

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Artículo Investigación para la Obtención del Título de Ingeniería en Mecánica
Automotriz**

**Estudio de las Emisiones de un Motor Diésel en Relación a la Variación de la
Temperatura de su Combustible (Diésel)**

Greta Fernanda Cueva Jiménez

Director: Mgs. Juan Carlos Rubio

Quito, 06 marzo del 2019

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cueva Jiménez Greta Fernanda, declaro que soy autor exclusivo de la presente investigación y que esta es auténtica, original e inédita. Todos los efectos académicos y legales que se deprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Firma del Graduado
Greta Fernanda Cueva Jiménez
C.I. 1104964430

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Yo Juan Carlos Rubio, Docente de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, declaro que la alumna Greta Fernanda Cueva Jiménez, es el autor de la presente investigación original, auténtica y personal.


Juan Carlos Rubio
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

“Dedico este proyecto de investigación con gratitud y cariño a Dios quien me ha concedido el don de la perseverancia para alcanzar esta meta, a mis padres y abuelita Isabel (+) por ser mi fuente de inspiración y motivación para no decaer en los momentos más difíciles de esta carrera universitaria, a mi familia en general por sus palabras de aliento y su compañía en el transcurso de mi vida universitaria.”

Greta Fernanda

AGRADECIMIENTO

“Agradezco en primer lugar a Dios por bendecirme durante todos estos años de formación académica y darme la voluntad para poder cumplir uno de mis anhelos deseados. A mis padres por su apoyo que me han brindado ya que sin ellos no hubiese logrado cumplir las metas cumplidas”.

Greta Fernanda

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	2
2.1 Diésel	2
2.2 Combustión.....	3
2.3 Relación de compresión del motor Diésel	3
2.4 Emisiones.....	3
2.5 Rendimiento.....	3
2.6 Principios termodinámicos	3
2.6.1 Primer principio.....	4
2.6.2 Segundo principio.....	6
2.7 Analizador de gases de escape.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1 Vehículo.....	6
3.2 Equipo.....	7
3.3 Protocolo de pruebas.....	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8

5.	CONCLUSIONES.....	9
6.	BIBLIOGRAFIA	10
7.	ANEXOS.....	12

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Formas de Transmisión de Calor.....	5
Tabla 2.	Especificaciones Técnicas del Vehículo.....	7
Tabla 3.	Especificaciones Técnicas del Opacímetro	7
Tabla 4.	Datos de Pruebas	8
Tabla 5.	Pruebas de Opacidad	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de un Motor Diésel	3
Figura 2. Proceso de la Combustión.....	4
Figura 3. Grafico del Proceso P-V	4
Figura 4. Primer principio de la termodinámica.....	4
Figura 5. Pared adiabática	5
Figura 6. Pared diatérmica.....	5
Figura 7. Analizador de gases	7
Figura 8. Pruebas de opacidad.....	8
Figura 9. Comparativa de valor medio	9

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Estudio de la Utilizacion de Motores de dos Tiempos en Plantas de Potencia	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2 Termodinámica	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3 Reglamento Técnico Centroamericano	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4 Norma Técnica Ecuatoriana 2349.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5 Norma Técnica Ecuatoriana 2207.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 6 Norma Técnica Ecuatoriana 1489.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 7 Norma Técnica Ecuatoriana 2202.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 8 CO2 emissions from fuel combustion Overview	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 9 Termodinámica: Una guía de clase.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 10 Motores de automovil.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 11 Analizador de gases.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 12 Termodinámica	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 13 Efecto de la Relación de Compresión en el Rendimiento de Motores de Combustión Interna a diferentes Altitudes. ...	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 14 Fundamentos de la termodinámica técnica	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 15 Termodinámica Básica.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 16 Inyección electrónica en motores diésel	¡Error! Marcador no definido.

ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE UN MOTOR DIÉSEL EN RELACIÓN A LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DE SU COMBUSTIBLE¹

¹Greta Fernanda Cueva Jiménez estudiante egresado de la facultad de Ingeniería Mecánica
Automotriz UIDE, Quito – Ecuador
Email: gennyjb@hotmail.com

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo es realizar un estudio de las emisiones producidas por un motor diésel, al utilizar el combustible a diferentes temperaturas. Para lo cual se desarrolló la fundamentación teórica tomada de diversas fuentes como libros, guías, páginas web, entre otros; los que facilitaron sustentar la investigación. En el estudio de la opacidad proveniente del motor a diésel se seleccionó el vehículo Mitsubishi Canter, utilizado en la parte práctica, para la medición un analizador de gases de escape de motores diésel MDO2, luego se colocó la sonda en el tubo de escape del vehículo, realizando pruebas a diferentes temperaturas del combustible. En el que los resultados obtenidos de la medición de gases de motor a diésel a distintas temperaturas, se registró variabilidad de la opacidad. En este proyecto se aplicó la parte teórica y de investigación, con lo cual nos llevara a demostrar la eficiencia y eficacia del combustible en el vehículo de prueba y como se mejora estos parámetros con resultados analíticos y sintéticos.

Palabras clave: combustión, motor diésel, opacidad, temperatura.

ABSTRACT

The purpose of this work is to carry out a study of the emissions produced by a diesel engine, when using the fuel at different temperatures. For which the theoretical foundation was developed, taken from diverse sources such as books, guides, web pages, among others; those who facilitated the research. In the study of the opacity coming from the diesel engine, the Mitsubishi Canter vehicle, used in the practical part, was selected for the measurement of an exhaust gas analyzer of diesel engines MDO2, and then the probe was placed in the vehicle exhaust pipe, testing at different fuel temperatures. In which the results obtained from the measurement of diesel engine gases at different temperatures, opacity variability was recorded. In this project the theoretical and research part was applied, which will lead us to demonstrate the efficiency and effectiveness of the fuel in the test vehicle and how these parameters are improved with analytical and synthetic results.

Keywords: combustion, diesel engine, opacity, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

El diésel es un combustible es muy utilizado en motores de automóviles, autobuses, camiones, y maquinaria. Lo cual en esta investigación se obtendrá datos del comportamiento del combustible con variaciones de temperatura y con esto demostrar si con los datos obtenidos se puede ayudar a reducir la contaminación del medio ambiente, considerado los puntos de equilibrio en su viscosidad, ya que sus variaciones están controladas por volumen o por tiempo de la válvula solenoide.

Por consiguiente, según la norma INEN 1489, el diésel a 40 °C, contiene una viscosidad de 2 – 5 mm²/seg, agua y sedimento de 0,05%, y nivel de azufre con 0,05% (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012, pág. 2). Partiremos de este estudio para realizar las diferentes pruebas con datos analíticos y pruebas de ensayo para comparar en los resultados finales con datos cuantitativos.

Según un estudio realizado por International Energy Agency en el año 2016, la concentración promedio de Dióxido de Carbono (CO₂) fue de 403 partes por millón (ppm), con un incremento del 40%, se registro un aumento de los niveles de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); ocasionando impactos al medio ambiente y afectando a la salud del ser humano (International Energy Agency, 2017, pág. 9). Señalaremos que este estudio lo realizaron a una altitud de 1000 metros sobre nivel del mar (msnm) y existe otro tipo de parámetros, ya que las pruebas de este artículo se las realizaron a 2850 msnm y demostraremos nuevos datos de

contaminación a esta altitud, ya que no hay estudios suficientes para estos lugares habitables.

Conociendo que la energía térmica de un motor de combustión interna es necesario para realizar el trabajo mecánico, se obtiene las reacciones químicas, entre el combustible introducido al cilindro y partículas de oxígeno, puesto que, el motor diésel de un automóvil trabaja en una amplia zona de variación del régimen de velocidad (Jóvaj, 1982, págs. 21-22). Esta energía es fundamental para generar los diferentes datos de eficiencia térmica y cómo se comporta en la combustión, a las pruebas realizadas a 2850 msnm con la variación de temperatura del combustible.

Se estima que no existe ninguna alteración en las pérdidas de potencia mecánicas conforme cambia la altitud, tras un ensayo en distintos motores diesel (Millares, Giménez, García, & Domenech, 2015, pág. 64), con esta referencia se podrá utilizar la densidad para evaluar la variación del torque y potencia para pruebas del vehículo seleccionado o cualquier motor diesel.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Previo a la descripción de los principios, se presenta ciertas definiciones relacionadas con la termodinámica.

2.1 Diésel

El Diésel está compuesto por un 75% de hidrocarburos saturados (parafinas) y un 25% de hidrocarburos aromáticos (naftalenos y alcalobencenos). La fórmula química general es C₁₂H₂₆, además de pequeñas cantidades de otros

hidrocarburos, cuyas formulas son $C_{10}H_{22}$ a $C_{15}H_{32}$ (Dídac Forner, 2015)

El diésel es un hidrocarburo líquido, aplicado en motores de combustión interna a presión constante. Este combustible se obtiene del petróleo y su rango de destilación varía entre 80 y 400°C (Consejo de Energías Renovables de Guatemala, 2007, pág. 3).

2.2 Combustión

La combustión es un proceso físico-químico, está definido por las velocidades de las reacciones químicas, transferencia de calor y masa. La combustión se manifiesta en la fase gaseosa; para que las reacciones de oxidación puedan desarrollarse a velocidades elevadas, el combustible líquido deberá convertirse en vapor y mezclarse con el aire (Jóvaj, 1982, pág. 119).

2.3 Relación de compresión del motor Diésel

La compresión puede ser aumentada arbitrariamente puesto que el aire es incombustible. Sin embargo, es suficiente una relación de compresión de 15:1 - 20:1 para alcanzar una presión final de 30 bares lo que provoca un aumento en la temperatura de 500 °C a 600 °C. (Alvarez Ramirez & Elizalde Sanchez, 2007, pág. 9)

2.4 Emisiones

Es la descarga al aire de una o más sustancias, en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente de un sistema de escape de una fuente móvil. (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2002, pág. 2)

Según la Norma INEN 2207, en el Ecuador los límites máximos permitidos en opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel para automóviles modelos del año 2000 en adelante es del 50% y modelos del año 1999 y anteriores es del 60%. (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2002, pág. 5)

2.5 Rendimiento

El motor diésel puede convertir una gran parte de calor en trabajo. El consumo medio de combustible es aproximadamente de 270 g/kWh, en muchos motores el consumo mínimo es de 240 g/kW (Alvarez Ramirez & Elizalde Sanchez, 2007, pág. 10)

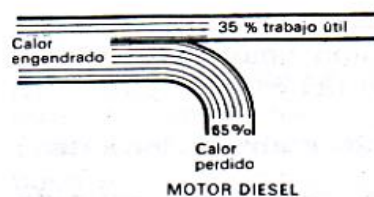


Figura 1. Rendimiento de un Motor Diésel

Fuente: (Alvarez Ramirez & Elizalde Sanchez, 2007, pág. 10)

2.6 Principios termodinámicos

En los motores diésel al inicio del ciclo, el fluido operante es solo aire; a este se le inyecta el combustible a la mitad del ciclo. En las últimas transformaciones, al final del ciclo, el fluido operante es una mezcla de gases que son el producto que realizará la combustión (Parera, 1996, pág. 5).

Siguiendo el siguiente ciclo:

- 0-1 Admisión de aire isobárico.
- 1-2 Compresión adiabática reversible.

2-3 Combustión progresiva a presión constante suministro de calor.

3-4 Escape o salida de los gases quemados durante la combustión.

Como se muestra en la figura 1.

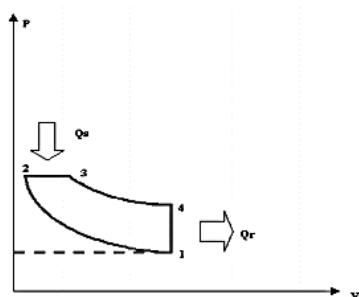


Figura 2. Proceso de la Combustión

Fuente: (Alvarez Ramirez & Elizalde Sanchez, 2007, pág. 15)

Tenemos los diferentes cálculos de cada proceso de la figura 2, las cuales mostramos a continuación, al conocer el proceso de combustión en la figura 1.

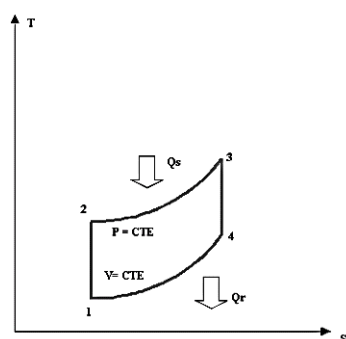


Figura 3. Grafico del Proceso P-V

Fuente: (Alvarez Ramirez & Elizalde Sanchez, 2007, pág. 15)

Calor suministrado

$$Q_c = mC_p(T_3 - T_2)$$

Calor rechazado

$$Q_f = mC_v(T_4 - T_1)$$

Podemos utilizar la fórmula de la segunda ley de la termodinámica que es:

Trabajo (W)

$$W = Q_c - Q_f$$

Eficiencia térmica o Rendimiento (e):

$$e = \frac{W}{Q_c}$$

Tomamos como referencia estas fórmula, puesto que en esta investigación se procura conocer que sucede con las emisiones utilizando el combustible a diferentes temperaturas.

2.6.1 Primer principio

Descripción del primer principio.

Como lo indica Jiménez y Lemus (2001), “el primer principio de la termodinámica se presenta cuando se proporciona una cantidad de calor (Q) al sistema, la cual se convierte en variación de la energía interna ΔU , incluyendo el trabajo W” (pág.36).

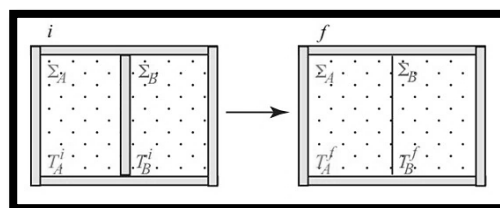


Figura 4. Primer principio de la termodinámica

Fuente: (Medina & Ovejero, 2010, pág. 18)

Generalmente, el primer principio termodinámico considera el concepto de energía interna, conservación de la energía, calor, trabajo adiabático, capacidad calórica, entre otros.

Calor.

El calor representa una fuerza propulsora, variando la presión a través de la vía mecánica, este proceso se llama transferencia energética, que va desde el sistema al elemento externo (Müller, 2002, pág. 124).

Jiménez y Lemus (2001, pág. 3), mencionan que “la termodinámica es la ciencia de la energía, en la que analiza los sistemas físicos, y describe matemáticamente los hechos observables a nivel macroscópico”, entre las manifestaciones se encuentra el calor y la capacidad para convertirse en trabajo.

Conociendo que se puede transferir el calor de un fluido dentro de un sistema, se tendrá ventajas de ductilidad y viscosidad para que el combustible sea más volátil.

A decir de Jiménez y Lemus (2001, pág. 33), en la transferencia de calor, el sistema se divide en las siguientes paredes:

- **Paredes adiabáticas:** son aislantes del calor, que evitan la transferencia de la energía térmica.

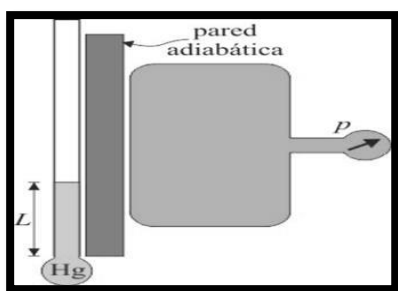


Figura 5. Pared adiabática

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2018)

- **Paredes diatérmicas:** son transmisores de temperaturas.

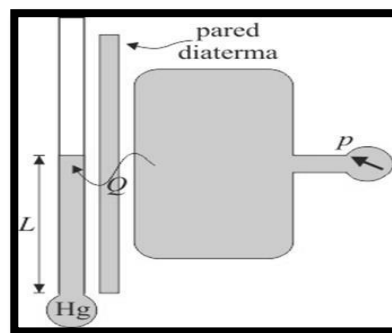


Figura 6. Pared diatérmica

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2018)

En este sentido, la transmisión de calor se presenta de las siguientes formas:

Tabla 1. Formas de Transmisión de Calor

Formas	Transferencia
Conducción	A través de dos elementos uno con temperatura alta y la otra baja. Aplica Ley de Fourier.
Convección	A través del transporte de materia.
Radiación	Inexistencia de contacto. Aplica Ley de Stefan-Boltzmann

Fuente: (Jiménez & Lemus, 2001, pág. 35)

Trabajo adiabático.

El trabajo adiabático representa la capacidad del sistema en la que se pierde calor, partiendo de un punto inicial (i) al punto final (f) (Jiménez & Lemus, 2001, pág. 36).

En este sentido, el trabajo adiabático depende de diversos factores como el tamaño, cantidad de moles entre otros (Medina & Ovejero, 2010, pág. 17).

Energía interna.

La energía interna (U), se deriva de la cinética de los átomos, por lo que la variación de la energía se obtiene de la adición del calor dado y el trabajo realizado (Jiménez & Lemus, 2001, pág. 36), es decir que, las diferentes formas de energía que actúa dentro de un sistema como las vibraciones o una energía de rotación o traslación, influyen en el cambio de temperatura, ya que el sistema está a diferentes tipos de trabajo.

Capacidad calórica.

La capacidad calórica se refiere al calor recibido por el sistema y la variabilidad de la temperatura. Esto es directamente proporcional a la energía interna ya mencionada.

2.6.2 Segundo principio

Descripción del segundo principio.

Este principio se basa en el proceso de transformación del calor en trabajo, centrado en el funcionamiento de la máquina termodinámica (Moran & Shapiro, 2004, pág. 204). Con este principio entenderemos como se genera y aprovecha todo el trabajo y eficiencia que se quiere llegar, al momento de utilizar el combustible a diferentes temperaturas que será parte de esta investigación.

Máquinas térmicas

La máquina térmica facilita la conversión de la energía térmica en otros tipos de energía, ya que, esta recibe calor de una fuente a temperatura alta convirtiendo gran parte de calor en trabajo y rechazando el calor de desecho hacia un sumidero de

calor de baja temperatura (Cengel & Boles, 2012, pág. 282)

Después de entender varios principios de la termodinámica, podremos demostrar en el área automotriz de cómo funciona o como podremos mejorar una buena combustión acercándonos a lo que nos dice la teoría.

2.7 Analizador de gases de escape

Es un elemento que ayuda a la medición del nivel de compuestos químicos presentes en la masa del producto, generados del escape del motor de combustión interna (Motor Giga, 2010).

Este instrumento se utiliza para analizar los gases de escape de la combustión de hidrocarburos, en la que se identifica CO_2 , H_2O , O_2 , y N . En el caso de motores de diésel es necesario aplicar el analizador de gases de escape, puesto que no solo se controla la opacidad (Motor Giga, 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se lo realizó en la ciudad de Quito, que está localizada en la provincia de Pichincha a una altura de 2850 msnm, con una temperatura promedio de 19°C , para estudiar las emisiones de un motor diésel en relación a la variación de la temperatura de su combustible, se utilizó diversos elementos.

3.1 Vehículo

Para el análisis de las emisiones de un motor diésel en relación a la variación de la temperatura de su combustible, se utilizó un vehículo con motor de combustión interna a diésel.

Tabla 2. Especificaciones Técnicas del Vehículo

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO	
Cilindrada en centímetros cúbicos (cc)	3908 cc
Capacidad depósito de combustible	100 litros
Potencia máxima (kW)	105 kW
Par máximo (Nm)	412 Nm
Régimen de par máximo (rpm)	1600 rpm

Fuente: (Guía Coches VIPS, S.L., 2010)

El modelo del vehículo utilizado para el estudio es el Mitsubishi Canter, siendo este un transporte utilizado para el transporte de carga, en la Tabla 2 se muestra las especificaciones técnicas del vehículo que se debe considerar para realizar las mediciones de opacidad. Este vehículo fue seleccionado porque su funcionamiento es totalmente mecánico y aun no se emplea la electrónica en la inyección del combustible lo que facilita el desarrollo del presente estudio.

3.2 Equipo

Para el estudio se utilizó un analizador de gases de escape de motores diésel MDO2, que permite diagnosticar de manera rápida el porcentaje de la opacidad en los gases de escape del vehículo.

Tabla 3. Especificaciones Técnicas del Opacímetro

FICHA TÉCNICA ANALIZADOR DE GASES			
Normativa	ISO	3173	y
	ISO/TC22/SC		5
	Directiva N650		
Principio de medición	Procedimiento	de	
Interfaz	medición de opacidad		
	(absorción fotométrica)		
Registros Adicionales	Temperatura del aceite,		
	Revoluciones por		
	minuto(RPM) y tiempo de aceleración		

Longitud de la célula de medición	430 mm
Longitud de onda de la luz proyectada	567 mm
Tiempo de calentamiento de la célula de medición	3min

Fuente: (MAHA, 2018, pág. 2)

Como se indica en la Tabla 3 las especificaciones técnicas del analizador de gases de escape cumple con las especificaciones técnicas de los equipos requeridas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2349 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003, pág. 5)

**Figura 7.** Analizador de gases

Fuente: (MAHA, 2018, pág. 1)

3.3 Protocolo de pruebas

En el motor diésel del vehículo Mitsubishi Canter se analizó las emisiones en relación a la variación de la temperatura de su combustible, aplicando cuatro mediciones con tres tipos de temperaturas diferentes.

Antes de realizar las mediciones de opacidad, la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202 indica el protocolo de pruebas que se debe seguir, en la determinación de la opacidad de emisiones en los vehículos con motor diésel, a través del método de aceleración libre (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013, págs. 6-13). En este sentido, se colocó la sonda del medidor de gases para motores diésel en el tubo de escape del vehículo, de tal modo que, se

consideró los datos de la Tabla 4, en los tres tipos de pruebas y para variar la temperatura del diésel a 10°C se ubicó el depósito de combustible del vehículo sobre un recipiente con hielo hasta que el diésel alcance la temperatura requerida para la prueba, en la siguientes pruebas, donde la temperatura del diesel está a 18°C y 40°C, el depósito de combustible fue colocado sobre un recipiente con agua caliente y se constató con un termómetro que la temperatura del diésel llegue a lo requerido para realizar las pruebas.

Tabla 4. Datos de Pruebas

Datos de Mediciones	
Altura sobre nivel del mar	2850 msnm
Clima	19°C
Combustible	Diesel
Precalentamiento del opacímetro	3 min
Unidad de medida del opacímetro	%
Modelo del vehículo	Mitsubishi Canter
Temperatura del motor	90°C
Régimen de par máximo	1600 rpm

Fuente: Propia

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez ejecutada las pruebas de medición de gases del motor a diésel a través del analizador de gases, se comparó los resultados para verificar las diferentes variaciones y así analizar cuáles fueron los cambios en sus parámetros de eficiencia en el motor diésel.

Las pruebas se las realizó en el mismo vehículo con una variación de temperatura del combustible diésel para obtener una comparación, posteriormente, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5. Pruebas de Opacidad

Medición de Opacidad en el motor diésel*			
N° pruebas	Opacida d del diésel a 10°C (%)	Opacida d del diésel a 18°C (%)	Opacida d del diésel a 40 °C (%)
1	15	13	8
2	26	22	9
3	35	28	8
4	23	22	0
Valor Medio	25 %	21%	6 %

NOTA:

*Prueba realizada a 2850 (msnm).

*La medición de la opacidad se realizó a 1600 rpm para los tres tipos de temperatura del combustible.

Fuente: Propia

En la primera prueba se presentó variación en la opacidad de gases, evidenciando mayor opacidad en la temperatura de 10°C que fue el 26%, en comparación de las otras temperaturas.

En la segunda y tercera prueba se mostró un incremento de la opacidad en las temperaturas de 10°C y 18°C, en relación a la primera prueba a las mismas temperaturas, debido a que dentro de la cámara de combustión existen partículas de combustible no combustionadas que salen al tubo de escape.

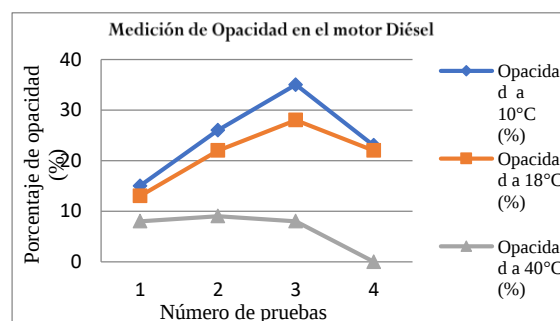


Figura 8. Pruebas de opacidad

Fuente: Propia

Respecto a la cuarta prueba se presentó una disminución de la opacidad en los tres

tipos de temperatura (10°C, 18°C y 40°C) como se muestra en la Figura 11, esto sucede porque la temperatura del motor tiende a subir a 100°C y transmite calor a la bomba de inyección que está cerca al motor, por lo que, el diesel que ingresa a la cámara de combustión aumenta su temperatura y la pulverización será más rápido, logrando que el diésel se vuelva en gaseoso y reduciendo el tiempo de inflamación, esto ayuda a que la opacidad del diesel tienda a bajar.

Otro aspecto que se deriva de la medición de la opacidad, es el valor medio de cada una de las temperaturas a los que se expone el combustible, esto se aprecia en la figura 12.

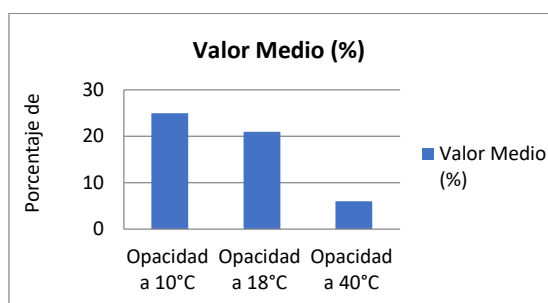


Figura 9. Comparativa de valor medio

Fuente: Propia

El valor medio más alto de opacidad se registró en la temperatura de 10°C que fue el 25%, mientras que en la temperatura de 40°C presento el nivel más bajo de opacidad que fue del 6%; denotando que el aumento o disminución de la opacidad depende de la temperatura del combustible para que el fluido sea menos denso y pueda realizar una combustión más eficiente.

El método utilizado en este artículo es eficiente y eficaz porque según este estudio tan solo fue necesario elevar la temperatura del combustible diésel sin tener la necesidad de agregar algún aditivo

al combustible o cambiar las características del motor, se logró el mejor de los resultados debido que se obtuvo la reducción de emisiones elevando a 40°C la temperatura del combustible diésel.

5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que, para que el combustible sea menos contaminante no es necesario mejorar el motor ni agregar aditivos al combustible, simplemente se debe aumentar o mantener la temperatura en un rango de 38°C – 40°C para mejorar las emisiones de gases, o en su defecto la electrónica de los motores modernos compensan la densidad con volumen, a mayor viscosidad mayor volumen.

Se concluye que el diésel que ingresa a la cámara de combustión a 40°C cambia sus propiedades físicas como su viscosidad, tensión superficial, que influyen en la calidad de su pulverización y sobre la velocidad de formación de la mezcla carburante, lo que origina reducción del tiempo de inflamación, elevando simultáneamente la máxima presión de combustión y haciendo que las partículas de combustible se quemen menor tiempo y produzca menos emisiones.

Según los resultados del presente proyecto se puede decir que, los porcentajes de opacidad obtenidos cumple con la norma técnica ecuatoriana INEN 2207 que se rige en el país, pero esta norma no es la mejor en cuanto a los cuidados que debemos tener con el medio ambiente y salud de nuestros habitantes, ya que existen a nivel internacional otras normas que son más rigurosas para estandarizar la emisión de gases, que van evolucionando a medida que avanza la tecnología.

6. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Ramirez, A., & Elizalde Sanchez, R. (2007). *Estudio de la Utilizacion de Motores de dos Tiempos en Plantas de Potencia*. Mexico D. F.: Escuela Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica "Unidad Culhuacan-IPN".
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinamica*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Consejo de Energias Renovables de Guatemala. (30 de Mayo de 2007). *Reglamento Técnico Centroamericano*. Obtenido de <http://www.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/08/rtca-75.02.17.06-diesel-especificaciones.pdf>
- Dídac Forner. (2015). *Dídac Forner*. Obtenido de La química de los motores diésel y el escándalo Volkswagen: <https://didacforner.net/la-quimica-de-los-motores-diesel-y-el-escandalo-volkswagen/>
- Guia Coches VIPS, S.L. (2010). *Fichas tecnicas*. Recuperado el 5 de 01 de 2019, de <http://www.guiacoches.com/fichas/MITSUBISHI/CANTER/FE-544-MEDIO-DE-2950-55T/194484>
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion . (2003). *Norma Tecnica Ecuatoriana 2349*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2002). *Norma Tecnica Ecuatoriana 2207*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana 1489*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma Tecnica Ecuatoriana 2202*. Quito: INEN.
- International Energy Agency. (2017). *CO2 emissions from fuel combustion Overview*. Paris: IEA.Org.
- Jiménez, F., & Lemus, M. (2001). *Termodinámica: Una guía de clase* (Primera ed.). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Jóvaj, M. (1982). *Motores de automovil*. Moscú: EDITORIAL MIR.
- MAHA. (20 de Enero de 2018). *Analizador de gases*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <https://www.maha.de/analizador-de-gases-met-6-2-analizador-de-gases-diesel.htm>
- Medina, A., & Ovejero, J. (2010). *Termodinámica*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Millares, J., Giménez, A., García, V., & Domenech, L. (2015). Efecto de la Relación de Compresión en el Rendimiento de Motores de Combustión Interna a diferentes Altitudes. *Scielo*, 26(4), 63-74.
- Moran, M., & Shapiro, H. (2004). *Fundamentos de la termodinámica técnica* (Cuarta ed.). Barcelona: Reverté S.A.
- Motor Giga. (15 de Marzo de 2010). *Analizador de los gases de escape*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/analizador-de-los-gases-de-escape-definicion-significado/gmx-niv15-con187.htm>

- Müller, E. (2002). *Termodinámica Básica* (Segunda ed.). Caracas: Consultora Kemiteknik C.A.
- Parera, A. M. (1996). *Inyección Electronica en Motores Diesel*. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores.
- Patiotuerca. (20 de Septiembre de 2018). *Pesados mitsubishi canter usados en venta en Ecuador*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <https://ecuador.patiotuerca.com/usados/-/pesados/-/mitsubishi/canter>
- Universidad de Sevilla. (6 de Febrero de 2018). *WIKI Departamento de Física Aplicada III*. Obtenido de Equilibrio mecánico y térmico. Presión y temperatura (GIE): [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Equilibrio_mec%C3%A1nico_y_t%C3%A9rmico._Presi%C3%B3n_y_temperatura_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Equilibrio_mec%C3%A1nico_y_t%C3%A9rmico._Presi%C3%B3n_y_temperatura_(GIE))

7. ANEXOS

MATHIA MEDICION DE GASES	
00:53 HORA	00.00.00
MATRICULA: DIESEL C	
TURBO :	SI
VALOR-K MAX.	3.00 m ³
NS-ENTU	
%	
1	11
2	26
3	35
4	15
5	23
6	40
DESVIACION MAX. 1 %	
VALOR MEDIO 5 %	
RESULTADOS: PASADO	
PROBADOR:	

MATHIA MEDICION DE GASES	
00:14 HORA	00.00.00
MATRICULA: DIESEL A	
TURBO :	SI
VALOR-K MAX.	3.00 m ³
NS-ENTU	
%	
1	12
2	45
3	22
4	22
5	22
6	22
DESVIACION MAX. 6 %	
VALOR MEDIO 24 %	
RESULTADOS: PASADO	
PROBADOR:	

MATHIA MEDICION DE GASES	
00:33 HORA	00.00.00
MATRICULA: DIESEL F	
TURBO :	SI
VALOR-K MAX.	3.00 m ³
NS-ENTU	
%	
1	11
2	26
3	35
4	15
5	23
6	40
DESVIACION MAX. 31 %	
VALOR MEDIO 28 %	
RESULTADOS: NO PASADO	
PROBADOR:	

