

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i1.990>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

Evaluation and simulation of spark plugs for the use of ethanol in gasoline in injection engines

Avaliação e simulação de velas de ignição para uso de etanol na gasolina em motores a injeção

Emilio Leonardo Jiménez-González ^I
e_jimenez28@hotmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-1112-2754>

Rodrigo Daniel Molina-Redrobán ^{II}
dannyrodriarsenal@hotmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-4777-7960>

Luis Antonio Chica-Castro ^{III}
luis.chicac@ug.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0002-1560-5147>

***Recibido:** 09 de Septiembre de 2019 ***Aceptado:** 11 de Octubre de 2019 * **Publicado:** 12 de Noviembre de 2019

^I Magíster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos, Ingeniero Automotriz, Investigador Independiente, Ecuador.

^{II} Magíster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos, Ingeniero Automotriz, Investigador Independiente, Ecuador.

^{III} Magíster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos, Ingeniero Industrial, Universidad Estatal de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo demostrar que el uso de un biocombustible es una alternativa para minimizar los daños a la salud y al ambiente, mediante recolección de datos por medio de pruebas On Board, Torque, Potencia, Gases Estáticos, VSP (Potencia Específica del Vehículo) y consumo de combustible, ayudado de la simulación térmica estática de la bujía de encendido en el software ANSYS para comparar dichos resultados. En el estudio se utilizan cuatro propuestas de combustibles, dos de comercialización nacional y los mismos mezclados con un aditivo sólido (Ferox), con el propósito de comprobar cuál es el combustible que emite menores factores de contaminación para CO, NOx y HC y también que genere mayor torque y potencia en el motor del vehículo de estudio. Se utiliza una ruta aceptada y establecida en el Distrito Metropolitano de Quito de 2399 hasta 2870 msnm, que combina el tramo en carretera con una distancia de 9 km y un tramo en la ciudad con un recorrido de 8 km, en el que consta con ascensos y descensos con varios ángulos de inclinación en pendiente. Donde finalmente se obtiene que la interacción del componente en el software es de 14876 nodos y 7464 elementos estudiados con el mallado automático, obteniendo que los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox tienen el mayor flujo de calor con una diferencia significativa del 5% del combustible Extra y una reducción significativa de emisiones contaminantes del 2 y 2.5% del FCO con el uso del Ecopaís en comparación del combustible Extra y Extra+Ferox respectivamente, en el caso de FHC los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox con un 3% menor en emisiones en comparación al combustible Extra, y por último en el FNOx los combustibles que tienen aditivo sólido Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox son menores en un 3 y 3.3% con respecto al combustible Extra respectivamente.

Palabras claves: Etanol; biocombustibles; emisiones; On Board; ignición.

Abstract

Este trabalho tem como objetivo demonstrar que o uso de um biocombustível é uma alternativa para minimizar danos à saúde e ao meio ambiente, através da coleta de dados por meio de bordo, torque, potência, gases estáticos, VSP (testes de potência específica do veículo) e consumo de combustível, auxiliado pela simulação térmica estática da vela de ignição no software ANSYS para comparar esses resultados. O estudo utiliza quatro propostas de combustível, duas de comercialização nacional e a mesma misturada com um aditivo sólido (Ferox), com o objetivo de

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

verificar qual é o combustível que emite fatores de poluição mais baixos para CO, NO_x e HC e também que gerar mais torque e potência no motor do veículo de estudo. Uma rota aceita e estabelecida é usada no distrito metropolitano de Quito, de 2399 a 2870 metros acima do nível do mar, que combina a seção da estrada com uma distância de 9 km e uma seção da cidade com uma rota de 8 km, que inclui subidas e descidas com vários ângulos de inclinação em declive. Onde é finalmente obtido que a interação do componente no software é de 14876 nós e 7464 elementos estudados com malha automática, obtendo que os combustíveis Ecopaís e Ecopaís + Ferox têm o maior fluxo de calor, com uma diferença significativa de 5% do combustível extra e uma redução significativa nas emissões de poluentes de 2 e 2,5% do FCO com o uso de Ecopaís em comparação com o combustível Extra e Extra + Ferox, respectivamente, no caso do FHC, os combustíveis Ecopaís e Ecopaís + Ferox com 3% menos emissões em Comparando com o combustível Extra, e finalmente no FNO_x, os combustíveis com aditivo sólido Extra + Ferox e Ecopaís + Ferox são 3% e 3,3% menores em comparação ao combustível Extra, respectivamente.

Palavras-chave: Ethanol; biocombustíveis; emissões; A bordo; ignição.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo demonstrar que o uso de um biocombustível é uma alternativa para minimizar danos à saúde e ao meio ambiente, através da coleta de dados por meio de bordo, torque, potência, gases estáticos, VSP (testes de potência específica do veículo) e consumo de combustível, auxiliado pela simulação térmica estática da vela de ignição no software ANSYS para comparar esses resultados. O estudo utiliza quatro propostas de combustível, duas de comercialização nacional e a mesma misturada com um aditivo sólido (Ferox), com o objetivo de verificar qual é o combustível que emite fatores de poluição mais baixos para CO, NO_x e HC e também que gerar mais torque e potência no motor do veículo de estudo. Uma rota aceita e estabelecida é usada no distrito metropolitano de Quito, de 2399 a 2870 metros acima do nível do mar, que combina a seção da estrada com uma distância de 9 km e uma seção da cidade com uma rota de 8 km, que inclui subidas e descidas com vários ângulos de inclinação em declive. Onde é finalmente obtido que a interação do componente no software é de 14876 nós e 7464 elementos estudados com malha automática, obtendo que os combustíveis Ecopaís e Ecopaís + Ferox têm o maior fluxo de calor, com uma diferença significativa de 5% do combustível extra e uma redução

significativa nas emissões de poluentes de 2 e 2,5% do FCO com o uso de Ecopaís em comparação com o combustível Extra e Extra + Ferox, respectivamente, no caso do FHC, os combustíveis Ecopaís e Ecopaís + Ferox com 3% menos emissões em Comparando com o combustível Extra, e finalmente no FNOx, os combustíveis com aditivo sólido Extra + Ferox e Ecopaís + Ferox são 3% e 3,3% menores em comparação ao combustível Extra, respectivamente.

Palavras-chave: Ethanol; biocombustíveis; emissões; A bordo; ignição.

Introducción

En el informe de calidad del aire en la ciudad de Quito, se menciona que no se ha registrado superaciones a la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA), durante el año 2015, tanto en concentraciones para períodos de 1 hora (30 mg/m³) y en 8 horas (10 mg/ m³). La concentración máxima promedio de 1 hora fue de 10 mg/ m³ en febrero en la estación los Chillos, 60% mayor a la máxima alcanzada en 2014 y la máxima promedio de 8 horas fue de 3,7 mg/ m³, registrada en la estación Centro en febrero, 15% mayor a la alcanzada en el 2014 (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

En el mundo están vigentes las normativas Euro y TIER, que controlan las emisiones de azufre y gases de los combustibles. La norma europea establece requisitos que regulan los límites para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos que se comercializan en la Unión Europea, la TIER, en Estados Unidos, define estándares para una gasolina más limpia mediante la reducción de azufre y de las emisiones de gases. En Ecuador entró en vigencia la normativa que promueve el uso de combustibles con calidad Euro III, sin embargo en el Informe de Calidad de Combustibles de Petro-comercial, nuestra gasolina es de calidad inferior (Euro II). La normativa Euro III establece que la gasolina tenga mínimo 95 octanos y la de Ecuador tiene 91 octanos, de igual forma debería tener como máximo 100 mg/kg y tiene 150 mg/kg de contenido de azufre. (AEADE, 2016)

La calidad de los combustibles afecta considerablemente al medioambiente, por ello es importante que su calidad sea la que las normas vigentes determinen o incluso superen en calidad los estándares mínimos determinados. (AEADE, 2016)

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

La alta contaminación medioambiental en el Ecuador, lleva a estudiar la factibilidad del uso de nuevos combustibles que produzcan prestaciones similares y reduzcan las emisiones contaminantes producidas por los automóviles que actualmente trabajan con gasolina. Hoy en día, existe un aumento de temperatura global de 2 °C debido a la contaminación medioambiental. (Yusri, 2017)

El aumento del parque automotor en el Ecuador, específicamente en la ciudad de Quito, ha incrementado las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente. En el 2017, del primer semestre hubo 2456 operativos de opacidad, por parte de la AMT (Agencia Metropolitana de Tránsito), el cual inspeccionó el estado de 10523 vehículos y 2607 fueron sancionados. (Romero, 2017)

Según el Informe de Calidad de Aire del año 2016 “los óxidos de nitrógeno (NO_x) es la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Las emisiones en ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular, teniendo como el lugar más contaminado el sector de la Marín de la ciudad de Quito. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80 % es monóxido de nitrógeno (NO). Sin embargo, este se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO₂)” (Secretaria del Ambiente, 2015).

Es por esto que se realizará una prueba On Board que se presentará para las condiciones de altitud y topografía particulares de la ciudad de Quito. A una altura promedio de 2810 msnm se tiene 27% menos de oxígeno no quemados, monóxido de carbono y dióxido de azufre (Ministerio del Ambiente, 2010).

El tipo de vehículo para las pruebas será un Kia Rio Stylus, ya que, según la AEADE los vehículos que están en segundo lugar son los de la marca Kia en el año 2016, con un 15% de ventas en comparación a todas las marcas, y por provincias en Pichincha con un 39 %

Por lo que se va tratar específicamente de un tipo de combustible E5 (5% de etanol y 95% de gasolina) y del aditivo Ferox en los combustibles de menor precio y más utilizados, para comprobar el porcentaje de gases contaminantes, consumo de combustible, potencia y par motor del vehículo a estudiar.

De igual manera, también dependerá de una simulación en NX Siemens de la chispa de la bujía, para obtener una comprensión más profunda de los procesos físicos en los motores de combustión interna y corroborar que este tipo de biocombustible permite reducir las emisiones de gases, teniendo como principal ventaja la verificación de los procesos a alta velocidad, debido a dicha simulación.

Métodos y Materiales

La modalidad de la investigación se basará en un enfoque cuantitativo de cómo afecta la mezcla de etanol-gasolina en la bujía. Se determinará la cantidad de la mezcla para usarse en el KIA R Stylus 1.5 Litros; se realizará una recolección de datos numéricos de las diferentes pruebas, lo cual permitirá el resultado de consumo de combustible, porcentaje de gases contaminantes, potencia, torque y factores de emisiones. La metodología se realizará en 3 fases que se describen a continuación:

Fase 1

Síntesis del Método

- **Síntesis del método:** Mediante la recopilación de los resultados generados por las pruebas On Board, torque, potencia, pruebas estáticas de gases, cálculo del VSP y consumo de combustible, se puede obtener datos que permitan comparar con los valores obtenidos de la simulación de la bujía, dado como condiciones de entrada el poder calorífico de los combustibles y la temperatura de la cámara de combustión.
- **Características del vehículo a estudiar:** Se optó por un vehículo de la marca KIA modelo, ya que, es la segunda mejor posesionada en la venta de vehículos en todo el país, el kilometraje es de 87000 km, tomando en cuenta que para las pruebas que se van a desarrollar en este vehículo las condiciones del motor, dirección y transmisión deben tener un mínimo deterioro en sus elementos.
- **Tipos de Combustibles:** Para el estudio se tomaron cuatro propuestas de combustibles, dos de uso convencional Extra y Ecopaís, y dos mezclas con el aditivo Ferox, utilizando 75 litros de combustible y una pastilla de este aditivo de 1 gramo.

- **Pruebas ON BOARD:** Para el presente estudio se plantea realizar pruebas ON BOARD, la prueba de medición a bordo es una aproximación deseable de la cuantificación en lo que respecta a emisiones vehiculares en condiciones reales. La finalidad de este estudio es obtener la masa real de cada contaminante en función del tiempo, distancia de recorrido y consumo de combustible. Para su posterior análisis en relación a cada combustible utilizado (Lopez T., 2013).

Fase 2

Pruebas en el vehículo

- **Conexión de equipos Prueba On Board en el vehículo:** Se realizarán pruebas y mediciones bajo estándares de operación en base a la norma INEN y SAE, en el CCICEV, con una prueba de ruta a 2860 msnm, para el análisis de consumo de combustible y gases de escape en un motor a gasolina sin y con mezcla de etanol E5, obteniendo resultados de comparación acerca de lo anteriormente mencionado.
- **Ruta y número de pruebas:** La ruta escogida se decidió por diferentes parámetros como: distancia, tráfico, sector (urbano o rural) y situación geográfica, de acorde a esto se inicia desde el SUPERMAXI de Cumbayá (cerca del redondel de la Universidad San Francisco) para después continuar a través de la Av. Interoceánica, Libertador Simón Bolívar, De los Granados, Eloy Alfaro, Río Coca, Shyris, 6 de Diciembre, Francisco de Orellana, Coruña, 12 de Octubre y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington); recorriendo una distancia de 9990 m de parte suburbana y 8100 m de parte urbana, con una distancia total de recorrido de 18090m.

Para el análisis del estudio en el vehículo KIA R STYLUS se realizaran 12 pruebas de ruta en total, utilizando 4 tipos de combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox (3 pruebas cada uno), para este estudio se toma una ruta, para aprovechar las características normales de funcionamiento del automotor, así como la cantidad de emisiones arrojadas al ambiente en una adecuada operación de trabajo del motor.

- **Medición de los gases de escape. NORMA INEN 2 204 y EURO:** Las normas ecuatorianas de emisiones de gases contaminantes se basan en: NTE INEN 2203:2000 y NTE INEN 2204:2002; la primera menciona que los límites permitidos de emisiones de

gases contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores a gasolina) y la segunda establece el método de ensayo para determinar las concentraciones provenientes del sistema de gases de escape equipados de un motor con encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o ralentí máximos que establecen las normas en ciclos americanos y europeos a partir del año 2000.

Las normas EURO fijan valores de las emisiones de gases contaminantes de los vehículos nuevos, ya que, estas normas aprueban el permiso de circulación y comercialización de los automotores. Las exigencias legislativas cada vez son más altas, es por ello que la normativa EURO para la industria automotriz tiene limitaciones para los vehículos nuevos.

- **Pruebas Torque y Potencia:** Este procedimiento se realiza para cuatro tipos de combustibles, basada en la NTE INEN 0961. Lo que se tiene en cuenta es encender el motor y acelerar hasta que llegue a la temperatura normal de funcionamiento.

Fase 3

Análisis y presentación de la bujía

- **Análisis de la chispa de la bujía de encendido:** Para este análisis de la chispa de la bujía de encendido, se efectúa con el software Siemens NX que nos permite realizar el modelo CAD de la pieza a trabajar y también la simulación en cargas térmicas y de convección con los datos obtenidos anteriormente.
- **Presentación del diseño asistido por computador (CAD) en NX:** Se describe el procedimiento para la obtención del modelo CAD; se inicia el programa Siemens NX, y se procede a realizar el modelamiento de cada componente que contiene la bujía de encendido.
- **Presentación de la simulación de la bujía en ANSYS:** En esta parte del estudio de la bujía se presenta el análisis térmico del elemento ensamblado en el software ANSYS. Con respecto a la utilización de las temperaturas para conocer el flujo de calor; se muestra el desarrollo de un modelo predictivo de la combustión de mezclas de gas natural para motores de encendido por chispa, este modelo se basa en el de giro del cigüeñal (ángulo) para el cálculo de las temperaturas y presión en la cámara de combustión. (Espinoza, Patino, González, & Irving, 2007)

Resultados

De acuerdo al objetivo de la investigación en esta parte se presentaos resultados obtenidos en relación a los factores de contaminación que (CO, HC y NOx) en el vehículo a prueba antes detallado y posterior con los valores presentados se realiza un cálculo de Poder Especifico del Vehículo VSP con los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox.

Factores de emisión

Los resultados de las pruebas On Board de emisiones de gases, factores de contaminación y consumo de combustible; con 2 tipos de combustibles y 2 mezclas que llevan el aditivo Ferox en una ruta establecida, que comienza en Cumbayá (cerca del redondel de la Universidad San Francisco) y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington).

Factores de contaminación en vehículo de pruebas KIA R STYLUS.

Las partículas por millón de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, y el porcentaje de emisiones de CO para la ruta combinada en diferentes circunstancias, ya sea el tráfico, condiciones climáticas y ambientales. Con el estudio de (Iñiguez Izquierdo, Reyes Campaña, & Andrés, 2017), quienes presentan estudios con combustibles Extra y E5 donde realizan pruebas dinámicas de gases; en el caso del CO que hay una reducción del 100% con el uso de combustible E5, en los HC existe una reducción del 65% con el uso del combustible E5 comparado con la gasolina común, en los CO₂ existe una reducción de 1% con el combustible E5, a 2880 msnm. También en el estudio de (Tutunea & Dumitru, 2017) que trata sobre el efecto de añadir bioetanol en el motor de encendido por chispa, obteniendo una reducción en CO (2,89% con E5 y 12,34% con E20) y HC (3,84% con E5 y 14,62% con E20) y un aumento en CO₂ (1,32% con E5 y 3,73 % con E20) y NOX (6.86% con E5 y 46.37% con E20).

En las figuras 1, 2, 3 y 4, se muestran los factores de emisión de los diferentes combustibles en la ruta establecida, del vehículo de pruebas.

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

Figura 1

Factores de contaminación combustible Extra

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	9,084
FHC (g/Km)	0,195
FNOX (g/Km)	0,175

Figura 2

Factores de contaminación combustible Extra+Ferox

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	9,458
FHC (g/Km)	0,131
FNOX (g/Km)	0,143

Figura 3

Factores de contaminación combustible Ecopaís

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	7,161
FHC (g/Km)	0,147
FNOX (g/Km)	0,148

Figura 4

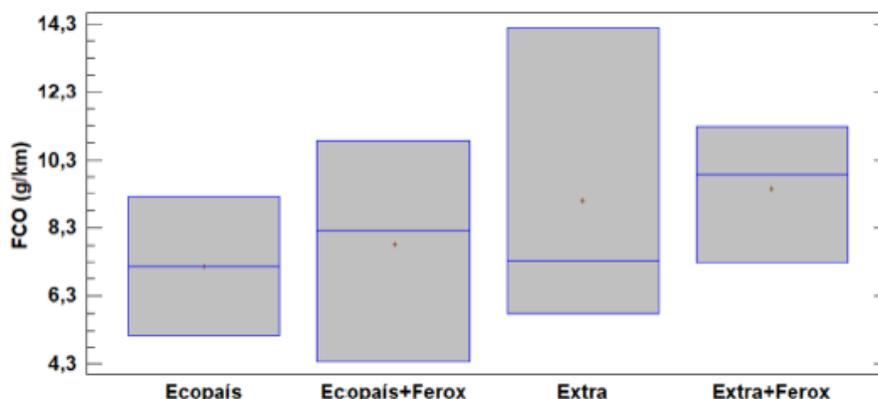
Factores de contaminación combustible Ecopaís+Ferox

Promedio de Factores de Emisión	
FCO (g/Km)	7,825
FHC (g/Km)	0,146
FNOX (g/Km)	0,144

Factores de emisión para el monóxido de carbono

Los factores de contaminación para el monóxido de carbono se presentan en la figura 5, donde se realiza la comparación entre los combustibles. En esta muestra el combustible que presenta una diferencia significativa de menos factores de emisión en CO es el Ecopaís de 2 y 2.5% en comparación Extra y Extra+Ferox respectivamente. Para este caso (Camarillo Montero, 2011) afirma que la emisión de los gases de escape presenta una ligera disminución para todas las mezclas utilizadas (E10, E20, E30 y E40), debido a una combustión más completa por el mayor contenido de oxígeno presente en el etanol. También se asemeja con el estudio de (Iñiguez Izquierdo, Reyes Campaña, & Andrés, 2017), donde se evidencia mejores resultados al utilizar un combustible con un porcentaje de etanol mayor. De igual forma mencionan (Kannan & Srivathsan, 2016), que entre mayor sea el porcentaje de etanol, menor es la cantidad de CO que emite al ambiente, con la E5 hay una reducción significativa del monóxido de carbono. Para este caso (Llanes Cedeño, Rocha-Hoyos, Peralta, & Leguisamo), emiten una conclusión, que el factor altura influye en la emisión de gases contaminantes.

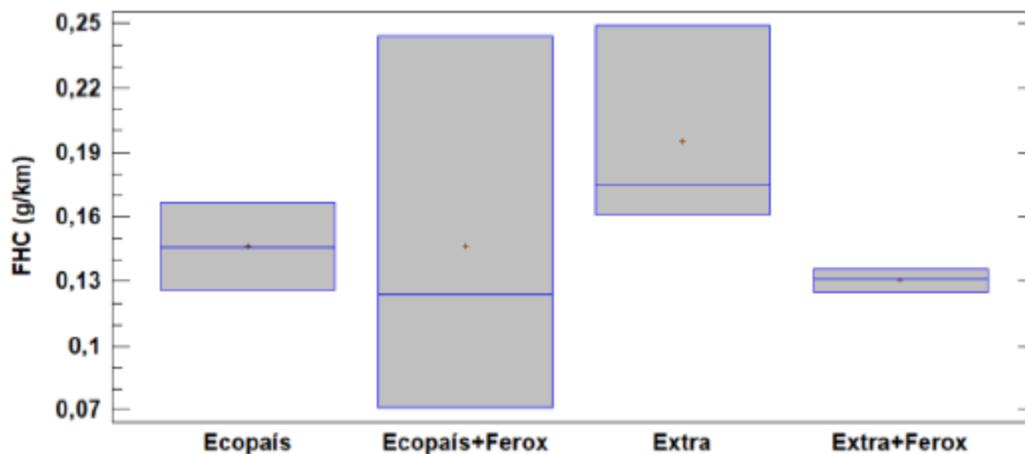
Figura 5
Factores Contaminantes de CO



Factores de emisión para hidrocarburos.

El estudio de los factores de emisión de hidrocarburos se observa en la figura 6, obteniendo el mejor resultado con menores emisiones en los combustibles que contienen aditivos y etanol, en el caso de Ecopaís, Ecopaís+Ferox y en Extra+Ferox con un 3%, 3% y 3.3% respectivamente, en comparación del combustible Extra. Por tal motivo el análisis afirma que añadir específicamente el aditivo Ferox al combustible tradicional y al combustible mezcla de etanol de un 5%, reduce significativamente este tipo de emisión, el estudio expuesto por (Dogan, Erol, Yaman, & Kodanli, 2016), contribuye que los valores en la cantidad de HC se reduce a medida que el porcentaje de etanol sea menor a E30 (30% de etanol), y con el estudio realizado por (Camarillo Montero, 2011), menciona que al utilizar etanol como combustible tradicional o tipos de mezclas es disminuye las emisiones de HC, debido a una combustión más completa por el mayor contenido de oxígeno.

Figura 6
Factores Contaminantes de HC.

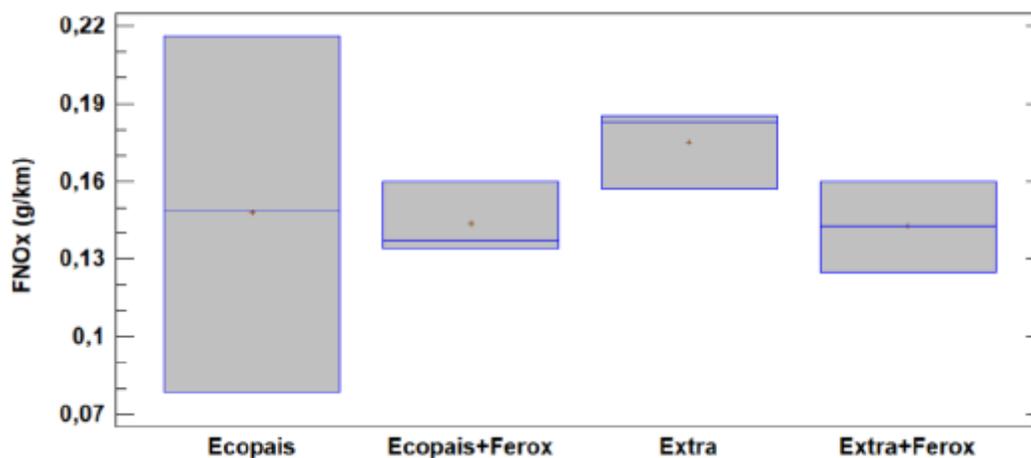


Factores de emisión para óxidos de nitrógeno.

En la figura 7, se aprecia los factores de emisión para el NO_x, donde los resultados significativos son favorables para los combustibles con aditivos en el caso de Extra+Ferox un 3% y en Ecopaís+Ferox un 3.3% en comparación del combustible Extra; el estudio expuesto por (Dogan, Erol, Yaman, & Kodanli, 2016) mencionan que el valor más alto para la emisión de NO_x se mide para el combustible que tenga 0% de etanol, mientras que los combustibles con mezcla etanol tienen bajos valores de emisión de NO_x, y el estudio realizado por (Kannan & Srivathsan, 2016), menciona que el uso de etanol hidratado puede reducir significativamente la emisión de NO_x. Además, el contenido de agua premezclado en etanol es más favorable que la inyección de agua por separado.

Figura 7

Factores Contaminantes de NOx



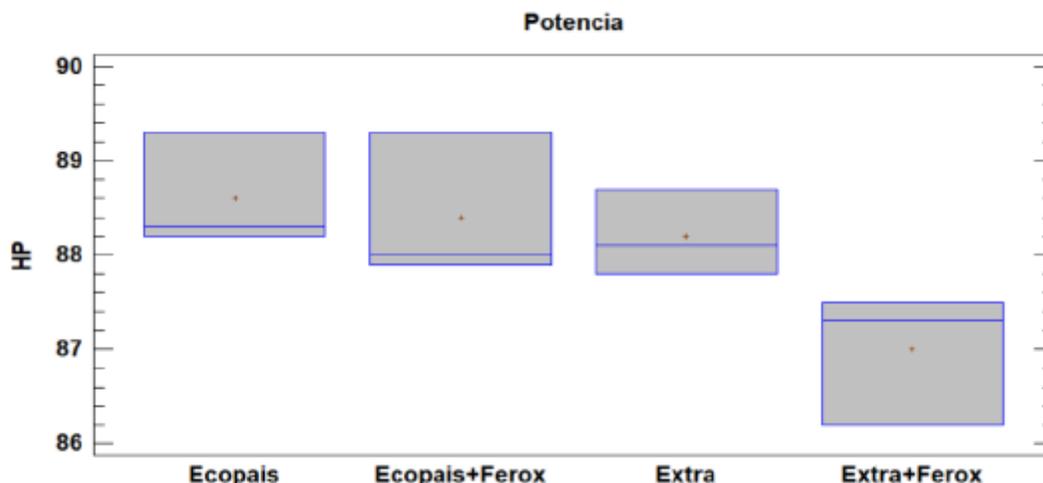
Pruebas de Torque y Potencia en el vehículo de pruebas KIA R STYLUS

Análisis de Potencia

En la figura 8 se observa el comportamiento de la potencia usando los combustibles Extra, Ecopaís, Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox, se sustenta un incremento gradual del 1.6 % de 88.6 Hp a 6000 Rpm utilizando el combustible Ecopaís con respecto al Extra. También muestra que la potencia máxima alcanzada por dicho combustible, se da a menores regímenes de giro. A altas revoluciones el proceso de renovación de la carga no se da correctamente y con el poder calorífico inferior no llegan a combustionarse la mezcla de manera eficiente, por ende se necesita vehículos que tengan un ajuste electrónico de inyección. Lo que menciona (Camarillo Montero, 2011), se corrobora con este estudio ya que el torque y la potencia indicados no experimentan un cambio resaltable en mezclas con altos contenidos de etanol. Y en el caso de (Rocha & Zambrano, 2015), señalan que hay un incremento de 2% en la Potencia con el uso de aditivos sólidos

Figura 8

Análisis de Potencia con diferentes combustibles

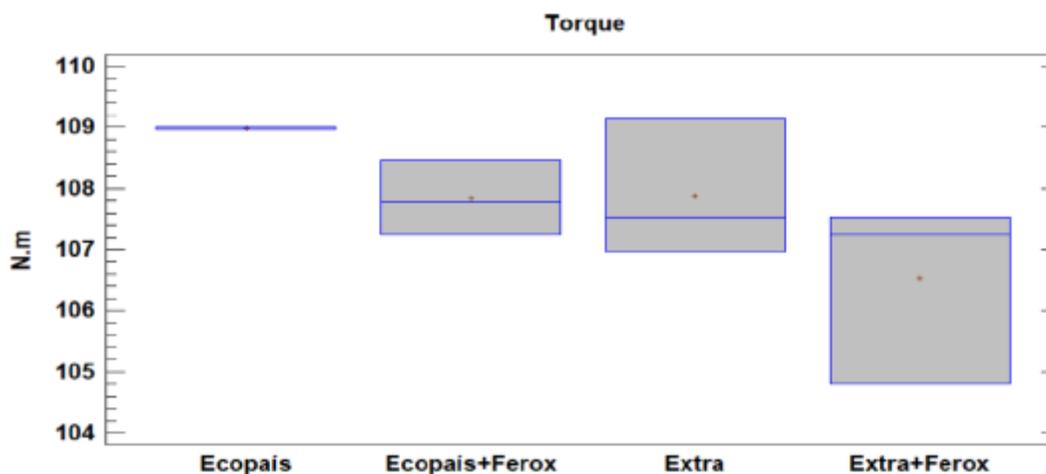


Análisis de Torque

La figura 9 se muestra el comportamiento del Par motor o Torque usando los combustibles anteriormente mencionados, donde se sustenta un valor de 109 N.m a 5600 Rpm, en el combustible Ecopaís. Teniendo un aumento significativo del 2% en su Par motor con respecto al combustible Extra. Con el aditivo Ferox, las dos mezclas de combustibles no tienen algún beneficio en el Torque del motor. Concordando con lo expuesto por (Rocha & Zambrano, 2015), al utilizar aditivo solido en la mezcla hay una reducción del 2% en el par motor, y en el caso del combustible con etanol el torque no experimenta un cambio resaltante en mezclas con altos contenidos de etanol. (Camarillo Montero, 2011)

Figura 9

Análisis de Torque con diferentes combustibles



Análisis del consumo de combustible

El consumo de combustible promedio del vehículo se presenta en la figura 10.

Figura 10

Consumo de combustible promedio con varias propuestas de combustibles

Combustibles	(Km/L)
Extra	8,78
Ecopais	7,80
Extra+Ferox	9,14
Ecopais+Ferox	8,39

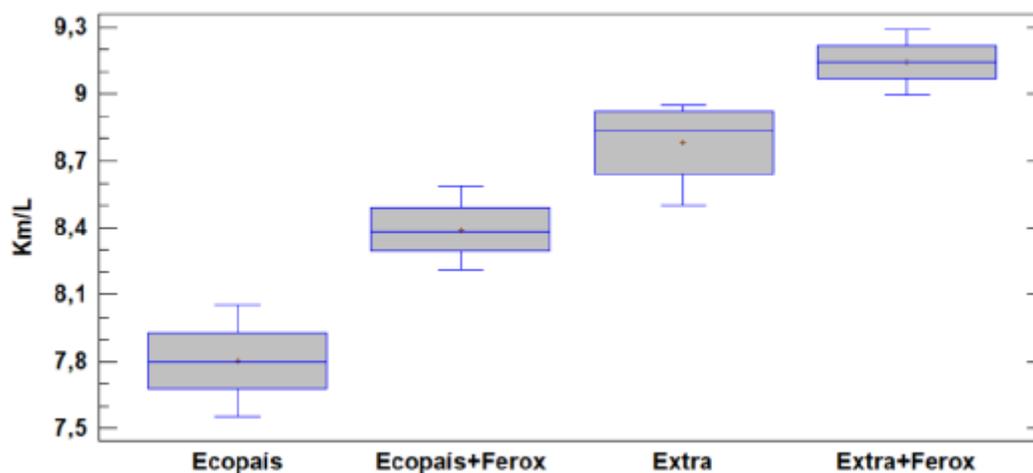
El rendimiento de combustible para el vehículo en ruta, se encuentra en el rango de 7.80 hasta 9.14 Km/L tal y se observa en la figura 11. En este estudio se define que hay 1% hasta 1.3% de ahorro de combustible con el combustible Ecopais a diferencia de los otros combustibles. El factor tráfico, horas pico y cambios climáticos se relacionan mucho con el consumo de combustible. Lo que se discrepa en el caso de (Rocha & Zambrano, 2015), indican que cuando se usan aditivos sólidos en el combustible Extra hay una reducción en un 4%. Y se relaciona con el estudio realizado por

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

(Guzmán, 2013), que el uso de biocombustibles con base de etanol tiene una reducción significativa en el consumo de combustible en la ciudad de Quito.

Figura 11

Consumo de combustible del vehículo a prueba



Análisis Térmico de la bujía de encendido con diferentes combustibles

Temperatura

Durante las pruebas se observa que al usar combustibles Extra y Extra+Ferox las temperaturas son inferiores al del combustible Ecopais. Las temperaturas promedio de los combustibles anteriormente mencionados son de 509.3 °C y 527.24 °C respectivamente, mientras que en Ecopais es de 599.02 °C, datos obtenidos mediante ANSYS. Y en el caso de la Ecopais+Ferox su temperatura promedio es de 603.52 °C, obteniendo una diferencia significativa del 4.5% con el combustible Ecopais, teniendo la mayor temperatura Ecopais+Ferox. En las figuras que se presentan a continuación se aprecia lo anteriormente mencionado.

Figura 12

Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra

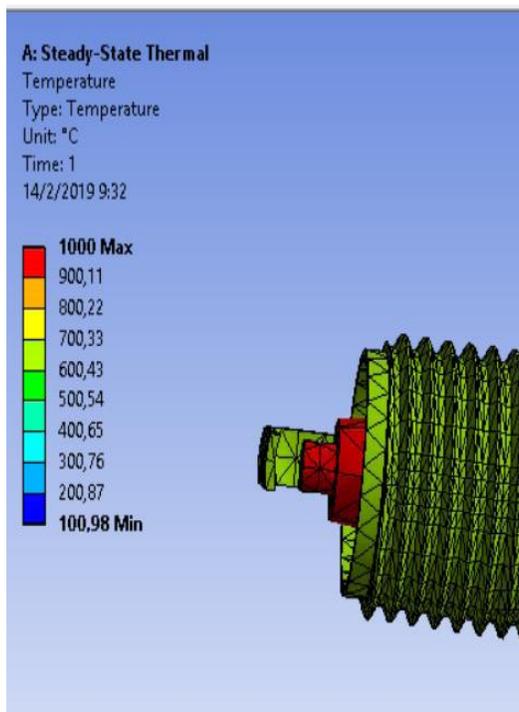


Figura 13

Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopaís

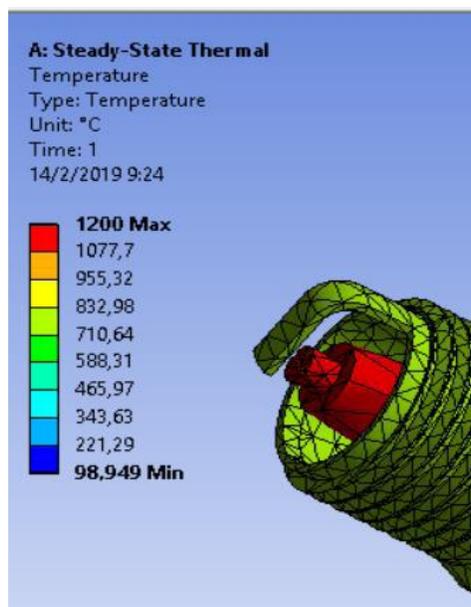


Figura 14

Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Extra+Ferox

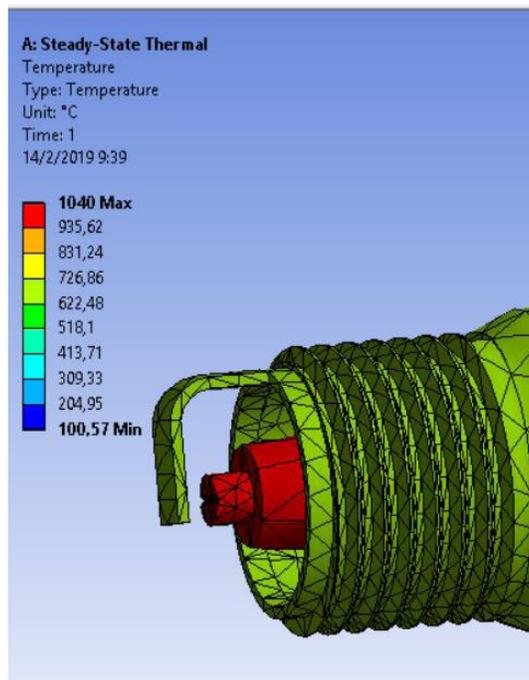
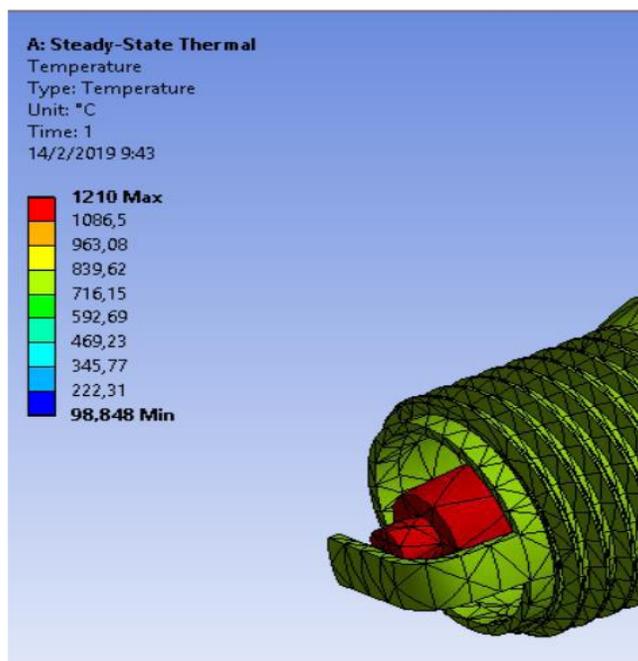


Figura 15

Análisis térmico de la bujía de encendido combustible Ecopaís+Ferox



Flujo total del calor

En el análisis de flujo de calor de los combustibles estudiados se aprecia la intensidad de calor relacionada con la velocidad del movimiento molecular del calor que tiene un cuerpo determinado. En este caso al usar combustible Extra y Extra+Ferox es inferior al flujo de calor del combustible Ecopaís, el flujo de calor promedio de estos combustibles son de 48361 W/m² y 50534 W/m² respectivamente, mientras que en Ecopaís es de 59228 W/m², y en el caso de la Ecopaís+Ferox el flujo de calor promedio es de 59767 W/m², existiendo una diferencia del 5% con el combustible Ecopaís, teniendo el mayor flujo de calor de Ecopaís+Ferox. Lo que concuerda con (Kannan & Srivathsan, 2016), que al aumentar la temperatura dentro de la cámara, la reacción de las moléculas del combustible hacen que el flujo de calor sea mayor.

Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación se demuestra una significativa reducción de emisiones contaminantes del 2 y 2.5% del FCO con el uso del Ecopaís en comparación del combustible Extra y Extra+Ferox respectivamente, en el caso de FHC los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox con un 3% menor en emisiones en comparación al combustible Extra, y por último en el FNOx los combustibles que tienen aditivo sólido Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox son menores en un 3 y 3.3% con respecto al combustible Extra respectivamente.

El software utilizado fue la herramienta que permitió la interacción del componente con 14876 nodos y 7464 en elementos a estudiar con el mallado automático, obteniendo con los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox el mayor flujo de calor con una diferencia significativa del 5% entre ellos, de tal manera se evidencia la máxima temperatura de trabajo de la bujía de encendido y el mayor aprovechamiento de energía térmica emitido por estos combustibles.

El rendimiento óptimo en consumo de combustible fue el combustible Ecopaís con un valor de 7.80 (Km/L), teniendo una diferencia significativa con el combustible Extra del 1.3%, esto significa un ahorro económico. Se entiende que los ciclos de conducción y el tipo de ruta también influyen en el consumo.

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

El comportamiento del Par motor o Torque usando los combustibles de estudio, se sustenta un valor de 108,91 N.m a 5402 Rpm, en el combustible Ecopaís, considerando un aumento significativo del 2% en su Par motor con respecto al combustible Extra. Con el aditivo Ferox, las dos mezclas de combustibles no tienen algún beneficio en el Torque del motor. Teniendo una disminución del 1% al 2% en su Par motor con respecto a los demás combustibles.

De acuerdo a lo observado, se debe modificar la normativa vigente en cuanto a fuentes móviles, ya que, los vehículos que ingresan al país la mayoría oscilan entre EURO II y EURO III, teniendo problemas en combustibles con mayor porcentaje de etanol al de la Ecopaís.

Tomando en consideración los análisis expresados en la investigación, se recomienda utilizar un programa de registro de datos, que con los ciclos de conducción y los factores de emisión desagregados por tipo de vía y horario, permitan conocer rápidamente el porcentaje de emisiones de gases. Esto supone ahorros monetarios y de tiempo, así como también, no abusar del uso de aditivos en los combustibles, donde se puede mejorar su propiedad física, pero que sin embargo puede afectar otros sistemas del vehículo, como el sistema de encendido, ya que, el aumento de temperatura es directamente proporcional a la degradación de la bujía.

Referencias

1. AEADE. (16 de Enero de 2016). Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.
2. Ambiente, M. d. (2010). Plan Nacional de la Calidad de Aire. Obtenido de Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
3. Ambiente, S. d. (2015). Informe de la Calidad del Aire de Quito. 3-58.
4. Camarillo Montero, J. A. (2011). ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR MONOCILÍNDRICO DE IGNICIÓN ALIMENTADO CON MEZCLAS GASOLINA-ETANOL ANHIDRO E HIDRATADO A DISTINTAS CONCENTRACIONES. . Lima .

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

5. Dogan, B., Erol, D., Yaman, H., & Kodanli, E. (2016). The effect of ethanol-gasoline blends on performance and exhaust emissions of a spark ignition engine through exergy analysis. ELSEVIER.
6. Espinoza, H., Patino, L., González, Y., & Irving, L. (2007). Modelo predictivo de combustion de mezclas de gas odelo predictivo de combustion de mezclas de gas natural en motores de encendido por chispa (MECH). Colombia: Trabajo de grado INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN.
7. Estratégicos., M. C. (2015). Balance Energético Nacional. Sectores Estrategicos. Quito.
8. Guzmán, B. (2013). Estudio de factibilidad del uso de etanol anhidrido en mezclas con gasolina en el Distrito Metropolitano de Quito. . Quito, Ecuador.
9. Iñiguez Izquierdo, J. F., Reyes Campaña, G. G., & Andrés, R. R. (2017). Estudio De Emisiones Contaminantes Producidas Por Un Motor Otto Con El Uso De Gasolina Y Un Combustible A Base De 95% De Gasolina Y 5% De Etanol. . Universidad Internacional del Ecuador: Trabajo de grado.
10. Kannan, B., & Srivathsan, P. (2016). Numerical simulation of spark ignition engine using OpenFOAM. . ELSEVIER , 13-15.
11. Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (s.f.). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. . Enforque UTE , 149-158.
12. Rocha, J., & Zambrano, D. (2015). Analisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos. . Quito: Trabajo de grado Universidad de Quito.
13. Romero, D. (3 de 09 de 2017). EL COMERCIO. . Obtenido de Obtenido de www.elcomercio.com/actualidad/aumento-parque-automotor-quito-movilidad.html
14. Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. Scientific Bulletin . 8-20.
15. Yusri, I. (2017). Alcohol based automotive fuels from first four alcohol family in compression and spark ignition engine. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 169

References

1. AEADE (January 16, 2016). Association of Automotive Companies of Ecuador.
2. Ambiente, M. d. (2010). National Air Quality Plan. Obtained from Obtained from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
3. Ambiente, S. d. (2015). Quito Air Quality Report. 3-58.
4. Camarillo Montero, J. A. (2011). STUDY OF THE COMBUSTION OF A IGNITION MONOCILINARY MOTOR FEEDED WITH GASOLINE-ETHANOL MIXTURES ANHYDRO AND HYDRATED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS. . Lima
5. Dogan, B., Erol, D., Yaman, H., & Kodanli, E. (2016). The effect of ethanol-gasoline blends on performance and exhaust emissions of a spark ignition engine through exergy analysis. ELSEVIER
6. Espinoza, H., Patino, L., González, Y., & Irving, L. (2007). Predictive model of combustion of gas mixtures or predictive model of combustion of natural gas mixtures in spark ignition engines (MECH). Colombia: Degree work ENGINEERING AND RESEARCH.
7. Strategic., M. C. (2015). National Energy Balance. Strategic Sectors Quito
8. Guzmán, B. (2013). Feasibility study of the use of anhydrous ethanol in mixtures with gasoline in the Metropolitan District of Quito. . Quito, Ecuador.
9. Iñiguez Izquierdo, J. F., Reyes Campaña, G. G., & Andrés, R. R. (2017). Study of Pollutant Emissions Produced by an Otto Engine with the Use of Gasoline and a Fuel Based on 95% Gasoline and 5% Ethanol. . International University of Ecuador: Degree work.
10. Kannan, B., & Srivathsan, P. (2016). Numerical simulation of spark ignition engine using OpenFOAM. . ELSEVIER, 13-15.
11. Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., & Leguisamo, J. (s.f.). Evaluation of gas emissions in a light gasoline vehicle in height conditions. Case study Quito, Ecuador. . Enforque UTE, 149-158.
12. Rocha, J., & Zambrano, D. (2015). Analysis of the operation of the ignition engine caused, due to the presence of additives. . Quito: University of Quito degree work.

Evaluación y simulación de las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección

13. Romero, D. (3 of 09 of 2017). TRADE. . Obtained from Obtained from www.elcomercio.com/actualidad/aumento-parque-automotor-quito-movilidad.html
14. Tutunea, D., & Dumitru, I. (2017). Experimental study on the effect of adding bioethanol in spark ignition engine. Scientific Bulletin 8-20.
15. Yusri, I. (2017). Alcohol based automotive fuels from first four alcohol family in compression and spark ignition engine. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 169

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).