

## REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS DE UN GRUPO ELECTRÓGENO CON TRATAMIENTO MAGNÉTICO AL COMBUSTIBLE

### REDUCING GASEOUS EMISSIONS OF A GENERATOR WITH MAGNETIC TREATMENT OF FUEL

Ramón Arias Gilart<sup>1</sup>, Mónica Berenguer Ungaro<sup>1</sup>, José A. Vázquez Nigorenk<sup>2</sup>, Yadira Silveira Font<sup>1</sup> y Carlos E. Alfaro Rodríguez<sup>2</sup> Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Universidad de Oriente .Cuba<sup>1</sup>. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Universidad de Oriente .Cuba<sup>2</sup>. [rag@uo.edu.cu](mailto:rag@uo.edu.cu)

#### Resumen

El presente estudio evalúa el comportamiento de las emisiones de gases productos de la combustión, producidas por el grupo electrógeno de prueba Lister Petter LPWS2 utilizando como combustible el diesel tratado magnéticamente. Para estimular el combustible se utilizaron dispositivos magnéticos a base de imanes permanentes de neodimio-hierro-boro, con una inducción magnética promedio de 3662 Gauss, usando una configuración dipolar y una tubería diamagnética. Se realizó el tratamiento magnético al combustible antes de introducirlo en los depósitos del motor del grupo electrógeno. La evaluación se realizó para diferentes por cientos de carga del generador. Se utilizó un Analizador de Gases Testo 350 para medir las emisiones de gases productos de la combustión como el CO, CO<sub>2</sub> y NOx. Con el propósito de comparar los resultados se hicieron varios experimentos utilizando como combustible el diesel sin tratamiento magnético. Con la aplicación de tratamiento magnético al combustible se lograron reducir las emisiones de gases CO, CO<sub>2</sub> y NOx en alrededor de un 15%, 5% y 8% respectivamente; todo esto al 96 % de carga. Esta propuesta garantiza la generación de energía eléctrica de una forma eficiente y respetuosa hacia el Medio Ambiente, con la disminución de las emisiones de varios de los gases que provocan el perjudicial efecto invernadero.

**Palabras clave:** emisiones de gases de escape, tratamiento magnético de combustibles, motor de combustión interna, diesel tratado magnéticamente, medio ambiente

#### Abstract

This study evaluates the behavior of gas emissions combustion products produced by the generator Lister Petter LPWS2 test using diesel magnetically treated as fuel. To stimulate fuel magnetic devices based permanent magnets neodymium-iron-boron were used, with an average of 3662 Gauss magnetic induction, using a dipole configuration and a diamagnetic pipe. The treatment of fuel was performed before being fed into the engine deposits. The evaluation was performed for hundreds of different generator loads. Gas Analyzer Testo 350 was used to measure emissions of products of combustion gases such as CO, CO<sub>2</sub> and NOx. In order to compare, they were made several experiments using diesel fuel without magnetic treatment. By applying fuel magnetic treatment was able to reduce several greenhouse gases as CO, CO<sub>2</sub> and NOx emissions by about 15%, 5% and 8% respectively; all this at 96% load. This proposal ensures the generation of electrical energy in an efficient and respectful towards the environment, with reduced emissions of several gases that cause the greenhouse effect harmful.

**Key words:** *exhaust emissions, magnetic fuel treatment, internal combustion engine, diesel magnetically treated, environment.*

## 1. Introducción

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna, a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo. (Faris et al., 2012)

La mayoría de los combustibles utilizados en los motores de combustión interna son líquidos y no provocan la combustión hasta que se vaporizan y se mezclan con el aire. 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 (NOx). Estos gases reaccionan en la atmósfera y producen el smog, además son responsables del perjudicial efecto invernadero. Por todas estas razones se desea lograr la reducción de los gases de escape y sus emisiones contaminantes. (Durbin et al., 2007)

Una de las vías exploradas es la aplicación de tratamiento magnético a los combustibles. El tratamiento magnético del combustible rompe los enlaces entre cadenas de hidrocarburos que se traduce en una disminución de densidad, tensión superficial y por lo tanto, se producen gotas más pequeñas durante la atomización o inyección dentro de los motores de combustión interna. Pequeñas partículas y gotas causan aumento de las tasas de evaporación, mejoran la mezcla de combustible y oxígeno por lo que se promueve la oxidación. El aumento de la oxidación del combustible causa efectos como una combustión más rápida y completa. La combustión más rápida y más eficiente crea una fuerza motriz concentrada y más contundente en los pistones del motor de combustión interna, aunque por una duración más corta. El efecto neto es un aumento en la velocidad de combustión, un incremento de potencia y la reducción de los contaminantes generados. (Patel et al., 2014)

En este trabajo se persigue evaluar el efecto del tratamiento magnético del combustible diesel en las emisiones de gases de escape, en el grupo electrógeno de prueba Lister Petter LPWS2.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Grupo electrógeno

Se utilizó un grupo electrógeno de prueba Lister Petter LPWS2 (Figura 1) de un rango de potencia de 7.4 - 14.7 kW cuyo motor es de cuatro tiempos y de fabricación alemana, los datos de este se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos técnicos del motor

Datos técnicos del motor	LPWS 2
Número de cilindros	2
Tipo de Inyección de combustible	Directa
Combustible	Diesel
Aspiración	Natural
Diámetro nominal del orificio del cilindro (mm)	86
Capacidad total del cilindro (litros)	0,930
Índice de compresión	23.5:1
Velocidad mínimo a plena carga (r/min)	1500

El motor tiene acoplado mediante una conexión rígida un generador. Conectado a este, se encuentran una serie de resistencias que al ser conectadas consumen energía, frenado así el motor, con estas se variaran las cargas del motor desde 0 hasta 96 % en un rango de 16% de carga. Para ello las resistencias eléctricas se conectaron en paralelo en 6 pares, conectando cada par en serie logrando 220 V ya que las resistencias eran 110 V. Se logró un consumo aproximado por resistencia de (3.5 - 4 A) y un consumo total de 18 A con 220 V. (Figura 1)



**Figura 1.** Foto del grupo electrógeno de prueba Lister Petter LPWS2 utilizado.

### **2.2 Equipos de medición**

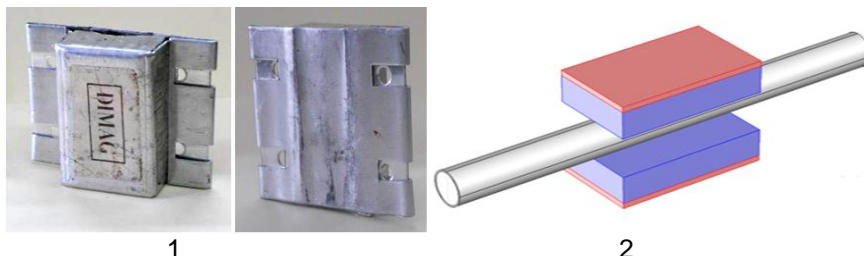
Para las emisiones de gases se utilizó un Analizador de Gases Testo 350 (Figura 2) de última generación, este equipo es capaz de medir en tiempo real las emisiones de gases de CO<sub>2</sub>, CO y NOx.



**Figura 2.** Analizador de Gases Testo 350

### **2.3 Dispositivos magnéticos utilizados**

Los dispositivos magnéticos usados (Figura 3) están compuestos por imanes permanentes de neodimio-hierro-boro que se recubren con níquel para protegerlos de la oxidación, con una inducción magnética promedio de 3662 Gauss y una dispersión del 10 %. 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.



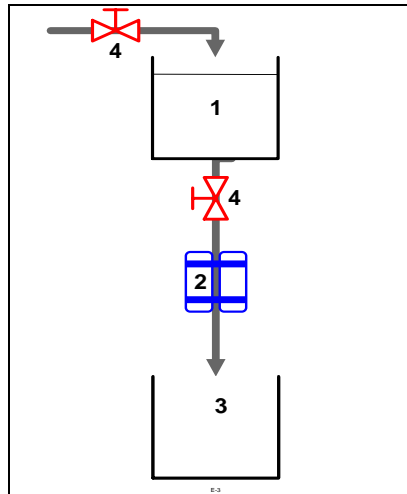
**Figura 3.** Imágenes de los dispositivos magnéticos utilizados (1- Dispositivos magnéticos, 2- Forma de colocarlos en la tubería diamagnética)

### **2.4 Metodología para el tratamiento magnético**

Para la aplicación del tratamiento magnético se empleó una instalación experimental como se muestra en la Figura 4, compuesta por un acondicionador magnético a imanes permanentes,

por una tubería diamagnética, por dos recipientes y por dos válvulas. La velocidad constante del fluido se garantizó manteniendo el recipiente principal con un volumen de muestra constante.

Se colocó una tubería diamagnética (manguera) de 0,008 m de diámetro entre los dos pares de caras polares del imán y se realizaron mediciones para obtener un tiempo de exposición de las muestras al campo magnético.



**Figura 4.** Metodología para el tratamiento magnético del combustible. (1- Recipiente con diesel (nivel del líquido constante), 2- Acondicionadores magnéticos, 3- Vaso de precipitado, 4- Válvulas que garantizan el nivel del líquido constante)

Para definir el tiempo de exposición al campo magnético se realizaron las siguientes pruebas:

1. Con la tubería diamagnética entre las dos caras polares del imán se extrae un vaso de precipitado de 5 L de diesel.
2. Se mide el tiempo de extracción con el cronómetro.
3. Se realiza esta operación 10 veces para obtener un valor promedio.
4. Se calcula el flujo de diesel:

$$Q = V/t \dots \dots \dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

- Q: flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/s).
- V: volumen del diesel extraído (m<sup>3</sup>).
- t: tiempo en que demora el líquido en ocupar 5 L (s).

5. Cálculo de la velocidad del fluido:

$$v = Q/A \dots \dots \dots \text{Ecuación (2)}$$

$$A = \pi \cdot d^2/4 \dots \dots \dots \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

- v: velocidad del fluido (m/s).
- A: área de exposición (m<sup>2</sup>)
- d: diámetro de la tubería diamagnética (m).

6. Cálculo del tiempo de exposición al campo magnético:

$$TE = X/v \dots \dots \dots \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

- TE: tiempo de exposición al campo magnético (s)
- X: longitud del imán e igual a 0,05 m.

En este caso se trabajó con un volumen de diesel de 5 L, el tiempo promedio (medido con cronómetro) en el que los 5 L de la muestra llenaron el recipiente fue de 49 s, luego mediante la ecuación (1) se tiene que  $Q = 1.847 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s, combinando las ecuaciones (2) y (3), se obtiene que la velocidad con la que el diesel pasa por el sistema es de 2.941 m/s. Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación (4), se obtiene que el tiempo de exposición del diesel al campo magnético es de  $1.7 \times 10^{-2}$  s.

Este tiempo de exposición es sumamente bajo debido a la gran velocidad con la que el diesel atraviesa el sistema, la cual debe ser elevada porque en los motores de combustión interna en los que se utiliza el diesel como combustible, este desarrolla velocidades incluso mayores cuando es bombeado a los inyectores.

## 2.5 Procedimiento

Se realizaron cinco corridas experimentales con diesel tratado magnéticamente y cinco con diesel sin tratar aleatoriamente, en las que se recogieron 10 valores de concentraciones de gases por cada carga (6).

La metodología utilizada para realizar los experimentos y los análisis de gases se describe a continuación.

1. Se realizó el tratamiento magnético al combustible antes de introducirlo en los depósitos del motor del grupo electrógeno.
2. Se limpian los depósitos del motor y se endulzan y se llenan con el combustible a utilizar en cada corrida sea diesel tratado o sin tratar magnéticamente.
3. Se arranca el motor y se esperan varios minutos hasta que los principales parámetros del motor se estabilicen.
4. Se procede a subir la carga conectando dos resistencias del banco de cargas al sistema y se esperan varios minutos que el motor se estabilice.
5. Se realizan los análisis de gases con el Testo 350.
6. Se realiza el mismo procedimiento indicado en los pasos 4 y 5 para todas las cargas.

## 3. Resultados y discusión

Los resultados experimentales muestran que existen variaciones en las emisiones de los gases de escape al utilizar como combustible diesel tratado magnéticamente.

### 3.1. Comparación entre las emisiones de CO provocadas con diesel tratado magnéticamente y con diesel sin tratar.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de las emisiones de monóxido de carbono en ppm respecto a las cargas.

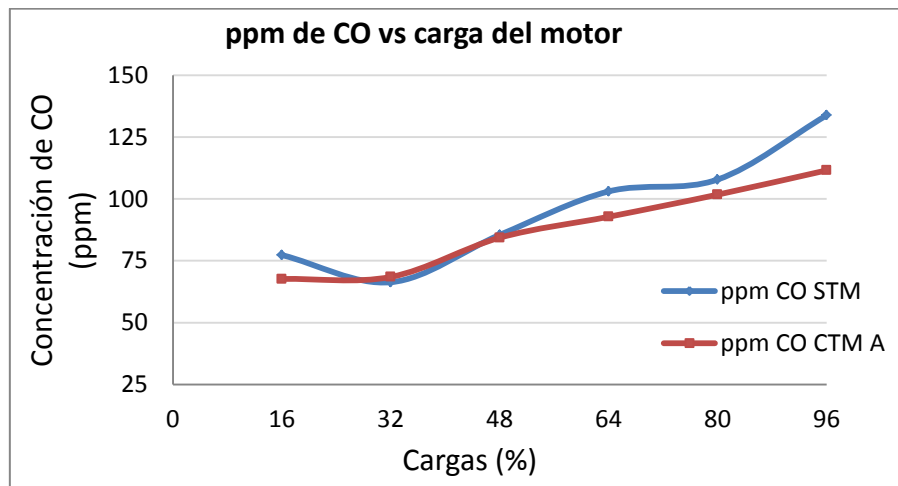


Figura 5. Comportamiento de las emisiones de CO vs Cargas del motor

En la Figura 5 se observa que a bajas cargas las emisiones de CO siguen prácticamente el mismo comportamiento al utilizar diesel tratado magnéticamente y diesel sin tratar, pero a partir del 48%, los valores de las emisiones generadas con combustible tratado magnéticamente permanecen por debajo de las generadas por el diesel no tratado y además estos valores tienden a asumir el comportamiento de una línea recta; la disminución de las emisiones de CO al 96% de carga fue de un 15% con respecto al control (emisiones provocadas con el combustible sin tratar). Se puede afirmar que se alcanzaron los mayores niveles de reducción en las mayores cargas del motor lo que coincide con lo planteado por (Patel et al., 2014),

quienes obtuvieron un comportamiento irregular en las emisiones de este gas al colocar los dispositivos magnéticos directamente en las tuberías del motor.

Este resultado tiene gran importancia ya que la mayoría de los motores de combustión interna y principalmente los de los grupos electrógenos trabajan a altas cargas ya que esto garantiza mayores valores de eficiencia, por lo que esto significa una reducción considerable de emisiones al ambiente de este peligroso gas.

### 3.2. Comparación entre las emisiones de NOx provocadas con diesel tratado magnéticamente y con diesel sin tratar

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de las emisiones de óxido de nitrógeno en ppm respecto a las cargas.

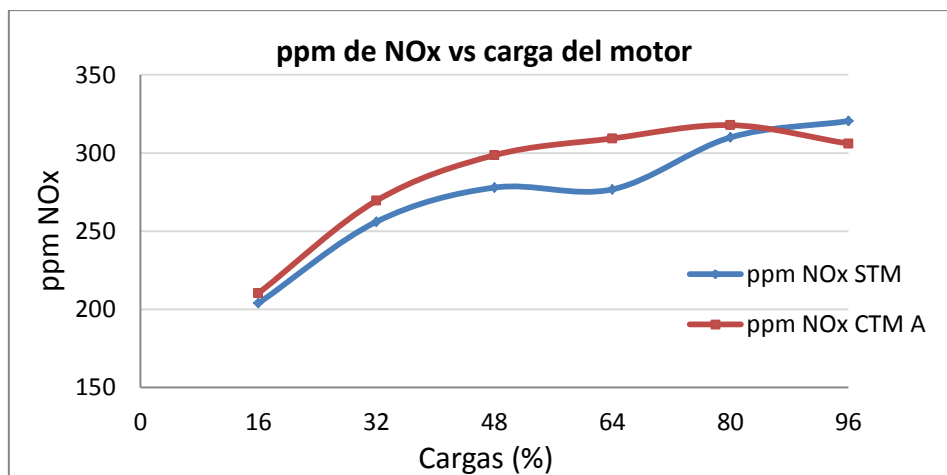


Figura 6. Comportamiento de las emisiones de NOx vs Cargas del motor

En la Figura 6 se observa que a bajas cargas las emisiones de NOx siguen el mismo comportamiento aunque con valores superiores para las emisiones generadas con tratamiento magnético, excepto en la última carga donde disminuye un 5% respecto a las producidas con el diesel no tratado. Lo anterior difiere de lo obtenido por (Patel et al., 2014) en sus experimentos, quienes plantean que las emisiones de este gas disminuyen en todas las cargas utilizando para ello un tratamiento magnético diferente al utilizado en esta investigación.

### 3.3. Comparación entre las emisiones de CO2 provocadas con diesel tratado magnéticamente y con diesel sin tratar

En la Figura 7 se muestra el comportamiento del dióxido de carbono en por ciento respecto a las cargas.

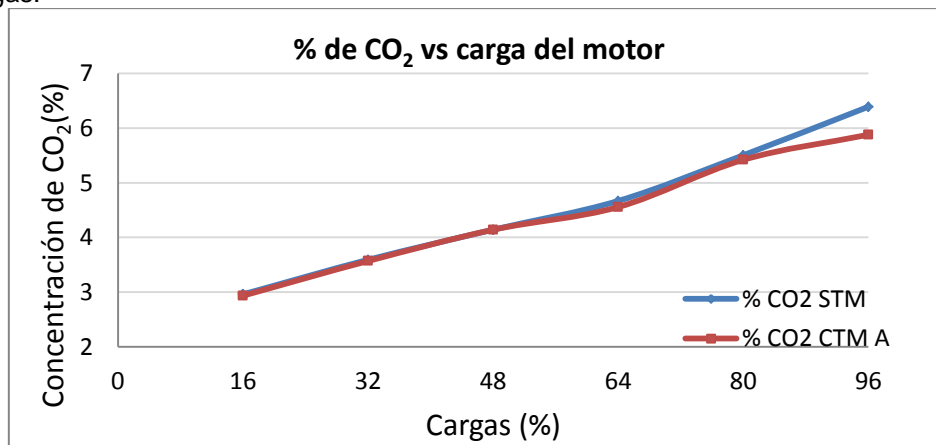


Figura 7. Comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> vs Cargas del motor



En la Figura 7 se observa que el por ciento de CO<sub>2</sub> aumenta a medida que se aumentan las cargas independientemente de si el combustible fue tratado o no, notándose una ligera disminución de un 8% en las emisiones de este generadas con el diesel tratado magnéticamente al 96 % de carga, esto difiere con lo reportado por (Faris et al., 2012) quienes plantean que con el tratamiento magnético al combustible se incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 10 % al utilizar dispositivos magnéticos de inducciones de 2000 a 9000 Gauss, colocados en el exterior de las tuberías de combustible , justo antes de los inyectores.

Este resultado significa menos cantidad de contaminantes vertidos al medio ambiente cuando el grupo electrógeno trabaja a esta carga. Este gas es el principal responsable del perjudicial efecto invernadero por lo que cualquier cambio en la tecnología y/o en la ciencia que contribuya a disminuir sus emisiones al ambiente es un aporte considerable a una producción más limpia.

#### 4. Conclusiones

Con la aplicación de un tratamiento magnético utilizando una instalación experimental compuesta por un acondicionador magnético de una inducción promedio de 3662 Gauss y con un tiempo de exposición del combustible al tratamiento magnético de  $1.7 \times 10^{-2}$  s se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se lograron reducir las emisiones de los gases CO y CO<sub>2</sub>, llegándose a obtener disminuciones de alrededor de un 15% y un 5% respectivamente al 96 % de carga.
2. Con la aplicación de tratamiento magnético al combustible las emisiones de NOx fueron superiores que las provocadas con el control, con excepción de la mayor carga en la que disminuyen hasta un 8%.

#### Referencias

Durbin, T., Miller J., Younglove T., Huai T., Cocker K., Effects of fuel ethanol content and volatility on regulated and unregulated exhaust emissions for the latest technology gasoline vehicles., *Environmental science & technology*, Vol 41, No.11, 2007, pp. 4059-4064.

Faris A., Al-Naseri S., Jamal N., Isse R., Abed M., Fouad Z., et al., Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine., *Energy Procedia*, Vol 18, 2012, pp. 327-38.

Patel P., Rathod G., Patel T., Performance and Emission Analysis of Single Cylinder Diesel Engine under the influence of Magnetic Fuel Energizer., *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Vol 2, 2014, pp. 34-39.