamometro/>
- Asalto, G. G. (26 de Octubre de 2022). *Revista Auto Test Digital*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://autotest.com.ar/consejos/consumo-un-motor-1-8-cada-100-kilometros/>
- AUTECH :: Empresa con amplia trayectoria en la comercialización de todo tipo de Equipos y Herramienta Automotriz - Herramientas Automotrices Herramienta Automotriz Herramientas para Taller Mecánico Herramientas para Mecánica Equipos de Diagnóstico Automo.* (4 de Mayo de 2023). Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://autech.com.ec/product/analizadoer-de-gases-kane-auto-plus/>
- automotriz, D. (s.f.). *DINAMOMETRO*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <http://dinamometros.blogspot.com/2007/06/dinamometro-de-rodillos.html>
- Automovil, T. D. (28 de Diciembre de 2021). *Tecnología del automóvil*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/actualidad/nox-y-co2/>
- Bruno. (17 de Agosto de 2021). *IngenierosIndustriales.com*. Retrieved 29 de Julio de 2023, from <https://www.ingenierosindustriales.com/analisis-de-los-productos-de-la-combustion-en-aparatos-de-gas/>

- canalMOTOR. (29 de Noviembre de 2022). *canalMOTOR*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/lo-que-debes-saber-sobre-los-gases-del-tubo-de-escape/>
- Cesvimap. (28 de Enero de 2016). *Revista CESVIMAP*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.revistacesvimap.com/control-de-emisiones-contaminantes-en-europa-y-estados-unidos/>
- Comunicacion, D. R. (2016). <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-comp.php?lang=es>
- Diaz, B. (7 de Octubre de 2020). *Car and Driver*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a34296675/emisiones-co2-europa-fabricantes-no-cumple-la-normativa/>
- Dyno, W. (s.f.). Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.horiba.com/esp/products/detail/action/show/Product/wt-dyno-93/>
- Emisiones de CO2 de los coches*. (22 de Marzo de 2019). Retrieved 6 de Agosto de 2023, from <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20190313STO31218/emisiones-de-co2-de-los-coches-hechos-y-cifras-infografia>
- España, T. (2 de Diciembre de 2022). *Toyota ES*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.toyota.es/world-of-toyota/contaminacion-diesel/que-es-nox-como-afecta-reducirlo-toyota>
- Esparza, R. I. (s.f.). *INEN*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from Scribd: <https://es.scribd.com/document/539529101/INEN>
- Estaciones de Servicio Zoilo Ríos*. (s.f.). Retrieved 29 de Julio de 2023, from <https://www.zoilorios.com/noticias/rendimiento-de-un-motor-que-es-y-como-se-mide>

Estaciones de Servicio Zoilo Ríos. (s.f.). Retrieved 18 de Junio de 2023, from

<https://www.zoilorios.com/noticias/rendimiento-de-un-motor-que-es-y-como-se-mide>

Estaciones de Servicio Zoilo Ríos. (6 de Octubre de 2020). Retrieved 4 de Junio de 2023, from

<https://www.zoilorios.com/noticias/rendimiento-de-un-motor-que-es-y-como-se-mide>

Fidalgo, R. (7 de Octubre de 2015). *Autocasión*.

<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/como-reducen-las-emisiones-los-coches>

FullMecanica.com. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<http://www.fullmecanica.com/definiciones/r/1285-relacion-de-compresion>

Importaciones, L. (20 de Marzo de 2023). *Leal Imporaciones*. Retrieved 30 de Julio de 2023,

from <https://lealimportaciones.com/blog/funcionamiento-analizador-gases-automotriz/>

Ingemecanica.com. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>

Ingenius, E. (6 de Diciembre de 2016). *Construir es Nicaragua*. Retrieved 4 de Junio de 2023 ,

from <https://construir.esnicaragua.com/hc-hidrocarburos-no-quemados-problemas-solucion/>

ingprosuppliers. (s.f.). Retrieved 4 de Junio de 2023, from

<https://www.ingprosuppliers.com/product-page/analizador-de-gases-kane-autoplus-4-2>

Instruments, M. R. (10 de Abril de 2021). *MRU Instruments - Analizadores de emisiones*.

<https://mru-instruments.com/es/what-does-an-exhaust-gas-analyzer-measure-and-what-are-its-uses/?cn-reloaded=1>

Km77.com. (s.f.). <https://www.km77.com/coches/suzuki/vitara/1999/5-puertas/lujo/vitara-5p-16-16v-t-metal-lujo/datos>

Los hidrocarburos - EVE. (s.f.). <https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/Que-sabes-de/Los-Hidrocarburos?lang=es-es>

Menna. (3 de Agosto de 2021). *ComoFunciona*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://como-funciona.co/el-ciclo-otto/>

Metrologia, C. N. (s.f.). *gob.mx*. <https://www.gob.mx/cenam/articulos/que-es-un-dinamometro-vehicular-y-como-se-usa-para-la-medicion-de-emisiones-contaminantes-de-los-vehiculos?idiom=es>

metrologico, T. d. (2023). *TCM Consultoría y Formación*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from <https://www.tcmetrologia.com/cursos/metrologia-legal-analizadores-gases-escape-vehiculos-motor-encendido-gasolina/>

Moresa. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from Tumotor.Mx: <https://tumotor.mx/2017/05/nueva-tecnologia-en-las-cabezas-de-motores-de-combustion-interna-2/>

motor., Q. e. (s.f.). *Talleres y Repuestos*. <https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/220-que-es-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor>

Plaza, D. (20 de Octubre de 2019). *Motor.es*. Retrieved 17 de mayo de 203, from <https://www.motor.es/que-es/potencia-par-motor>

Plaza, D. (19 de Abril de 2020). *Motor.es*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from <https://www.motor.es/que-es/factor-lambda>

Plaza, D. (22 de Abril de 2020). *Motor.es*. Retrieved 18 de Junio de 2023, from <https://www.motor.es/que-es/relacion-de-compresion>

R, R. (25 de Agosto de 2021). *Blog Escapes Mendoza*. <http://www.escapesmendoza.cl/blog/el-analizador-de-gases-y-la-importancia-de-sus-resultados/>

Renting Finders. (2 de Enero de 2023). [https://rentingfinders.com/blog/movilidad-sostenible/descubre-normativa-euro-cumple-tu-coche/#:~:text=La%20norma%20Euro%202%20establece,%C3%B3xido%20de%20nitr%C3%B3geno%20\(NOx\).](https://rentingfinders.com/blog/movilidad-sostenible/descubre-normativa-euro-cumple-tu-coche/#:~:text=La%20norma%20Euro%202%20establece,%C3%B3xido%20de%20nitr%C3%B3geno%20(NOx).)

Resumen Boletines - Instituto Mexicano del Transporte. (15 de Mayo de 2023). Retrieved 29 de Julio de 2023, from *Resumen Boletines - Instituto Mexicano del Transporte*. (2023b, mayo 15). <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=396&IdBoletin=149>

RO-DES. (s.f.). Retrieved 18 de Junio de 2023, from <https://www.ro-des.com/mecanica/motores-gasolina/>

RO-DES. (3 de Octubre de 2022). <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-de-embrague-y-sus-elementos/>

RTE INEN 017 "CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES". (10 de Enero de 2017). Retrieved 26 de Junio de 2023, from <http://www.pudeleco.com/files/a17002g.pdf>

RTE INEN 017 "CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES". (10 de Enero de 2017). Retrieved 30 de Julio de 2023, from <http://www.pudeleco.com/files/a17002g.pdf>

sabelotodo. org. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<http://www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html>

Salinas, M. (17 de Mayo de 2023). *Mundo Tuerca*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<https://mundotuerca.cl/diferencia-entre-motor-de-mezcla-pobre-y-motor-de-mezcla-rica/>

Simioni, D. (Junio de 2003). *Cepal*. (U. Nations, Ed.) Naciones Unidas, CEPAL.

<https://doi.org/978-92-1-322157-0>

Tabilondo. (2008 de Febrero de 21). *www.transalp.us (Foro)*. Retrieved 18 de Junio de 2023,

from <https://transalp.mforos.com/567349/7309059-relacion-de-compresion/>

Talleres y Repuesto.com. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/220-que-es-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor>

Talleres_admin. (17 de Octubre de 2028). *Talleres Cuenca*. Retrieved 4 de Junio de 2023, from

<https://tallerescuenca.com/normativa-euro-1-i-2-ii-3-iii-4-iv-5-v-6-vi-que-estandares-de-emisiones-tiene-mi-vehiculo/>

Tipanluiza, L. (1 de Enero de 2017). *Scielo*. Retrieved 18 de Julio de 2023, from

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100002

UIDE. (s.f.). <https://www.uide.edu.ec/uide-plantea-49-estrategias-para-reducir-las-emisiones-contaminantes/>

Union of Concerned Scientists. (s.f.). <https://es.ucsusa.org/recursos/carros-camiones-buses-contaminacion>

Universidad Internacional del Ecuador. (s.f.). Retrieved 30 de Julio de 2023, from

<https://www.uide.edu.ec/normativa-que-rige-limites-permitidos-de-emisiones-contaminantes-es-obsOLEta/>

US EPA. (15 de Septiembre de 2015). <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>

US EPA. (10 de Junio de 2016). <https://espanol.epa.gov/espanol/implementacion-de-las-leyes-y-normas-sobre-el-aire>

Yaiza. (31 de Agosto de 2020). *Renting Finders*. Retrieved 30 de Julio de 2023, from

[https://rentingfinders.com/glosario/factor-](https://rentingfinders.com/glosario/factor-lambda/#:~:text=La%20mezcla%20rica%20es%20la,usar%20en%20motores%20con%20catalizador.)

[lambda/#:~:text=La%20mezcla%20rica%20es%20la,usar%20en%20motores%20con%20catalizador.](https://rentingfinders.com/glosario/factor-lambda/#:~:text=La%20mezcla%20rica%20es%20la,usar%20en%20motores%20con%20catalizador.)

Anexos