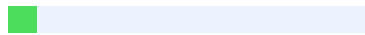




Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

8%



Overall Similarity

Date: mar 12, 2024

Matches: 379 / 4788 words

Sources: 24

Remarks: Low similarity detected, check with your supervisor if changes are required.

Verify Report:

Scan this QR Code



Analysis of the behavior of a 1500 cc MEP engine in the combustion chamber
decarbonization process using an Oxyhydrogen generator

Análisis del comportamiento de un motor de 1500 cc MEP en el proceso de
descarbonización de la cámara de combustión utilizando un generador de oxihidrógeno

Dennys Alexander Jitala¹ Christian Gustavo Loachamin² Abrahan Mesías Jorque³

¹Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: djitalap@istct.edu.ec

²Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: cgloachaminbalseca@istct.edu.ec

³Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: ajorquer@istct.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación muestra el análisis del comportamiento de un .Motor de Encendido Provocado (MEP), en donde se realizó un protocolo de pruebas de: torque y potencia en el banco dinamométrico LPS3000 del Centro de Investigaciones LIAVMS de la Escuela Politécnica Nacional, en cumplimiento de la normativa ISO 1585, emisiones de gases contaminantes con el equipo BRAIN BEE AGS-688, bajo los parámetros de medición de la normativa INEN 2204, durante este proceso se monitorea los datos del sensor de oxígeno en relación a la temperatura y revoluciones del motor, así como para evidenciar el estado físico de la cámara de combustión, se introdujo un endoscopio automotriz P40, en el cual se captura las imágenes de la cámara de combustión y cabeza del pistón. Estas pruebas se realizaron antes y después del proceso de decarbonización de la cámara de combustión, mediante la máquina generadora Oxihidrógeno (HHO) Carbón Cleaner 6.0, para analizar su desempeño en el vehículo.

Los resultados se ven descritos en tablas e ilustrados en diagramas, en el análisis de la gráfica de la potencia se refleja un aumento significativo de 104.5 HP a 108.7 HP que representa el 4% y una reducción en las emisiones de gases contaminantes,

principalmente de los hidrocarburos (HC) de 63 ppm a 44 ppm y el monóxido de carbono (CO) de 0.12% a 0.08 %, que representa el 30,15% y 33,3% respectivamente. Mediante la investigación realizada se puede concluir que el proceso de descarbonización por HHO, mejora el rendimiento del vehículo disminuyendo los niveles de contaminación, la carbonilla de la cámara de combustión y el sistema de escape.

Palabras clave-- Motor de encendido provocado, dinamómetro, gases contaminantes, descarbonización, Oxihidrógeno.

ABSTRACT

The present investigation shows the analysis of the behavior of a Motor Provoked Ignition (MEP), where a testing protocol of: torque and power was carried out on the LPS3000 dynamometric bench of the LIAVMS Research Center of the National Polytechnic School, in compliance of the ISO 1585 standard, emissions of polluting gases with the BRAIN BEE AGS-688 equipment, under the measurement parameters of the INEN 2204 standard, during this process the oxygen sensor data is monitored in relation to the temperature and engine revolutions , as well as to demonstrate the physical state of the combustion chamber, a P40 automotive endoscope was introduced, in which images of the combustion chamber and piston head are captured. These tests were carried out before and after the decarbonization process of the combustion chamber, using the Carbon Cleaner 6.0 Oxyhydrogen (HHO) generating machine, to analyze its performance in the vehicle.

The results are described in tables and illustrated in diagrams. The analysis of the power graph reflects a significant increase from 104.5 HP to 108.7 HP, which represents 4%, and a reduction in polluting gas emissions, mainly from the hydrocarbons (HC) from 63 ppm to 44 ppm and carbon monoxide (CO) from 0.12% to 0.08%, which represents 30.15% and 33.3% respectively. Through the research carried out, it can be concluded that the decarbonization process by HHO improves the performance of the vehicle by reducing pollution levels, carbon in the combustion chamber and the exhaust system.

Index terms-- Engine spark ignition, dynamometer, polluting gasses, decarbonization, Oxyhydrogen.

1. INTRODUCCIÓN.

Según el (Informe de calidad de vida, 2022) menciona que el 30.1 % de contaminación es provocada por la emisión de gases de los vehículos. Así como (Rodríguez & Cuvi, 2019) afirma que este problema ambiental es producto del incremento del parque automotor. Esta contaminación está compuesta en el aire por: dióxido de azufre (SO₂), ozono, dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado, monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) según los datos obtenidos en la investigación de (Jerves & Armijos, 2016). Esta emisión de gases contaminantes provocados por la industria automotriz, es uno de los principales problemas que enfrentan todos los fabricantes de vehículos. (Velez & Castellanos, 2022) mencionan que las compañías se han propuesto como objetivo reducir este impacto ambiental, para ello han previsto la incorporación de nuevos métodos que ayudan a la reducción de gases, entre ellos están: los sensores, módulos de control, válvulas y actuadores, este tipo de tecnologías ayudan de manera eficiente mientras se cumpla el plan de mantenimiento estipulado por el fabricante. Adicionalmente se recomienda la descarbonización de la cámara de combustión. Según (Flores, 2018) en base a su investigación, afirma que la descarbonización, por medio de la pirólisis (descomposición por fuego), el cual, elimina y evacua las partículas de carbonilla presentes en el sistema de admisión y en la cámara de combustión del motor. Esta carbonilla se deposita en varios componentes de la cámara de combustión, sistema de admisión y escape (Sandoval, 2018). Lo que ocasiona ¹⁵ la acumulación de hollín en las paredes del múltiple de admisión, válvulas, cabeza de pistón, bujías y el sistema de escape, los cuales provocan la pérdida progresiva del torque y potencia del motor, como consecuencia tendremos un motor con rendimiento reducido, ³ mayor emisión de gases y mal funcionamiento, asegura (Arroyo et al, 2021).

La descarbonización consiste ¹⁵ en el uso de un equipo generador de oxihidrógeno (HHO), el cual mezcla en su interior varios agentes químicos que se transforman en hidrógeno gaseoso, el mismo que será llevado al múltiple de admisión del motor, posteriormente hacia la cámara de combustión, en donde inicia la pirólisis, según afirma

(Colín, 2019). Estas partículas de hollín se queman, desprenden y se pulverizan por completo siendo evacuadas por el múltiple de escape, como menciona (Chiluisa, 2022) Este agente químico limpiará los componentes de la cámara de combustión, el cual evitará que se vuelva acumular las partículas de hollín, reduciendo así ³ las emisiones de gases y ayuda a reducir las pérdidas de potencia del motor (Sergio & Sáenz, 2013).

El propósito de nuestra investigación es comparar cómo este proceso influye en la emisión de gases y el desarrollo el torque y potencia, antes y después de la descarbonización, teniendo en cuenta las mismas condiciones de funcionamiento del vehículo como: la temperatura del motor (ECT), revoluciones por minuto, datos del sensor de oxígeno (O2) y las condiciones climáticas como temperatura y humedad del aire. Se espera que los resultados del análisis muestren una reducción de los gases y recuperación de torque y potencia.

2. EQUIPOS Y MÉTODOS

2.1 Equipos

A continuación, se describen los equipos que fueron utilizados en la investigación.

- Vehículo Chevrolet Sail 1.5
- Scanner automotriz Launch X-431 PRO
- Analizador de gases Brain Bee AGS-688
- Endoscopio Automotriz P40
- Dinamómetro LPS 3000
- HHO Carbón Cleaner 6.0

2.1.1 Vehículo

Para el estudio se usó un vehículo Chevrolet Sail de 1500 CC DOHC VVT, del año 2020, con un recorrido de 138110 km, entre los principales datos técnicos se muestra en la tabla

1.

Tabla 1

Características del vehículo de prueba.

Válvulas

16

Potencia [HP@rpm]

109@6000

Torque [Nm@rpm]

141@4000

Relación de compresión

10.2:1

Sistema de alimentación

Inyección Indirecta

Neumáticos

195/55 R15

Fuente: (Ficha Técnica, 2024)

2.1.2 Scanner Automotriz Launch X-431 PRO

Con la ayuda del scanner automotriz se procedió a monitorear el comportamiento del sensor de oxígeno, en relación a la temperatura y las revoluciones del motor durante el protocolo de pruebas del análisis de gases.

2.1.3 Analizador de gases Brain Bee AGS-688

Este dispositivo trabaja con un software ÓMNIBUS-800 y está equipado con una cámara de medición de la marca SENSORS en donde analiza los hidrocarburos [HC], Monóxido de carbono [CO], Dióxido de carbono [CO₂], oxígeno [O₂] y el cálculo de Lambda bajo los parámetros de la normativa INEN 2204.

a) Normativa INEN 2204

Se realiza la medición estática de **6** toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de

operación. En la tabla 2 se detallan los 13 límites máximos de emisiones permitidos para un motor a gasolina, en el cual se evidencian los gases a medir que son: carbono [CO] e hidrocarburos [HC].

Tabla 2

Normativa INEN 2204

Año modelo

%CO*

ppm HC*

0-1500**

1500-3000**

0-1500**

1500-3000**

2000 >

1,0

1,0

200

200

1900 – 1999

3,5

4,5

650

750

<= 1989

5,5

6,5

1000

1200

*Volumen **Altitud=(msnm)

Fuente: INEN, 2017

2.1.4 Endoscopio automotriz P40

Con este componente se realizó las capturas del estado interno **17** de la cámara de combustión, en la cabeza del pistón.

Figura 1: Endoscopio Automotriz Andowl P40 Fuente: Autores (2024)

2.1.5 Dinamómetro LPS 3000

Mediante este equipo se realizó la toma de datos del torque y potencia **10** del vehículo, en el dinamómetro de chasis como se ilustra en la figura 2.

Figura 2: Esquema del dinamómetro LPS 3000

Fuente: (Rosas & Barona, 2011)

2.1.6 Máquina HHO Carbón Cleaner 6.0

Se encarga de generar el gas de HHO a partir de la división del agua, adicionalmente con agentes químicos que se transformaran en hidrogeno, el cual adopta la forma de un líquido acuoso de color blanco, el mismo que pasara a limpiar los componentes de la cámara de combustión, admisión y escape por medio de la pirolisis. En la tabla 3 se detallan los datos técnicos de la máquina.

Tabla 3

Ficha Técnica del HHO Carbón Cleaner 6.0

Tensión de entrada

Especificaciones

Consumo de agua [l/h]

0.7

Medio de trabajo

Agua destilada

Dimensiones del contorno-L*W*H [mm]

760*630*900

Presión de trabajo [Mpa]

< 0.2

Temperatura de trabajo [°C]

0 – 40

Peso Neto [kg]

165

Fuente: (Ibérica, 2024)

Una vez recopilada toda la información y características de los equipos a utilizar, se procede a la obtención de datos en el vehículo, siguiendo dos protocolos de pruebas con dos condiciones.

2.2 Protocolo de pruebas (Condición 1) - Antes del proceso de descarbonización.

Las diversas pruebas fueron realizadas en las instalaciones del Instituto Superior Universitario Central Técnico (ISUCT) y en el Centro de Investigaciones (LIAVMS) de la ciudad de Quito que se encuentra ubicada a 2850 [msnm] y 1029 [hPa] de presión atmosférica.

2.2.1 Esquema de conexión de scanner/ **5** oscilograma del sensor de oxígeno (Condición 1).

Se localizó el puerto DLC del vehículo, que se encuentra debajo del volante, en donde se procede a la conexión del scanner Automotriz y vinculación del protocolo de comunicación OBD II, de esta manera poder monitorear la curva del sensor de oxígeno **2** en relación con las rpm del motor y la temperatura de la misma, la conexión se observa en la figura 3.

Figura 3: **18** Esquema de conexión de scanner automotriz

Fuente: Autores (2024)

En la figura 4 se puede observar el oscilograma de las revoluciones del motor (1), del sensor de oxígeno (2) y el sensor de temperatura del motor (3).

Figura 4: Curva de comportamiento **20 del sensor de oxígeno** en relación con las rpm y temperatura

Fuente: Autores (2024)

2.2.2 Análisis de gases (Condición 1).

Con ayuda **10 del analizador de gases Brain Bee** AGS 688, se obtuvieron los datos de las emisiones contaminantes bajo los parámetros de la normativa INEN 2203, el método de medición se ve representado en la figura 5.

Figura 5: Conexión del analizador de gases

Fuente: Autores (2024)

En base al protocolo de pruebas, bajo la condición 1 de medición, se registran los siguientes valores de emisiones de gases que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Valores de emisión de gases antes del proceso de descarbonización

Gases

Ralentí

2500 rpm

Carbono (CO) [g/km]

0.12

0.18

Oxígeno (O2) [%]

0.48

0.13

Dióxido de carbono (CO2) [%]

14.4

14.8

Hidrocarburos HC [ppm]

63

88

Fuente: Autores (2024)

2.2.3 Estado físico **1** de la cámara de combustión (Condición 1).

Con el endoscopio automotriz P40, se evidenció el estado físico actual en el que se encuentran la cabeza de los pistones de cada cilindro, el método de obtención de resultados se evidencia en la figura 6.

Figura 6. Esquema de uso del endoscopio P40.

Fuente: Autores (2024)

En la siguiente figura se puede evidenciar las condiciones de **1** la cabeza del pistón de cada cilindro, donde se muestra la acumulación de carbonilla tanto en la parte lateral como en la central.

A: Cabeza de pistón con residuos de carbonilla producto de la combustión.

Figura 7: Estado de cabeza del pistón condición 1

Fuente: Autores (2024)

El estado de los electrodos de las bujías que se ilustran en la figura 8. Se evidencia la acumulación de carbonilla, en donde A es la bujía del cilindro 1, B-C-D, corresponden a los cilindros 2, 3 y 4 respectivamente.

Figura 8. Estado de bujías condición 1.

Fuente: Autores (2024)

Como se evidencia en la figura anterior, en A, B, C y D existe la presencia de carbonilla alrededor de los electrodos, central y lateral.

2.2.4 Torque y potencia (Condición 1).

A continuación, se da a conocer la metodología para obtener estas magnitudes.

a) Torque o par motor

Para calcular esta magnitud se toma el resultado de dividir la potencia normalizada y la velocidad angular como se muestra a continuación:

(1)

(2)

Donde:

= Potencia Normal [kw]

=Par motor o torque [N*m]

w=velocidad angular [rad/s]

n= número de revoluciones

b) Potencia normal

Representa qué tan rápido el motor puede hacer un trabajo, ¹² se mide en caballos de fuerza y se obtiene en relación a las condiciones ambientales que son reguladas por normativas internacionales como ISO 1585.

2.2.5 Obtención ¹¹ del torque y potencia (Condición 1).

Para la obtención de datos ^{del torque y potencia}, se usó el dinamómetro LPS 3000, el cual debe estar calibrado según la norma ISO 1585.

El proceso de medición empieza ubicando el vehículo de prueba en el dinamómetro, de forma alineada, seguidamente se inmoviliza con la ayuda de un par de correas de tensión, retirar la bayoneta del aceite del motor, y en su lugar colocar la sonda de temperatura del equipo LPS 3000, se coloca el ventilador del equipo en la parte frontal del vehículo de prueba, encender el vehículo y acelerar de forma moderada, hasta alcanzar su temperatura normal de funcionamiento, en el panel principal del dinamómetro, completar los datos en función a la ficha técnica como se observa en la siguiente figura.

Figura 9. Esquema de medición de torque y potencia en dinamómetro de chasis.

Fuente: Autores (2024)

Para la medición del torque y potencia, se tiene en cuenta las condiciones ambientales, las mismas que pueden variar dependiendo de la altura (msnm) entre otras, y se muestran en la tabla 5.

16 Tabla 5

Condiciones ambientales condición 1

Temperatura Ambiente [°C]

20.77

Temperatura Aire aspirado [°C]

15.5

Humedad relativa del aire [%]

74,1

Presión del aire [Pa]

714,8

Presión del vapor [Pa]

18,2

Temperatura de aceite [°C]

91

Fuente: (LIAVMS, 2024)

Se inicia la prueba, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el software del dinamómetro. Durante la ejecución de la prueba se muestran los datos en la pantalla, donde se registran los resultados, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 10. Curva del torque y potencia del vehículo condición 1.

Fuente: (LIAVMS, 2024)

2.2.6 Descarbonización 1 de la cámara de combustión (Condición 1).

En este proceso la máquina Carbón Cleaner 6.0, realiza una mezcla de varios agentes

como: cloruro de sodio, bórax, aminoácidos y agua, que son llevados hacia la cámara de combustión por medio del múltiple de admisión y mediante la chispa eléctrica se combustiona la mezcla y se origina la pirólisis, en donde eliminará los residuos de combustión acumulada en la cabeza del pistón, asiento de válvulas, bujías y el sistema de escape cómo se observa en la figura 11.

Figura 11. Esquema de conexión HHO al motor del vehículo.

Fuente: Autores (2024)

2.2.7 Protocolo de pruebas (Condición 2) - Después del proceso de descarbonización.

Las diversas pruebas del protocolo – condición 2 y resultados se presentan a continuación.

2.2.8 5 Oscilograma del sensor de oxígeno (Condición 2).

Bajo las mismas condiciones anteriores se obtiene el oscilograma del sensor de oxígeno, en donde se evidencia los picos de voltaje más estables, resultado de una disminución de oxígeno en los gases de escape producto de una mejor combustión en la condición de ralentí, tal como se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Curva del sensor O2 en relación con las rpm y temperatura - condición 2.

Fuente: Autores (2024)

2.2.9 Análisis de gases (Condición 2).

Bajo los parámetros anteriores se realizó el análisis de gases donde se obtiene una reducción de 33,3 % en [HC] y un 30,15% en el [CO], como se observa en la tabla 6.

Tabla 6.

Gases obtenidos condición 2

Gases

Ralentí

2500 rpm

Carbono (CO) [g/km]

0.08

0.16

Oxígeno (O₂) [%]

0.55

0.16

Dióxido de carbono (CO₂) [%]

14.5

14.7

Hidrocarburos (HC) [ppm]

44

68

Fuente: Autores (2024)

2.2.10 Estado ¹ de la cámara de combustión. (Condición 2).

Luego del proceso de pirólisis generada en la cámara de combustión se puede observar una reducción considerable de los sedimentos de carbonilla acumulada en la cabeza del pistón como lo ilustra la figura 13.

B: Cabeza de pistón sin residuos de carbonilla, producto de la pirólisis.

Figura 13. Estado de cabeza del pistón condición 2.

Fuente: Autores (2024)

2.2.11 Torque y Potencia (Condición 2).

En la figura 14, se puede evidenciar la curva ¹¹ del torque y potencia según los datos del LIAVMS después de realizar el proceso de descarbonización, y en la tabla 7 los datos de las condiciones ambientales en donde se ejecutó la prueba.

Figura 14: ²³ Curva de torque y potencia del vehículo condición 2.

Fuente: (LIAVMS, 2024)

Se puede evidenciar el desarrollo y aumento significativo de la potencia en un 4%, esto debido a la ausencia de carbonilla en la cámara de combustión tomando en cuenta los

datos ambientales como la temperatura del ambiente y del aire aspirado.

Tabla 7

Condiciones ambientales prueba condición 2

Temperatura ambiente [°C]

22

Temperatura aire aspirado [°C]

17.38

Humedad relativa del aire [%]

62.9

Presión del aire [Pa]

716.3

Presión del vapor [Pa]

16.6

Temperatura del aceite [°C]

92

Fuente: (LIAVMS, 2024)

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Después de haber culminado los protocolos de toma de datos, se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

3.1 Torque y Potencia.

Según los datos del fabricante, el vehículo presenta un motor 1.5 lt que provee de 109 [HP]@6000 rpm y el torque 141 [Nm]@4000 rpm.

21 Como se puede apreciar en la figura 15, existe un incremento de la potencia de: 104.5 [HP] de la condición 1 a 108.7 [HP] en la condición 2, a las 6000 [rpm] respectivamente, la reducción del torque de: 100.6 [Nm] en la condición 1 a 95.3 [Nm] en la condición 2, a las 4000 [rpm]. Con los resultados de las pruebas se demuestra un aumento de la potencia del 4% y la reducción del torque en un 5.3% como se puede observar en las gráficas a continuación.

Figura 15. Resultados del torque - condición 1 y 2.

Fuente: Autores (2024)

Los datos del torque indican una reducción de 5.3%, esto puede darse por pérdidas mecánicas, pérdidas de energía en forma de calor, la cual debe ser aportada por el combustible, perdiendo el poder calorífico del mismo, por falta de mantenimiento del tren motriz, elevadas temperaturas, generando pérdida por fricción, la misma que viene acompañada por pérdidas de bombeo ya que son mayores a bajos grados de carga del motor, puesto que la estrangulación del múltiple provoca una disminución en la presión de admisión por lo tanto genera un incremento de trabajo por ende reduce el torque.

La presencia de carbonilla en los componentes **1 de la cámara de combustión** y en el múltiple de admisión, provoca que el flujo de aire cambie y se formen torbellinos, los mismos que generan que pase menos cantidad de aire a menor velocidad.

En cambio, los datos de la potencia evidencian un aumento del 4% puesto que la entrada de la mezcla es más estable y el caudal constante, lo que ayuda a una mejor combustión aprovechando de mejor manera la energía del combustible.

2 Figura 16. Resultados de la potencia - condición 1 y 2.

Fuente: Autores (2024)

3.2 Análisis de gases

En la figura 17 se puede observar la recolección de datos en ralentí, de los gases de escape de la condición 1 y 2, como el monóxido de carbono [CO], hidrocarburos [HC], dióxido de carbono [CO₂] y el oxígeno [O₂], dichos valores están **16 por debajo de los valores** permitidos por la norma INEN 2204 en las dos condiciones.

Figura 17. Resultados de los gases contaminantes.

Fuente: Autores (2024)

Se verifica la reducción de los [HC] de 63 ppm a 44 ppm, el [CO] disminuyó de 0.12g/m³ a 0.08 g/m³, el [CO₂] aumenta de 14.4% a 14.5 % y el oxígeno [O₂] de 0.48 a 0.55, esta

reducción de gases nocivos se da por que la cámara de combustión y el múltiple de admisión están con bajos sedimentos de carbonilla y se garantiza una combustión más eficiente de la mezcla aire – combustible, reduciendo **3 el consumo de combustible**, mejora la potencia y reduce los gases tóxicos de escape del motor. El aumento de CO₂ se da por una mayor concentración de partículas de oxígeno en el combustible, la cual reacciona con las moléculas de carbono de los hidrocarburos, obteniendo una mejor combustión.

3.3 **5 Oscilograma del sensor de oxígeno**

Como beneficio del proceso de descarbonización de la cámara de combustión existe una variación en los picos de voltaje **del sensor de oxígeno**, como se muestra a continuación.

Figura 18. Oscilograma combinado del sensor de oxígeno.

Fuente: Autores (2024)

24 La reducción de los niveles de oxígeno en los gases contaminantes se debe a una mejor combustión provocado por la eliminación de sedimentos que obstruyen el correcto llenado de los cilindros obteniendo una mezcla más estequiometría para el proceso de combustión. Afirmando que el proceso de descarbonización HHO por la máquina Carbón Cleaner 6.0, ayuda a mejorar el rendimiento del vehículo y disminuye la emisión de gases contaminantes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El incremento del 4% de la potencia y reducción del torque es el resultado del proceso de descarbonización que se realizó en la cámara de combustión, por lo que indica que el motor trabaja de mejor manera, mayor rendimiento y mayor eficiencia.

Con ayuda de este proceso de descarbonización **3 la emisión de gases** se reduce considerablemente, en donde la emisión de [HC] se redujo en un 33,3% y el [CO] se reduce en un 30,15%, el [CO₂] aumenta en un 0.69% y el oxígeno [O₂] en un 14.5%, estos valores dependiendo de las condiciones ambientales, obteniendo así un resultado

beneficioso en donde la emisión de estos contaminantes será de utilidad para obtener un menor índice de contaminación.

El resultado de la limpieza y eliminación de carbonilla, por medio de la pirólisis se evidencia **1 en la cabeza del pistón** y alrededores, esto gracias a la acción de la descarbonización que generó la mezcla de agentes químicos, como el sodio, bórax, agua y aminoácidos.

Los resultados de la curva de funcionamiento **20 del sensor de oxígeno**, presentan picos de voltaje más continuos, lo que significa una disminución de oxígeno en los gases contaminantes, de igual manera se considera que este cambio representa un menor consumo de combustible y menor emisión de gases contaminantes.

4.2 Recomendaciones

Para el proceso de toma de datos en el dinamómetro se recomienda realizar en las mismas condiciones ambientales principalmente en la temperatura del ambiente y humedad del aire para la obtención de datos precisos.

En el proceso de mantenimiento preventivo del vehículo, se recomienda realizar la descarbonización por HHO al menos una vez por año o cada 20,000 km y de esta manera prolongar **12 la vida útil del vehículo**.

Mantener al día al vehículo con los mantenimientos respectivos según las especificaciones del fabricante y en óptimas condiciones de funcionamiento para poder realizar las pruebas de gases y medición de torque y potencia.

En el transcurso de la toma de datos de los gases se debe calibrar y mantener limpios los filtros **10 del analizador de gases** para obtener resultados precisos y fiables.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rodríguez-Guerra, A., & Cuvi, N. (2019). Contaminación del aire y justicia ambiental en Quito, Ecuador. *Fronteiras*, 8(3), 13-46.

Jerves, R., & Armijos-Arcos, F. (2016). Análisis y revision de la red de monitoreo de calidad del AIRE DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR. *La Granja*, 23(1), 25-35.

Brito Vélez, D., & Bucio Castellanos, V. (2022). Transformación en la movilidad para

reducir la contaminación atmosférica causada por el uso de automóviles.

Chiluisa, M. S. (02 de agosto de 2022). Investigación de la incidencia del método de limpieza no invasivo por descomposición del agua por electrólisis en motores de combustión interna. Obtenido de Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) Rosas, & Barona. (Diciembre de 2011). Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de Elaboración de un manual de mantenimiento para el dinamómetro de chasis LPS 3000 CCICEV: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4457/3/CD-4067.pdf>

Jácome Sandoval, W. A. (2018). Análisis de la producción de carbonilla en la cámara de combustión de un motor diésel Isuzu 4JB1 2.8, con el uso de diésel Pemium y iodiesel a base de higuierilla B10 (Bachelor's thesis).

Rodríguez Aranguren, S. A., & Sáenz Buitrago, J. D. (2013). Evaluación **7** técnica de un motor de combustión interna por ignición utilizando como combustible mezcla de gasolina corriente con hidrógeno al treinta por ciento (30%) en volumen.

Valdivieso, J. C. C., Godoy, C. R. C., Sayuri, M. B. N., Velarde, J. I. A., Sánchez, G. V. M., Sánchez, E. D. A., & Ramírez, R. A. V. (2017). Estudio comparativo de potencia, torque y emisiones contaminantes en un motor de combustión interna de encendido provocado (MEP) con combustible extra, e5 y e10 a una altura de 2700 MSNM. Infociencia, 11(1), 132-138.

ARROYO TERÁN, E. S., CEVALLOS GONZÁLEZ, A. F., IMBAQUINGONAVARRETE, R. P., & MELO OBANDO, J. L. (2020). Estudio **8** del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado. Ingeniería y Desarrollo, 38(1), 148-162.

Flores, J. (10 de septiembre de 2018). Repositorio ESPE. Obtenido de "Construcción de un limpiador de inyectores tipo canister y un descarbonizador del sistema de admisión para motores a gasolina, para la unidad de gestión de tecnologías-espe"

Payri González, F., & Desantes Fernández, J. M. (2011). Motores de combustión interna alternativos. Editorial Universidad politécnica de valencia.

Taipe-Defaz, V. A., Llanes-Cedeño, E. A., Morales-Bayetero, C. F., & Checa-Ramírez, A.

E. (2021). Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (26), 17-29.

Ronda, J. (2018). Modelado de las pérdidas mecánicas en motores diésel de inyección directa. *Politécnica de Valencia*.

Maila, J. E. G., Proaño, D. D. O., Vergara, H. F. G., & Hidalgo, E. V. V. (2021). **9** El control y la gestión de la inyección electrónica de combustible para los motores de encendido provocado. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 44.

Pulkrabek, WW (2004). Fundamentos **22** de ingeniería del motor de combustión interna.

Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación **4** del torque y potencia de un motor de combustión interna a gasolina mediante el uso de bujía con sensor de presión adaptado y aplicación de un modelo matemático. *Revista Politécnica*, 39(1), 49-57.

Mena Espinoza, J. A., & Mena Espinoza, L. A. (2023). **14** Análisis del flujo de aire en el sistema de admisión de un vehículo (Bachelor's thesis).

LIAVMS. Laboratorio Institucional de Análisis Institucional de Vehículo y Movilidad Sostenible. 2024. <https://liavms.epn.edu.ec/>.

INEN. (2017). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Obtenido de NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2017:

<https://ia802909.us.archive.org/12/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>

BRAIN BEE — AGS-688. (n.d.). Brain Bee. Retrieved January 10, 2024, from

<https://www.brainbee.mahle.com/brainbee/es/product-lines/emission/ags-688/>

Scanner Automotriz LAUNCH PRO GT – X431 GT PRO. (n.d.). AUTOREX. Retrieved January 10, 2024.

Técnica, Ficha. Chevrolet. 2024.

<https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/cars/2019-sail/mov/02-pdfs/sail-sedan-ls-lt-ficha-tecnica.pdf>.

Dinamómetro de chasis LPS 3000. | Download Scientific Diagram. (n.d.). ResearchGate.

Retrieved January 10, 2024, from <https://www.researchgate.net/figure/Figura-32->

Dinamometro-de-chasis-LPS-3000_fig2_308994

Ibérica. (2024). HHO Carbon Cleaner 6.0. HHO Ibérica. Retrieved March 3, 2024, from <https://hhoiberica.com/hho-carbon-cleaner-6-0/>

Informe de calidad de vida. (2022). Información sobre medio ambiente Quito Cómo Vamos 2022 1. Quito Cómo Vamos. Retrieved March 4, 2024, from https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2022/12/06Factsheet_MedioAmbiente2022.pdf

Analysis of the behavior of a 1500 cc MEP engine in the combustion chamber
decarbonization process using an Oxyhydrogen generator

Recibido: 22-02-2024, Aprobado tras revisión: Espacio para la editorial de la Revista

Analysis of the behavior of a 1500 cc MEP engine in the combustion chamber
decarbonization process using an Oxyhydrogen generator

Recibido: 22-02-2024, **19** Aprobado tras revisión: Espacio para la editorial de la Revista

Analysis of the behavior of a 1500 cc MEP engine in the combustion chamber
decarbonization process using an Oxyhydrogen generator

Recibido: 22-02-2024, [Aprobado tras revisión: Espacio](#) para la editorial de la Revista

Analysis of the behavior of a 1500 cc MEP engine in the combustion chamber
decarbonization process using an Oxyhydrogen generator

Sources

1	codigosdtc.com/blog/camara-de-combustion/ INTERNET 1%
2	bing.com/videos INTERNET 1%
3	https://mecanicoguru.com/que-problemas-dan-los-inyectores-sucios INTERNET 1%
4	http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v39n1/2477-89... INTERNET 1%
5	https://sensoresautomotrices.info/importancia-y-utilidad-del... INTERNET 1%
6	www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/M1-RTE-017.pdf INTERNET <1%
7	https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7822 INTERNET <1%
8	https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria... INTERNET <1%
9	https://www.semanticscholar.org/paper/El-control-y-la-gesti3n-de-la... INTERNET <1%
10	https://globaltech-car.com/producto/analizador-de-gases-brain-bee... INTERNET <1%
11	https://www.studocu.com/.../potencia-apuntes-rapidos/61626971 INTERNET <1%
12	https://www.cbjmotor.es/potencia-motor INTERNET <1%
13	https://1library.co/article/norma-inen-l3mites-permitidos-de-emision... INTERNET <1%
14	https://www.scribd.com/document/641335941/Analisis-del-flujo-de-aire... INTERNET <1%

15	panadero.com/es/hollin-chimenea/ INTERNET <1%
16	https://www.manualslib.es/manual/205891/Kaeser-Sx-Serie.html?pa... INTERNET <1%
17	repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1155/1/T-UTC-081... INTERNET <1%
18	https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Eschema-de-conexion-de... INTERNET <1%
19	https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-ar... INTERNET <1%
20	https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4583/1... INTERNET <1%
21	https://solucionarios10.com/solucionario/Unidad-8-Mo... INTERNET <1%
22	https://doku.pub/documents/369671852-internal-combustion-engine... INTERNET <1%
23	https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7609/1/... INTERNET <1%
24	https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-qu... INTERNET <1%

EXCLUDE CUSTOM MATCHES OFF

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON