

## **EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA INFLUENCIA DEL BIODIESEL EN EL DESGASTE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

**Dr. Pedro Julio Villegas Aguilar<sup>1</sup>; MSc. Iosvani López Díaz<sup>1</sup>; MSc. Idalberto Herrera Moya<sup>1</sup>;  
Ing. Bernardo Bucki Wasserman<sup>2</sup>; Ing Kisley Mendoza López<sup>1</sup>; Yanisleidy Oquendo Machado<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Estudio de Termoenergética Azucarera (CETA), Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 54830, CUBA. Teléfono: 53 42 281194-Fax: 53 42 281608-Email: [pjiva00@gmail.com](mailto:pjiva00@gmail.com)

<sup>2</sup>Grupo de Estudios sobre Energía (GESE), Unidad Académica Confluencia. UTN. Plaza Huincul, 8318, Neuquén, ARGENTINA. Teléfono: 54 299 4963292 - Email: [ingbucki@speedy.com.ar](mailto:ingbucki@speedy.com.ar)

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se estudia de forma preliminar la influencia de un combustible renovable derivado de aceites vegetales denominado Biodiesel, sobre el sistema de alimentación del motor de combustión interna. Para el estudio se tomó como punto de partida los elementos que se encuentran en contacto directo con el combustible durante el funcionamiento del mismo. Para realizar los experimentos, se diseñó un banco de prueba, en el cual los elementos analizados fueron el par émbolo buzo-camisa y el par aguja-boquilla del inyector. Los experimentos de desgaste se realizaron empleando el método gravimétrico comparativo utilizando como combustible patrón el diesel tradicional. Se muestran los resultados del desgaste durante 100 horas de trabajo de la instalación experimental. Se determinó que el uso de biodiesel a larga la vida útil de los motores, dado que su uso provoca una disminución de las emisiones de gases contaminantes y del desgaste de los elementos.

**Palabras claves:** Biocombustibles, lubricidad; desgaste.

### **I. INTRODUCCIÓN**

La mayoría de las reservas de combustibles fósiles que existen en el planeta se encuentran en áreas muy localizadas. Esta situación se empeora con la utilización irracional de los mismos, sin tener en cuenta que éstos tardaron millones de años en formarse. Las reservas globales de estos combustibles comienzan a mostrar signos palpables de agotamiento, tal es así que las estimaciones más cautelosas y confiables indican que, si se mantiene el ritmo de consumo actual de las reservas disponibles, estas solo durarán unos decenios más. Existen evidencias de que la combustión de estos combustibles fósiles es agresiva al medio ambiente, lo cual se ha demostrado por el incremento progresivo de las concentraciones de sustancias contaminantes como: CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, etc., causantes del efecto invernadero y las lluvias ácidas entre otros impactos negativos a la atmósfera terrestre. Es por estas razones que el desarrollo futuro de la humanidad tiene que estar encaminado a la búsqueda de otras fuentes productoras de energía de carácter renovable, que contribuyan al desarrollo sostenible y al mismo tiempo no contaminen el medio ambiente (Tickell, 2000).

La sustitución de los combustibles fósiles, por otros de origen vegetal, denominados biocombustibles cobra gran importancia actualmente por varias razones fundamentales, como el hecho de provenir de una fuente renovable, ser un instrumento de lucha contra el deterioro ambiental, además de un factor de desarrollo de la agricultura e industrias derivadas (Brunskill, 2001). En ocasiones la proliferación del uso de los biocombustibles se obstaculiza, debido a la necesidad de realizar modificaciones técnicas de las instalaciones, motores, sistemas, mecanismos etc., que inicialmente fueron concebidos para utilizar combustibles fósiles.

En las condiciones de Cuba, donde la industria automovilística no se ha desarrollado, y el parque automotor está muy deteriorado y los equipos modernos no están preparados para la utilización de aceites vegetales puros como combustibles, además de que no es posible mezclar estos aceites con el diesel en altas proporciones. Sin embargo, el desarrollo de un biocombustible elaborado a partir de aceites vegetales o grasas animales, que puede ser empleado como sustituyente parcial o total del diesel en este tipo de motores sin que resulten necesarias conversiones, ajustes o regulaciones especiales en las partes y piezas, denominado biodiesel, constituye una solución factible a utilizar (López Díaz, 2004).

El CETA de la UCLV lleva varios años investigando la obtención y uso de este biocombustible, obtenido a partir de aceite de girasol y etanol, el cual se ha combustionado en un banco de pruebas con resultados satisfactorios, observándose una ligera disminución de los parámetros de entrega del motor así como una notable disminución de las emisiones contaminantes, lo que concuerda con lo reportado en la bibliografía consultada.

López (2002), planteó que el biodiesel presenta una mayor lubricidad respecto al diesel, que favorece el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección. Por esta razón, una firma norteamericana productora de equipos agrícolas extiende los plazos de garantía de sus equipos cuando estos van a emplear el biodiesel.

Este escenario favorece la realización de este estudio, cuyo objetivo es evaluar comparativamente el desgaste que sufre los elementos del sistema de inyección de los motores de combustión interna cuando usan indistintamente diesel o biodiesel.

## II. PARTE EXPERIMENTAL

### II.1. Caracterización del combustible

El biodiesel se obtuvo a partir del conocido proceso de trans-esterificación, empleando como materias primas aceite crudo de girasol y etanol con un 97.5% de pureza. Las principales propiedades físicas del combustible sintetizado en los laboratorios del CETA se muestran en la Tabla 1.

Propiedades	Resultados
Viscosidad 40°C	12,1 cSt
Punto de inflamación CA	190°C
Punto de inflamación CC	134°C
Agua y sedimentos	Ausencia
Corrosión Lam Cobre	1b
Impureza Mecánica	Ausencia
Densidad	0,9057g/cm <sup>3</sup>
Índice de viscosidad	229
Agua por destilación	Ausencia

**Tabla 1.** Propiedades físicas del biodiesel obtenido.

Como combustible patrón se empleo el diesel tradicionalmente usado por los motores de combustión interna de encendido por compresión, cuyas propiedades se presentan en la Tabla 2.

El análisis de las Tablas 1 y 2 indica que el valor obtenido para la viscosidad cinemática del biodiesel de 12,1 cSt a 40°C, se encuentra por encima de los valores permisibles para este tipo de combustible, los cuales oscilan entre 1.9 y 6.0 cSt según la norma ASTM correspondiente. Esto se debe a la alta viscosidad del aceite de girasol empleado como materia prima cuyo valor era de 35 cSt, la que se logró reducir en gran medida aunque no todo lo necesario. También resultó estar por encima de la norma el valor del punto de inflamación en aproximadamente un 40%. El resto de las variables analizadas se encuentran dentro del rango especificado por las normas establecidas para el biodiesel.

Índice de calidad	U/M	Método de ensayo	Valor especificado		
			Reg.	Esp.	MN.
1. Destilación Inicial 50% Recobrado 90% Recobrado Final		ASTM D 66	D.O 235-300 360 D.O	D.O 235-300 360 D.O	Máx.
2. Temperatura de Inflamación CC.	°C	ASTM D 93	52	52	Min.
3. Azufre Total	%m/m	ASTM D 129	0.8	0.5	Máx.
4. Índice de cetano	-	ASTM D 976	43	43	Máx.
5. Viscosidad a 4°C	mm <sup>2</sup> /S	ASTM D 445	1.6-5.3	1.6-5.3	Máx.
6. No. de Neutralización	Mg KOH/g	ASTM D 974	0.6	0.6	Máx.
7. Color ASTM	-	ASTM D 1500	3.5	3.5	Máx.
8. Corrosión al Cu.3h a 100°C	-	ASTM D 1266	1		Máx.
9. Cenizas	%m/m	ASTM D 482	0.01		Máx.
10. Densidad a 15°C	G/cm <sup>3</sup>	ASTM D 1298	0.815-0.865	0.815-0.865	
11. Carbón Conradson	%m/m	ASTM D 189	0.1	0.1	Máx.
12. Agua y Sedimentos	%V/V	ASTM D 1796	0.05	0.05	Máx.

**Tabla 2.** Propiedades del diesel empleado en la etapa experimental

## II.2. Elementos a ensayar

Para realizar los experimentos, se diseñó un banco de prueba, en el cual los elementos analizados fueron el par émbolo buzo-camisa, el que dosifica el combustible en la bomba de inyección del motor, así como el par aguja-boquilla del inyector, que pulveriza el combustible y lo introduce dentro de la cámara de combustión. En la Figura 1 se ilustran estos elementos.

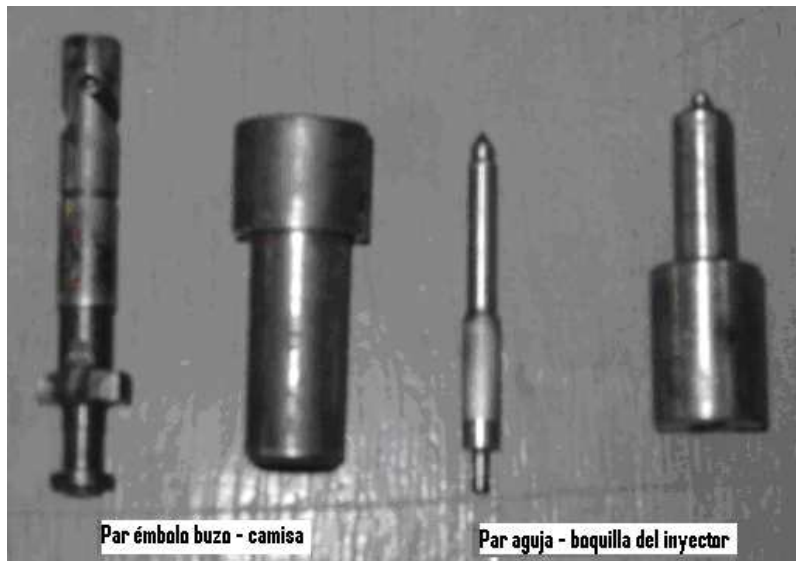


Figura 1. Elementos a ensayar: pares émbolo buzo-camisa y aguja-boquilla del inyector.

## II.3. Criterios de selección

Para realizar este estudio fue necesario tener en cuenta determinados aspectos que permitieran seleccionar los componentes del motor de combustión interna que estuviesen en mayor contacto con el combustible y por tanto más expuestas a su acción corrosiva, de ahí que en la selección de los pares émbolo buzo-camisa y aguja-boquilla del inyector, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Constituyen pares de alta precisión o ajuste y son elementos muy vulnerables al desgaste que limitan la vida útil de la bomba de inyección de combustible.
2. Desarrollan funciones importantes en el sistema de alimentación del motor, como son: dosificar y pulverizar el combustible.
3. Estos elementos son lubricados durante su funcionamiento por el propio combustible.

## II.4 Procedimiento para la determinación del desgaste

Para la evaluación del desgaste se empleó el método gravimétrico, en el cual se determina la pérdida en peso que tiene lugar cuando se exponen los elementos de interés al medio agresor durante un determinado periodo de tiempo. La expresión general del método es la siguiente:

$$W_g = G_0 - G_f \quad (1)$$

donde:  $W_g$ : Desgaste gravimétrico

$G_0$ : Peso inicial (g).

$G_f$ : peso final (g).

En las determinaciones hechas se empleó una balanza analítica digital SCALTEC de procedencia alemana.

Para esta prueba se mantendrá la temperatura entre 40 y 50°C, la cual se corresponde con el valor que alcanza el combustible en el sistema de alimentación del motor durante su funcionamiento. Deben utilizarse elementos nuevos o seleccionar los mismos de manera que presenten similar hermeticidad, garantizando de esta forma que los dispositivos empleados en esta prueba trabajen todos bajo las mismas condiciones.

El procedimiento de determinación incluyó las etapas siguientes (Rabinowids, 1965):

1. Limpieza mecánica de los elementos a evaluar, identificando adecuadamente cada uno de ellos.
2. Desengrase la superficie expuesta al medio de los elementos analizados con solvente orgánico.
3. Secado de la superficie de las piezas con aire caliente para eliminar la humedad.
4. Estabilización de la masa en desecadora.
5. Pesado inicial de las muestras.
6. Ensayos de desgaste con ambos combustibles. Durante estos ensayos debe garantizarse la uniformidad del suministro de combustibles y del caudal de ambas bombas.
7. Luego de transcurrido el tiempo de ensayo, repetir los pasos del 1 al 4 y registrar el peso final de cada uno de los elementos.
8. Determinar las pérdidas en peso correspondientes a cada uno de los elementos comparativamente para cada uno de los combustibles.

## II. 5. Determinación del tiempo de duración de la prueba.

En la Figura 2 que se presenta seguidamente se ofrece una foto de la instalación experimental construida para la realización de los ensayos de desgaste en los elementos de interés del motor de combustión interna.

En la determinación del tiempo óptimo para la realización de los ensayos con adecuada reproducibilidad se tuvieron en cuenta algunos reportes de la literatura, los cuales se resumen a continuación:

- Domínguez Prieto (1996), realizó estudios para 100 Km. de recorrido de fricción, obteniendo resultados satisfactorios.
- Suárez (1997), realizó estudios similares, demostrando que con 35 Km. de recorrido de fricción era suficiente, debido a la precisión del equipamiento empleado en las mediciones.
- Pérez Acevedo (2005), encontró que al realizar los ensayos de desgaste para 120 horas de trabajo, lo que equivale aproximadamente a 70 Km. de recorrido de fricción del par émbolo buzo-camisa, se alcanzan resultados satisfactorios.

El laboratorio químico del CETA cuenta con una infraestructura que incluye modernos equipos de medición de elevada precisión, lo que favorece la reproducibilidad de las determinaciones realizadas. Partiendo de estas bondades, así como lo demostrado por autores precedentes, se consideró que 100 horas de trabajo del sistema de alimentación eran suficientes para cumplir con los objetivos de este trabajo.



Figura 2. Instalación experimental (Banco de prueba.)

### III. RESULTADOS

En las Figuras 3 y 4 se ilustran los valores medios de desgaste (expresados en mg), para cada uno de los elementos ensayados con ambos combustibles.

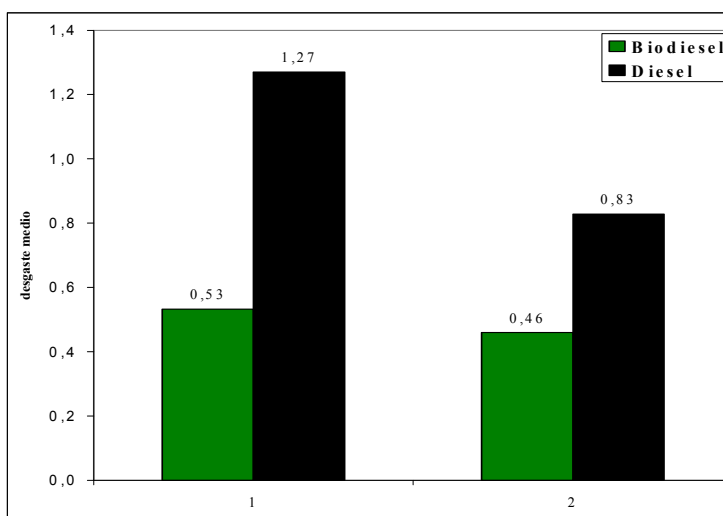
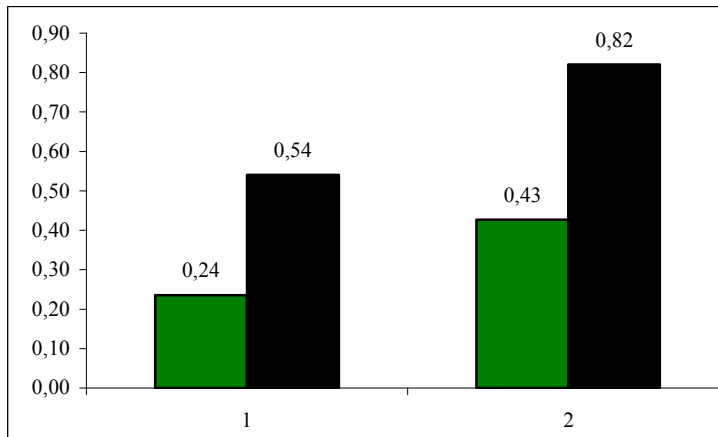


Figura 3. Comportamiento del desgaste en el par émbolo buzo-camisa durante la operación de la bomba de inyección con diesel y biodiesel, respectivamente. 1: émbolo buzo; 2: camisa.



**Figura 4.** Comportamiento del desgaste en el par aguja-boquilla del inyector durante la operación de la bomba de inyección con diesel y biodiesel, respectivamente. 1: aguja; 2: boquilla del inyector.

Del análisis de dichas Figuras 3 y 4 puede deducirse que el desgaste que tiene lugar durante el empleo de diesel en los elementos analizados, es mucho mayor que al usar biodiesel. Al mismo tiempo, se observa que la afectación corrosiva es más significativa en el par émbolo buzo-camisa que en el par aguja-boquilla del inyector.

#### IV. CONCLUSIONES

- En el par émbolo buzo-camisa se observó, que cuando se utiliza biodiesel el desgaste es 2.38 veces menor en el émbolo y 1.80 en la camisa en el sistema de alimentación con respecto al empleo del combustible diesel, durante 100 horas de funcionamiento.
- En el par aguja-boquilla del inyector se determinó que el funcionamiento con biodiesel proporciona un desgaste 2.29 veces menor en la aguja y 1.92 en la boquilla del inyector, comparativamente con el diesel, para 100 horas de trabajo.
- La disminución del desgaste que se alcanza al emplear biodiesel, tanto en el par émbolo buzo-camisa como en la aguja-boquilla del inyector, se traduce en una mayor durabilidad de estos elementos.

#### V: REFERENCIAS

1. Brunskill, A. "World Oleochemicals and Oil Prices-cause or effect". Asian Oleochemicals Manufactures Group, 2001.
2. Domínguez Prieto, G. Evaluación del desgaste en el sistema de alimentación del motor diesel utilizando el emulsor agua-diesel de uso inmediato. *Trabajo de Diploma*, Facultad Ingeniería Mecánica, UCLV, 1996.
3. Tickell, J. From the Fryer to the Fuel Tank, Editorial Covington, LA, 2000.
4. López Díaz, I. Consideraciones para la obtención y empleo del biodiesel en Cuba, *Tesis de Maestría*. Facultad de Ingeniería Mecánica, UCLV, 2004.
5. López, G. Biodiesel una alternativa de combustión limpia y eficiente, *Memorias de las Jornadas de Biocombustibles*, Colombia, 2002.
6. Rabinowids, E.: Fricción y desgaste de materiales. Editorial Wiley Inc., New York, 1965.
7. Suárez Guadarrama, A. Análisis del desgaste en el sistema de alimentación del motor diesel, *Trabajo de Diploma*, Facultad de Ingeniería Mecánica, UCLV, 1997.

#### ABSTRACT

In this work the influence of a renewable fuel derived from vegetables oils namely biodiesel on the feeding system of internal combustion engine is preliminary studied. To make the study it was took as starting point the elements that are directly in contact with the fuel during the operation of the same one. To carry out the experiments, a test bank was designed, in which the analyzed elements were the pair piston plunger-shirt, that dosage he fuel, as well as the pair needle-mouthpiece of the injector, that pulverizes the fuel and introduce it inside the combustion camera. The wear experiments was carried out using the gravimetric comparative method like fuel traditional diesel as patron, maintaining the same operation conditions in both injection pumps installed for each one of the fuels analyzed. The results of the wear, during 100 working hours of the experimental installation for each one of the elements of the analyzed pairs independently and using both fuels are shown. It was determined that the biodiesel use lengthens the useful life of the engines, because its use causes a significant decrease of the polluting gases emissions and the analyzed elements wear of the injection system.

**Key words:** Biofuels, lubricity, wear.