



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención del
título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Játiva Enríquez Nelson Roberto

Villasis Medina Francisco Xavier

TUTOR:

Ing. Reyes Campaña Guillermo Gorky

Análisis de las propiedades del biodiésel durante el proceso
de inyección de combustible

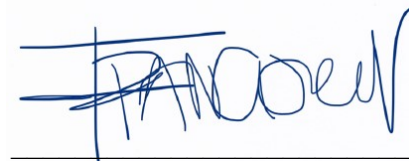
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Játiva Enríquez Nelson Roberto y Villacis Medina Francisco Xavier** , declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Játiva Enríquez Nelson Roberto



Villacis Medina Francisco Xavier

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Msc. Reyes Campaña Guillermo Gorky**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Reyes Campaña', written over a horizontal line.

Firma profesor

Dedicatoria

El presente Artículo está Dedicado a Dios por permitirme cumplir este sueño, a mis padres por su apoyo y esfuerzo incondicional, por sus consejos y guía en este camino, todo lo que hoy he llegado a ser es gracias a ellos. A mis hermanos quienes han estado cuando los he necesitado.

A mi esposa e hijo quienes forman fundamental en mi vida y quienes me dan las fuerzas y aliento para continuar día a día.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitir que mis padres hayan podido sustentar mis estudios en la prestigiosa Universidad Internacional del Ecuador en donde he podido adquirir mucho conocimiento y sabiduría a través de los docentes para desarrollar mis labores del día a día.

Mi agradecimiento especial para mis padres, hermanos, esposa e hijo por acompañarme en cada momento de mi vida e impulsarme y enseñarme a ser una mejor persona y un mejor profesional.

Agradezco a quienes fueron mis docentes por impartir su sabiduría con la mejor predisposición , paciencia y metodología para formar excelentes profesionales.

Índice de Contenido

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACION DE AUTORIA.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE.....	vii
TEMA.....	1
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
METODOLOGÍA.....	4
RESULTADOS.....	5
CONCLUSIONES.....	7
REFERENCIAS.....	7

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL BIODIÉSEL DURANTE EL PROCESO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

ANALYSIS OF BIODIESEL PROPERTIES DURING THE FUEL INJECTION PROCESS

Ing. Gorky Reyes¹, Francisco Villacis², Nelson Játiva³

¹ Ingeniero Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, Ingenieria Automotriz, gureyesca@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, frvillacisme@uide.edu.ec
Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, nejativaen@uide.edu.ec
Quito – Ecuador

RESUMEN

El uso sostenible del biodiésel como fuente alternativa de energía para los motores de combustión interna, requiere que sus propiedades como combustible sean equivalentes a las del diésel puro. El presente estudio hace un análisis del efecto que tiene la presión y tiempo de inyección, en la viscosidad cinemática, la densidad y en la cantidad de combustible inyectado; tanto con el uso de biodiésel como de diésel. El propósito de la presente investigación consiste en determinar la variación de las propiedades entre los tipos de combustibles con el fin de obtener datos reales cuando están expuestos a diferentes presiones en el sistema de alimentación del motor.

Como resultado pudimos obtener una diferencia bastante significativa de cada biocombustible cuando se encuentran en trabajo y para esto utilizamos la herramienta AMESIM ® la cual nos permite simular el sistema de alimentación del motor.

Palabras clave: Biocombustibles, presión, inyección, propiedades, viscosidad.

ABSTRACT

The sustainable use of biodiesel as an alternative source of energy for internal combustion engines requires that its fuel properties be equivalent to those of pure diesel. The present study makes an analysis of the effect that pressure and injection time have on the kinematic viscosity, the density and the amount of fuel injected; both with the use of biodiesel and diesel. The purpose of the present investigation is to determine the variation of the properties between the types of fuels in order to obtain real data when they are exposed to different pressures in the engine feeding system.

As a result, we were able to obtain a significant difference from each biofuel when they were in work, and for this we used the AMESIM ® tool, which allows us to simulate the engine's power system.

Keywords: Biofuels, pressure, injection, properties, viscosity.

Introducción

El objetivo de la presente investigación consiste en determinar las variaciones porcentuales del caudal de combustible inyectado en función de la presión y el tiempo de inyección a diferentes presiones del sistema de inyección; con la finalidad de poder seleccionar el tipo y cantidad de biodiésel adecuado para cumplir con los requerimientos de potencia de los motores y así poder encontrar el porcentaje adecuado de combustible biodiesel inyectado en la cámara de combustión.

El crecimiento del sector automotriz es aproximadamente del 1.1% al año debido al desarrollo que tiene esta industria por ende las emisiones nocivas cada vez aumentan, solo el sector de transporte aporta el 22% de emisiones contaminantes a nivel mundial. [1] para lo cual se están tomando medidas sustitutivas como el uso del biodiesel. Entre el 2020 y el 2035 se estima que 8.6 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburo (HC), los monóxidos de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) los cuales son responsables del deterioro de la calidad del aire. [2]

Fundamentación teórica

Actualmente se han realizado estudios en nuestro país en donde se ha demostrado que las emisiones de gases contaminantes son más elevadas en base a los emanados por los biocombustibles dando así como resultado en combustibles fósiles 100 gCO₂e/MJ, mientras que para biodiesel 80 gCO₂e/MJ [3], lo que indica claramente que el uso de combustibles alternativos es una buena opción para poder controlar el exceso de gases nocivos en la atmósfera.

En Ecuador existe un plan piloto desde el 2011, el cual está llevándose a cabo con la fabricación del combustible ECOPAIS, el cual consiste en la mezcla del 95% de gasolina extra y 5% de etanol anhidro. Para biodiesel existe un plan piloto el cual aún no se lleva a cabo sin embargo la producción de este combustible será capaz de abastecer a 500 automóviles al año en base al aceite de palma y caña de azúcar[3].

Ecuador posee una gran producción de palma africana lo cual lo convierte en su mayor fuente de producción de biodiesel, se cultivan varias oleaginosas de las que se extraen aceites vegetales, cuyas propiedades y rendimientos permiten convertirlas en biocombustibles [4].

El costo de producción actualmente es del 76% únicamente en materia prima lo cual aún no lo convierte en un recurso competitivo en comparación a la producción de diesel.

A continuación mostramos las fuentes potenciales de aceite de origen vegetal en el país.(Tabla I)

Tabla I

Cultivo	Nombre científico	Rendimiento agrícola potencial (t/ha)	Contenido de aceite	Producción de aceite (t/ha)
Palma africana	<i>Elaeis guineensis</i>	15,0	23,5%	3,50
Piñón	<i>Jatropha curcas</i>	5,0 a/	35,0%	1,75
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	1,0	40,0%	0,40
Soya	<i>Glycine max</i>	1,5	20,0%	0,30
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	2,0	37,5%	0,75

Nota: a/ En la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, se reporta un rendimiento máximo potencial de las 5 t de semillas de piñón por hectárea (Mendoza, E. Biocombustibles a la venta desde el 2009. 23 ago. 2008. Disponible en <http://www.eluniverso.com-2008/08/23/0001/71/AFCB34511C364BF89077301E278CB42E.html>

Fuente: Oficina del IICA en Perú con base en ANCUPA.

El uso del biodiésel requiere que se determinen las propiedades energéticas de combustible, ya que el poder calorífico determina la potencia que este nos dará al momento de ser combustionado.

Los aceites vegetales no se pueden usar directamente en motores Diesel debido a su viscosidad superior que causa un problema como una atomización pobre del combustible pulverizado y un funcionamiento inadecuado de los inyectores en el motor.

La Tabla 2 nos da a conocer el problema que causa en el motor debido al uso de aceite vegetal. Las técnicas disponibles para mejorar la viscosidad son pirólisis, micro emulsificación, dilución y transesterificación. [5-6]

Tabla II

PROBLEMAS DEL USO DE ACEITES CRUDOS EN EL MOTOR	RAZON
Depósitos de carbono en componentes automáticos razón mayor viscosidad	Mayor viscosidad
Falta de lubricación por parte del biocombustible	Ácidos utilizados
Arranque en frío se demora	Alta viscosidad del biocombustible
Corrosión en todo el sistema de alimentación del motor	Existencia de agua, niveles de yodo

FUENTE : H.M. Mahmudul et al 2017

El biodiesel tiene algunas ventajas y desventajas, que se enumeran a continuación[7] [8] [9]:

Biodiesel	
Ventajas	Desventajas
Portabilidad, disponibilidad y renovabilidad del biodiesel.	Su emision de niveles de NOX es superior al diesel
Emite menos emisiones, como CO ₂ , CO, SO ₂ , PM y HC en comparación con el	Su exposicion a temperaturas bajas los congela
La produccion de biodiesel consume menos tiempo	El biodiesel reduce la velocidad y potencia del motor. Los biodiesel en promedio disminuyen la potencia en un 5% en comparación con la del combustible común (Diesel) con carga nominal
El numero de cetano es de mas de 100 y prolonga la vida del motor	Formacion de sedimentos en el piston y la culata
Puede usarse sin agregar lubricante adicional a diferencia del diesel por su pureza	Su alta viscosidad causa problemas en el sistema de inyeccion
El biodiesel no necesita ser refinado como el diesel.	El biodiesel causa un desgaste excesivo del motor.
Su produccion es local y lo hace mas rentable	El biodiesel no es competitivo en costos con la gasolina o el Diesel ya que debemos utilizar muchos recursos para su extracción
Contiene menos niveles de azufre, menor contenido aromático	Su viscosidad genera que los filtros se tapen y se llenen de residuos
Mayor eficiencia de combustión	Degradación del biodiesel en almacenamiento durante periodos prolongados

Fuente Francisco Villacis, Nelson Jativa (2017)

Metodología

Para la presente investigación se escogieron los siguientes tipos de biodiésel a base de aceite de palma, aceite de girasol y aceite de soya para ser comparados con el diésel puro, considerando que su obtención y producción es la más factible en el País.

Tabla III

Propiedades de los combustibles				
	Diesel	Biodiésel a base de aceite de palma	Biodiésel a base de aceite de girasol	Biodiésel a base de aceite de soya
Densidad 15°C [Kg/m ³]	855	864.42	880	913.8
Viscosidad 40°C [cSt]	3.06	4.5	4.439	4.039
Poder calorífico [MJ/kg]	43.8	39.9	39.6	39.76
Tomado de H.M. Mahmudul, et.al., 2017				

Para evaluar las variaciones porcentuales que presenta cada combustible se hizo uso del software de simulación hidráulica AMESIM ®. Con este software es posible considerar condiciones reales del sistema de inyección de un motor diésel con el uso de diferentes tipos de combustibles.

Las propiedades del combustible de la tabla III, fueron implementadas en el modelo de la tobera que se utilizó para simular la inyección de cada tipo de combustible.

Los datos de la tobera y del tiempo de inyección se especifican en la tabla IV.

Tabla IV

Datos de la tobera y condiciones de la inyección de combustible	
Presión de inyección [bar]	1000
	1500
	2000
Tiempo de inyección [ms]	5
Número de orificios de la tobera [-]	5
Diámetro de los orificios de la tobera [mm]	0.5
Datos referenciales para la simulación	

Fuente Francisco Villacis, Nelson Jativa (2017)

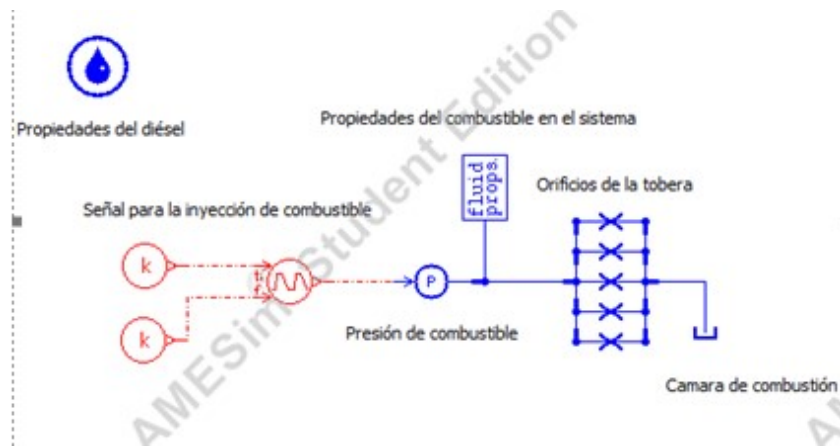


Figura 1. Modelo de la tobera, señal de la inyección de combustible y sensor de fluidos en AMESIM ®, para cada tipo de combustible

La simulación se llevó a cabo con cada uno de los combustibles estudiados, para determinar la variación tanto en el flujo másico, a diferentes presiones de inyección.

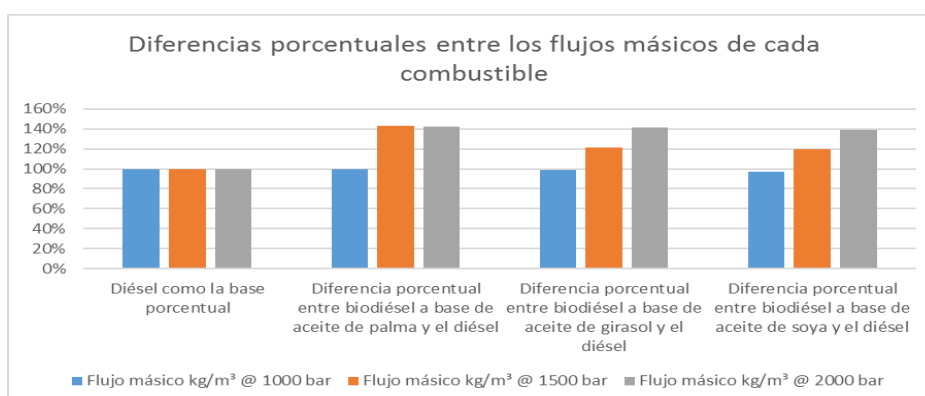
Se consideraron las presiones de inyección de 1000, 1500 y 2000 bar, debido a que estos valores están en los rangos de operación usuales por motores que puedan usar el biodiésel como un combustible alternativo.

Resultados

Los resultados de la simulación con cada tipo de combustible y con sus respectivas propiedades, muestran las variaciones de cada uno de los parámetros de estudio (tabla V).

Tabla V

Resultados de la simulación				
	Diesel	Biodiésel a base de aceite de palma	Biodiésel a base de aceite de girasol	Biodiésel a base de aceite de soya
Flujo másico [L/min] @ 1000 bar	20.238	20.127	19.948	19.576
Flujo másico [L/min] @ 1500 bar	24.993	28.997	24.612	24.153
Flujo másico [L/min] @ 2000 bar	29.045	28.886	28.629	28.095
Tomado de H.M. Mahmudula, et.al., 2017				



Fuente Francisco Villacis, Nelson Jativa (2017)

Figura 2. Cuadro comparativo de diferencias porcentuales del flujo másico con el uso de distintos combustibles.

La figura 2 muestra los resultados correspondientes a las diferencias que existen en el flujo máximo que se inyecta por la tobera con el uso de distintos tipos de combustibles. Se toma como referencia y como base el diésel puro y el análisis consiste en cuantificar la diferencia entre los flujos másicos con cada uno de los combustibles estudiados.

El flujo másico del biodiésel a base de aceite de palma y de girasol se reduce en 1%; mientras que, con el biodiésel a base de aceite de soya, el flujo másico se reduce en 3% con respecto al diésel a 1000 bares de presión de inyección.

A 1500 bares de presión de inyección, el incremento en el caudal inyectado para el biodiésel a base de aceite de palma es del 43% mientras que con el biodiésel a base de aceite de girasol es del 22% y con el uso del aceite a base de soya s del 19%,

A 2000 bares de presión de inyección, el biodiésel a base del aceite de palma mantiene el incremento del 43% mientras que los incrementos de los aceites a base de girasol y de soya son 41 y 39% respectivamente.

Conclusiones

El biocombustible ofrece muchas ventajas y beneficios económicos ya que lo encontramos en la naturaleza. Este documento consta de información sobre el desarrollo de biocombustibles en el Ecuador de acuerdo a la materia prima y producción que podemos encontrar actualmente.

El uso de biodiésel como combustible alternativo al diésel puro, necesita de cambios en la presión y el tiempo de inyección, para mantener el mismo caudal y generar el mismo rendimiento sin pérdidas.

De acuerdo a los tres tipos de aceites que hemos escogido pudimos encontrar las siguientes diferencias.

El aceite de palma registra un incremento más alto en la tasa de flujo, pero es más estable incluso cuando los cambios se producen a altas presiones, como es el caso del cambio de 1500 a 2000 bares.

El biodiésel a base de girasol y de soya muestra cambios notables en la tasa de flujo en función de la presión de inyección.

El biodiésel a base de aceite de soya es el que registra una mayor sensibilidad a los cambios de presión.

Debemos tener claro cuáles son las propiedades de cada uno para poder trabajar sobre ellos y poder generar un biodiesel de calidad.

Referencias

- [1] H.M. Mahmudula, F.Y. Hagosa, R. Mamata, A. Abdul Adama, W.F.W. Ishakb, R. Alenezic. "Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72 (2017) 497–509. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.001>)
- [2] Mofijur M, Rasul MG, Hyde J, et al. Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;53:265–78.
- [3] Miguel Castro "Reflexiones en torno al desarrollo de biocombustibles en el Ecuador" Centro ecuatoriano de derecho ambiental N 25 abril 2012.
- [4] Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel / IICA, Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles – San José, C.R.: IICA, 2010.
- [5] Eliezer Ahmed Melo Espinosa. Ramon Piloto. Leonardo Goyos. Sebastian Verhelst, Roger Sierens. "Emulsificación de los aceites vegetales y las grasas animales" una revision – Emulsificación de los aceite vegetales y las grasas animals como combustible para motores diesel. Una vision general cap 4 2014.
- [6] Becher P. *Emulsion Theory and Practice*. Second edition ed. New York: Ed. Kreiger; 1977

- [7] Masjuki Hj. Hassan*, Md. Abul Kalam “An overview of biofuel as a renewable energy source: development and challenges” 5th BSME International Conference on Thermal Engineering (DOI: 10.1016/j.proeng.2013.03.087)
- [8] Silitonga, A.S., et al., 2011. A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, p. 3733-3756.
- [9] Mofijur, M., et al., 2012. Prospects of biodiesel from *Jatropha* in Malaysia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, p. 5007-5020

Autores



Francisco Villacis.



Nelson Játiva