

Comprobación del comportamiento de un motor de combustión interna electrónico ciclo Otto usando bioetanol con mezclas E5.

Checking the behavior of an Otto cycle electronic internal combustion engine using bioethanol with E5 mixtures.

Edison Fabricio Lema Parra¹
Erik Paúl Hernández Rueda²

Universidad Técnica del Norte. Ingeniería automotriz. Ibarra, Ecuador. eflemap@utn.edu.ec.
Universidad Técnica del Norte. Ingeniería automotriz. Ibarra, Ecuador.
epfernandez@utn.edu.ec.

RESUMEN:

Actualmente la principal fuente de contaminación proviene de las emisiones de gases contaminantes expuestas por los motores de combustión interna, por lo tanto, en el presente trabajo se comprobó el comportamiento de un motor de combustión interna usando bioetanol con mezclas E5, el cual es una alternativa viable al uso de combustibles fósiles. Cabe destacar que el uso de biocombustibles reduce hasta en un 30 a 40 % el nivel de gases nocivos hacia el medio ambiente. La cantidad de combustible empleada para esta investigación fue; cuatro galones de combustible extra y cuatro galones de mezcla E5. Las pruebas de análisis de emisiones se realizaron en el taller de la Universidad en la ciudad de Ibarra a una altura de 2 225 metros sobre el nivel del mar y una presión atmosférica de 101 700 Pa. Con la ayuda del analizador de gases se procedió a analizar y determinar las concentraciones presentes en los gases de escape mediante un horario establecido a diferente régimen de giro. Con la mezcla E5 para el análisis de gases contaminantes se obtuvo como resultado una disminución del 44,3 % a ralentí y 39,1 % a un promedio de 2 500 rpm del nivel de monóxido de carbono (CO). Para hidrocarburos (HC) se redujo 8,1 % a ralentí y 32,3 % a un promedio de 2 500 rpm. Así también el nivel de oxígeno (O₂) disminuyó un 49,8 % a ralentí y 26,9 % a un promedio de 2 500 rpm.

Palabras clave: Etanol, combustión, emisiones, motor.

ABSTRACT:

Actually the main source of pollution comes from the emissions of polluting gases exposed by internal combustion engines, therefore, in the present work the behavior of an internal combustion engine using bioethanol with E5 mixtures, which is an alternative, was proved. viable to the use of fossil fuels. It should be noted that the use of biofuels reduces the level of harmful gases to the environment by up to 30 to 40%. The amount of fuel used for this investigation was; four gallons of extra fuel and four gallons of E5 mixture. The emission analysis tests were carried out in the workshop of the University in the city of Ibarra at an altitude of 2,225 meters above sea level and an atmospheric pressure of 101,700 Pa. With the help of the gas analyzer, the analyze and determine the concentrations present in the exhaust gases by means of a schedule established at different speeds. The E5 mixture for the analysis of polluting gases resulted in a 44.3% decrease at idle and 39.1% at an average of 2500 rpm of the level of carbon monoxide (CO). For hydrocarbons (HC) it was reduced 8.1% at idle and

32.3% at an average of 2500 rpm. So also the oxygen level (O₂) decreased 49.8% at idle and 26.9% at an average of 2500 rpm.

Keywords: Ethanol, combustion, emissions, engine.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de los vehículos usan combustibles fósiles debido a su gran potencial energético, por lo tanto, la necesidad energética es directamente proporcional al crecimiento poblacional. Todo esto debido al consumo energético excesivo de combustibles fósiles que da como resultado el cambio brusco del clima por ser un efecto directo de la inflamación de mencionados combustibles. Se estima que las reservas de petróleo a nivel mundial terminarían dentro de 50 años, pero la necesidad de consumir más energía obliga a buscar otras fuentes de energía. Los combustibles fósiles son recursos limitados que se utilizan para obtener y generar energía, este uso indiscriminado provoca contaminación atmosférica, gases generadores del efecto invernadero, lluvia ácida y enfermedades respiratorias producto de los gases de combustión. El tetraetilo de plomo aún es usado en la gasolina super y extra para aumentar el octanaje, se considera este componente químico como un aditivo pesado que es expulsado por los gases de escape, transformándose en un gas venenoso para la salud humana capaz de afectar el sistema nervioso de los seres vivos. Debido a la abundante presencia de motores de combustión interna las ciudades se han visto afectadas por la contaminación exponiendo a sus habitantes a inhalar estas toxinas. Por otro lado, el ambiente a nivel mundial tiene un 15 % de contaminación especialmente por el uso de carburantes de origen fósil y sus derivados no renovables como la gasolina y el diésel, que son utilizados por la industria de la automoción. Ecuador también considera importante el uso de estos combustibles, es así que en el año 2010 generan un plan para producir mezclas E5 e introducirlas al mercado nacional al mismo precio que la gasolina extra. En el territorio ecuatoriano es necesario buscar nuevas fuentes de energía limpia y renovable, debido a que los recursos cada vez se van agotando a pasos agigantados.

MATERIALES Y MÉTODOS.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA INVESTIGATIVA.

La presente investigación consta de la comprobación del comportamiento de un motor de combustión interna electrónico ciclo Otto usando bioetanol con mezclas E5; para lo cual se empleó una serie de etapas con base a los objetivos.

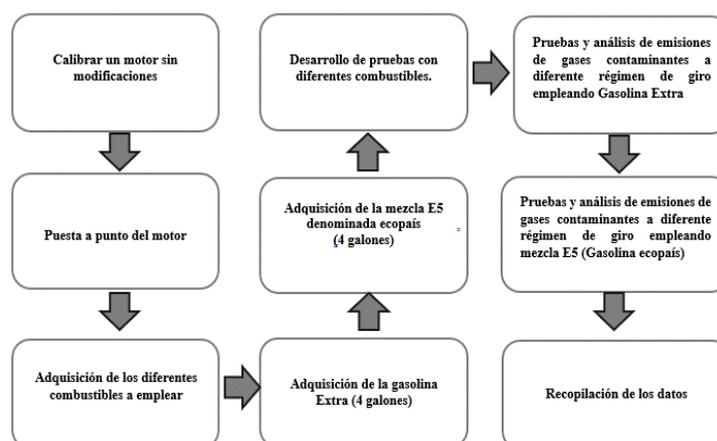


Figura1. Etapas de desarrollo.

La primera etapa consistió en calibrar un motor de combustión interna y verificar que el motor se encontraba en perfectas condiciones tanto mecánicas como eléctricas y electrónicas, para obtener datos reales. Mientras que en la segunda etapa se realizó la adquisición de diferentes combustibles a emplear especificando los porcentajes suministrados de gasolina extra y el etanol con su respectivo nivel de concentración. Para finalizar la tercera etapa se realizaron pruebas con diferentes combustibles; extra, mezcla E5 o denominada ecopaís como lo muestra la Figura 1.

BANCO MOTOR.

El uso de un motor de combustión interna fue indispensable para realizar el análisis de gases contaminantes, este banco motor debe estar en óptimas condiciones para obtener resultados satisfactorios. Por lo tanto, al banco motor se le instaló un catalizador que disminuye el nivel de emisiones.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del motor.

Potencia	103 HP @ 6 000 RPM
Cilindrada	1 598 cm ³
Torque	14,7 Nm @ 3 600 RPM
Sistema de combustible	Inyección multipunto
Distribución	DOCH
Posición de cilindros	Lineal
Número de cilindros	4
Diámetro de cilindros	79 mm
Carrera del cilindro	81,5 mm
Número de válvulas por cilindro	4

El motor utilizado para esta investigación fue un motor de la marca Chevrolet, modelo Aveo con especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 1.

ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE.

El analizador de gases de escape Brain Bee AGS-688 tiene como objetivo analizar y determinar las concentraciones presentes de los gases contaminantes producidos por los motores de combustión interna que utilicen como combustible gasolina. Este aparato de medición funcionó mediante filtros que disminuyen el paso de los gases conocido como conjunto separador de condensación.



Figura 2. Analizador de Gases Brain Bee AGS-688.

La Figura 2. es la representación del analizador utilizado para las pruebas de medición de gases de escape, este analizador cuenta con la opción de medir 5 gases; CO, CO₂, HC, O₂, NO_x.

CUENTA REVOLUCIONES MGT-300 DE BRAIN BEE.

Este es un equipo de medición que cumple la función de medir el régimen de giro de los vehículos únicamente conectando a la batería. El cuenta revoluciones MGT-300 es un equipo con diferentes modos de operación ya sea para motores de dos o cuatro ciclos.



Figura 3. Cuenta revoluciones MGT-300.

En la Figura 2.3 se muestra el cuenta revoluciones MGT-300 que fue complemento del analizador de gases, se alimenta con conexión a la batería y consta de un sensor de detonación conectado por medio de un imán a la culata del motor.

PUESTA A PUNTO DEL MOTOR.

La puesta a punto del motor consistió en efectuar una serie de procedimientos capaces de ajustar a un motor para trabajar en condiciones normales de funcionamiento; estos procedimientos garantizaron que el sistema de inyección, el sistema de encendido y el reglaje de la distribución sean los correctos. Todos estos procedimientos se los realizaron con la finalidad de garantizar resultados reales necesarios para la investigación.

PRUEBAS CON DIFERENTES COMBUSTIBLES.

Para el desarrollo de las pruebas de emisiones de gases fue necesario poner a punto el motor de combustión interna, instalar un convertidor catalítico acorde a la marca del banco motor que en este caso fue de la marca Chevrolet. Posteriormente se adquirió 4 galones de cada combustible (extra y ecopaís) almacenados en envases individuales ya que se utilizó un galón de cada combustible por día.



Figura 4. Combustibles empleados en la investigación.

En la Figura 4. se muestra los dos combustibles almacenados individualmente para posteriormente ser expuestos al análisis de emisiones.

Tabla 2. Condiciones atmosféricas aplicadas para la investigación.

CIUDAD	CONDICIÓN ATMOSFÉRICA				
	Presión atm.	Temperatura	Humedad	Altura	Viento
Ibarra	101 700 Pa	19 °C	63 %	2 225 msnm	7 km/h

La Tabla 2. representa las condiciones climáticas de la ciudad de Ibarra, donde fue realizada las pruebas de emisiones de gases contaminantes con diferentes combustibles. Ibarra presenta unas condiciones climáticas que corresponden al denominado clima templado seco-mediterráneo con temperaturas promedio de 19 °C a una presión atmosférica de 101 700 Pascales con un porcentaje de humedad del 63 % a una altura de 2 225 metros sobre el nivel del mar. Así también presenta vientos promedio de 7 kilómetros por hora.

Tabla 3. Horario establecido para la toma de datos de emisiones.

Horario	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
11:00 – 12:00 am	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm
14:00 – 15:00 pm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm
16:00 – 17:00 pm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm	3 datos a ralentí y 3 datos a 2 500 rpm

Para cada tipo de combustible se ejecutaron tres pruebas diarias durante 4 días. Empezando el martes 20 de noviembre de 2018 utilizando gasolina extra hasta el viernes 23 de septiembre de 2018. Para las pruebas con gasolina ecopaís de igual manera se realizó tres pruebas diarias durante 4 días, empezando así el martes 27 de noviembre de 2018 y culminando las pruebas el viernes 30 de noviembre de 2018. Para la realización de las pruebas se estableció un horario fijo para tomar cada dato, este horario aseguró igualdad de condiciones al momento de realizar las pruebas como lo establece la Tabla 3.

Para tomar las medidas tanto en ralentí como a 2 500 rpm aproximadamente, se procedió a dejar el motor encendido por un lapso de 10 minutos hasta que se estabilice, todo esto relacionado con la temperatura del motor. Una vez establecido el régimen de giro ralentí se procedió a tomar los datos correspondientes a la hora indicada anteriormente. Para las pruebas de aproximadamente 2 500 rpm se aceleró progresivamente elevando el número de revoluciones y manteniéndolas estables durante 45 a 60 segundos, debido a que los valores de los gases debían estabilizarse para ser tomados como datos. Una vez culminada la prueba se apagó el motor y se repitió el procedimiento el número de veces requerido durante los horarios y días establecidos.



Figura 5. Banco motor conectado a los equipos de medición.

La Figura 5 representa el banco motor conectado al analizador de gases Brain Bee y al cuenta revoluciones funcionando a temperatura óptima de trabajo para posteriormente tomar los datos adquiridos con los diferentes combustibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS UTILIZANDO GASOLINA EXTRA A RALENTÍ.

Realizadas las pruebas de emisiones de gases contaminantes con gasolina extra a ralentí se obtuvo los datos necesarios para conseguir resultados de la presente investigación.

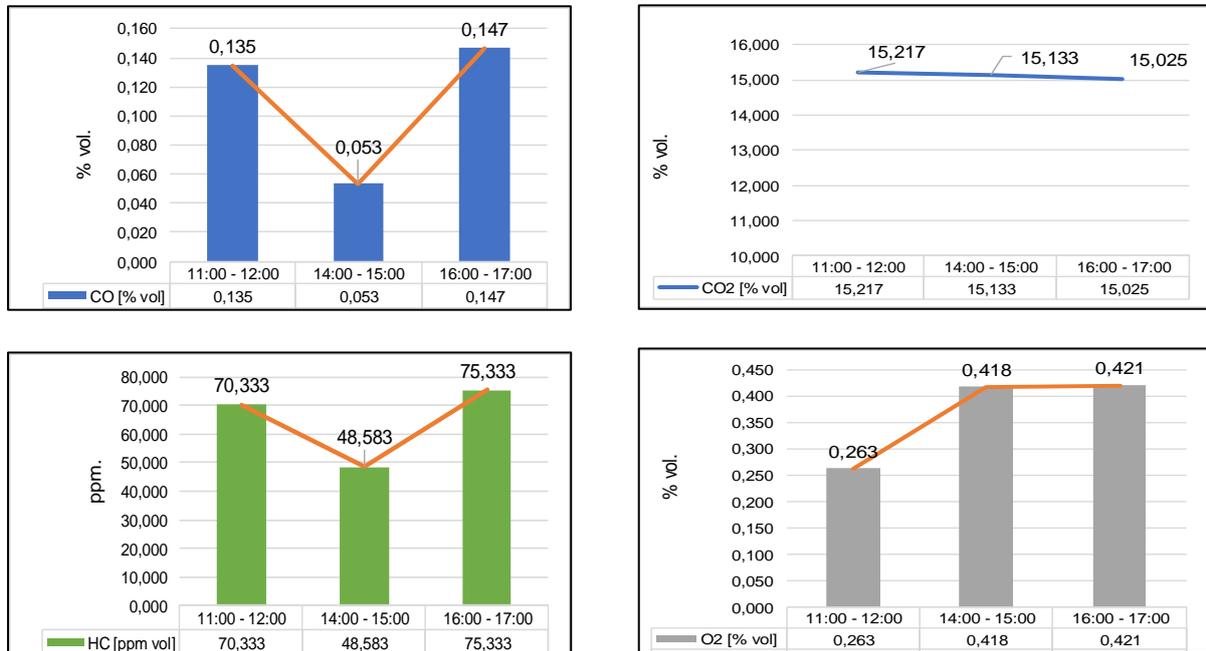


Figura 6. Valores promedio de CO, CO2, HC Y O2.

La Figura 6 representa los valores adquiridos con gasolina extra a ralentí durante el horario establecido, presenta valores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS UTILIZANDO MEZCLA E5 A RALENTÍ.



FIGURA 7. Valores promedio de CO, CO2, HC Y O2.

La Figura 7 representa los valores adquiridos con mezcla E5 a ralentí durante el horario establecido, presenta valores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS UTILIZANDO GASOLINA EXTRA EN UN PROMEDIO DE 2 500 RPM.

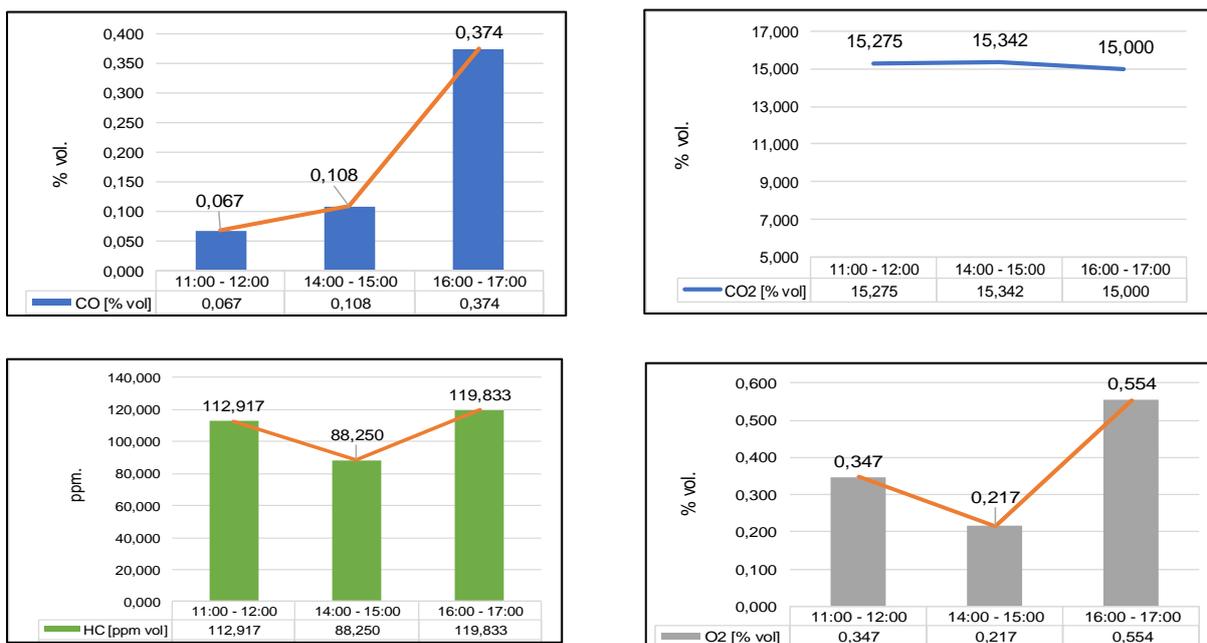


FIGURA 8. Valores promedio de CO, CO2, HC Y O2.

La Figura 8 representa los valores adquiridos con gasolina extra a aproximadamente 2 500 rpm durante el horario establecido, presenta valores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS UTILIZANDO MEZCLA E5 EN UN PROMEDIO DE 2 500 RPM.

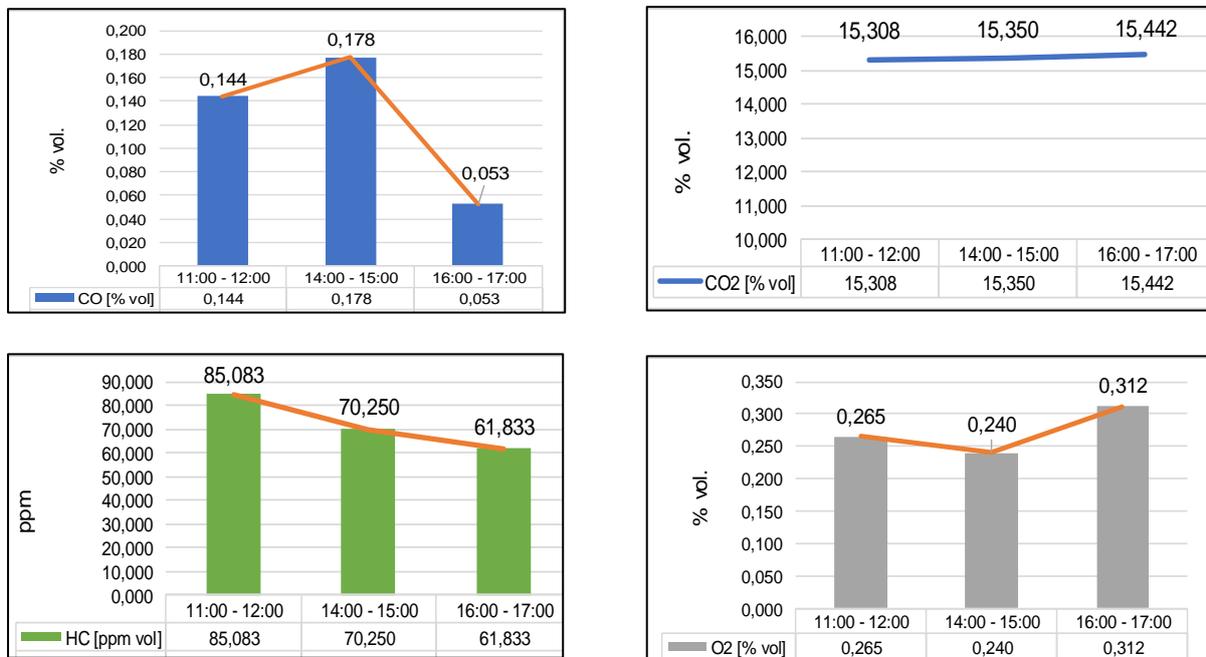


FIGURA 9. Valores promedio de CO, CO2, HC Y O2.

La Figura 9 representa los valores adquiridos con mezcla E5 a aproximadamente 2 500 rpm durante el horario establecido, presenta valores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno.

ANÁLISIS DE TODO EL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES.

Los valores fueron tomados durante las diferentes horas establecidas con gasolina extra y mezcla E5 o denominada gasolina ecopaís.

ANÁLISIS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

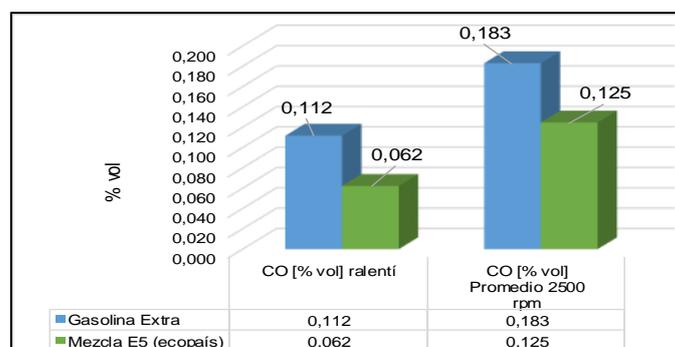


Figura 10. Datos obtenidos de CO.

La Figura 10 muestra los datos obtenidos de monóxido de carbono utilizando gasolina extra y mezcla E5 a diferente régimen de giro. En el gráfico de la izquierda, para ralentí utilizando gasolina extra se obtuvo como resultado 0,112 % vol de CO y para el mismo régimen de giro utilizando mezcla E5 se obtuvo como resultado 0,062 % vol de CO, al final se tuvo como resultado una disminución del 44,64 % del nivel total de CO utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra a ralentí. De la misma manera en el gráfico de la derecha, para un régimen promedio de 2 500 rpm se obtuvo 0,183 % vol de CO utilizando gasolina extra y 0,125 % vol de CO utilizando mezcla E5, como resultado se alcanzó a disminuir un 31,69 % del nivel total de CO utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra al régimen de giro antes mencionado.

ANÁLISIS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

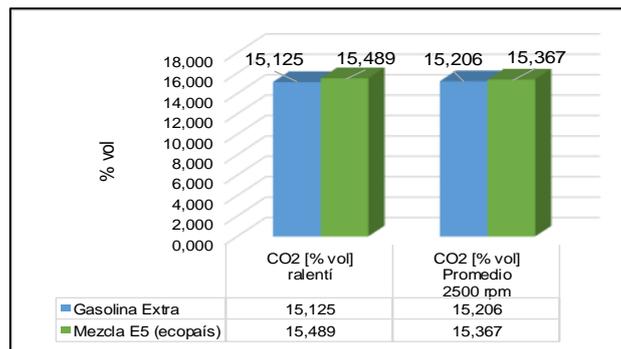


Figura 11. Datos obtenidos de CO₂.

La Figura 11 muestra los datos obtenidos de dióxido de carbono (CO₂) utilizando gasolina extra y mezcla E5 a diferente régimen de giro. En el gráfico de la izquierda, correspondiente a ralentí utilizando gasolina extra se obtuvo como resultado 15,125 % vol de CO₂ y para el mismo régimen de giro utilizando mezcla E5 se obtuvo como resultado 15,489 % vol de CO₂, al final se tuvo como resultado un aumento del 2,41 % del nivel total de CO₂ utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra a ralentí. De la misma manera en el gráfico de la derecha, correspondiente a un régimen promedio de 2 500 rpm se obtuvo 15,206 % vol de CO₂ utilizando gasolina extra y 15,367 % vol de CO₂ utilizando mezcla E5, como resultado aumentó un 1,06 % del nivel total de CO₂ utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra al régimen promedio de 2 500 rpm. El aumento del porcentaje de CO₂ utilizando gasolina ecopaís se debe a que el CO₂ presente en la combustión está vinculada precisamente con la cantidad de oxígeno en la mezcla, lo que se puede considerar un factor despreciable para la investigación.

ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS (HC).

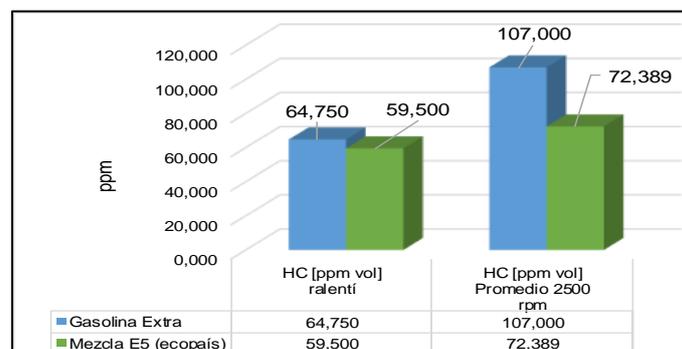


Figura 12. Datos obtenidos de HC.

Los datos presentes a continuación son de hidrocarburos (HC) utilizando gasolina extra y mezcla E5 obtenidos a diferente régimen de giro. En el gráfico de la izquierda, correspondiente a ralentí utilizando gasolina extra se obtuvo como resultado 64,750 partículas por millón (ppm) de HC y para el mismo régimen de giro utilizando mezcla E5 se obtuvo como resultado 59,500 partículas por millón (ppm) de HC, al final se tuvo una disminución del 8,11 % del nivel total de hidrocarburos (HC) utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra a ralentí. De la misma manera en el gráfico de la derecha, correspondiente a un régimen promedio de 2 500 rpm se obtuvo 107,00 partículas por millón (ppm) de HC utilizando gasolina extra y 72,389 ppm de HC utilizando mezcla E5, como resultado se alcanzó a disminuir un 32,35 % del nivel total de hidrocarburos (HC) utilizando gasolina ecopaís con respecto a la gasolina extra al régimen de giro antes mencionado como se muestra en la Figura 12.

ANÁLISIS DE OXÍGENO (O₂) PRESENTE EN LOS GASES DE ESCAPE.

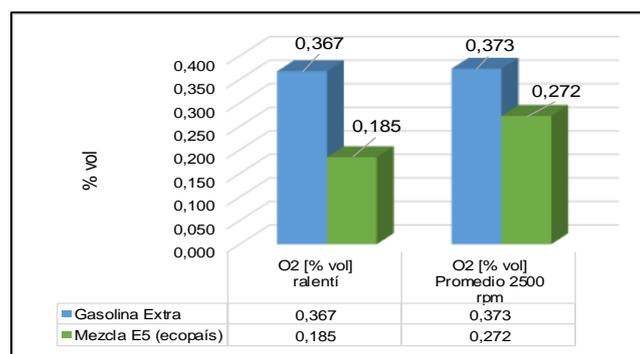


Figura 13. Datos obtenidos de O₂.

La Figura 13 muestra los datos obtenidos de oxígeno utilizando gasolina extra y mezcla E5 a diferente régimen de giro. En el gráfico de la izquierda, correspondiente a ralentí utilizando gasolina extra se obtuvo como resultado 0,367 % vol de O₂ y para el mismo régimen de giro utilizando mezcla E5 se obtuvo como resultado 0,185% vol de O₂, al final se tuvo como resultado una disminución del 49,59 % del nivel total de O₂ utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra a ralentí. De la misma manera en el gráfico de la derecha, correspondiente a un régimen promedio de 2 500 rpm se obtuvo 0,373 % vol de O₂ utilizando gasolina extra y 0,272 % vol de O₂ utilizando mezcla E5, como resultado se alcanzó a disminuir un 27,08 % del nivel total de O₂ utilizando mezcla E5 con respecto a la gasolina extra al régimen de giro antes mencionado.

Gasolina	Régimen de Giro	CO [% vol]	CO ₂ [% vol]	HC [ppm]	O ₂ [% vol]	λ [-]
Extra	Ralentí	0,112	15,125	64,750	0,367	1,008
Mezcla E5 (ecopaís)	Ralentí	0,062	15,489	59,500	0,185	1,004
Extra	Promedio de 2500 rpm	0,183	15,206	107,000	0,373	1,009
Mezcla E5 (ecopaís)	Promedio de 2500 rpm	0,125	15,367	72,389	0,272	1,007

Figura 14. Factores de emisiones con gasolina extra y mezcla E5.

En la Figura 14 se aprecia todos los datos obtenidos por medio de la prueba estática de emisiones correspondiente a la gasolina extra de 87 octanos y la gasolina con mezcla E5 denominada ecopaís a diferente régimen de giro recopilando toda la información y presentándola de la siguiente manera.

CONCLUSIONES

- La relación directa existente entre el monóxido de carbono y el oxígeno se debe a la escases del mismo en la mezcla, por lo que se concluye que el valor de CO correspondiente a 0,062 % vol con mezcla E5 y a ralentí es producto directo de la relación de oxígeno (O₂), reduciendo un 44,64 % del nivel total. De la misma forma para un régimen promedio de 2 500 rpm el valor de CO correspondiente a 0,125 % vol es producto inmediato de la misma relación de oxígeno (O₂) con un valor de 0,272 % vol con mezcla E5, reduciendo 31,69 % del nivel total de contaminación.
- Mediante el análisis de gases contaminantes y aplicando la prueba estática se puede evidenciar un crecimiento del 2,41 % de CO₂ utilizando mezcla E5 a ralentí, así también aumentó 1,06 % de CO₂ utilizando la misma mezcla, pero a un régimen promedio de 2 500 rpm, esto se debe a la dependencia directa existente con el oxígeno (O₂), ya que, si el nivel de oxígeno en la salida de los gases de escape es menor, mayor será el nivel de CO₂ para cualquier régimen de giro.
- El horario entre las 16:00 y 17:00 horas el nivel de contaminación para HC es menor utilizando mezcla E5, resultando valores de 54,000 partículas por millón (ppm) a ralentí y 61,833 partículas por millón (ppm) a un régimen promedio de 2 500 rpm en la ciudad de Ibarra. Comprendiendo que los hidrocarburos son producto directo de la excesiva cantidad de oxígeno dentro de la mezcla, por lo que es evidente la saturación del aire a mencionadas horas de la tarde.
- Con el uso de mezcla E5 o gasolina ecopaís, se manifiesta una reducción notable del 44,64 % de CO a ralentí y un 31,69 % de CO a un régimen promedio de 2 500 rpm comparados con gasolina extra. Mientras tanto, para los hidrocarburos no combustionados (HC) se muestra una reducción del 8,1 % y 32,3 % de HC a ralentí y un régimen promedio de 2 500 rpm.
- La utilización de mezcla E5 o denominada gasolina ecopaís como sustituto de gasolina extra, disminuye notoriamente el porcentaje de gases contaminantes en un 44,64 % para monóxido de carbono (CO), 49,59 % para oxígeno (O₂) y 8,11 % para hidrocarburos (HC) debido a que el porcentaje de alcohol en la mezcla ayuda a disminuir el nivel de contaminación.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional. Así como, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, en especial agradezco profundamente a mi director el Ing. Paúl Hernández MSc,

que muy gentilmente compartió su sabiduría, conocimiento y experiencia para culminar esta investigación, demostrando su apoyo incondicional hacia mi persona.

REFERENCIAS

- [1] Abascal, R. (2017). Estudio de la obtención de bioetanol a partir de diferentes tipos de biomasa lignocelulósica. Universidad de Cantabria. obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12178/RAF.pdf?sequence=1>
- [2] Alcalá, D., Cujilema, M., León, G., Baryolo, L., & Ramos, L. (2018). Producción enzimática lignocelulósica de biodiesel con biomasa. *Revista Tecnología Química*, 38(1), 208.
- [3] Alonso, J. (2014). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- [4] Barrera Puigdollers, C., Betoret Valls, N., Castelló Gómez, M., & Pérez Esteve, E. (2018). *Principios Básicos de la Combustión*. València: Universitat de València.
- [5] BCN. (12 de Marzo de 2018). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de Ley chile: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=260350#0>
- [6] Becerra, M., & Rodriguez, R. (2017). Selección de Alternativas para el Suministro de Gas Natural en Colombia empleando el Proceso Analítico Jerárquico. *Ingeniería*, 23, 210.
- [7] Bellido Díez, C. (2014). Obtención de bioetanol 2G a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación conjunta de los penta y hexa carbohidratos con *Pichia stipitis*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales.
- [8] Cabezas, W., & Moyano, M. (2016). Análisis de torque, potencias consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferentes concentraciones de gasolina/etanol en un banco de pruebas motor corsa 1.6 Lt de la C.I.A. Riobamba: Escuela Politécnica del Chimborazo.
- [9] Camarillo Montero, J. A. (2011). Estudio de la combustión de un motor monocilíndrico de ignición alimentada con mezclas gasolina-etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones. Xalapa Equez: Universidad Veracruzana.
- [10] Coviello, M. F., Gómez, J. J., Razo, C., & Rodríguez, A. (2008). *Biocombustibles Líquidos para Transporte en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- [11] EP PETROECUADOR. (25 de Enero de 2018). EP PETROECUADOR. Obtenido de Noticia: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5254>
- [12] Fernandez, R. D. (2006). *El inicio del fin de la era de los combustibles fósiles*. Madrid.
- [13] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2013). *Calderas Industriales Eficientes*. Madrid.
- [14] García , A., Cendales, E., & Eslava, A. (2016). Internal combustion engines (ice) fuelled using ethanol-gasoline blends: review. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1), 75-96. doi:<https://doi.org/10.18359/rcin.1626>
- [15] INEN. (17 de Abril de 2002). NTE INEN 2204. Obtenido de gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. obtenido de: <https://ia601901.us.archive.org/7/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>
- [16] INEN. (2016). *Productos derivados de petróleo. Gasolina*. Obtenido de <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/nte-inen-935-9.pdf>
- [17] Jarauta, L. (2015). *Las energías renovables*. Editorial UOC.

- [18] Lomas, A. (2018). Estudio del comportamiento del motor de gasolina Chevrolet Luv 2200 utilizando bioetanol a partir del residuo de papa con la mezcla E10. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- [19] Malagón, M., Páez, A., Lache, A., Santos, J., & Zabala, D. (2018). Producción de bioetanol a partir de diferentes mezclas de los residuos orgánicos generados en una empresa alimentos. *Revista de Investigación*, 10(1), 47-59.
- [20] Maldonado Sarmiento, L. E. (2014). Pruebas de Rendimiento y Comparación de las Curvas Características y de Emisión de Gases de Combustible de Un Motor Nissan A12 Utilizando los Combustibles E0, E5 y E10. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [21] Martínez, C., & Cárdenas, J. (2017). Vol. 2 no. 1, Verano de la Investigación Científica, aspectos de diseño y operación en el proceso de bioetanol vía destilación extractiva. *Jóvenes en la ciencia*, 3(2), 1833-1837.
- [22] Masson Ricaurte, M. A. (2012). Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendidos por chispa. Riobamba: Escuela Politécnica del Chimborazo .
- [23] Méndez, P. (2017). Desarrollo y caracterización analítica de un material con propiedades adsorbentes a partir de carbón mineral de las minas de Lebu. Concepción: D - Universidad de Concepción.
- [24] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2014). Atlas Bioenergético del Ecuador. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00194.pdf>
- [25] Miranda Vizuete, D. C. (2016). Metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos con motores de encendido provocado. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16499/1/CD-7176.pdf>
- [26] Monteiro, C. (2010). Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe. Brasil: OLADE.
- [27] Naranjo Sanango, Á. P., & Sarate Naula, L. R. (2012). Estudio del comportamiento de par, potencia y emisión de gases aplicando mezclas de combustibles gasolina/etanol en un vehículo Nissan 1500. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- [28] Paez, B., & Marulanda, D. (2018). Nanofotónica en el análisis de biocombustibles. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26(2), 11. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v26n2/0718-3305-ingeniare-26-02-00241.pdf>
- [29] Pamparato, M., & Bejonja, S. (2017). Introducción a la Química: hidrocarburos, alimentos y procesos industriales. Editorial Maipue.
- [30] Pasquel, J., & Gordillo, I. (2018). Construcción de una maqueta didáctica de un vehículo eléctrico. Ibarra: Universidad Técnica del Norte
- [31] Pérez Darquea, D. G. (2017). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 2, 12.
- [32] Pérez, J. (2016). Biocombustibles.
- [33] Plan Nacional de Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Senplades.
- [34] Pro Ecuador. (2013). Biocombustibles. *Biocombustibles*, 26.
- [35] Quimbita, A., & Guallichico, E. (2017). Determinación del potencial energético y mecánico del motor mazda f2 al utilizar los tipos de gasolina comercial empleados en el Ecuador. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.

- [36] Ramírez Montoya, M. S., & Mendoza Domínguez, A. (2017). Innovación y sustentabilidad energética: formación con MOOCs e investigación educativa. Madrid: Narcea Ediciones.
- [37] Ramírez, N. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles. Querétaro: CIDETEQ.
- [38] Rocha, J., & Zambrano, V. (2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- [39] Rodríguez, D. (2017). Estudio del comportamiento del motor a gasolina utilizando bioetanol a partir de despojos de maíz en la provincia de Imbabura-Ecuador. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- [40] Rovira, A., & Muñoz, M. (2015). Motores de combustión interna. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- [41] Santo, A., Rodríguez, J., Vega, Á., & Rodríguez, E. (2012). Análisis del desempeño de motores Diésel operados con Biodiésel. Academia Journals, 4(2), 6.
- [42] Serrano, J., Mejía, W., Ortiz, J., Sánchez, A., & Zalamea, S. (2017). Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad del Azuay, 21. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29791/1/4.%201592-4835-1-PB.pdf>
- [43] Torres, E. (2017). Normatividad nacional e internacional de emisiones contaminantes para vehículos nuevos en planta. Cd. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [44] Torres, J., Molina, D., Pinto, C., & Rueda, F. (Enero de 2002). Estudio de la mezcla de gasolina con 10 % de etanol Anhidro, evaluación de propiedades fisicoquímicas. CT&F, Ciencia, Tecnología y Futuro, 2(3), 12. Obtenido de http://www.ub.edu/ecologia/carlos.gracia/PublicacionesPDF/Cap%C3%ADtulo%204_Bioetanol.pdf
- [45] Trujillo, R. (2012). Hidrocarburos (Vol. 4). Ecoe Ediciones.
- [46] Urgilés, L., & Erreyes, J. (2018). Análisis de la influencia del combustible Ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- [47] Veintimilla, P. (2015). Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.
- [48] Vivero, J. (2009). Biocombustibles contra los alimentos: sugerencias para un debate amplio y no polarizado. Letras Verdes, 4, 7.
- [49] World Resources Energy. (2003). Recursos energéticos globales. Obtenido de <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/Traduccion-Estudio-Recursos-Energeticos1.pdf>
- [50] Zacarías Santiago, A., González López, J., Granados Manzo, A., & Mota Lugo, A. (2017). Mecánica de fluidos: teoría con aplicaciones y modelado. Grupo Editorial Patria.