



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Realizar pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno en el motor LCU 1.4 LS-TIII.

Canchigña Chingay, Nicolás Paul

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo

Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Amaya Sandoval, Stefania Matilde

Febrero del 2024

Latacunga

Resultados de verificación de contenidos

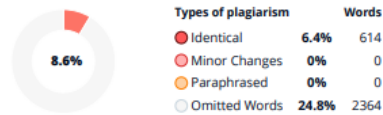


TESIS2_NICOLÁS_CANCHIGÑA_Plagio....

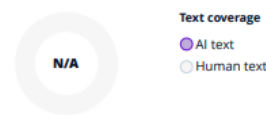
Scan details

Scan time: February 28th, 2024 at 20:39 UTC
 Total Pages: 39
 Total Words: 9528

Plagiarism Detection



AI Content Detection



Plagiarism Results: (48)

🔗 ¿Cómo funciona un analizador de gases automotriz? 1.6%
<https://lealimportaciones.com/blog/funcionamiento-analizador-gases-automotriz/>
 Product added to cart successfully ventas@lealimportaciones.com +593 2 254 0358 Productos Ubicanos ...

🔗 TRABAJO ENTREGABLE 1-2 PDF.pdf 1.4%
<https://www.slideshare.net/milthonmedinarivas/trabajo-entregable-1-2-pdfpdf>
 Submit Search Upload TRABAJO ENTREGABLE 1-2 PDF.pdf • 0 likes•2,328 views M MilthonMedinaRivasFollow cuaderno de informeRead less R...

🔗 Trabajo del curso - primera entrega - TR1-gasolina.pdf 1.4%
<https://www.slideshare.net/milthonmedinarivas/trabajo-del-curso-primera-entrega-tr1gasolinapdf>
 Submit Search Upload Trabajo del curso - primera entrega - TR1-gasolina.pdf • 0 likes•1,297 views M MilthonMedinaRivasFollow gasolin...

🔗 Puesta a Punto con Analizador de Gases + Escaneo Eléctrico | Cuponatic 1.2%
<https://www.cuponatic.com.co/descuento/195473/puesta-a-punto-con-analizador-de-gases-escaneo-electrico>
 Bogota ...

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 el trabajo de unidad de integración curricular: **“Realizar pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno en el motor LCU 1.4 LS-TIII”** fue realizado por el señor **Canchigña Chingay, Nicolás Paul**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado 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, 28 febrero del 2024

Ing. Amaya Sandoval, Stefania Matilde

C.C.: 0502961873



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

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Canchigña Chingay, Nicolás Paul**, con cédula de ciudadanía n° 1727669028, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Realizar pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno en el motor LCU 1.4 LS-III”**, 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, 28 febrero del 2024


.....
Canchigña Chingay, Nicolás Paul

C.C.: 1727669028



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

Autorización de Publicación

Yo, **Canchigña Chingay, Nicolás Paul** con cédula de ciudadanía n°1727669028 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Realizar pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno en el motor LCU 1.4 LS-TIII”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 28 febrero del 2024


.....
Canchigña Chingay, Nicolás Paul
C.C.: 1727669028

Dedicatoria

Todo este esfuerzo dedico a mi abuelita y a mi madre por siempre apoyarme, quienes estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, porque estuvieron para mí en todo en las buenas y malas y lo siguen haciendo, gracias por siempre confiar en mí las amo.

Nicolás Canchigña Chingay

Agradecimiento

A Dios por ser mi guía y bendecirme todos los días de mi vida y a la Virgencita del Quinche por siempre cuidar de mí y mi familia.

A mis padres Juan y Gloria, a ti mi querido padre te agradezco por haberme proporcionado la mejor educación, por inculcarme valores y por hacer de mí un hombre responsable, independiente y trabajador, y a ti mi querida madre por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente a cada momento, por desvelarte conmigo y ayudarme a buscar siempre una solución.

A mi Abuelita Carmen por ser mi segunda madre quien me crio y supo cuidarme te agradezco por todo el amor que me brindas, por tus consejos y jaladas de orejas cuando me lo merezco. Gracias por llevarme en tus oraciones día a día porque estoy seguro de que siempre lo haces.

Nicolás Canchigña Chingay

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Resultados de verificación de contenidos	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
Índice de figuras	11
Índice de tablas.....	13
Glosario.....	14
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I: Introducción	17
Antecedentes	17
Objetivos.....	17
<i>Objetivo general.....</i>	<i>17</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>17</i>
Planteamiento del problema	18
Justificación y alcance	19
Capítulo II: Marco teórico.....	21
Motor a gasolina	21
Ciclo Otto.....	23

<i>Curvas Características</i>	24
Sensores importantes	26
El hidrógeno	33
<i>Composición química</i>	34
<i>Principio de Funcionamiento y sus Efectos en la combustión</i>	35
<i>Ventajas y desventajas</i>	37
Emisiones contaminantes	38
<i>Emisiones inofensivos</i>	38
<i>Emisiones contaminantes</i>	39
Normativa de emisiones	39
Herramientas	43
<i>Analizador de gases</i>	43
<i>Scanner</i>	44
<i>Termocupla</i>	46
<i>Medidor de amperaje</i>	47
<i>Medidor de temperatura</i>	48
<i>Generador de Hidrógeno</i>	49
Capítulo III: Pruebas de obtención de datos	51
Pruebas para la obtención de parámetros característicos del motor del .51	
<i>Toma de datos de temperatura de admisión y escape con gasoli</i> . 52	
<i>Pruebas y análisis de emisiones contaminantes con gasolina</i> 54	
Capítulo IV: Pruebas con hidrógeno	58
Toma de datos de Amperaje, temperatura de admisión y escape con ga . 58	
Análisis de emisiones contaminantes con gasolina e hidrogeno 62	
Eficiencia térmica	65

Tiempo de inyección.....	67
Capítulo V: Análisis de los resultados obtenidos	70
Relación de resultados de los parámetros característicos del motor LC.	70
<i>Relación de emisiones contaminantes entre gasolina y gasolina</i>	70
<i>Comparación entre la eficiencia térmica.....</i>	77
Conclusiones	79
Recomendaciones	80
Bibliografía.....	81

Índice de figuras

Figura 1 <i>Partes de un motor a gasolina</i>	23
Figura 2 <i>Fases del motor de ciclo Otto</i>	24
Figura 3 <i>Curvas Características</i>	26
Figura 4 <i>Sensor de temperatura</i>	27
Figura 5 <i>Sensor de Oxígeno</i>	28
Figura 6 <i>Sensor de velocidad</i>	28
Figura 7 <i>Sensor posición del pedal</i>	29
Figura 8 <i>Sensor de Posición del Árbol de Levas</i>	30
Figura 9 <i>Sensor de Presión Absoluta del Múltiple</i>	30
Figura 10 <i>Sensor de posición del Cigüeñal</i>	31
Figura 11 <i>Sensor de temperatura de aire de entrada</i>	32
Figura 12 <i>Sensor de temperatura del refrigerante</i>	32
Figura 13 <i>Sensor de Detonación</i>	33
Figura 14 <i>Composición química del hidrogeno</i>	35
Figura 15 <i>Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina</i>	41
Figura 16 <i>Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de</i>	42
Figura 17 <i>Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina</i>	43
Figura 18 <i>Analizador de gases portátil KANE</i>	44
Figura 19 <i>Scanner Automotriz</i>	45
Figura 20 <i>Termocupla tipo K</i>	46
Figura 21 <i>Medidor Voltímetro/Amperímetro DC 0-100V 0-10^a</i>	47
Figura 22 <i>Medidor de temperatura digital</i>	48
Figura 23 <i>Generador de hidrógeno</i>	50

	12
Figura 24 <i>Valores obtenidos de temperatura</i>	52
Figura 25 <i>Toma de datos de las pruebas de emisiones contaminantes con gasolina</i>	55
Figura 26 <i>Porcentajes de emisiones con gasolina</i>	56
Figura 27 <i>Porcentaje de emisiones de gases</i>	56
Figura 28 <i>Porcentajes de emisiones con gasolina</i>	57
Figura 29 <i>Mezcla del químico con agua destilada</i>	58
Figura 30 <i>Mediciones de temperatura y amperaje</i>	59
Figura 31 <i>Preparación de la mezcla</i>	61
Figura 32 <i>Toma de datos de las emisiones de gases con hidrogeno</i>	62
Figura 33 <i>Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrógeno en ralentí</i>	63
Figura 34 <i>Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrógeno en 1500 rpm</i>	64
Figura 35 <i>Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrogeno en 2500 rpm</i>	65
Figura 36 <i>Calculo de la eficiencia térmica con Gasolina</i>	66
Figura 37 <i>Calculo de la eficiencia térmica con Gasolina e hidrogeno</i>	67
Figura 38 <i>Tiempo de inyección con gasolina</i>	68
Figura 39 <i>Tiempo de inyección con hidrogeno</i>	69
Figura 40 <i>Porcentaje por Volumen de CO2 entre Gasolina y Gasolina e Hidrogenó</i>	71
Figura 41 <i>Porcentaje por volumen de CO entre Gasolina y Gasolina e hidrógeno</i>	72
Figura 42 <i>Porcentaje por volumen de O2 entre Gasolina y Gasolina e Hidrogenó</i>	73
Figura 43 <i>Porcentaje por volumen de HC entre Gasolina y Gasolina e Hidrogenó</i>	74
Figura 44 <i>Porcentaje por volumen de COK entre Gasolina y Gasolina e Hidrogenó</i>	75
Figura 45 <i>Porcentaje por volumen</i>	76
Figura 46 <i>Eficiencia térmica</i>	78

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Ficha técnica del motor Sail 1.4 a gasolina.</i>	51
Tabla 2	<i>Prueba 1 de temperaturas con gasolina</i>	53
Tabla 3	<i>Prueba 2 de temperaturas con gasolina</i>	53
Tabla 4	<i>Prueba 3 de temperaturas con gasolina</i>	54
Tabla 5	<i>Pruebas de emisiones con gasolina.</i>	55
Tabla 6	<i>Prueba 1 de temperaturas y amperios con 80g de Na₂ CO₃(Carbonato de sodio).</i> 59	
Tabla 7	<i>Prueba 2 de temperaturas y amperios con 35g de Na₂ CO₃(Carbonato de sodio).</i> 60	
Tabla 8	<i>Prueba 3 de temperaturas y amperios con 20g de Na₂CO₃(Carbonato de sodio)</i> 61	
Tabla 9	<i>Pruebas de emisiones con gasolina e hidrógeno</i>	62
Tabla 10	<i>Relación de emisiones</i>	70
Tabla 11.	<i>Resultados promedios de la eficiencia térmica</i>	77

Glosario

ABS: Sistema antibloqueo de ruedas

APP: Sensor de posición del pedal

CKP: Sensor de posición del cigüeñal

CMP: Sensor de posición del árbol de levas

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de carbono

ECT: Sensor de temperatura del refrigerante del motor

IAT: Sensor de temperatura del aire de admisión

KS: Sensor de detonación

MAP: Sensor de presión absoluta del múltiple

MTOP: Ministerio de transporte y obras públicas

N: Nitrógeno

NO_x: Óxidos de nitrógeno

Ralentí: Estado en el que el motor está funcionando pero no está propulsando el vehículo

RTV: Revisión técnica vehicular

Termodinámico: Rama de la física que estudia las relaciones entre el calor y otras formas de energía

Resumen

El objetivo de este proyecto es evaluar el rendimiento y las emisiones de gases de escape de un motor LCU 1.4 LS-TIII antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno. Se realizaron pruebas para determinar las ventajas y el impacto que tiene el uso del hidrógeno como combustible al mezclarse con la gasolina. Para ello se realizó las mediciones de gases de escape del motor con la ayuda de un analizador de gases automotriz. Permitiendo verificar que dichas emisiones de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono se encuentren dentro de los límites permitidos por la norma INEN 2204 de Ecuador. De la misma manera se repiten las mismas pruebas después de la instalación del kit de hidrógeno. Por lo cual nos permitió evaluar si el sistema ha tenido un impacto positivo en el rendimiento del motor (torque, consumo de combustible) y en las emisiones de gases. Por partes del motor se verificó el estado de las bujías al momento de trabajar con gasolina y la mezcla gasolina e hidrógeno dando como resultado en el motor que las bujías presentaban exceso de carbonilla al encender la mezcla con gasolina; en cambio cuando el motor trabaja con el sistema Dual Fuel la coloración del electrodo de la bujía fue de color marrón lo cual nos indica que se mejoró la combustión del motor. Mediante cálculos realizados se pueden obtener la eficiente térmica en la cual se encuentra el motor utilizando los diferentes carburantes. Finalmente, se constató que al emplear un kit de hidrógeno existe una optimización del motor y las emisiones de gases de encuentran en los parámetros establecido por la norma INEN 2204 para transporte de categoría "M". Con respecto al rendimiento de igual manera se confirmó que el rendimiento térmico del motor con hidrogeno es mayor que la eficiencia con gasolina. Esto se debe a que el hidrógeno tiene un mayor poder calorífico por unidad de masa y la cual produce menos emisiones contaminantes.

Palabras clave: gases de escape, eficiencia del combustible, rendimiento del motor

Abstract

The objective of this project is to evaluate the performance and exhaust emissions of an LCU 1.4 LS-TIII engine before and after the implementation of the hydrogen generation system. Tests were conducted to determine the advantages and impact of using hydrogen as a fuel when mixed with gasoline. For this purpose, engine exhaust gas measurements were taken with the help of an automotive gas analyzer. This allowed us to verify that the emissions of nitrogen oxides and carbon monoxide are within the limits allowed by the INEN 2204 standard of Ecuador. In the same way, the same tests were repeated after the installation of the hydrogen kit. This allowed us to evaluate whether the system has had a positive impact on engine performance (torque, fuel consumption) and gas emissions. For parts of the engine, the condition of the spark plugs was verified when working with gasoline and the gasoline-hydrogen mixture, with the result that the spark plugs showed excess carbon deposits when igniting the gasoline mixture; however, when the engine works with the Dual Fuel system, the color of the spark plug electrode was brown, which indicates that the combustion of the engine was improved. By means of calculations, it was possible to obtain the thermal efficiency of the engine using the different fuels. Finally, it was found that by using a hydrogen kit there is an optimization of the engine and the gas emissions are within the parameters established by INEN 2204 standard for category "M" transport. With respect to performance, it was also confirmed that the thermal efficiency of the hydrogen engine is higher than the efficiency with gasoline. This is due to the fact that hydrogen has a higher calorific value per unit mass and produces less polluting emissions. Finally, it was found that by using a hydrogen kit there is an optimization of the engine and the gas emissions are within the parameters established by INEN 2204 standard for category "M" transport. With respect to performance, it was also confirmed that the thermal efficiency of the hydrogen engine is higher than the efficiency with gasoline. This is due to the fact that hydrogen has a higher calorific value per unit mass and produces less polluting emissions.

Key words: exhaust gas, fuel efficiency, engine performance, fuel efficiency, engine performance

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El presente trabajo es estudiar el hidrógeno como un combustible alternativo o complementario, dado que es un concepto no muy generalizado en el país, con el propósito de reducir los niveles de contaminación generados por los gases de escape de los combustibles convencionales.

En el sitio web de (Wijk, 2024) “El hidrógeno se puede utilizar como portador de energía para propulsar vehículos. Por portador de energía se entiende que ya se ha aportado energía al hidrógeno con antelación. Esto contrasta con las fuentes de energía (fósiles) como el petróleo, el gas natural y el carbón, donde la energía se obtiene procesando estas sustancias quemándolas.”

Según (MVW Autotechniek, 2023) menciona que: “El objetivo es lograr reducir emisiones de gas con el hidrógeno; una forma de energía que no produce gases nocivos durante fósiles a la propulsión eléctrica en combinación con hidrógeno y una pila de combustible se incluye en el ámbito transición energética”.

Objetivos

Objetivo general

Realizar pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno en el motor.

Objetivos específicos

- Investigar y analizar los principios de funcionamiento del hidrógeno como combustible, sus efectos en la combustión y su influencia en la eficiencia del motor.

- Realizar las pruebas experimentales, recopilando y registrando datos precisos sobre el rendimiento del motor y las emisiones contaminantes durante cada prueba.
- Analizar y comparar los datos recopilados durante las pruebas para evaluar cómo el uso de hidrógeno afecta el rendimiento del motor, incluyendo la potencia, el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes.

Planteamiento del problema

El consumo desmedido de recursos naturales no renovables como el petróleo y sus derivados para la producción de energía, a pesar de su abundancia, amenaza con un futuro agotamiento y una crisis energética. Esta dependencia genera un panorama preocupante: sobreexplotación, uso ineficiente y mal gastos de estos recursos, sin un desarrollo significativo de alternativas energéticas limpias.

El uso desmedido de recursos energéticos como el petróleo, carbón y gas natural ha generado un aumento considerable de la contaminación en las últimas tres décadas. Esto ha provocado la desaparición de especies animales y vegetales únicas de nuestro país, o la reducción alarmante de sus poblaciones. En algunas regiones, la tierra se ha vuelto desagradable y ha perdido su fertilidad, convirtiéndose en zonas desérticas.

La quema de combustibles fósiles también produce altos niveles de contaminación, lo que afecta la salud de las personas y el medio ambiente. Esta situación ha dado lugar a numerosos desastres naturales, como el aumento del nivel del mar, sequías e inundaciones. Si no tomamos medidas para controlar la contaminación, el desarrollo de la especie humana y del resto de los seres vivos del planeta está en peligro.

La falta de motores más eficientes y de mayor rendimiento que funcionen con fuentes alternativas de energía representa un riesgo para el desarrollo sostenible y la salud del planeta.

El crecimiento desmedido de la población mundial, que genera una demanda cada vez mayor de bienes y servicios, intensifica este imperativo.

Las razones expuestas anteriormente evidencian la imperiosa necesidad de transformar el funcionamiento del motor de combustión interna de ciclo Otto mediante la implementación de la combustión de hidrógeno. Esta alternativa ofrece un sinfín de beneficios, entre mejora del rendimiento, reducción de emisiones, materia prima ecológica, fácil producción y disminución del uso de petróleo. En definitiva, la transformación del motor de combustión interna de ciclo Otto mediante la combustión de hidrógeno se presenta como una solución viable para disminuir la contaminación, aumentar la eficiencia de las maquinarias y limitar el uso de combustibles fósiles. Esta alternativa representa un paso crucial hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Justificación y alcance

Esta adaptación tiene alcance socioambiental significativo como en el ámbito social la mejora de la calidad del aire los contaminantes como CO₂, NO_x y partículas finas, tiene un impacto positivo en la salud pública, especialmente en zonas urbanas con altos niveles de contaminación, disminuyendo el riesgo de enfermedades respiratorias como asma, bronquitis y neumonía. Mejorando la calidad de vida con un aire más limpio la cual genera un entorno más saludable. En el ámbito ambiental combate el cambio climático reduciendo la emisión de CO₂, un gas de efecto invernadero. Protege el medio ambiente y promueve la sostenibilidad y la transición hacia un futuro más verde.

Cabe destacar que este proyecto se encuentra en fase de pruebas y se enfoca en el motor LCU 1.4L S-TEC. Las pruebas de rendimiento y emisiones de gases de escape se procederán a comparar el comportamiento del motor antes y después de la implementación del sistema de generación de hidrógeno. Se Evaluarán la eficiencia del motor, la potencia, el torque y el consumo de combustible y a continuación se medirán las emisiones de gases

contaminantes, como CO₂, NO_x y partículas finas. Los resultados de estas pruebas proporcionarán información valiosa sobre la viabilidad de la combustión de hidrógeno en este tipo de motor.

Capítulo II

Marco teórico

Motor a gasolina

“Los motores a gasolina son un motor de combustión interna que requieren de una chispa para lograr el encendido. Se puede definir como un mecanismo termodinámico encargado de transformar la energía de la explosión producida por la mezcla de oxígeno y combustible, en energía mecánica. Gracias a este proceso, es posible ofrecer el desplazamiento de un vehículo” (Códigos DTC, 2024).

“Aunque es un motor que puede ser similar al de diésel en estructura, pueden diferir en algunos elementos y, especialmente, en rendimiento. Su creación se remonta al año 1860 donde Nikolaus August Otto lo creó, pero fue hasta 1876 cuando se desarrolló la gasolina como destilado del petróleo. Debido a su creador, a los motores gasolina se les conoce como motores Otto” (Códigos DTC, 2024).

“Los motores a gasolina se clasifican según el número de tiempos que completan en cada ciclo de trabajo. Los motores más comunes son los de cuatro tiempos, que se dividen en las siguientes etapas:

Admisión: El pistón baja, aspirando una mezcla de aire y combustible al cilindro.

Compresión: El pistón sube, comprimiendo la mezcla.

Expansión: La chispa eléctrica enciende la mezcla, provocando una combustión que genera calor. Los gases se expanden, empujando el pistón hacia abajo.

Escape: El pistón sube, expulsando los gases quemados del cilindro.

Ventajas y desventajas

Tienen una serie de ventajas, entre las que destacan:

- Son relativamente ligeros y compactos.
- Son fáciles de arrancar y mantener.

- Ofrecen un buen rendimiento en potencia y consumo de combustible.
- Sin embargo, también tienen algunas desventajas, como:
- Son más contaminantes que los motores diésel.
- Produce más ruido.
- Son más caros de fabricar.

Partes del motor a gasolina

“Las partes de los motores gasolina pueden variar según sus aspectos. En general cuentan con las siguientes partes:

Bloque de cilindros: El bloque de cilindros es la pieza principal del motor. Alberga los cilindros, las cámaras de combustión y otros componentes del motor.

Culata: La culata está ubicada en la parte superior del bloque de cilindros. Alberga las válvulas de admisión y escape, el árbol de levas y otros componentes del motor” (Escobar, 2021).

“Cigüeñal: El cigüeñal es una pieza cilíndrica que convierte el movimiento lineal de los pistones en movimiento giratorio.

Pistón: El pistón es una pieza cilíndrica que sube y baja dentro del cilindro.

Biela: Transforma el movimiento lineal alternativo del pistón en un movimiento rotativo continuo del cigüeñal.

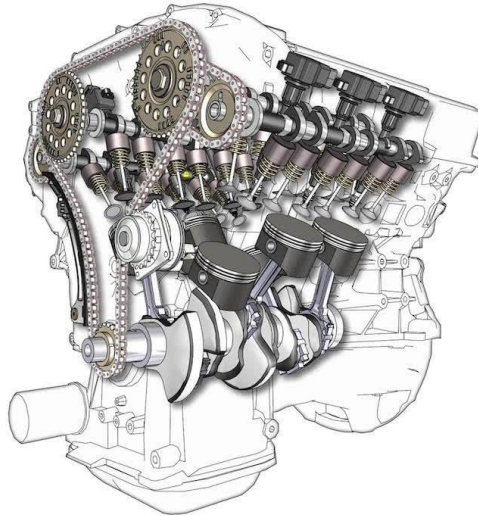
Válvulas: Las válvulas controlan el flujo de aire y combustible hacia y desde la cámara de combustión.

Árbol de levas: El árbol de levas es el encargado de accionar la apertura y cierre de las válvulas.

Sistema de lubricación: El sistema de lubricación es el encargado de proporcionar una capa de aceite entre las piezas móviles del motor, reduciendo la fricción y el desgaste” (Códigos DTC, 2024).

Figura 1

Partes de un motor a gasolina



Nota. Se detalla las partes importantes de un motor de combustión de ciclo Otto. Tomado de (Grupo One Air, 2024)

Ciclo Otto

“Ciclo Otto es el proceso termodinámico que se emplea en los motores de combustión interna de encendido por chispa eléctrica. Este ciclo fue inventado por el ingeniero alemán Nikolaus Otto y se lleva usando desde 1876, Dentro del ciclo Otto, podemos encontrar dos tipos de motores: los motores de 4 tiempos y los de 2 tiempos. Esta diferencia se basa en el número de vueltas que da el cigüeñal” (Grupo One Air, 2024).

“Las fases definidas por Nikolaus Otto son 4 las cuales son:

Admisión: Con el pistón en el punto más alto (PMS o punto muerto superior) y a punto de iniciar su recorrido de descenso se abre la válvula de admisión, que permite entrar en la cámara de combustión el aire o la mezcla de aire y combustible a una presión constante a medida que baja.

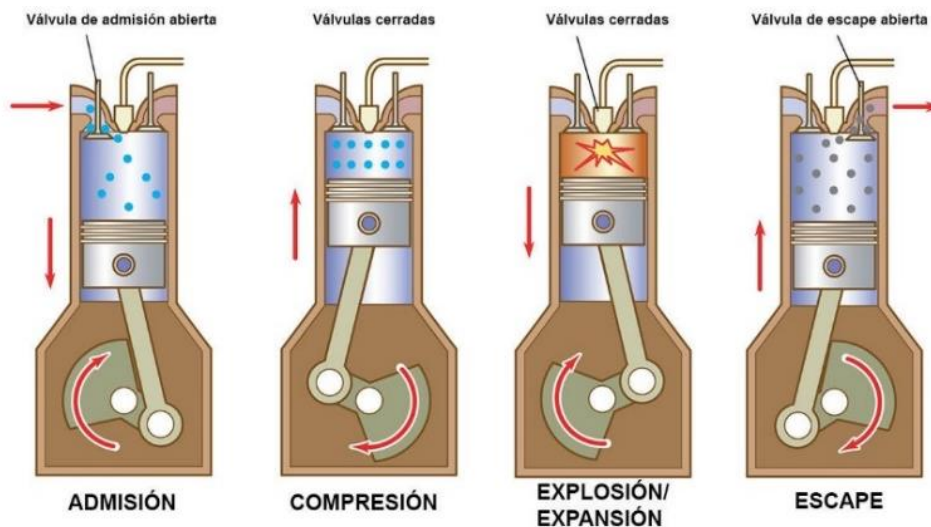
Compresión: El pistón comienza a ascender y el aire o la mezcla de aire y combustible encerrados en el cilindro se van comprimiendo al reducirse el volumen del cilindro a medida que asciende el pistón.

Combustión: Es la fase en la que se produce el trabajo, de ahí que la fase de explosión se llame también fase de esfuerzo o de trabajo.

Escape: La válvula de admisión permanece cerrada y se abre la válvula de escape para dejar salir los gases resultantes de la combustión empujados por el pistón en su recorrido ascendente” (Fidalgo, 2023).

Figura 2

Fases del motor de ciclo Otto



Nota. Se detalla cada ciclo práctico del motor Otto de cuatro tiempos. Tomado de (Fidalgo, 2023).

Curvas Características

“Las curvas características se encuentran entre los dos límites los cuales son impuestos por las revoluciones del motor. El mínimo es cuando el motor llega al punto ralentí que es el

punto de revoluciones mínimas permitidas por el motor antes de apagarse, y el punto máximo está limitado por fallas mecánicas, ya que si se llega excede de este punto se pueden generar daños internos al motor según” (Zambrano Mantilla & Núñez Prada, 2013).

- **La curva de potencia**

“Tiene un crecimiento progresivo casi constante hasta alcanzar un punto máximo donde está la potencia máxima. Después decrece rápidamente hasta llegar al máximo de revoluciones permitidas por el motor. Esta caída de la curva es debido a la disminución del rendimiento volumétrico del motor. Entonces se puede decir que el punto de potencia máxima se encuentra a un régimen de giro antes que el máximo permitido por el motor” (Zambrano Mantilla & Núñez Prada, 2013).

- **La curva del par motor**

“Tiene un comportamiento llano en la parte superior si se compara con la curva de la potencia. La curva del par crece cuando el régimen de giro aumenta este crecimiento se detiene cuando el motor alcanza un régimen de giro medio y es en esta zona donde se obtiene el par máximo, después de este punto la curva comienza a descender hasta llegar al máximo de revoluciones permitidas por el motor. Es importante aclarar que la caída de esta curva no es tan rápida como la otra por lo que el resultado de la gráfica es semejante al de una campana. Puede decirse que un motor es más elástico si el intervalo entre el régimen de par máximo y el de potencia máxima es más abierto” (Zambrano Mantilla & Núñez Prada, 2013).

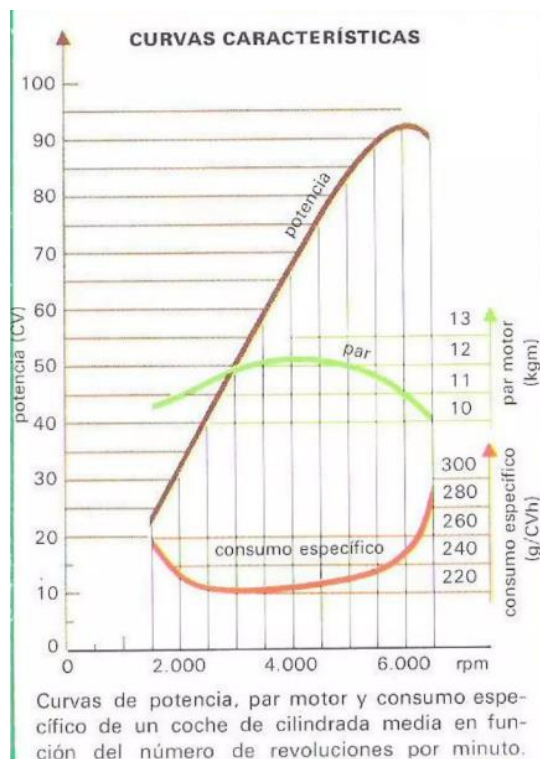
- **La curva de consumo específico**

“Presenta un comportamiento similar al del par solo que en esta ocasión es inverso. El consumo elevado a revoluciones mínimas por el aumento del régimen de giro, la gráfica comienza a descender hasta llegar al punto donde se encuentra el par máximo tras este punto la gráfica crece rápidamente hasta llegar al punto de revoluciones permitidas, donde el

consumo es mucho mayor al que presenta cuando está en el régimen de giro mínimo” (Zambrano Mantilla & Núñez Prada, 2013).

Figura 3

Curvas Características



Nota. Curvas de potencia, par motor y consumo específico de un coche de cilindrada media en función de número de revoluciones por minuto. Tomado de (Argüello Lazaga, 2015).

Sensores importantes

“Los sensores automotrices son componentes electrónicos que forman parte de los automóviles y su objetivo es monitorear el estado operativo del vehículo. A esta categoría de sensores también se conocen como sondas y quizá se deba a que al tratarse de componentes electrónicos que transforman una medida física en otra.” (García, 2023)

“Estos dispositivos son los encargados de medir distintos parámetros y de ejecutar diferentes acciones para garantizar un rendimiento óptimo y la seguridad de los pasajeros. En los automóviles modernos, existen muchos sensores y actuadores que son fundamentales en el correcto funcionamiento del vehículo.” (Sensor Automotriz, 2024)

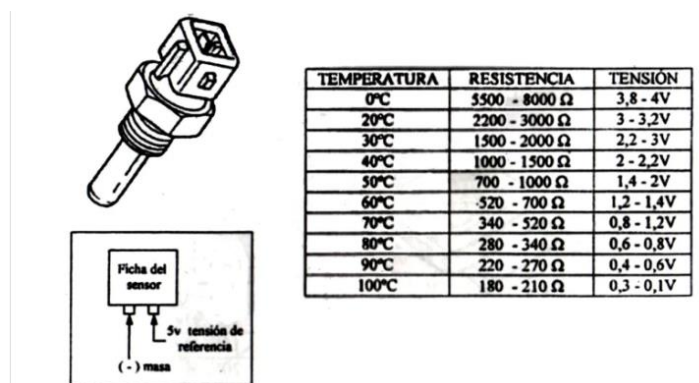
Los sensores más comunes y sus funciones específicas:

- **Sensor de temperatura**

“El sensor de temperatura se encarga de medir la temperatura del motor y transmitir esa información al sistema de control del vehículo. De esta manera, se puede garantizar que el motor no se sobrecaliente y evitar posibles averías graves.” (Sensor Automotriz, 2024)

Figura 4

Sensor de temperatura



Nota. El sensor ECT permite la medición de temperatura que se encuentra trabajando del motor mediante un termistor. Tomado de (Josemaco's Blog, 2010)

- **Sensor de oxígeno**

“El sensor de oxígeno es clave en la eficiencia del motor y en la reducción de las emisiones contaminantes. Este dispositivo detecta la cantidad de oxígeno presente en los

gases de escape y envía una señal al sistema de control para ajustar la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión.” (Sensor Automotriz, 2024)

Figura 5

Sensor de Oxígeno



Nota. Mide la concentración de oxígeno en el humo que emana del sistema de escape.

Tomado de (Transporte Mx, 2019)

- **Sensor de velocidad**

“El sensor de velocidad mide la velocidad a la que se desplaza el vehículo y brinda esta información al sistema de control. Esta lectura es necesaria para el correcto funcionamiento de otras funciones, como el control de crucero y el sistema antibloqueo de frenos (ABS).” (Sensor Automotriz, 2024)

Figura 6

Sensor de velocidad



Nota. Indica a la computadora información sobre la velocidad del vehículo. Tomado de (Ingeniería y mecánica automotriz, 2020)

- **Sensor APP**

El Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (Sensor APP) es un componente crucial del sistema electrónico de control del motor en los vehículos modernos. Su función principal es detectar con precisión la posición del pedal del acelerador y transmitir esta información a la unidad de control electrónico del vehículo (ECU).

Figura 7

Sensor posición del pedal



Nota. Pedal del acelerador que se encuentra monitoreado por el sensor APP. Tomado de (Auto Avance, 2021)

- **Sensor CMP**

El Sensor de Posición del Árbol de Levas (SPAC) es un componente automotriz de alta precisión que juega un papel fundamental en el control del motor. Su función principal es determinar la posición angular del árbol de levas, lo que permite conocer la ubicación del pistón dentro del cilindro. Esta información se utiliza para sincronizar con precisión los tiempos de

encendido y de inyección de combustible, optimizando el rendimiento del motor y reduciendo las emisiones contaminantes.

Figura 8

Sensor de Posición del Árbol de Levas



Nota. Mide la posición del árbol de levas. Tomado de (Motores Auto, 2024)

- **Sensor MAP**

El Sensor de Presión Absoluta del Múltiple es un componente fundamental del sistema de gestión del motor en los vehículos modernos. Manifiesta (Sensores Automotrices, 2023) que: “Su función principal es medir con precisión la presión absoluta del aire en el colector de admisión. Esta información se utiliza para calcular la cantidad de aire que ingresa al motor, un parámetro crucial para determinar la cantidad de combustible que se necesita para una combustión eficiente.”

Figura 9

Sensor de Presión Absoluta del Múltiple.



Nota. Se encarga de controlar la cantidad de aire que entra al motor. Tomado de (FlexFuel, 2019)

- **Sensor CKP**

El Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP) es un componente fundamental del sistema de control del motor en los vehículos modernos. El sensor detecta la presencia de dientes de referencia en el cigüeñal y envía una señal a la ECU. La ECU utiliza esta señal para calcular la posición del cigüeñal y la velocidad del motor.

Figura 10

Sensor de posición del Cigüeñal.



Nota. El sensor CKP determina la posición exacta del cigüeñal. Tomado de (Auto Avance, 2019)

- **Sensor IAT**

El Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT) es un componente fundamental del sistema de gestión del motor. Su función principal es medir la temperatura del aire que ingresa al motor y transmitir esta información a la unidad de control electrónico del vehículo (ECU). La ECU utiliza esta información para ajustar la cantidad de combustible que se inyecta en el motor, asegurando una combustión eficiente y un rendimiento óptimo.

Figura 11

Sensor de temperatura de aire de entrada.



Nota. Mide la temperatura del aire que entra al colector de admisión. Tomado de (FlexFuel, 2019)

- **Sensor ECT**

El Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor generalmente se basa en un termistor, una resistencia que varía su valor según la temperatura. El sensor ECT se encuentra ubicado en el circuito de refrigeración del motor, donde detecta la temperatura del refrigerante. La señal del sensor ECT se envía a la ECU, que la utiliza para calcular la temperatura del motor.

Figura 12

Sensor de temperatura del refrigerante.



Nota. Se encarga de medir la temperatura del líquido refrigerante. Tomado de (Autodoc Club, 2021)

- **Sensor KS**

El Sensor de Detonación, es un componente fundamental del sistema de control del motor en los vehículos modernos. Su función principal es detectar la detonación o picado en el motor y transmitir esta información a la unidad de control electrónico del vehículo (ECU).

Figura 13

Sensor de Detonación.



Nota. Detecta la detonación y transmite la información a la ECU. Tomado de (Amazon, 2017)

El hidrógeno

El hidrógeno se encuentra combinado con otros elementos de todo el planeta, siendo así el elemento más básico y más fácil de encontrar en el universo. Se trata de un gas

constituido por moléculas con dos átomos de hidrógeno. Cavendish lo descubrió en 1766. Más tarde, en 1781 descubrió que era un gas combustible que al arder formaba agua. Este descubrimiento le indujo a bautizarlo con el nombre de hidrógeno, que significa “generador de agua”. En definitiva, este gas es el componente esencial del Sol y las estrellas. Aunque hay que observar que, aun tratándose del elemento más abundante de la naturaleza, raras veces se encuentra libre por su facilidad para combinarse (Calle Muñoz & López Bermúdez, 2015).

Composición química

El hidrógeno es el elemento químico más simple, ya que está formado por un solo protón y un solo electrón. Esto lo hace el elemento más ligero y el más abundante del universo. El hidrógeno en estado gaseoso es incoloro, inodoro e insípido. Es altamente inflamable y puede explotar en presencia de oxígeno. (Chang, 2002)

El hidrógeno puede formar compuestos con otros elementos, como el oxígeno, el carbono, el nitrógeno y el azufre. Estos compuestos son esenciales para la vida cotidiana, ya que se encuentran en el agua, los alimentos, los combustibles y los productos químicos. (Chang, 2002)

El hidrógeno tiene tres isótopos naturales:

El protio es el isótopo más común del hidrógeno, ya que representa el 99,985% del hidrógeno natural. Está formado por un solo protón y un solo electrón.

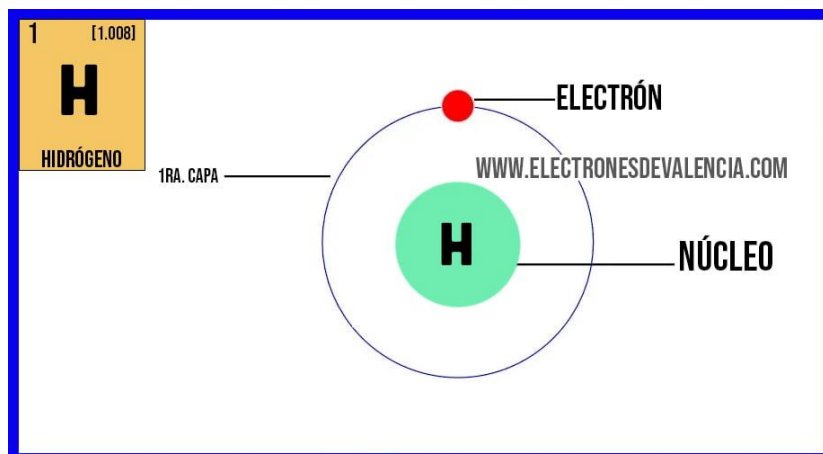
El deuterio es el isótopo más pesado del hidrógeno. Es más pesado que el protio, el isótopo más común del hidrógeno, porque tiene un neutrón en su núcleo.

El tritio es el isótopo más raro del hidrógeno, ya que representa solo el 0,000015% del hidrógeno natural. Es más pesado que el deuterio, el isótopo más pesado del hidrógeno, porque tiene dos neutrones en su núcleo.

El protio es el isótopo más abundante y el único que es estable. El deuterio y el tritio son radioactivos y se desintegran con el tiempo.

Figura 14

Composición química del hidrogeno.



Nota. Configuración electrónica del hidrogeno (modelo de Bohr). Tomado de (Electrones de Valencia, 2014)

Principio de Funcionamiento y sus Efectos en la combustión

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo, pero es relativamente poco abundante en la Tierra en su forma libre. Por lo tanto, el hidrógeno que se utiliza como combustible debe producirse a partir de otras fuentes, como el agua, el gas natural o el carbón.

Las Fuentes de hidrógeno se puede producir a partir de una variedad de fuentes, entre las que se incluyen:

Agua: El hidrógeno se puede producir a partir del agua mediante un proceso llamado electrólisis, que utiliza la electricidad para separar las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno producido a partir del agua mediante electrólisis se conoce como hidrógeno verde, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero.

Gas natural: El hidrógeno se puede producir a partir del gas natural mediante un proceso llamado reformado con vapor, que utiliza vapor de agua para separar el hidrógeno del

gas natural. El hidrógeno producido a partir del gas natural mediante reformado con vapor se conoce como hidrógeno marrón, ya que produce emisiones de gases de efecto invernadero.

Carbón: El hidrógeno se puede producir a partir del carbón mediante un proceso llamado gasificación, que utiliza vapor de agua y oxígeno para convertir el carbón en gas. El hidrógeno producido a partir del carbón mediante gasificación se conoce como hidrógeno negro, ya que produce más emisiones de gases de efecto invernadero que el hidrógeno verde y el hidrógeno marrón.

Proceso de producción de hidrogeno

El proceso de producción de hidrógeno a partir del agua mediante electrólisis es el siguiente:

- El agua se introduce en una celda electrolítica.
- La corriente eléctrica se aplica a la celda electrolítica.
- Las moléculas de agua se separan en hidrógeno y oxígeno.

El hidrógeno producido a partir del agua mediante electrólisis se conoce como hidrógeno verde, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero. El proceso de producción de hidrógeno a partir del gas natural mediante reformado con vapor es el siguiente:

- El gas natural se introduce en un reformador.
- El vapor de agua se introduce en el reformador.
- El gas natural se calienta a alta temperatura.
- El hidrógeno se libera del gas natural

El hidrógeno producido a partir del gas natural mediante reformado con vapor se conoce como hidrógeno marrón, ya que produce emisiones de gases de efecto invernadero.

El proceso de producción de hidrógeno a partir del carbón mediante gasificación es el siguiente:

- El carbón se introduce en un gasificador.
- El vapor de agua se introduce en el gasificador.
- El carbón se calienta a alta temperatura.
- El hidrógeno se libera del carbón.

El hidrógeno producido a partir del carbón mediante gasificación se conoce como hidrógeno negro, ya que produce más emisiones de gases de efecto invernadero que el hidrógeno verde y el hidrógeno marrón.

Uso del hidrogeno como combustible

El hidrógeno se puede utilizar como combustible en una variedad de aplicaciones, entre las que se incluyen:

Vehículos de pila de combustible: Los vehículos de pila de combustible utilizan hidrógeno para generar electricidad que alimenta el motor eléctrico del vehículo.

Celdas de combustible: Las celdas de combustible utilizan hidrógeno para generar electricidad para una variedad de aplicaciones, entre las que se incluyen la generación de energía, el respaldo de energía y el almacenamiento de energía.

Producción de calor: El hidrógeno se puede utilizar para producir calor para varias aplicaciones, como la calefacción de edificios y la producción de alimentos.

Ventajas y desventajas

El hidrógeno tiene una serie de ventajas como combustible, entre las que se incluyen:

Es una fuente de energía limpia y sostenible: El hidrógeno no produce emisiones de gases de efecto invernadero cuando se quema.

Tiene un alto poder calorífico: El hidrógeno tiene un poder calorífico más alto que la gasolina o el diésel. Esto significa que puede generar más energía con una menor cantidad de combustible.

Es un combustible versátil: El hidrógeno se puede utilizar en una variedad de aplicaciones.

Desventajas del hidrógeno como combustible

Es difícil de almacenar y transportar: El hidrógeno es un gas a temperatura y presión ambiente. Por lo tanto, debe almacenarse a alta presión o en forma líquida.

Es caro de producir: La producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables es actualmente más costosa que la producción de hidrógeno a partir de fuentes fósiles

Emisiones contaminantes

“Emisiones contaminantes al material de residuo en forma de gas que ya no tiene utilidad y que se genera como consecuencia de un proceso de combustión. Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Los primeros están formados, fundamentalmente, por oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno” Según (Freire Romero & Loza Rojas, 2013)

Emisiones inofensivas.

Dióxido de carbono: Es un producto de la combustión completa del carbono, posee un papel dual en nuestro planeta. Aunque su concentración natural no es nociva para los seres vivos y actúa como fuente de alimentación para las plantas verdes por fotosíntesis, su aumento desmedido en la atmósfera genera efectos ambientales de gran escala.

Vapor de agua: un componente natural de la atmósfera, también se genera como subproducto de la combustión. Este proceso implica la oxidación del hidrógeno presente en el combustible, liberando vapor de agua junto con otros gases y partículas.

Oxígeno: elemento indispensable para la vida y componente fundamental del aire que respiramos, juega un papel crucial en la combustión. Su presencia natural en el aire a una concentración del 21% permite que este proceso se lleve a cabo de manera eficiente.

Emisiones contaminantes.

Monóxido de carbono: un gas incoloro e inodoro altamente tóxico, surge como producto de una combustión incompleta. Esta situación se presenta cuando la cantidad de oxígeno disponible es insuficiente para que el carbono se oxide completamente a dióxido de carbono (CO₂).

Los hidrocarburos: son compuestos orgánicos que se encuentran en el petróleo y el gas natural. En el contexto de la combustión, se consideran residuos no quemados del combustible que aparecen en las emisiones contaminantes cuando la combustión no se completa de manera eficiente.

Los óxidos de nitrógeno: son una familia de compuestos gaseosos formados por nitrógeno (N) y oxígeno (O). Se abrevian como NO_x debido a la existencia de diversos compuestos posibles con diferentes números de átomos de oxígeno en su estructura.

Normativa de emisiones

La normativa ecuatoriana RTE INEN 017, es una ley ecuatoriana que regula las emisiones contaminantes de los vehículos automotores. El objetivo de esta ley es proteger la salud humana y el medio ambiente.

La ley se aplica a todos los vehículos automotores, ya sean nuevos o usados, importados o fabricados en el país. Los vehículos que se encuentran sujetos a esta ley son los siguientes:

- Vehículos de transporte de pasajeros, como automóviles, camionetas, furgonetas, buses y microbuses.
- Vehículos de transporte de carga, como camiones, tractocamiones, remolques y

semirremolques.

- Vehículos de transporte de usos especiales, como vehículos de bomberos, vehículos de recolección de basura, vehículos de mantenimiento vial, etc.

La ley establece límites máximos de emisión para los siguientes contaminantes:

- Monóxido de carbono.
- Hidrocarburos.
- Óxidos de nitrógeno.
- Emisiones evaporativas.

Los vehículos que no cumplan con los límites máximos de emisión establecidos en la ley serán sancionados.

Las inspecciones de emisiones contaminantes se realizan en los centros de revisión técnica vehicular (RTV) autorizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Los vehículos deben someterse a una inspección cada dos años, o cada año si tienen más de 12 años de antigüedad.

La normativa RTE INEN 017 es una importante herramienta para la protección del medio ambiente en Ecuador. Al controlar las emisiones contaminantes de los vehículos automotores, se contribuye a reducir la contaminación del aire, que es un factor importante en la aparición de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer.

Figura 15

*Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * (ciclos europeos).*

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⁾			2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1	≤3 500	<1 250	2,72	0,97		2
		> 1250 <1700	5,17	1,4		2
		>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. Valores permitidos en la norma INEN 2204, para motores gasolina. Tomado de: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016)

Norma INEN 2204

Establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por vehículos automotores que emplean gasolina. La norma establece límites para los siguientes gases contaminantes:

- Monóxido de carbono (CO): 6,5% en ralentí y 3,5% a 2500 rpm.
- Hidrocarburos no quemados (HC): 1000 ppm en ralentí y 100 ppm a 2500 rpm.
- Óxidos de nitrógeno (NOx): 1000 ppm en ralentí y 250 ppm a 2500 rpm.
- Partículas en suspensión (PM): 1% en ralentí y 0,5% a 2500 rpm.

Los vehículos que no cumplan con los límites establecidos en la norma, no podrán circular en el país.

Esta norma es importante para la protección del medio ambiente y la salud pública en Ecuador. Los gases contaminantes emitidos por los vehículos automotores son un factor

importante de la contaminación del aire, que puede provocar problemas de salud como enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer.

La norma INEN 2204 es similar a la norma Euro 2, que fue vigente en la Unión Europea entre 1996 y 2000. Esto significa que los vehículos que cumplen con la norma Euro 2 o superior, también cumplen con la norma INEN 2204.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica está trabajando en la actualización de la norma INEN 2204, para hacerla más exigente y acorde con las normas internacionales. Se espera que la nueva norma entre en vigor en 2025.

La actualización de la norma INEN 2204 es una medida importante para mejorar la calidad del aire en Ecuador. La reducción de las emisiones de gases contaminantes de los vehículos automotores contribuirá a reducir la contaminación del aire y los problemas de salud asociados.

Figura 16

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

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	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen
 **Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 17

Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).*

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	≤ 3 860	≤ 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 =		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
	< 6 350		37,1	1,9	5,0		4
* prueba realizada a nivel del mar							
** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)							

Herramientas

Analizador de gases

Un analizador de gases automotriz consta de un sensor de oxígeno, un detector de dióxido de carbono, un sensor de monóxido de carbono y un sensor de hidrocarburos. Estos sensores miden las concentraciones de gases emitidos por el vehículo y envían esta información a un computador dentro del equipo.

Este computador analiza los datos recopilados y calcula la cantidad de contaminantes emitidos por el vehículo. Los resultados se muestran en una pantalla, lo que permite al operador del analizador de gases determinar si el vehículo cumple con las normas de emisiones. Si el vehículo no cumple con las normas, se requiere un ajuste o reparación en el motor del vehículo para reducir las emisiones contaminantes. Según (Leal Importaciones, 2023)

Figura 18

Analizador de gases portátil KANE



Nota. Analizador de gases ultra portátil diseñado para uso automotriz. Sacado de (Globaltech, 2024)

Scanner

El scanner automotriz es una de las herramientas que puede ayudar a diagnosticar el estado del auto de manera sencilla y eficaz. Los scanner cuentan con diferentes funciones y no todas tienen las mismas, sino que se diferencian por las marcas. Se puede decir que la función similar que poseen todos es la de leer errores de los vehículos.

Los scanner pueden detectar todas las unidades de control electrónico instaladas en el auto y leer los códigos de error si hay fallas en el auto. Según (Scanner Automotriz, 2020)

Lector de identificación: El scanner automotriz va a mostrar la identificación total de la unidad de control, por ejemplo, el fabricante, el número de partes que tiene el automóvil, la

versión o marca del software, etcétera. La función principal es la de leer los códigos de error (check engine). Además, muestra la descripción completa de todos los errores almacenados.

Prueba de actuadores: Con la prueba de actuadores especial se puede detectar, por ejemplo, las funciones de bloquear/desbloquear las puertas, encender la bomba de combustible, corte de combustible, bloqueo/desbloqueo de TPMS rueda, etcétera.

Lectura de datos: Una función importante para conocer el estado del auto es un programa de lectura de datos en directo, como sensor de oxígeno, muestra de la velocidad del motor, temperatura del refrigerante, tensión de batería, ajustes de combustible, entre otros.

Función de programación y adaptación: La función de programación y adaptación es de mucha importancia, ya que, en todos los vehículos con sistemas de unidades de control, bolsas de aire, alarmas, inmovilizadores y otros elementos requieren que se realice la reposición de los procedimientos de programación; se hace después de algunas reparaciones electrónicas en los vehículos o incluso después de sustituir la Unidad de Control Electrónico.

Figura 19

Scanner Automotriz



Nota. Herramientas que puede ayudar a diagnosticar el estado del auto de manera sencilla y eficaz. Sacado de (Scanner Automotriz, 2020)

Termocupla

El termopar, también llamado termocupla, es una herramienta utilizada como sensor para la medición de temperaturas. Lo forman dos metales diferentes, unidos en uno de sus extremos, de modo que al calentar o enfriar dicha unión, se genera una tensión proporcional a la temperatura que se busca medir.

Se usan en la industria como sensores de temperatura, ya que pueden medir altos rangos de temperatura. Además, son económicos, intercambiables, se pueden conectar en serie y utilizan conectores estándar. Están limitados en su exactitud en caso de necesitar trabajar con precisiones menores a 1°C. Según (R., José Luis, 2024)

Tipo de termopar Tipo K: Es de bajo costo, compuesto por cromer y alumel, dos aleaciones que le brindan un mayor rango de temperatura para la medición.

Figura 20

Termocupla tipo K



Nota. Herramienta utilizada como sensor para la medición de temperaturas. Sacado de (R., José Luis, 2024)

Medidor de amperaje

El medidor Voltímetro/Amperímetro DC 0-100V 0-10A puede medir simultáneamente el voltaje y corriente DC en el rango de 0 a 100 voltios y 0 a 10 amperios. Incluye una resistencia Shunt interna para medir la corriente, así como dos potenciómetros de calibración en placa.

Características principales:

Rango de medición

- Voltaje: 0-100V DC
- Corriente: 0-10A DC

Resolución

- Voltaje: 0.1V
- Corriente: 0.1A

Precisión

- Voltaje: $\pm 1\%$
- Corriente: $\pm 2\%$

Figura 21

Medidor Voltímetro/Amperímetro DC 0-100V 0-10^a



Nota. Mide el voltaje como amperaje. Tomado de (Electronilab, 2024)

Medidor de temperatura

El medidor de temperatura es un instrumento que se utiliza para la medición de la temperatura. Existen diferentes tipos de medidor de temperatura, que enumeramos a continuación: el de temperatura de mercurio, el de temperatura sin contacto o pirómetro, el de temperatura de lámina bimetálica, el de temperatura de gas, el de temperatura de resistencia, el de temperatura digitales, el de termopar.

La temperatura es una magnitud que hace referencia al concepto común de frío o calor. Cuando un objeto está más caliente es porque tiene una mayor temperatura. Un medidor de temperatura digital mide mediante un circuito electrónico, que convierte en números las alteraciones de tensión, mostrándolas en una pantalla digital. Según (PCE Instruments, 2024)

Figura 22

Medidor de temperatura digital



Nota. Mide la temperatura. Tomado de (Ali Express, 2024)

Generador de Hidrógeno

Los generadores de hidrógeno se caracterizan por su capacidad para obtener hidrógeno a partir de una variedad de fuentes, incluyendo agua, gas natural, biomasa y combustibles fósiles. El proceso de generación de hidrógeno varía en función del tipo de generador utilizado. Sin embargo, en términos generales, este proceso implica la aplicación de energía para disociar las moléculas de agua (H_2O) en sus elementos constituyentes: hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2). (IEA 50, 2019)

Beneficios potenciales:

Combustible limpio: El hidrógeno se considera un combustible limpio, ya que su combustión produce únicamente agua como residuo.

Versatilidad: El hidrógeno tiene un amplio rango de aplicaciones potenciales, incluyendo su uso como combustible para vehículos, generación de energía eléctrica y almacenamiento de energía.

Sostenibilidad: La producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables, como la biomasa o la energía solar, puede contribuir a la creación de un sistema energético más sostenible.

Consideraciones a tener en cuenta:

Costo: El costo de los generadores de hidrógeno puede ser elevado, especialmente en el caso de tecnologías más nuevas.

Infraestructura: Se requiere una infraestructura adecuada para el almacenamiento y transporte del hidrógeno.

Figura 23

Generador de hidrógeno



Nota. Se detalla una celda seca. Tomado de (Mercado Libre, 2024)

Capítulo III

Pruebas de obtención de datos

Pruebas para la obtención de parámetros característicos del motor del Chevrolet Sail 1.4 a gasolina.

El motor utilizado para realizar las pruebas e instalar el sistema de hidrógeno es un Sail 1.4 cc de las siguientes características:

Tabla 1

Ficha técnica del motor Sail 1.4 a gasolina.

Datos generales del vehículo	
Fabricante	Chevrolet
Modelo	Sail 1.4
Año de fabricación	2010
Categoría	Familiar
Batería	12V – 80 ^a
Ubicación	Delantera
Tipo	Sedan
Válvulas por cilindro	4
Cilindrada	1399 cc
Potencia máxima	102 caballos de fuerza (hp) a 6000 rpm
Motor Torque máximo	132 Nm (100 lb-ft) a 3800 rpm
Diámetro pistón x longitud movimiento	Diámetro del pistón: 73.5 mm - Longitud de la carrera: 78.4 mm
Compresión	10:2.1
Combustible	Gasolina
Llantas	185/60R14
Transmisión	MT SH63A
Caja de cambios / relación final de eje	4.118
Caja de cambios relaciones 1°	3.727

Datos generales del vehículo

Caja de cambios relaciones 2°	2.050
Caja de cambios relaciones 3°	1.323
Caja de cambios relaciones 4°	0.943
Caja de cambios relaciones 5°	0.743

Nota. Tomado de (Mecanica y Motores, 2022) & (Alonso, 2022)

Toma de datos de temperatura de admisión y escape con gasolina.

Una vez instalados los medidores de temperatura se procede a realizar las mediciones de temperatura en admisión y en el múltiple de escape.

Figura 24

Valores obtenidos de temperatura



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Los datos obtenidos en las mediciones de temperatura fueron tomados con un intervalo de tiempo de 10 min, dando como resultado los siguientes datos en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 2*Prueba 1 de temperaturas con gasolina*

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE
20°	11:05	19°
21°	11:15	204°
21°	11:25	244°
22°	11:35	255°
23°	11:45	263°
26°	11:55	280°
26°	12:05	280°
26°	12:15	253°
27°	12:25	258°
27°	12:35	265°
27°	12:45	183°

Nota. Se detalla los valores obtenidos en la primera medición.

Tabla 3*Prueba 2 de temperaturas con gasolina*

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE
20°	12:15	19°
22°	12:25	151°
23°	12:35	163°
24°	12:45	186°
25°	12:55	260°
25°	13:05	258°
26°	13:15	268°
26°	13:25	269°
27°	13:35	258°

Nota. Se detalla los valores obtenidos en la segunda medición.

Tabla 4*Prueba 3 de temperaturas con gasolina*

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE
22°	11:55	20°
21°	12:05	168°
21°	12:10	200°
21°	12:15	224°
21°	12:20	275°
22°	12:25	300°
22°	12:30	291°
22°	12:35	287°
23°	12:40	279°
25°	12:45	275°
25°	12:50	260°
26°	12:55	254°

Nota. Se detalla los valores obtenidos en la tercera medición.

Se puede apreciar que no existe gran variación de temperatura tanto como en la admisión que comienza con una temperatura mínima de 20° y máxima 27° como también en el múltiple de escape con un mínimo de 19° y máxima 300° en ralentí; considerando que el valor de la temperatura de escape decae debido a la activación de electro ventilador.

Pruebas y análisis de emisiones contaminantes con gasolina.

Los análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina dieron los resultados mostrados en la siguiente tabla 11, para la verificación si se encuentra en los parámetros de la norma INEN 2204.

Figura 25

Toma de datos de las pruebas de emisiones contaminantes con gasolina.



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Tabla 5

Pruebas de emisiones con gasolina.

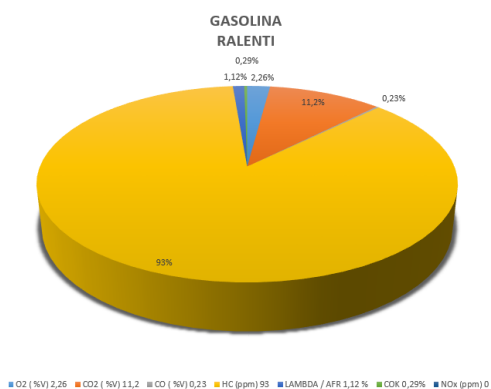
Parámetros	Gasolina		
	800	1500	2500
O ₂	2.26 %	2.14 %	2.09 %
CO ₂	11.2 %	11.6 %	12.9 %
CO	0.23 %	0.31%	0.57 %
NO	---	---	---
HC	93 ppm	194 ppm	160 ppm
LAMBDA / AFR	1.12	1.11	1.07
COK	0.29 %	0.32 %	0.99 %
NO _x	---	---	---

Nota. Las revoluciones a las que se midió fueron en ralentí, 1500 rpm, y a 2500 rpm.

En la figura 26 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina en ralentí.

Figura 26

Porcentajes de emisiones con gasolina

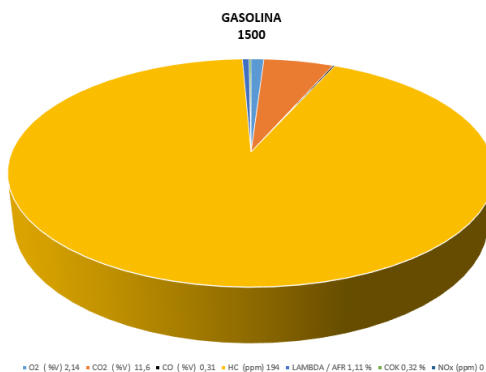


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la figura 27 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina a 1500 rpm.

Figura 27

Porcentaje de emisiones de gases

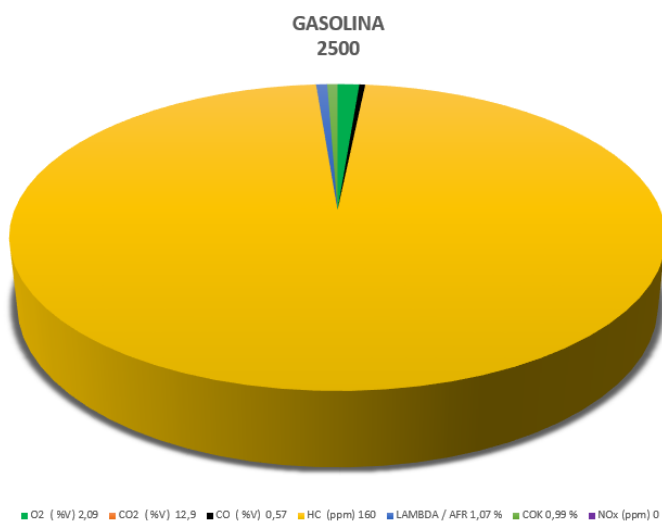


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la figura 28 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina a 2500 rpm.

Figura 28

Porcentajes de emisiones con gasolina



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Capítulo IV

Pruebas con hidrógeno

Toma de datos de Amperaje, temperatura de admisión y escape con gasolina e hidrógeno.

A continuación, se procede a obtener la solución del químico con agua destilada para poder obtener la concentración necesaria y así poder continuar con las mediciones de temperatura con el químico.

Figura 29

Mezcla del químico con agua destilada.



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Al momento de obtener la solución del químico obtenemos 4 M(moles) – Na₂CO₃(Carbonato de sodio).

Se pesaron 80 gramos de Na₂CO₃(Carbonato de sodio), y mezclar con 1 Litro de agua destilada.

Seguidamente, se coloca la mezcla de la concentración en el reservorio y así poder hacer las mediciones de temperaturas y amperaje.

Figura 30

Mediciones de temperatura y amperaje



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Los datos obtenidos en las mediciones de temperatura y amperios fueron tomados con un intervalo de tiempo de 10 min, dando como resultado los siguientes datos en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 6

Prueba 1 de temperaturas y amperios con 80g de Na₂ CO₃(Carbonato de sodio).

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE	AMPERIOS
24°	15:45	137°	29.4
25°	15:55	209°	30.5
26°	16:05	259°	31.5

Nota. Se detalla la temperatura, tiempo, y amperios

Los datos obtenidos en esta prueba con 80g de Na₂ CO₃(Carbonato de sodio), fueron cortos ya que teníamos un excedente-alza de amperaje la cual nos producía sobrecalentamiento en el cableado.

A continuación, se hace una segunda prueba de medición de temperaturas y amperios reduciendo considerablemente a 35 gramos de Na_2CO_3 (Carbonato de sodio).

Tabla 7

Prueba 2 de temperaturas y amperios con 35g de Na_2CO_3 (Carbonato de sodio).

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE	AMPERIOS
21°	17:05	172°	15.9
21°	17:15	240°	19.0
24°	17:25	290°	19.9
24°	17:35	262°	20.0
24°	17:45	245°	19.9
24°	17:55	242°	19.8
24°	18:05	240°	19.7

Nota. Se detalla la temperatura, tiempo y amperios.

En la segunda prueba de temperaturas y amperios con 35gramos, se visualizó que la temperatura de admisión era entre 21° min y 24° max en admisión y en el múltiple de escape se obtuvo un min de 172° y max de 290°, con los amperios aumentando de 15.9A a 20.0A.

Para la siguiente prueba se procedió a trabajar con 20 gramos de Na_2CO_3 (Carbonato de sodio).

Figura 31*Preparación de la mezcla**Nota.* Elaborado por Nicolás Canchigña**Tabla 8***Prueba 3 de temperaturas y amperios con 20g de Na₂CO₃(Carbonato de sodio)*

DEPURADOR	TIEMPO	MÚLTIPLE	AMPERIOS
28°	13:40	258°	15.8
28°	13:45	264°	15.1
29°	13:50	257°	14.9
29°	13:55	249°	14.3
28°	14:0	255°	14.4
28°	14:05	251°	14.5
28°	14:10	245°	14.5
29°	14:15	245°	13.9
29°	14:20	245°	13.5
29°	14:25	240°	12.4

Nota. Se detalla la temperatura, tiempo y amperios.

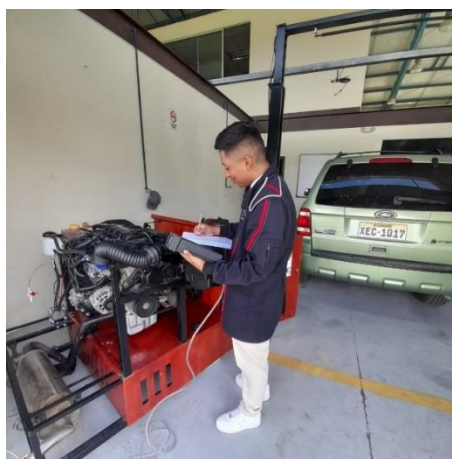
Para la tercera prueba se redujo a 20 gramos de Na_2CO_3 , ya que los amperajes obtenidos en la segunda medición llegaban a 20A, con la reducción del químico se pudo trabajar con un amperaje min de 12.4A y max de 15.8A.

Análisis de emisiones contaminantes con gasolina e hidrogeno.

Los análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina dieron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Figura 32

Toma de datos de las emisiones de gases con hidrogeno



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Tabla 9

Pruebas de emisiones con gasolina e hidrógeno

Parámetros	Gasolina e Hidrógeno		
	800	1500	2500
O ₂	2.32 %	2.23 %	2.14 %
CO ₂	10.6 %	12.0 %	13.0 %
CO	0.09 %	0.02%	0.01 %
NO	---	---	---

Parámetros	Gasolina e Hidrógeno		
	800	1500	2500
HC	109 ppm	138 ppm	71 ppm
LAMBDA / AFR	1.14	1.12	1.11
COK	0.12 %	0.03 %	0.01 %
NOx	---	---	---

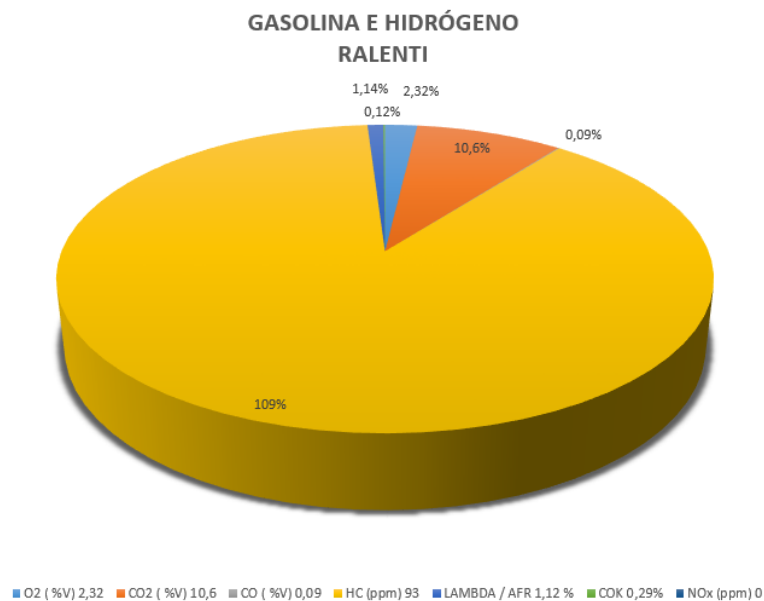
Nota. Se detalla los valores de la prueba de emisiones de gases

Las revoluciones a las que midió fueron en ralentí, 1500 rpm, y a 2500 rpm.

En la figura 33 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina e hidrógeno en ralentí.

Figura 33

Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrógeno en ralentí

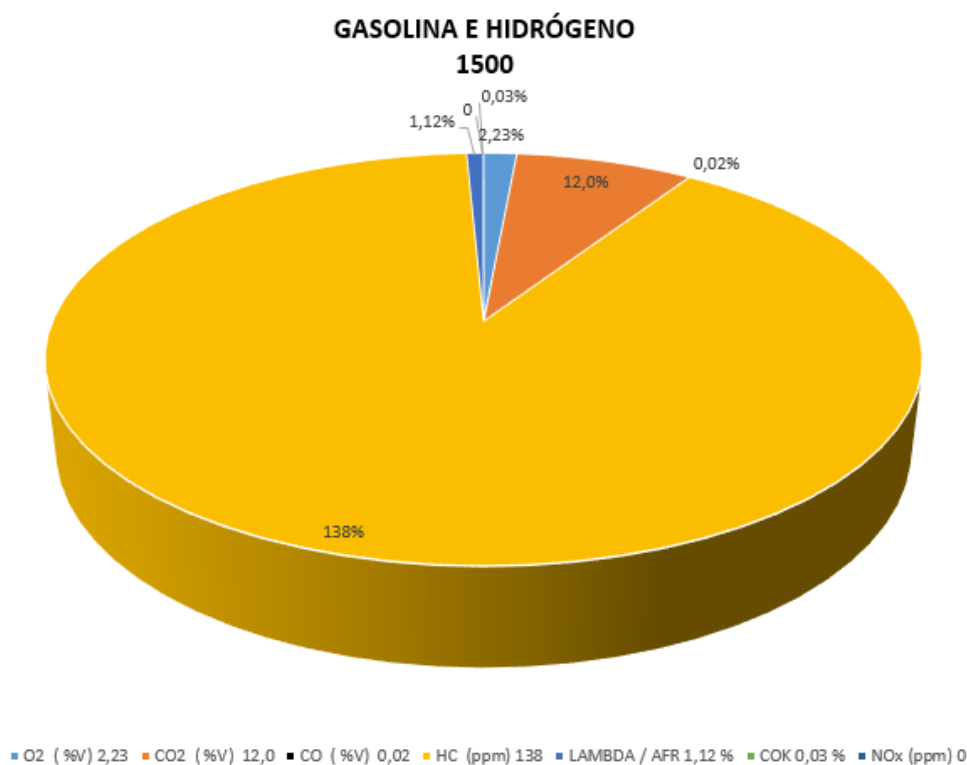


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la figura 34 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina e hidrógeno a 1500 rpm.

Figura 34

Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrógeno en 1500 rpm

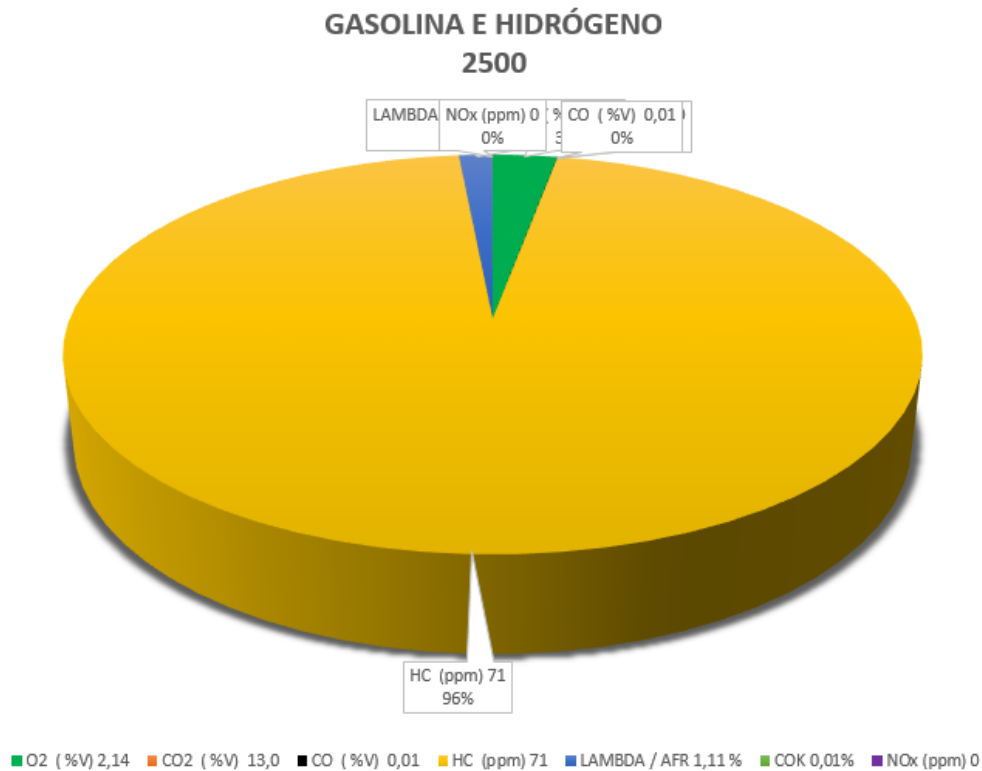


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la figura 35 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con gasolina e hidrógeno a 2500 rpm.

Figura 35

Porcentajes de emisiones con gasolina e hidrogeno en 2500 rpm



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Eficiencia térmica

Se realizaron los siguientes cálculos del motor de combustión interna a gasolina, con el objetivo de identificar la eficiencia térmica con la cual el motor convierte la energía calorífica en energía útil.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 36

Figura 36

Calculo de la eficiencia térmica con Gasolina

RELACION DE COMPRESION	COEFISIENTE ADIABATICO
10,2	1,4

Lamba con gasolina	
rpm	lambda
800	1,12
1500	1,11
2500	1,07
promedio	1,1

DEPURADOR	MULTIPLE	Temperatura de admisión (°K)	Temperatura en múltiple de escape (°K)	Temperatura de expansión (°K)	Temperatura de combustión (°k)	Temperatura de compresión (°K)	Eficiencia térmica
		T_a		$T_b = \lambda T_a$	$T_z = \lambda \epsilon^{k-1} T_a$	$T_c = T_a \epsilon^{k-1}$	$n_t = 1 - \frac{T_c - T_a}{T_c}$
21	168	294	441	323,40	818,80	744,37	0,3590602
21	200	294	473	323,40	818,80	744,37	0,3590602
21	224	294	497	323,40	818,80	744,37	0,3590602
21	275	294	548	323,40	818,80	744,37	0,3590602
22	300	295	573	324,50	821,59	746,90	0,3590602
22	291	295	564	324,50	821,59	746,90	0,3590602
22	287	295	560	324,50	821,59	746,90	0,3590602
23	279	296	552	325,60	824,37	749,43	0,3590602
25	275	298	548	327,80	829,94	754,49	0,3590602
25	260	298	533	327,80	829,94	754,49	0,3590602
26	254	299	527	328,90	832,73	757,03	0,3590602

Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

- Los resultados de la tabla indican que la eficiencia térmica del motor de combustión interna a gasolina es de 0,3590602%. Este valor se encuentra dentro del rango esperado para este tipo de motor.

También se realizó los siguientes cálculos para un motor de combustión interna, utilizando gasolina e hidrógeno, con el objetivo de comparar la eficiencia térmica con la cual el motor convierte la energía calorífica en energía útil.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 37:

Figura 37

Calculo de la eficiencia térmica con Gasolina e hidrogeno

Relación de compresión	10,2
Coefficiente adibatico	1,4
Lamba con gasolina e hidrógeno	
rpm	lambda
800	1,14
1500	1,12
2500	1,11
Promedio	1,12333333

DEPURADOR	MULTIPLE	Temperatura de admisión (°K)	Temperatura en múltiple de escape (°K)	Temperatura de expansión (°K)	Temperatura de combustión (°k)	Temperatura de compresión (°K)	Eficiencia térmica
		T_a		$T_b = \lambda T_a$	$T_z = \lambda \varepsilon^{k-1} T_a$	$T_c = T_a \varepsilon^{k-1}$	$n_t = 1 - \frac{T_c - T_a}{T_c}$
21	204	294	477	330,26	836,17	744,37	0,351601958
21	244	294	517	330,26	836,17	744,37	0,351601958
22	255	295	528	331,38	839,02	746,90	0,351601958
23	263	296	536	332,51	841,86	749,43	0,351601958
26	280	299	553	335,88	850,39	757,03	0,351601958
26	280	299	553	335,88	850,39	757,03	0,351601958
26	253	299	526	335,88	850,39	757,03	0,351601958
27	258	300	531	337,00	853,24	759,56	0,351601958
27	265	300	538	337,00	853,24	759,56	0,351601958
27	183	300	456	337,00	853,24	759,56	0,351601958

Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

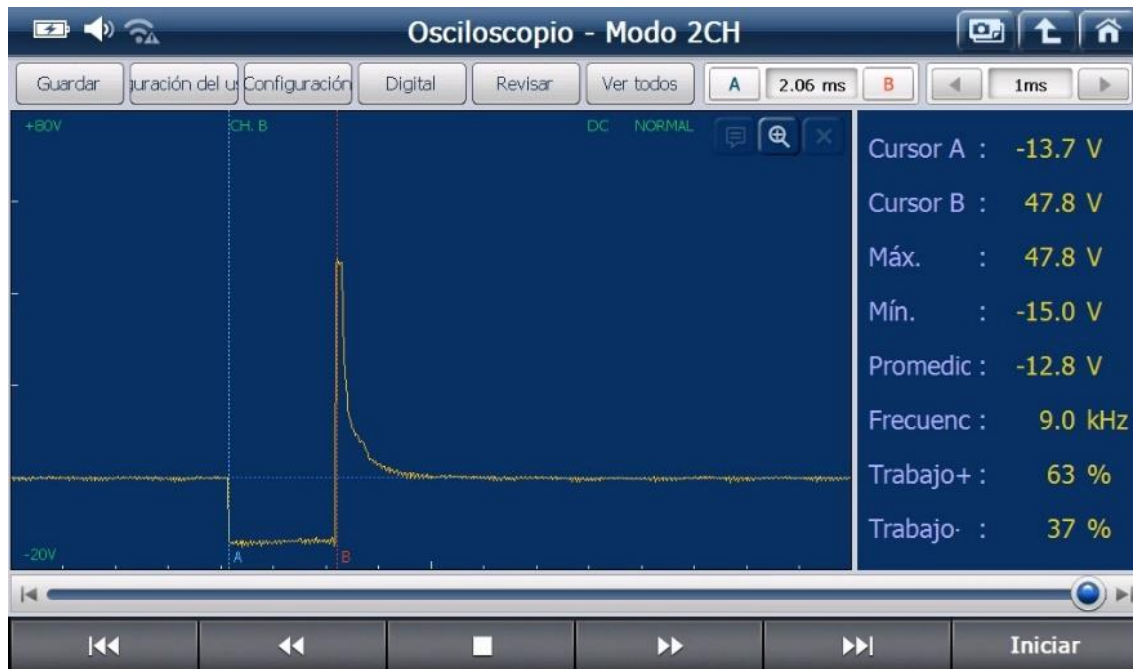
- Los resultados obtenidos indican que la eficiencia térmica del motor de combustión interna con hidrógeno es de 0,3516019%, mayor que la eficiencia con gasolina. Esto se debe a que el hidrógeno tiene un mayor poder calorífico por unidad de masa y produce menos emisiones contaminantes.

Tiempo de inyección.

Posteriormente se tomó el tiempo de inyección de la gasolina con lo que pudimos constatar que el tiempo de inyección es de 2.06 milisegundos, como se puede constatar en la figura 38.

Figura 38

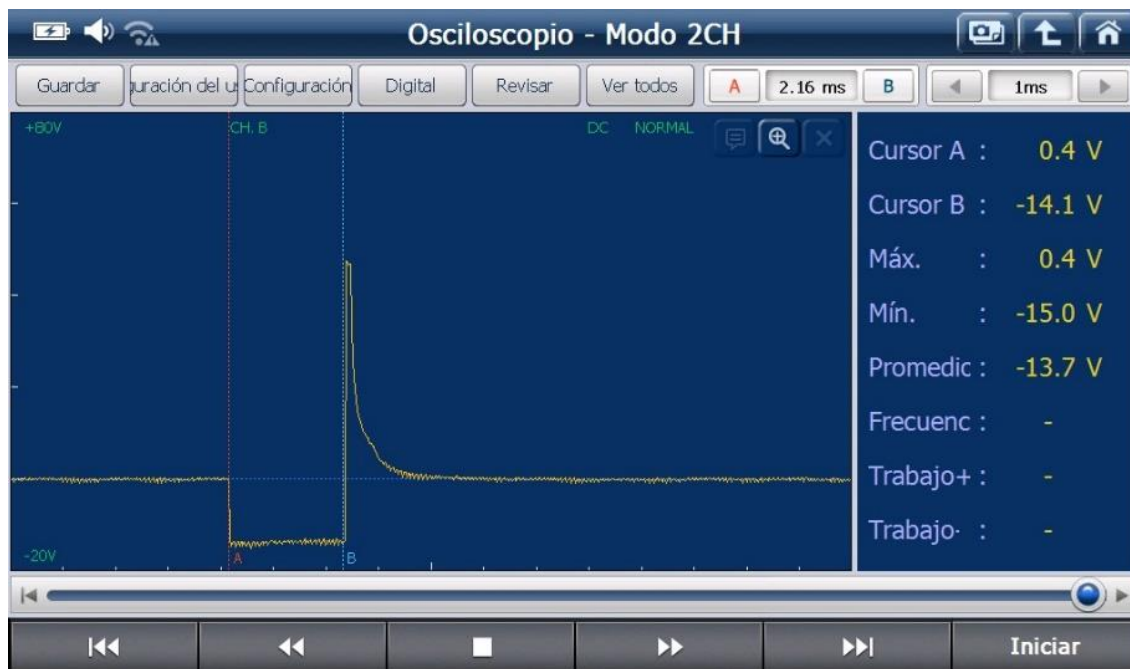
Tiempo de inyección con gasolina



En la figura 39, podemos constatar que la apertura en el tiempo de inyección trabajando con hidrogeno es de:

Figura 39

Tiempo de inyección con hidrogeno



- El tiempo de inyección con hidrogeno es de un 5% más largo que el de gasolina. Al inyecta en el motor el hidrogeno ofrece una combustión más eficiente y una reducción significativa de la huella de carbono.

Capítulo V:

Análisis de los resultados obtenidos

Relación de resultados de los parámetros característicos del motor LCU 1.4 LS-TIII.

Relación de emisiones contaminantes entre gasolina y gasolina e hidrógeno.

Tabla 10

Relación de emisiones

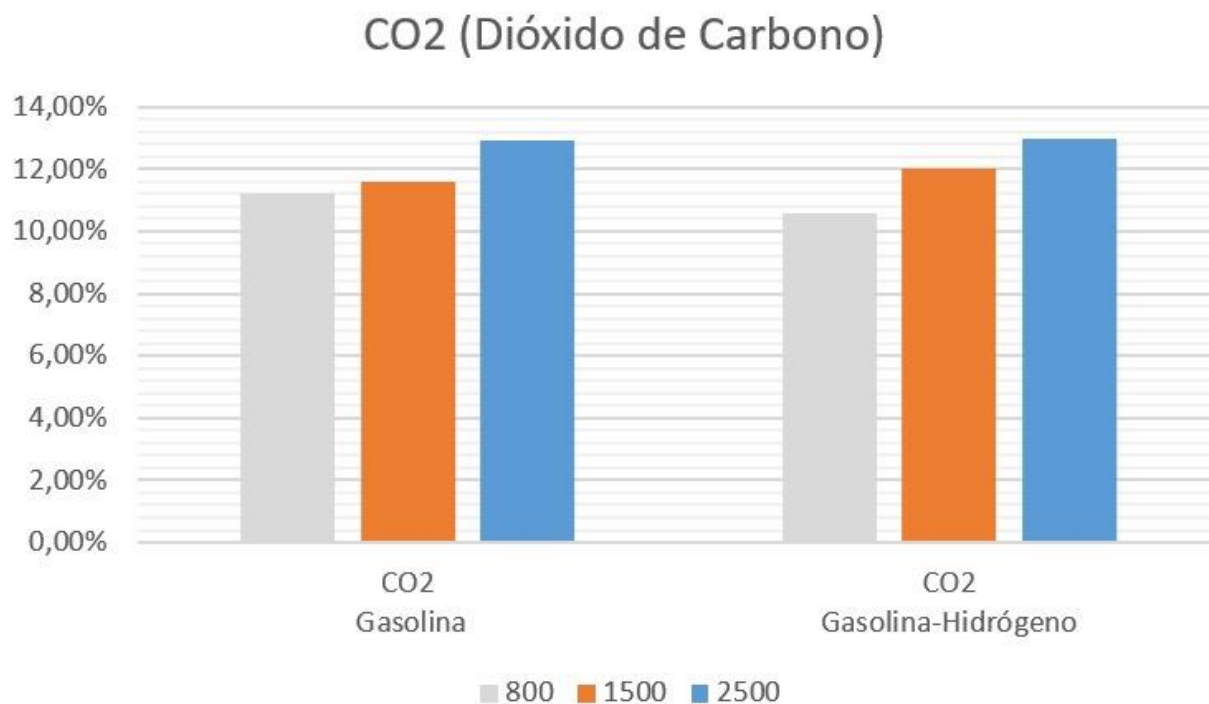
PARÁMETROS	GASOLINA			GASOLINA E HIDROGENO		
	800	1500 rpm	2500 rpm	800	1500 rpm	2500 rpm
CO2 (%V)	11.2 %	11.6 %	12.9 %	10.6 %	12.0 %	13.0 %
CO(%V)	0.23 %	0.31 %	0.57 %	0.09 %	0.02 %	0.01 %
O2(%V)	2.26 %	2.14 %	2.09 %	2.32 %	2.23 %	2.14 %
HC	93 ppm	194 ppm	160 ppm	109 ppm	138 ppm	71ppm
LAMBDA / AFR	1.10	1.11	1.07	1.14	1.12	1.11
COK	0.29 %	0.32 %	0.99 %	0.12 %	0.03 %	0.01%

Nota. Se detalla la relación de emisiones entre gasolina y gasolina e hidrógeno.

Los resultados obtenidos en las mediciones que se realizaron de las emisiones contaminantes son del dióxido de carbono [CO₂], monóxido de carbono [CO], oxígeno [O₂] y Lambda / Afr, los primeros tres son medidos en porcentajes de volumen (%V), en el caso de los hidrocarburos en partículas por millón (ppm). De los siguientes gases se procedió a tomar medidas a partir de 800 rpm, 1500 rpm y 2500 rpm, para determinar el incremento o decremento en cuanto al caso de gasolina y gasolina e hidrógeno.

Figura 40

Porcentaje por Volumen de CO2 entre Gasolina y Gasolina e Hidrogenó

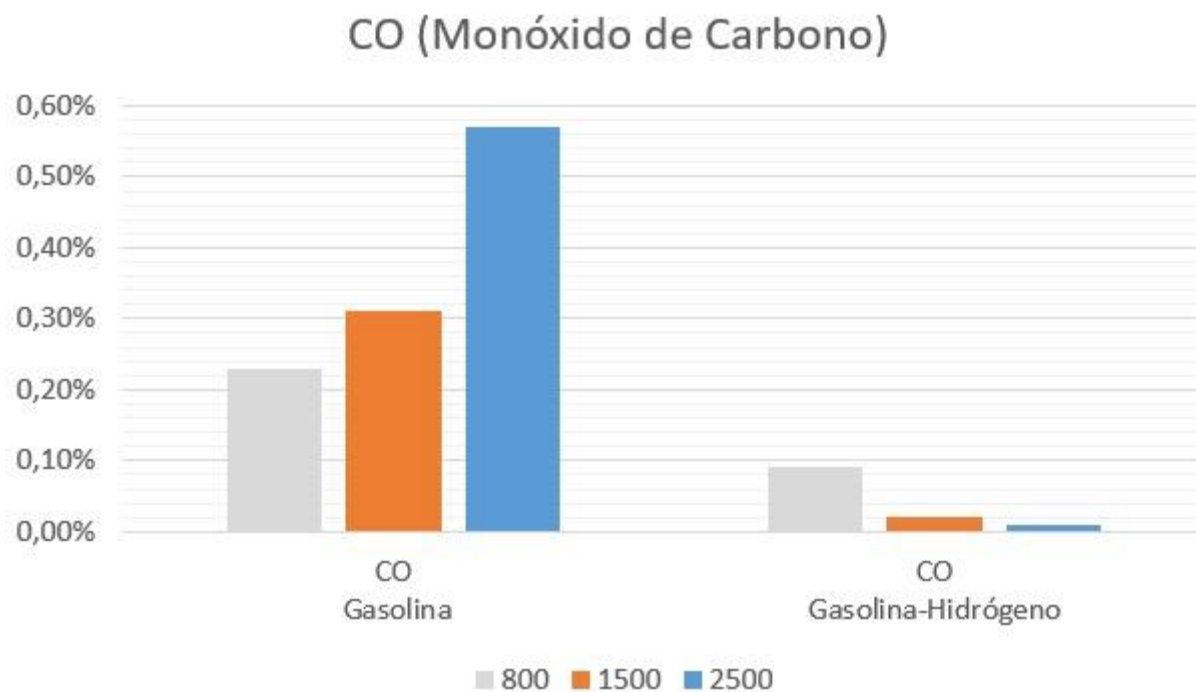


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Como se puede observar en la figura 40, el porcentaje de volumen de dióxido de carbono con gasolina a 800 rpm es de 11,2%V, a 1500 rpm es de 11,6%V, y a 2500 rpm de 12,9%V, valores que disminuye con gasolina e hidrógeno a 800 rpm a 10,6%V, en 1500 rpm el aumento es mínimo de 12,0%, y a 2500 rpm de 13,0 %, lo que demuestra que hay un mínimo aumento de 0,4%V de CO2, utilizando el hidrogeno.

Figura 41

Porcentaje por volumen de CO entre Gasolina y Gasolina e hidrógeno

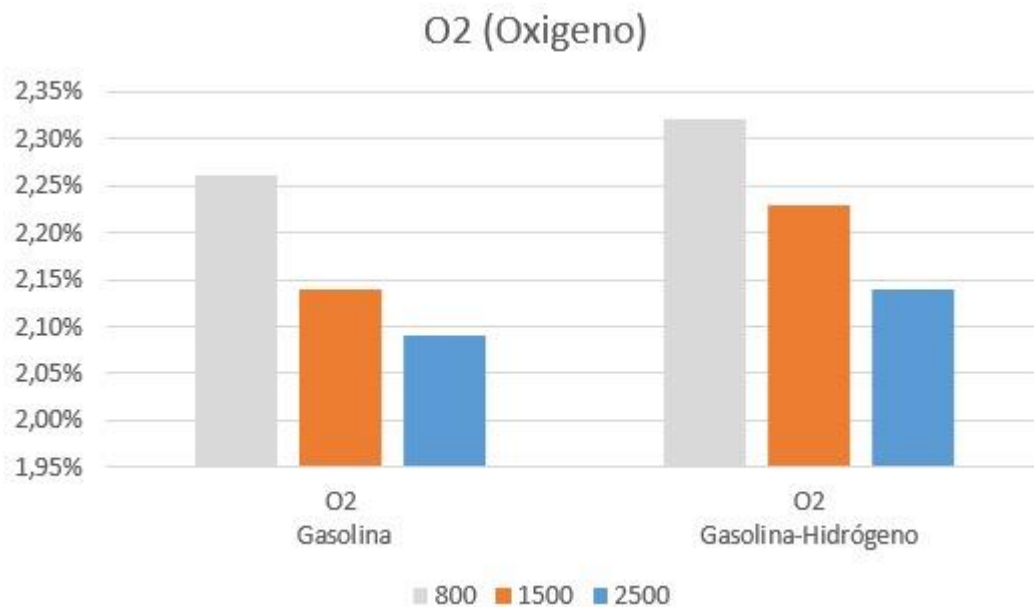


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Al contrario, en el monóxido de carbono podemos visualizar que sus porcentajes en la figura 41, a 800 rpm es de 0,23%V, a 1500 rpm es de 0,31%V, y a 2500 rpm es de 0,57%V, lo que disminuye considerablemente al utilizar gasolina he hidrógeno, a 800 rpm en un porcentaje de 0,09%V, a 1500 rpm en un porcentaje de 0,02%V, y a 2500 rpm en un porcentaje considerable de 0,01%V, demostrando la eficiencia del hidrógeno.

Figura 42

Porcentaje por volumen de O₂ entre Gasolina y Gasolina e Hidrógeno

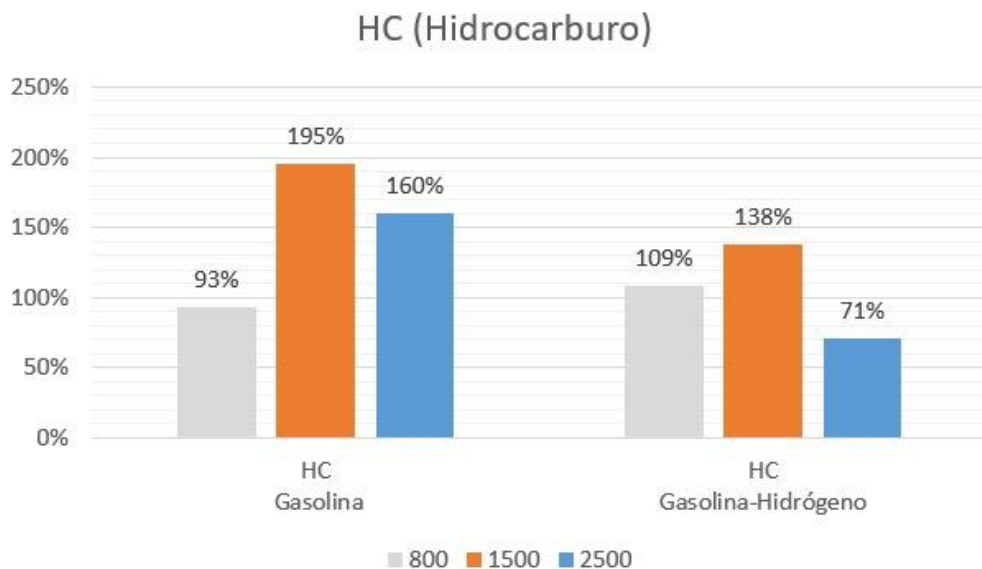


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la siguiente figura 42, del oxígeno a 800 rpm con gasolina es de 2,26%V, con hidrógeno es de 2,32%V, 1500 rpm con el uso de gasolina tiene 2,14%V, y con gasolina e hidrógeno 2,23%V, y a 2500 rpm 2,09%V, con gasolina e hidrógeno tiene 2,14%V, comparando los resultados obtenidos es muy notorio el aumento de 0,07%V, llegando a la conclusión que con la ayuda del hidrógeno es menos contaminante.

Figura 43

Porcentaje por volumen de HC entre Gasolina y Gasolina e Hidrógeno.

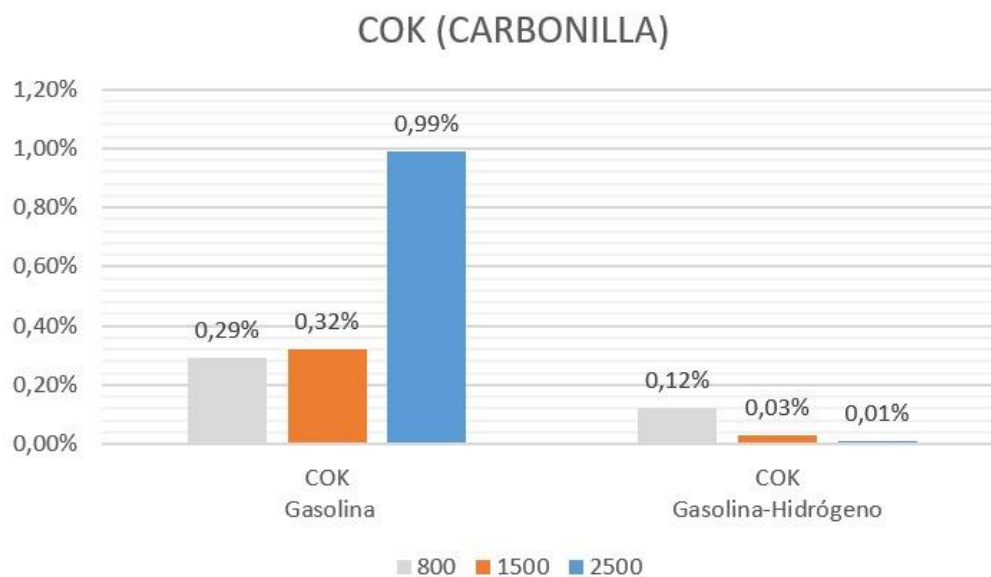


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En la figura 43 se visualiza que, trabajando con gasolina a 800 rpm, es de 93%, a 1500 rpm es de 195%, a 2500 rpm, es de 160%, comparando con los resultados del hidrogeno a 800 rpm, es de 109%, y a 1500 rpm, es de 138%, lo que se puede visualizar una disminución del 57%, y a 2500 rpm, es de 71%, constatando un decaimiento considerable del 89%, demostrando la eficiencia del hidrógeno.

Figura 44

Porcentaje por volumen de COK entre Gasolina y Gasolina e Hidrógeno.

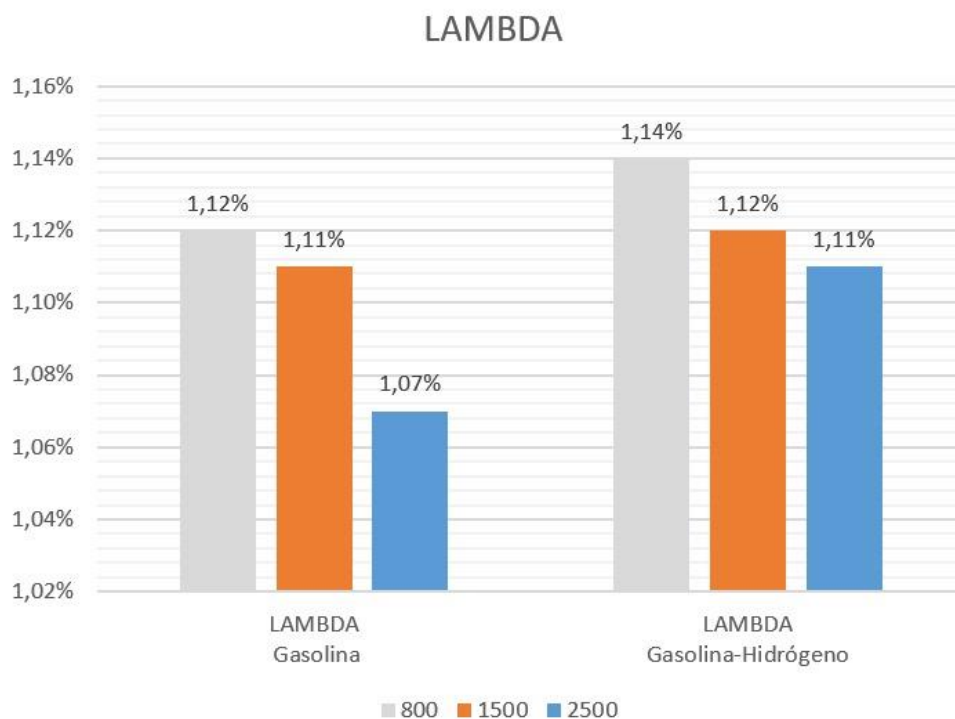


Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En el caso del COK se trabajó a 800 rpm, 1500 rpm, y a 2500 rpm, comprando los combustibles, se puede visualizar que al trabajar con hidrógeno se observa un decaimiento total.

Figura 45

Porcentaje por volumen de LAMBDA entre Gasolina y Gasolina e Hidrógeno.



Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

Al analizar que la proporción de aire y combustible trabaja mejor con hidrógeno por su velocidad de combustión la temperatura de llama y la mezcla con aire influyen en su rendimiento y resistencia a la detonación.

Notablemente el motor tiene sus mejoras utilizando el hidrógeno, en el caso de las emisiones contaminantes tales como el CO₂ (Dióxido de carbono) tenemos un aumento del 0,4% y CO (Monóxido de carbono) tenemos una disminución considerable, en el caso del oxígeno, por lo contrario, se intensifica con el 0,07%.

Comparación entre la eficiencia térmica.

En este análisis se puede identificar que el hidrogeno presenta una eficiencia térmica superior a la gasolina. Esto se debe a su mayor poder calorífico por unidad de masa y a una combustión más limpia como se puede observar en la siguiente tabla 11.

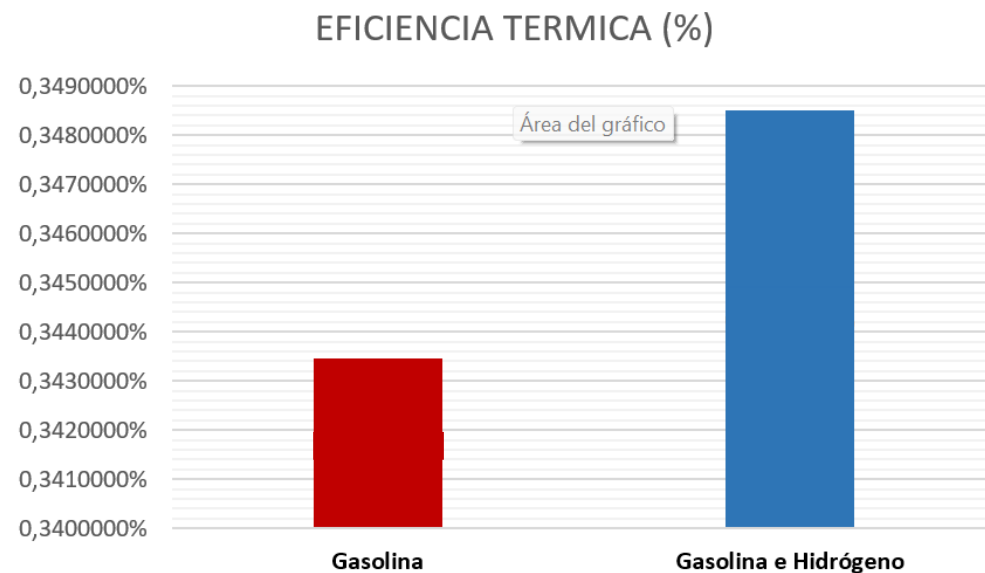
Tabla 11.

Resultados promedios de la eficiencia térmica.

COMBUSTIBLE	EFICIENCIA TÉRMICA (%)
Gasolina	0,3590602%
Hidrógeno	0,3515019%

Nota. Se detalla la eficiencia térmica entre gasolina y gasolina e hidrógeno.

El resultado de la eficiencia térmica en el caso de la gasolina es de 0,3590602%, y un ligero aumento utilizando el hidrogeno con 0,3515019%, demostrando un cambio utilizando el hidrógeno.

Figura 46*Eficiencia térmica*

Nota. Elaborado por Nicolás Canchigña

En cuanto la combustión del hidrogeno produce menos emisiones contaminantes que la de la gasolina, tales como óxidos de nitrógeno (NOx) y el dióxido de carbono (CO2), también la temperatura que se genera es más alta que de la gasolina, lo cual mejora la eficiencia del motor y menor consumo de combustible.

Conclusiones

- Se confirmó que el hidrógeno tiene un gran potencial como combustible ya que trabaja con un octanaje de 130, además ofrece una serie de ventajas sobre la gasolina, como una combustión más limpia y eficiente, un mayor rango de operación y menores emisiones.
- Se realizaron las pruebas en el motor LCU 1.4L S-TEC III, mediante la lectura de temperaturas de admisión y de escape para verificar la eficiencia térmica que trabajaría el motor al emplear el kit de hidrogeno conjuntamente con gasolina.
- Se verificó, que mediante la bujía el comportamiento de la combustión con el sistema dual fuel, como resultado se visualizó una coloración marrón indicando que se genera una mezcla proporcional.
- Se determinó que el uso de gasolina e hidrogeno en el análisis de las emisiones tales como, CO₂, CO, y HC tuvo una disminución considerable en los gases considerados tóxicos, teniendo en cuenta que tiene un alza evidente de 0,27% de O₂, lo que nos indica que estamos dentro del límite permitido en nuestra categoría M, en la norma (NTE INEN 2204).
- En consecuencia, se ha llegado a comparar los resultados obtenidos entre gasolina y gasolina e hidrogeno, el hidrogeno ayuda al rendimiento del motor, con la estabilidad del mismo, con menor ruido y emisiones contaminantes. Demostrando que la eficiencia del hidrógeno es una alternativa en relación a gasolina.

Recomendaciones

- Se recomienda trabajar con cuidado y con guantes al tratar de manipular el químico hidróxido de sodio al realizar las mezclas.
- Se sugiere que antes de hacer cualquier medición con el analizador de gases se debe de purgar para evitar resultados erróneos.
- Se aconseja que, al momento de tomar medidas de temperatura y amperaje, el intervalo de tiempo sea min de cada 5 min, ya que así tendríamos más datos a considerar.
- Se propone que el motor se encuentre en su temperatura ideal para poder hacer las mediciones correctas
- Se recomienda revisar bien las fórmulas con las cuales se va a proceder a trabajar ya que hay para poder determinar la eficiencia térmica de un motor a gasolina y las de un motor diésel.

Bibliografía

- Ali Express. (09 de febrero de 2024). *Mini termómetro Digital redondo con pantalla de luz, indicador de temperatura, DC 5V-48V, 12V, 24V -20 ~ + 120 °C con Sensor de 1m, 22mm*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/1005005615187362.html>
- Alonso, M. (27 de abril de 2022). *Ficha Técnica Chevrolet Sail 1.4 MT (102 cv) Sedan (2010-2014)*. Obtenido de Guantero: <https://www.guantero.es/chevrolet/chevrolet-sail-1-4-mt-102-cv-sedan-2010-2014-ficha-tecnica/>
- Amazon. (20 de abril de 2017). *bugpack Auto detonación Knock Sensor KS Sensor OEM 0261231130*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/bugpack-detonaci%C3%B3n-Knock-Sensor-0261231130/dp/B071CWMCJ1>
- Argüello Lazaga, J. E. (2015). *Simulación de las prestaciones de un motor alternativo de 4T para Formula Student*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25699/PFC_JoseEnrique_Arguello_Lazaga.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Auto Avance. (08 de junio de 2019). *Sensor de Posición del Cigüeñal CKP*. Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueñal-ckp/>
- Auto Avance. (01 de febrero de 2021). *Sensor Pedal Acelerador APP*. Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-pedal-acelerador/>
- Autodoc Club. (22 de marzo de 2021). *Sensor de temperatura del refrigerante: función, probar, síntomas*. Obtenido de <https://club.autodoc.es/magazin/sensor-de-temperatura-del-refrigerante-funcion-probar-sintomas>
- Calle Muñoz, M., & López Bermúdez, J. M. (2015). *El hidrógeno como fuente de energía alternativa*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de

<https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/e0191a9c-4b37-4743-bdaf-26c03e97c103/download>

Chang, R. (2002). *Química Séptima Edición*.

Códigos DTC. (febrero de 2024). *Motores a gasolina*. Obtenido de <https://codigosdtt.com/blog/motores-gasolina/>

Duque Cabrera, E. J., & Masaquiza Masaquiza, J. P. (2013). *Implementación de un generador e inyector de hidrógeno en un motor de vehículo Mazda BT-50 2.2 L, para reducir emisiones de gases contaminantes*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2608/1/65T00067.pdf>

Electrones de Valencia. (2014). Obtenido de https://electronesdevalencia.com/configuracion-electronica-y-diagrama-de-orbitales-del-hidrogeno/?expand_article=1

Electronilab. (2024). *Voltímetro Amperímetro Digital DC de 0-100VDC a 10A*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/voltimetro-amperimetro-digital-dc-de-0-100vdc-a-50a/>

Escobar, Á. (25 de noviembre de 2021). *¿Qué es la culata del motor de un coche y para qué sirve?* Obtenido de Car Novo: <https://carnovo.com/es/guias/culata-motor/>

Fidalgo, R. (20 de septiembre de 2023). *Ciclo Otto*. Obtenido de Autocasión: <https://www.autocasion.com/diccionario/ciclo-otto#:~:text=El%20ciclo%20Otto%20es%20un,y%20as%C3%AD%20es%20c%C3%B3mo%20funciona.>

FlexFuel. (07 de enero de 2019). *Sensor MAP*. Obtenido de <https://www.flexfuel-company.es/sensor-map/>

Freire Romero, D. R., & Loza Rojas, J. A. (2013). *Comportamiento de un motor a gasolina utilizando alcohol anhidro como combustible de aporte*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5799/1/CD-4686.pdf>

- García, J. C. (28 de diciembre de 2023). *Sensores automotrices: ¿Cuáles son los sensores más importantes de tu auto? Tipos y funcionamiento*. Obtenido de GPS Total EWebik: <https://gpstotal.org/es/sensor-automotriz#Que-es-un-sensor-automotriz>
- Globaltech. (2024). *Analizador de Gases Portatil Kane Autoplus 4-2*. Obtenido de <https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-portatil-kane-autoplus-4-2/>
- Grupo One Air. (2024). *Ciclo Otto: ¿Cómo funciona un motor de combustión interna?* Obtenido de https://www.oneair.es/ciclo-otto-que-es/#que_es_el_ciclo_otto
- IEA 50. (junio de 2019). *The Future of Hydrogen*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- Ingeniería y mecánica automotriz. (24 de febrero de 2020). *¿Qué es el sensor de Velocidad del Vehículo / VSS y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-velocidad-del-vehiculo-vss-y-como-funciona/>
- Josemaco's Blog. (25 de septiembre de 2010). *Sensor de temperatura del refrigerante NTC*. Obtenido de <https://josemaco.wordpress.com/2010/09/25/sensor-de-temperatura-del-refrigerante-ntc/>
- Leal Importaciones. (20 de marzo de 2023). *¿Sabes cómo funciona un analizador de gases automotriz?* Obtenido de <https://lealimportaciones.com/blog/funcionamiento-analizador-gases-automotriz/>
- Mecanica y Motores. (20 de diciembre de 2022). *Ficha técnica chevrolet sail*. Obtenido de <https://mecanicaymotores.com/ficha-tecnica-chevrolet-sail.html>
- Mercado Libre. (2024). *Celda Seca De Hidrogeno 13 Placas 4 Y 5 Cil De 2.5 A 3.0 Lts*. Obtenido de <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-2587694714-celda-seca-de-hidrogeno-13-placas-4-y-5-cil-de-25-a-30-lts->

_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=8b1f414b-8480-4ed4-a18c-807bb86b3665

Moreno, A. (2007). *Implementación y análisis sistema de alimentación de hidrógeno para un motor de combustión interna*. Bogotá: Universidad de los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/483fb8f8-65aa-41ba-a370-99657f2b8df5/content>

Motores Auto. (03 de enero de 2024). *Sensor CMP. Qué Es, Ubicación, Funcionamiento, Tipos*. Obtenido de <https://www.motoresauto.com/sensor-cmp/>

MVW Autotechniek. (2023). *Hidrógeno y pila de combustible*. Obtenido de <https://app.bibguru.com/p/5a603998-ecb0-43c2-a7d4-d54af23e18d7>

Núñez, C. (26 de julio de 2012). *Curvas características .M;W;Qef*. Obtenido de Lameneta: <https://lamaneta.com/web/2-curvas-caracteristicas-por-carlosn/>

PCE Instruments. (2024). *Medidor de temperatura*. Obtenido de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-temperatura-kat_70718.htm#:~:text=Un%20medidor%20de%20temperatura%20digital%20mide%20mediante%20un%20circuito%20electr%C3%B3nico,mostr%C3%A1ndolas%20en%20un%20pantalla%20digita

R., José Luis. (2024). *Termopar*. Obtenido de Como Funciona: <https://comofunciona.co/termopar/>

Scanner Automotriz. (11 de diciembre de 2020). *¿Para qué sirve el scanner automotriz?* Obtenido de <https://servicioscannerautomotriz.com/para-que-sirve-el-scanner-automotriz/>

Sensor Automotriz. (2024). *Todos los Sensores y Actuadores en un Automóvil: Una Guía Completa*. Obtenido de <https://sensorautomotriz.one/todos-los-sensores-y-actuadores-en-un-automovil-una-guia-completa/>

Sensores Automotrices. (2023). *Todo lo que debes saber sobre el sensor MAP: funcionamiento y esquema*. Obtenido de <https://sensorautomotriz.es/sensores/sensor-map-esquema/>

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina. *NTE INEN 2204. Segunda revisión*. Quito. Obtenido de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>

Transporte Mx. (12 de septiembre de 2019). *El sensor de oxígeno y lo que debes saber*. Obtenido de <https://transporte.mx/el-sensor-de-oxigeno-y-lo-que-debes-saber/>

Wijk, M. V. (27 de febrero de 2024). *MVW Autotechniek*. Obtenido de <https://www.mvwautotechniek.nl/es/>

Zambrano Mantilla, R. A., & Núñez Prada, C. M. (2013). *Obtención de las curvas de desempeño de un motor de combustión interna alternativo en un banco de pruebas (Tesis de Ingeniería)*. Floridablanca: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5942/digital_25719.pdf?isAlowed=y&sequence=1