



## EFFECTO DE UN CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO EN LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL DIÉSEL Y SU ATOMIZACIÓN

RAMÓN ARIAS GILART<sup>1</sup>, YADIRA SILVEIRA FONT<sup>1</sup>, MELEK CAMPOS SOFIA<sup>1</sup>,  
JOSÉ FALCÓN HERNÁNDEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad de Oriente  
Dirección de Ciencia e Innovación

Avenida de las Américas s/n. Santiago de Cuba. Cuba

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente

Departamento de Ingeniería Química

Avenida de las Américas s/n. Santiago de Cuba. Cuba

*(Recibido 30 de octubre de 2017, para publicación 18 de enero de 2018)*

**Resumen** – Estudios actuales sugieren que el tratamiento magnético tiene un efecto positivo en el comportamiento de los procesos de combustión y que provoca cambios en las propiedades físico-químicas del combustible. En el presente trabajo se evaluó el efecto del tratamiento magnético en la tensión superficial del diésel. Para el tratamiento magnético se utilizó un acondicionador magnético con 0,36 T de inducción magnética y un tiempo de exposición del diésel al campo magnético de 0,025 s. Este tratamiento hizo reducir la tensión superficial del diésel aproximadamente un 11%. Con la reducción de esta propiedad se logra un incremento en la profundidad y el ángulo de apertura del chorro de combustible y se disminuye el diámetro medio de las gotas dispersadas en el proceso de atomización, todo lo que condiciona un efecto significativo en la eficiencia de la combustión.

**Palabras clave** – Tensión superficial, tratamiento magnético, diésel, atomización.

### 1. INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy se enfrenta a dos problemas ambientales graves: el calentamiento global y la contaminación del aire. Ambos están relacionados con el uso a gran escala de combustibles fósiles [1]. La principal aplicación de estos combustibles es la transformación de su energía química en energía mecánica, a través de los procesos de combustión. Estos procesos se realizan generalmente en los Motores de Combustión Interna (MCI). Los motores diésel son las fuentes de poder más utilizadas debido a su alta eficiencia y rentabilidad [2]. Su principal desventaja es la producción de gases contaminantes a la atmósfera como resultado de la combustión del diésel. La mayoría de las emisiones contaminantes provocadas por estos motores consisten en hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

Diversas técnicas se utilizan en la actualidad para mejorar la combustión, disminuir las emisiones de gases contaminantes, reducir el consumo de combustibles y para aumentar la vida útil de los MCI. Cambios en el diseño mecánico del motor y la alteración de la composición química de los combustibles han sido probados a lo largo de los años. Otras técnicas se basan en agregar aditivos a los combustibles tradicionales para mejorar sus propiedades físico-químicas. Estas sustancias pueden ser compuestos organometálicos, alcohol, agua, biodiésel y aceites vegetales; en forma de emulsiones y de mezclas [2]. También se experimenta con métodos que alteren solo las propiedades de los combustibles relacionadas con el proceso de combustión, como son la viscosidad, la tensión superficial y el valor calórico. El Tratamiento Magnético (TM) es una de las tendencias más utilizadas con estos fines [3].

La eficiencia de trabajo del motor YUMZ-6L, la reducción de sus indicadores de consumo de combustible y la disminución de la temperatura de los gases de escape fueron estudiados por Cogollos y colabo-

radores en 2000 [4]. Emplearon en su investigación electroimanes con una inducción de 0,15 T para el tratamiento del diésel. Ubicaron los dispositivos magnéticos en las tuberías de combustibles, delante de los inyectores. La disminución del consumo de combustible diésel también ha sido obtenida en las investigaciones de [5, 6]. Estos autores no estudiaron los cambios ocurridos en las propiedades físico-químicas del combustible.

Faris y colaboradores en 2012 investigaron los efectos del TM en las emisiones de gases y en el consumo de combustible de un motor de dos tiempos. Utilizaron imanes permanentes con inducciones de 0,2 a 0,9 T para el tratamiento de la gasolina. Estos autores reportaron disminuciones en la tensión superficial de la gasolina (2-3,5%) y en las emisiones de CO<sub>2</sub> y HC [7]. Colocaron los imanes en las tuberías de combustible, antes del carburador. Resultados similares en las emisiones de gases alcanzaron [8, 9]. Estas investigaciones no reportaron el tiempo de exposición del fluido al tratamiento magnético ni la velocidad del fluido.

En [10] se determinó experimentalmente la influencia de campos magnéticos de 0,2 a 0,8 T en la viscosidad del diésel. Obtuvieron reducciones de la viscosidad pero no exponen los tiempos de exposición ni la velocidad del fluido en el sistema de tratamiento magnético.

En 2017, Chen y colaboradores [2] utilizaron un tubo magnético para dar TM al diésel. La inducción magnética utilizada fue de 0,015 T y se trató el combustible directamente en las tuberías del motor de un grupo electrógeno estacionario. Se alcanzaron reducciones en el consumo de combustible y en las emisiones de gases contaminantes, no reportan cambios en las propiedades físico-químicas ni tiempos de exposición al tratamiento magnético.

Del análisis anterior se aprecia que muchos de los efectos del TM a los combustibles han sido investigados. Generalmente se experimenta con MCI, en bancos de prueba estacionarios alimentados con gasolina y con diésel. Se colocan los imanes sobre las tuberías que alimentan el combustible a los cilindros, entre los inyectores y el filtro (para los motores diésel) o antes del carburador (para los motores alimentados con gasolina). Los dispositivos más utilizados en la actualidad para producir los campos magnéticos son los imanes permanentes, específicamente se utilizan los de Neodimio-Hierro-Boro (o de tierras raras) por los altos valores de inducción que alcanzan. Se utilizan inducciones magnéticas que oscilan desde los 0,015 hasta 0,9 T, obteniéndose los mejores resultados entre 0,3 y 0,4 T según [9]. En su mayoría las investigaciones profundizan en los efectos provocados por este tipo de tratamientos en las emisiones de gases de los MCI y en el consumo de combustible.

Se han estudiado los efectos de los campos magnéticos en propiedades del diésel como la viscosidad. Sin embargo, existen pocas evidencias sobre el efecto del TM en la tensión superficial de los combustibles. Tampoco se reportan datos importantes en este tipo de TM como son: la velocidad del fluido en los tratamientos dinámicos y el tiempo de exposición del combustible a los campos magnéticos. Existen reportes de este tipo de variables en petróleos crudos, agua y fluidos biológicos.

En este trabajo se evaluó el efecto del tratamiento magnético en la tensión superficial del diésel, utilizando para ello una instalación experimental que permite definir el tiempo de exposición del combustible al TM y la velocidad del fluido. Se utilizó un acondicionador magnético con una inducción magnética de 0,36 T. La tensión superficial se determinó utilizando el método del anillo (tensiómetro de Du-Nouy). El TM del diésel disminuyó su tensión superficial alrededor de un 11%, lo que produce un alto grado de atomización del combustible y con ello un aumento de la eficiencia de la combustión.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Diésel

El diésel utilizado se comercializa en Cuba en todos los depósitos de ventas de este tipo de combustible y cumple con algunos índices de calidad que constituyen normas nacionales para este tipo de producto (tabla1).

Tabla 1. Especificaciones del diésel utilizado.

Índice de Calidad	Valor especificado	Método de ensayo
Temperatura de inflamación ( $^{\circ}\text{C}$ )	mínimo 45	NC ASTM D 93
Índice de cetano	mínimo 43	ASTM 4727
Viscosidad a $40^{\circ}\text{C}$ ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )	1.6 - 5.3	NC ASTM D 445
Densidad a 15 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.815-0.865	NC ASTM D 1298, 4052

## 2.2. Acondicionador magnético

El acondicionador magnético utilizado para el TM está fabricado a base de imanes permanentes de neodimio-hierro-boro, recubiertos con níquel para protegerlos de la oxidación. La inducción magnética promedio de este acondicionador es de 0,36 T con una desviación estándar de 0,005 T. La simulación del circuito magnético del acondicionador magnético empleado en la investigación se presenta en la Fig. 1.

Se utilizó una configuración dipolar, para garantizar que las líneas de inducción del campo se distribuyan uniformemente por toda el área de flujo del combustible.

## 2.3. Metodología para el tratamiento magnético

Para la aplicación del tratamiento magnético se empleó una instalación experimental, ver Fig. 2. La instalación está compuesta por: un acondicionador magnético a base de imanes permanentes, una tubería

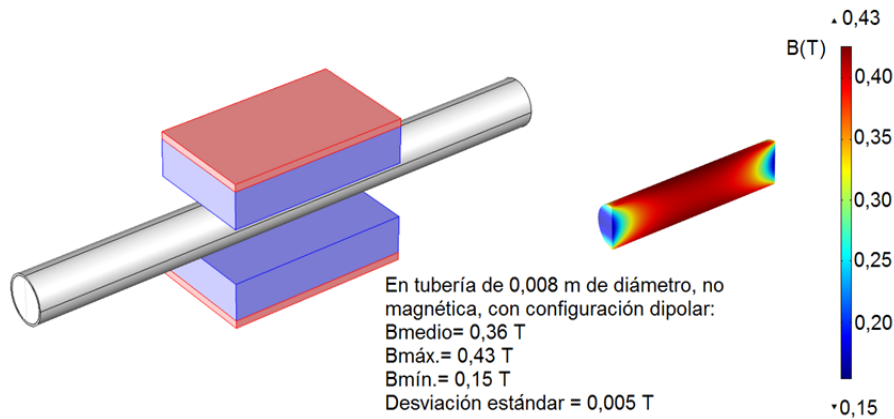


Fig. 1. Patrón de distribución de campo magnético en una tubería diamagnética (B-inducción magnética,  $B_{\text{máx.}}$ - inducción máxima,  $B_{\text{mín.}}$ - inducción mínima).

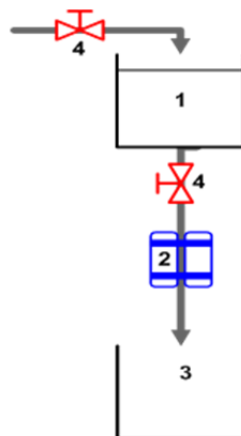


Fig. 2. Esquema del tratamiento magnético del combustible. (1-Recipiente con diésel, 2-Acondicionador magnético, 3-Vaso de precipitado, 4-Válvulas).

diamagnética, dos recipientes y dos válvulas. Para mantener constante la velocidad del fluido se mantuvo el recipiente principal con un volumen de líquido constante.

Entre las dos caras polares del acondicionador magnético se colocó la tubería diamagnética (silicona) de 0,008 m de diámetro, a través de la cual se hizo fluir el diésel. El tiempo de exposición del diésel al tratamiento magnético se determinó según la metodología planteada en [11, 12].

Para un volumen de diésel de 0,5 L el tiempo promedio que demoró la muestra en pasar por el sistema con y sin tratamiento magnético fue de 5 s. Siguiendo las ecuaciones de la metodología anterior se obtuvo que el diésel fluyó por el sistema a una velocidad de 2 m/s y que el tiempo de exposición al tratamiento magnético fue de 0,025 s.

## 2.4. Análisis estadístico

Para la determinación de la tensión superficial se realizaron cuatro corridas experimentales con diésel tratado magnéticamente y cuatro con diésel sin tratar aleatoriamente, para garantizar la representatividad. Se efectuaron además tres repeticiones de cada medición por corrida para considerar la incertidumbre de los resultados en la determinación de la tensión del diésel. Es por esto que se obtuvieron en total 12 valores de tensiones superficiales del Diésel Tratado Magnéticamente (DTM) y 12 valores de tensiones superficiales con Diésel sin tratar como control (D). Estos valores se compararon utilizando el programa Statgraphics Centurion XV y para verificar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas se utilizó la prueba t-Student de comparación de medias.

## 2.5. Método utilizado para medir la tensión superficial del diésel

Existen varios métodos para la medición de la tensión superficial, los cuáles se pueden dividir en dinámicos y estáticos; entre los métodos dinámicos están el método de la máxima presión de burbuja, el método del peso (volumen) de gota, y el método del estalagmómetro; cabe señalar que el volumen de gota es una extensión del método del estalagmómetro. Dentro de los métodos dinámicos se tienen el método de la placa Wilhelmy, el método de ascensión capilar y el método del anillo [13].

El método utilizado en el análisis de esta propiedad fue el método del anillo (tensiómetro de Du-Noüy) [14]. Este método se basa en medir la fuerza necesaria para separar un anillo de una superficie líquida, ver Fig. 3; este anillo está suspendido a través de un brazo de palanca y de una balanza de torsión, mediante la cual se mide la fuerza. La tensión superficial o interfacial está relacionada con la fuerza para despegar al anillo por medio de la expresión [13]:

$$\sigma = \frac{\beta E}{4\pi r_a} \quad (1) \quad (\text{mN/m})$$

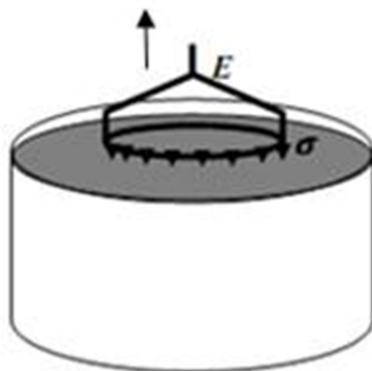


Fig. 3. Método del anillo de Du-Noüy.

siendo:

$E$  = el empuje aplicado al anillo (mN)

$r_a$  = el radio medio del anillo (m)

$\beta$  = factor de corrección

Para tener un ángulo de contacto cero, se utilizan anillos de platino perfectamente limpios. Es esencial que el anillo repose plano sobre la superficie líquida. La tensión superficial actúa sobre toda la circunferencia de este anillo. El factor de corrección  $\beta$  varía de 0,75 a 1,07; depende de una pequeña porción de líquido que queda adherida al anillo. La ventaja principal de este método es que el equipo utilizado es muy sencillo y la tensión superficial puede calcularse muy fácilmente. Sin embargo, la principal desventaja de este método es que no puede utilizarse en rangos amplios de temperatura y presión.

## 2.6. Equipo experimental

El equipo empleado en las mediciones de la tensión superficial fue un Tensiómetro KRUSS 8. En la Fig. 4 se muestra una imagen del equipo.

Este tipo de tensiómetros se utiliza para la determinación de tensión superficial e interfacial y ha sido considerado por más de 40 años como el instrumento estándar para las mediciones de estas propiedades. Ofrece una elevada calidad en sus mediciones con un error aproximado de 0,1%. La norma utilizada para la determinación de la tensión superficial fue la DIN 53914 (1997-07).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ensayos experimentales desarrollados tuvieron como objetivo determinar el efecto del tratamiento magnético en la tensión superficial del diésel y a explicar el efecto del tratamiento magnético en la combustión de los MCI, específicamente en el proceso de atomización. Los resultados de las lecturas de tensión superficial del diésel tratado magnéticamente (DTM) y del diésel sin tratar (D) se muestran en la Fig. 5.

Los valores de la tensión superficial del diésel tratado magnéticamente fueron menores que los valores del diésel control sin tratamiento magnético. Para verificar si las diferencias que se observa en la Fig. 5 tienen significación estadística se realizó una comparación de muestras utilizando la prueba t-Student. Este procedimiento está diseñado para comparar dos muestras de datos, calcular sus parámetros estadísticos y ejecutar pruebas para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras de datos. Los resultados de la comparación realizada en el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV, se observan en la tabla 2.



Fig. 4. Tensiómetro KRUSS 8.

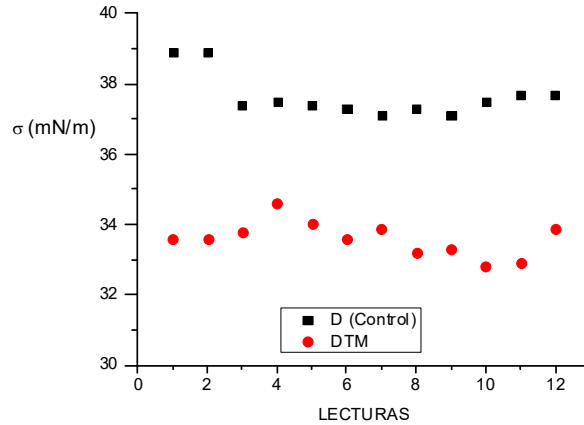


Fig. 5. Tensión superficial de las muestras de diésel antes (D) y después del tratamiento magnético (DTM).

Tabla 2. Comparación estadística de los datos

Estadígrafos	D	DTM
Cantidad de datos	12	12
Promedio (media)	37,7333	33,6083
Desviación Estándar	0,6853	0,5071
Coefficiente de variación (%)	1,8163	1,509
Mínimo	37,1	32,8
Máximo	38,9	34,6
Sesgo Estandarizado	1,5858	0,173
Curtosis Estandarizada	-0,3260	0,0759
Valor de Probabilidad (p) arrojado por la prueba t-Student	0	
Diferencia porcentual (%)	11	

Los datos cumplen con la distribución normal al tener los valores de sesgo y curtosis estandarizados en el rango de -2 a 2, por lo que se asume que no han existido errores en las lecturas de las tensiones superficiales. El valor de probabilidad (p) obtenido en la prueba fue menor que 0,05 lo que significa que existieron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras. Con este resultado se puede afirmar que el tratamiento magnético del diésel disminuyó su tensión superficial aproximadamente en un 11%.

### 3.1. Tensión superficial en los proceso de atomización y formación de gotas en las cámaras de combustión de los motores

La tensión superficial se relaciona directamente con el proceso de atomización del combustible en las cámaras de combustión, teniendo una influencia importante en la profundidad de penetración del chorro de combustible ( $l_T$ ), en el diámetro medio de las gotas en el chorro ( $d_k$ ) y en el ángulo de apertura del chorro ( $\gamma_T$ ). La definición gráfica de estas variables se muestra en la Fig. 6.

Para definir  $l_T$  se utiliza la siguiente ecuación [15]:

$$l_T = \left( \frac{d_C * U_0 * W_e^{0,21} M^{0,16}}{D_f \sqrt{2 * \rho}} \right)^{0,5} * (\tau_{iny})^{0,5} \quad (m) \quad (2)$$

donde:

- $d_C$  : diámetro de la tobera (orificio) del inyector (m)
- $U_0$  : velocidad media de la corriente de combustible que pasa por la tobera de pulverización (m/s)
- $D_f$  : coeficiente empírico
- $\tau_{iny}$ : duración de la inyección de la porción de combustible (s)

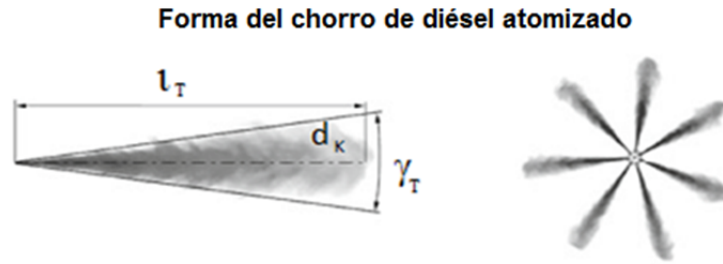


Fig. 6. Parámetros del chorro de combustible atomizado ( $l_T$  – profundidad de penetración del chorro,  $d_K$  – diámetro medio de las gotas en el chorro,  $\gamma_T$  – ángulo de apertura del chorro).

$\rho$  : relación entre las densidades de los fluidos. Se define por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\rho_a}{\rho_T} \quad (3)$$

siendo:

$\rho_a$  : densidad del aire ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )

$\rho_T$  : densidad del combustible ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )

En la ecuación (2) se utilizan además los siguientes números adimensionales:

$W_e$ : Número de Weber, caracteriza la relación de las fuerzas de tensión con las de inercia

$$W_e = \frac{U_0^2 * d_C * \rho_T}{\sigma_T} \quad (4)$$

M: criterio M, caracteriza la relación entre la tensión superficial y la viscosidad

$$M = \frac{\mu_T^2}{\rho_T * d_C * \sigma_T} \quad (5)$$

donde:

$\sigma_T$  : tensión superficial del combustible

Con el objetivo de mostrar en una expresión la relación que existe entre la  $\sigma_T$  y  $l_T$ , se consideran como constantes los parámetros ( $d_C, U_0, D_f, \tau_{iny}$ ) para un tipo específico de motor y se simultanean las ecuaciones (3)-(4)-(5) en la ecuación (2). Después de realizar estas correcciones se obtiene una expresión con la siguiente forma:

$$l_T = A * \frac{\rho_T^{1.025} * \mu_T^{0.32}}{\sigma_T^{0.185}} \quad (6)$$

donde:

A: es una constante que agrupa todas las variables que dependen del tipo de motor y del sistema de inyección-atomización específico.

Como indica la ecuación (6) existe una relación inversamente proporcional entre la tensión superficial del combustible y la profundidad del chorro dentro de la cámara de combustión. Por lo que podemos afirmar que el tratamiento magnético del diésel disminuye su tensión superficial y aumenta la profundidad del chorro de combustible dentro de la cámara de combustión.

En el caso del ángulo de apertura del chorro de combustible ( $\gamma_T$ ) y del diámetro medio de las gotas en el chorro ( $d_K$ ), las ecuaciones que los definen son las siguientes [15]:

$$\gamma_T = \arctan(F_s * W_e^{0.32} * M^{-0.07} * \rho^{0.5}) \quad (7)$$

$$d_K = E_K d_C * (\rho * W_e)^{-0.266} * M^{0.0733} \quad (8)$$

donde:

$E_K$ : coeficiente que depende de la construcción del inyector

$F_s = 0.009$  coeficiente constante.

A las ecuaciones (7) y (8) se les aplico el procedimiento realizado para obtener la ecuación (6) y las expresiones obtenidas se muestran a continuación:

$$\gamma_T = \arctan \left( A * \frac{1}{\sigma_T^{0,313} * \rho_T^{0,173} * \mu_T^{0,014}} \right) \quad (9)$$

$$d_K = A * \frac{\sigma_T^{0,1194} * \mu_T^{0,1466}}{\rho_T^{0,0733}} \quad (10)$$

Como revela la ecuación (9) existe una relación inversamente proporcional entre el ( $\gamma_T$ ) y la tensión superficial del combustible, lo que indica que el tratamiento magnético del diésel al disminuir su tensión superficial aumenta ángulo de apertura del chorro de combustible dentro de la cámara de combustión. Por otra parte la ecuación (10) muestra la existencia de una relación de proporcionalidad directa entre el ( $d_K$ ) y la tensión superficial de éste. Lo que significa que el tratamiento magnético del diésel al disminuir su tensión superficial provoca una disminución del diámetro medio de las gotas en el chorro de combustible dentro de la cámara de combustión.

Con el sistema de tratamiento propuesto, se declaran por primera vez las variables velocidad del fluido y tiempo de exposición al campo magnético del diésel tratado magnéticamente. Se realiza el TM del diésel fuera de las tuberías de combustible de los MCI, con una inducción magnética de 0,36 T, una velocidad del fluido de 2 m/s y un tiempo de exposición al campo magnético de 0,025 s. En estas condiciones, se logró disminuir la tensión superficial del diésel un 11%.

Estos resultados superan lo reportado por Faris y colaboradores [7] quienes lograron disminuciones de esta propiedad en la gasolina, en el rango de 2 – 3,5% utilizando imanes permanentes con inducciones de 0,2; 0,4; 0,6 y 0,9 T para el TM. Estos autores no reportan las velocidades del fluido ni el tiempo de exposición del combustible al campo magnético, esto permite asegurar que se emplearon sistemas con características hidrodinámicas diferentes. En ambas investigaciones se emplearon combustibles cuya composición química son fundamentalmente hidrocarburos, en el diésel están presentes compuestos más complejos estructuralmente. Estos compuestos debido a diversas fuerzas de atracción física, forman estructuras densamente empaquetadas que pueden organizarse en grupos o asociaciones conocidas como clústeres. El tratamiento magnético del combustible puede incidir en el debilitamiento de las interacciones entre las moléculas que forman estos clústeres, lo que daría como resultado una disminución de la tensión superficial.

Por lo tanto, se puede deducir que la fuerza de atracción molecular entre los hidrocarburos disminuye después de atravesar un campo magnético. Esta es la razón por la cual algunas propiedades de los hidrocarburos como la tensión superficial y la viscosidad (que están influenciadas por la fuerza de atracción molecular) disminuyen después de que los hidrocarburos fluyan a través del campo magnético [7].

El tratamiento magnético realizado en el experimento produce un alto grado de atomización en el diésel, lo que mejora el grado de mezclado del combustible con el aire (mayor homogeneidad de la mezcla), teniendo un efecto significativo sobre la eficiencia de la combustión y causando una disminución en las emisiones de gases contaminantes y un menor consumo de combustible. Los cambios obtenidos en esta propiedad del diésel después del TM permiten explicar a que se deben los resultados alcanzados por otros investigadores, específicamente la reducción de las emisiones de gases contaminantes y la disminución del consumo de combustible.

#### 4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que el tratamiento magnético del diésel disminuyó su tensión superficial aproximadamente en un 11%. Es por ello que al utilizar diésel tratado magnéticamente en los motores de combustión interna aumenta la profundidad del chorro de combustible y el ángulo de apertura del chorro de combustible y disminuye el diámetro medio de las gotas en el chorro de combustible; específicamente en el proceso de atomización. Lo anterior mejora el grado de mezclado del combustible con el aire (mayor homogeneidad de la mezcla), teniendo un efecto significativo sobre la eficiencia de la combustión y causando una disminución en las emisiones de gases contaminantes y un menor consumo de combustible.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Laboratorio Física de los Yacimientos del Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) y al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado por brindarnos sus laboratorios y equipos experimentales.

## REFERENCIAS

- [1] Gupta, R.B., Demirbas, A., *Gasoline, diesel, and ethanol biofuels from grasses and plants*, ed. C.U. Press. Cambridge University Press (2010)
- [2] Chen, C.-Y. *et al.*, "Impact of Magnetic Tube on Pollutant Emissions from the Diesel Engine", *Aerosol and Air Quality Research*, **17**(4), 1097-1104 (2017)
- [3] Fedorchak, V., Fedorchak, T., "Analysis and classification of physical and chemical methods of fuel activation", *Ovidius University Annals of Chemistry*, **26**(2), 67-73 (2015)
- [4] Cogollos, J.B. *et al.*, "Influencia del tratamiento magnetico en los parametros de salida del motor D-65", *Centro Azúcar*, **27**(1), 19-25 (2000)
- [5] Panchve, D.P., Bhargale, J.H., Palande, D.D., "Performance analysis of compression ignition engine by magnetic treatment on fuel", *International Engineering Research Journal*, **Special**(2), 5679-5683 (2015)
- [6] Yamin, J.A., "Performance comparison of a CI engine using diesel and biodiesel fuels and a magnetic fuel conditioner", *Biofuels*, 1-10 (2017)
- [7] Faris, A.S. *et al.*, "Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine", *Energy Procedia*, **18**, 327-338 (2012)
- [8] Ünalı, M., Kahraman, A., Taşyürek, M., "Effects of Gasoline Exposed to Magnetic Field to the Exhaust Emissions", *International Journal of Electrical Energy*, **3**(4), 239-242 (2015)
- [9] Chavan, M.S., Jhavar, M.P., "Effect of Application of Magnetic Field on Emission of Petrol Engine", *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, **2**(10) (2016)
- [10] Aktar, A.R. *et al.*, "Effect of magnetic field strength on hydrocarbon fuel viscosity and engine performance. *IJMCA*, **1**(7), 94-98 (2013)
- [11] Campo-Sofia, M. *et al.*, "Tratamiento magnético sobre parámetros físico-químicos de muestras de petróleo", *Tecnología Química*, **35**(3), 289-301 (2015)
- [12] Arias Gilart, R. *et al.*, "Disminución de las emisiones de monóxido de carbono con el tratamiento magnético del combustible", *Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo*, 2016(30), 1-7 (2016)
- [13] López Lázaro, J.d.l.S., Modelo para correlacionar la tensión superficial de mezclas líquidas binarias no electrolíticas in *Departamento de Ingeniería Química*, Instituto Tecnológico de Celaya. México (2012)
- [14] Du Noüy, P.L., "A new apparatus for measuring surface tension", *The Journal of general physiology*, **1**(5), 521 (1919)
- [15] Gusakov, S. *et al.*, "Características del chorro de combustible cuando al motor diésel se lo adapta para que trabaje con aceite de colza", *Revista Tecnológica-ESPOL*, **22**(2) (2009)

## EFFECT OF A STATIC MAGNETIC FIELD ON THE SURFACE TENSION OF DIESEL AND ITS ATOMIZATION

**Abstract** – Current studies suggest that magnetic treatment has a positive effect on the behavior of combustion processes and causes changes in the physicochemical properties of the fuel. In the present work the effect of the magnetic treatment in the surface tension of the diesel was evaluated. For the magnetic treatment, a magnetic conditioner with 0,36 T of magnetic induction and a time of exposure of the diesel to the magnetic field of 0,025 s was used. This treatment reduced the surface tension of the diesel by approximately 11%. With the reduction of this property an increase in the depth and the opening angle of the fuel jet is achieved and the average diameter of the dispersed droplets in the atomization process is reduced, all of which conditions a significant effect on the efficiency of the combustion.

**Keywords** – Surface tension, Magnetic treatment, Diesel, Atomization.