



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA

TEMA: ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN UN MOTOR DIÉSEL  
ELECTRÓNICO USANDO BIODIÉSEL.

Trabajo de grado previo a la obtención del título de  
ingeniero en mantenimiento automotriz.

AUTOR:

Báez Chamorro Oscar David

DIRECTOR:

Ing. Carlos Mafla

Ibarra, 2015

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENRGÉTICA EN UN MOTOR DIÉSEL ELECTRÓNICO USANDO BIODIÉSEL" presentado por el señor: Báez Chamorro Oscar David con número de cédula 040154106-5, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación privada y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 22 días del mes junio del 2015.

Atentamente



Ing. Carlos Mafla

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

## **DEDICATORIA**

Este logro va dedicado para la mujer que me dio la vida y por la cual tuve la oportunidad de ser quien soy, mamá te doy las gracias por haber confiado en mí, por no dejar que me rinda jamás, por estar ahí siempre cuando te necesité, por enseñarme que no hay cosa más importante que una buena educación en valores y conocimientos, porque gracias a ti llevo en mi corazón tu enseñanza, misma que la pondré en práctica con mi hijo.

Te prometo además madre querida que este no será el último triunfo profesional que te daré, porque tu esfuerzo tiene que verse reflejado en los logros que tenga en mi vida.

Por todo esto madre te agradezco de corazón y te dedico este logro a ti.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios en primer lugar porque gracias a él tengo a mi madre Magola Chamorro, quien con su trabajo, esfuerzo, dedicación, enseñanzas y sobre todo el apoyo que nunca me faltó, he logrado superar este escalón más en mi vida estudiantil, para convertirme en un profesional y así poder cumplir el sueño de mi padre que aunque ya no está con nosotros lo llevo en mi corazón

Agradezco de igual manera a mi hermana Andrea quien ha generado confianza en mí cada día, a Dennis mi hermano menor para que siga estudiando y no defraude el anhelo de mi madre.

A mi hijo, mi esposa, mis abuelos, mis tíos que siempre tuvieron fe en mí, muchas gracias, a mis maestros de quienes me llevo lo más valioso sus conocimientos, a mis amigos y a todos quienes hicieron posible que hoy pueda tener mi título.

# ÍNDICE

<i>ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR</i> .....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>ii</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>iii</i>
<i>ÍNDICE</i> .....	<i>iv</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>x</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>xi</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>xii</i>
<i>CAPÍTULO I</i> .....	<i>1</i>
<i>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</i> .....	<i>1</i>
1.1 Antecedentes.....	<i>1</i>
1.2 Planteamiento del Problema.....	<i>2</i>
1.3 Formulación del problema .....	<i>2</i>
1.4 Delimitación Temporal y Espacial.....	<i>2</i>
1.5 Objetivos.....	<i>3</i>
1.5.1 Objetivo General.....	<i>3</i>
1.5.2 Objetivos Específicos .....	<i>3</i>
1.6 Justificación .....	<i>3</i>
<i>CAPÍTULO II</i> .....	<i>4</i>
<i>2. MARCO TEÓRICO</i> .....	<i>4</i>
2.1 Combustión en el motor diésel. ....	<i>4</i>
2.1.1 Primera fase (Retardo a la inflamación) .....	<i>4</i>
2.1.2 Segunda fase (Combustión incontrolada) .....	<i>4</i>
2.1.3 Tercera fase (Combustión controlada) .....	<i>5</i>
2.2 Motores Electrónicos .....	<i>5</i>

2.3 Gestión electrónica en un sistema de inyección diésel.....	6
2.3.1 Funcionamiento.....	6
2.3.2 Componentes.....	7
2.4 Sensores.....	7
2.4.1 sensor flujo de masa de aire (MAF).....	8
2.4.2 Sensor de presión absoluta del colector (MAP).....	8
2.4.3 Sensor de temperatura del combustible (FTS).....	9
2.4.4 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).....	10
2.4.5 Sensor de presión Raíl (FRP).....	10
2.4.6 Sensor de posición del árbol de levas (CMP).....	11
2.4.7 Sensor de la posición de aceleración (APP).....	11
2.4.8 Sensor de posición y régimen de giro del cigüeñal (CKP)..	12
2.4.9 Sensor de presión del turbo-alimentador (TBS).....	13
2.5 Actuadores.....	13
2.5.1 Recirculación de gases de escape (EGR).....	13
2.5.2 Válvula reguladora de la presión del riel.....	14
2.5.3 Bujía incandescente.....	14
2.5.4 Válvula de ventilación positiva del carter (PCV).....	15
2.5.5 Inyector.....	15
2.6 Unidad de control.....	16
2.7 Combustibles.....	17
2.7.1 Combustible diésel.....	17
2.7.2 Propiedades del combustible diésel.....	18
2.8 Combustible Biodiésel.....	19
2.8.1 Aceites vegetales convencionales.....	20
2.8.2 Estructura del biodiésel.....	26
2.9 Glosario de Términos.....	28
<i>CAPÍTULO III</i> .....	30
<i>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	30
3.1. Tipo de investigación.....	30

3.1.2. Bibliográfica .....	30
3.1.3. Tecnológica .....	30
3.2. Tipos de Métodos .....	30
3.2.1. Analítico – Sintético .....	30
3.2.2. Inductivo – Deductivo .....	30
3.3 Técnicas .....	30
<i>CAPÍTULO IV.....</i>	<i>31</i>
<i>4. PROPUESTA.....</i>	<i>31</i>
4.1. Título de la propuesta.....	31
4.2. Fundamentación.....	31
4.3. Desarrollo de la propuesta.....	31
4.4 Prueba de opacidad.....	33
4.4.1 Humo blanco .....	33
4.4.2 Humo negro.....	33
4.4.3 Humo azul .....	34
4.5 Equipo de diagnóstico empleado para medir la opacidad del motor. 34	
4.5.1 Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE. ....	34
4.5.2 Conexión del Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE. ....	35
4.5.3 Operación del Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE. ....	36
4.5.4 Resultados de las pruebas .....	42
4.6. Prueba de Consumo de combustible.....	43
4.6.1. Resultados de las pruebas de consumo de combustible	44
4.7. Prueba de presión en el riel y temperatura del combustible. ...	45
4.7.1. Scanner CARMAN SCAN LITE. ....	45
4.7.2. Pruebas con el combustible diésel. ....	48
4.7.3. Pruebas con el combustible biodiésel.....	50
4.7.4. Resultados de las pruebas. ....	51
<i>CAPÍTULO V.....</i>	<i>53</i>

5. Conclusiones y Recomendaciones .....	53
5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones.....	53
<i>Bibliografía</i> .....	54
<i>ANEXOS</i> .....	56

### Índice de Figuras

Figura 1. Motor diésel electrónico.....	6
Figura 2. Sensor MAF.....	8
Figura 3. Sensor MAP.....	9
Figura 4. Sensor de temperatura del combustible. ....	9
Figura 5. Sensor de la temperatura del refrigerante. ....	10
Figura 6. Sensor de presión del riel. ....	11
Figura 7. Sensor CMP.....	11
Figura 8. Sensor de posición del acelerador.....	12
Figura 9. Sensor CKP. ....	13
Figura 10. Válvula EGR. ....	14
Figura 11. Bujía de incandescencia.....	14
Figura 12. Válvula PCV.....	15
Figura 13. Inyector .....	16
Figura 14. Unidad de Control.....	17
Figura 15. Palma aceitera.....	21
Figura 16. Maní.....	22
Figura 17. Girasol. ....	22
Figura 18. Colza.....	23
Figura 19 . Soja.....	24
Figura 20. Higuera.....	25
Figura 21. Jatropha.....	25
Figura 22. Motor Mazda BT-50 Diésel. ....	32
Figura 23. Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE.....	34

Figura 24. Conexión de la sonda al opacímetro.....	35
Figura 25. Equipo contarrevoluciones.....	36
Figura 26. Sensores del equipo contarrevoluciones .....	36
Figura 27. Operación del Opacímetro .....	37
Figura 28. Llenar datos Opacímetro OPA 100. ....	38
Figura 29. Límites oficiales Opacímetro OPA 100. ....	38
Figura 30. Temperatura Opacímetro OPA 100. ....	39
Figura 31. Introducir sonda. ....	39
Figura 32. Selección Opacímetro OPA 100. ....	39
Figura 33. Selección Opacímetro OPA 100. ....	40
Figura 34. Scanner CARMAN SCAN LITE.....	45
Figura 35. Selección Scanner ASIAN PACK #2.....	46
Figura 36. Selección scanner marca de vehículo. ....	46
Figura 37. Selección scanner tipo de vehículo.....	47
Figura 38. Selección Scanner 3. OL MANUAL. ....	47
Figura 39. Selección Scanner PCM-POWERTRAIN CTRL MOD .....	47
Figura 40. Selección Scanner CURRENT DATA.....	48
Figura 41. Presión en el riel en ralentí. ....	48
Figura 42. Presión en el riel a 2000 RPM. ....	49
Figura 43. Presión en el riel a 4000 RPM. ....	49
Figura 44. Presión en el riel en ralentí. ....	50
Figura 45. Presión en el riel a 2000 RPM. ....	51
Figura 46. Presión en el riel a 4000 RPM. ....	51

### **Índice Gráficos**

Gráfico 1. Cantidad de opacidad.....	42
Gráfico 2. Presión en el Riel .....	52
Gráfico 3. Temperatura del Combustible .....	52

## Índice Tablas

Tabla 1. Propiedades del combustible diésel.....	18
Tabla 2. Propiedades Biodiésel vs Diésel.....	19
Tabla 3. Propiedades del biodiésel .....	20
Tabla 4. Composición del Aceite de palma .....	21
Tabla 5. Composición de Maní. ....	21
Tabla 6. Composición del Aceite de Girasol .....	22
Tabla 7. Composición del Aceite de Colza.....	23
Tabla 8. Composición del Aceite de soja .....	24
Tabla 9. Composición del Aceite de Higuera.....	24
Tabla 10. Composición del Aceite de Jatropha.....	25
Tabla 11. Especificaciones del motor Mazda BT-50 Diésel .....	31
Tabla 12. Propiedades del Diésel. ....	32
Tabla 13. Propiedades del biodiésel. ....	32
Tabla 14. Límites máximos de opacidad.....	34
Tabla 15. Valores de opacidad en el motor.....	42
Tabla 16. Características del CARMAN SCAN LITE.....	45
Tabla 17. Motor Ralentí.....	48
Tabla 18. Motor a 2000 RPM .....	49
Tabla 19. Motor a 4000 RPM.....	49
Tabla 20. Motor Ralentí.....	50
Tabla 21. Motor a 2000 RPM .....	50
Tabla 22. Motor a 4000 RPM .....	51
Tabla 23. Resultados de las pruebas.....	51

## RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realiza un análisis de la eficiencia energética en un motor diésel electrónico utilizando biodiésel de aceite de palma para lo cual se realizó además de la investigación bibliográfica, una investigación práctica que consistente en pruebas de opacidad, consumo de combustible y presión en el riel de inyectores. Pruebas que fueron realizadas en los talleres de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte. Para llevar a cabo las pruebas de opacidad en el motor se hizo uso del opacímetro OPA 100 en la cual se pudo evidenciar la disminución de la opacidad en el motor de un 47% al utilizar biodiésel. Para realizar las pruebas de consumo de combustible se empleó un método que consistió en cronometrar el tiempo en que se consume un determinado volumen de combustible, mismas que se las realizó en ralentí y a 3000 RPM teniendo como resultado un mayor consumo de combustible con el biodiésel de un 25%. Para realizar las pruebas de presión en el riel de inyectores se utilizó el escáner Carman Scan Lite, mismas pruebas que se las realizó a tres regímenes distintos en ralentí, a 2000 RPM y a 4000 RPM en donde se apreció una disminución de la presión en el riel de inyectores en un 3% al emplear biodiésel. Al finalizar esta investigación, desde un punto de vista técnico ambiental se demuestra que la aplicación del biodiésel de aceite de palma es una buena alternativa para la sustitución del diésel de origen fósil.

## **ABSTRACT**

This degree project analyzes the energy efficiency of an electronic diesel engine using the biodiesel of palm oil as fuel. In order to do this analysis, it was applied a bibliographic research and an experimental research which consisted of several tests such as opacity, fuel consumption and pressure in the injectors rail. These tests took place at Técnica del Norte University, engine ring workshops of Automotive Maintenance. The opacity tests were done by a opacimeter that showed a decrease of the opacity in the engine in 47% using biodiesel. The fuel consumption tests measured how much time was needed to consume a determined volume of fuel at slow motion and at 3000 rpm the results indicated that a high consumption of biodiesel fuel in 25%. For the pressure tests in the injectors rail, it was required the Carman Scan Lite Scanner whose results revealed a decrease of the pressure in the injectors rail in 3% by using biodiesel and different levels of slow motion at 2000 rpm and at 4000rpm. Of finishing this research, it is demonstrated the application of the biodiesel of palm oil is a good alternative for replacing the diesel of a fossil origin from a point of environmental technical view.

## INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que una de las principales fuentes de contaminación son los motores de combustión interna que funcionan generalmente con diésel y gasolina, y que son los usados mayoritariamente por los vehículos automotores. Durante los últimos años los automotores han funcionado con combustibles de origen fósiles, la dependencia a estos tiene que reducir debido al impacto ambiental negativo que estos provocan y al agotamiento inminente de las reservas mundiales.

El presente trabajo de grado está encaminado de tipo teórico y técnico, puesto que se ha realizado una investigación acerca de las fuentes alternas de energía como el biodiésel obtenido a partir de aceites, grasas vegetales y animales que son una alternativa para reemplazar los combustibles de origen fósiles

En la investigación se manifiesta sobre el problema que en la actualidad el medio ambiente acusa por la contaminación que el parque automotor provoca con el uso de combustibles de origen fósil, para lo cual se realiza un trabajo teórico-práctico sobre los beneficios que el uso del biodiésel pueden brindar, para lo cual se hace referencia de los componentes que intervienen en las pruebas realizadas.

A continuación se detalla la metodología, tipo de investigación, técnicas y procedimientos aplicados en el presente trabajo de grado.

Para finalizar, se detalla los pasos a seguir para realizar las pruebas en el motor diésel electrónico, realizando análisis técnicos de los datos recopilados.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes

La producción de biodiésel se ajusta dentro de los lineamientos de reducción de gases de tipo efecto invernadero, los aceites vegetales se usan como combustibles desde hace más de 100 años, cuando Rudolph Diésel desarrolló la primera máquina diésel que fue corrida con aceite vegetal en 1911.

La creciente importancia y el renovado interés por el eficiente manejo de los recursos energéticos han desarrollado un crecimiento acelerado de la producción y utilización de biocombustibles en muchas partes del mundo.

El empleo de los combustibles fósiles en nuestro país ha venido en constante crecimiento en los últimos tiempos, debido al crecimiento del parque automotor y al subsidio que este tipo de combustible presentan, el diésel es uno de los principales derivados del combustible fósil.

En la actualidad hay países que están desarrollando diferentes tipos de combustibles a los ya conocidos y entre estos está el biocombustible que en los motores diésel se emplea el biodiésel con una proporción de un 10% de biodiésel en el combustible fósil.

Cabe señalar que el asunto más discutido sobre la posible bondad de los biocombustibles es su capacidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las corporaciones y asociaciones de biocarburantes han promovido estudios científicos que demuestran que la sustitución de etanol y biodiésel por gasolina y gasoil respectivamente reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 50%

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El incremento de la contaminación de los combustibles fósiles que estos generan al ser quemados, ha incentivado la investigación orientada hacia la necesidad de lograr un desarrollo sustentable y de menor contaminación hacia el medio ambiente. Además el cambio de la matriz productiva que el gobierno promueve al país para la utilización de biocombustibles y una de estas es la utilización de biodiésel que ayuda a la reducción de gases de efecto invernadero.

Por esta razón es necesario realizar un trabajo de investigación relacionado con la utilización del biodiésel en un motor diésel Mazda BT 50 electrónico.

## **1.3 Formulación del problema**

¿Cómo analizar la eficiencia energética de un motor diésel Mazda BT 50 Common- Rail utilizando biodiesel?

## **1.4 Delimitación Temporal y Espacial**

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de diciembre 2014 hasta el mes de junio 2015, en la ciudad de Ibarra, en los talleres de Mecánica Automotriz – FECYT de la Universidad Técnica del Norte, donde se pondrá en consideración ante los directivos del jurado de pre-defensas para su previa aceptación y defensa ante el jurado de Tesis.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Analizar la eficiencia energética de un motor diésel Mazda BT 50 Common-Rail utilizando biodiésel.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio bibliográfico acerca del funcionamiento del motor Mazda BT-50 con biodiesel
- Comparar el consumo de combustible del motor Mazda BT 50 con diésel y biodiésel.
- Realizar pruebas de opacidad en el motor Mazda BT-50 con diésel y biodiesel
- Comparar las Presiones de trabajo en el riel con diésel y biodiésel.
- Implementar al taller de la carrera, un motor Mazda BT- 50 Diésel.

## **1.6 Justificación**

La contaminación ambiental causada por los gases de escape que en gran parte es problema de la actividad de los vehículos que funcionan con combustibles derivados de fósiles afecta a todo nuestro medio ambiente. De ahí la gran necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan reducir la contaminación ambiental a fin de mejorar nuestra calidad de aire. Por medio del presente se quiere investigar las ventajas que ofrece el biodiésel en comparación del diésel de nuestro medio.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Combustión en el motor diésel.**

(Perez J. M., 2009) El motor diésel trabaja por auto-ignición, en el cual la mezcla aire-combustible arde por la gran temperatura y presión reinante en la cámara de combustión, por lo que no es necesaria la chispa como en los motores Otto.

Para realizar la combustión es necesario que la inyección del gasóleo cumpla ciertas condiciones, debe inyectarse finamente pulverizado (entre 120-400 Kg/cm<sup>2</sup>), para difundirse en la cámara, mezclándose con el aire, que en ese momento debe haber alcanzado, por efecto de la compresión, una temperatura superior a la inflamación del combustible (280 °C).

La combustión se realiza en tres pasos:

##### **2.1.1 Primera fase (Retardo a la inflamación)**

El gasóleo entra en la cámara de combustión a baja temperatura mezclándose con el aire, con lo cual el combustible alcanza altas temperaturas. El tiempo que transcurre entre la entrada de las primeras gotas y el inicio de la combustión, representa el tiempo de giro del cigüeñal que transcurre entre el comienzo de la inyección y la inflamación del combustible.

##### **2.1.2 Segunda fase (Combustión incontrolada)**

Durante el calentamiento de las primeras gotas, continúa ingresando más gasóleo en la cámara de combustión. Cuando las primeras gotas han

alcanzado la temperatura de inflamación espontánea (250 °C), se quema, y la elevación de temperatura obtenida es lo que desencadena el encendido de todo el combustible acumulado en la cámara hasta ese momento.

### **2.1.3 Tercera fase (Combustión controlada)**

Cuando ha terminado la segunda fase, el gasóleo va quemándose a medida que va siendo inyectado. La correcta dosificación del combustible proporciona un preciso control de presión en el cilindro. Cabe destacar que algunas partículas de combustible no encuentran el aire necesario para la combustión y se queman después que la inyección ha finalizado.

## **2.2 Motores Electrónicos**

A diferencia de los antiguos motores Diésel, humeantes y ruidosos, los motores electrónicos aportan innumerables ventajas:

- Más silenciosos
- Económicos
- Limpios
- Rápidos
- Seguros

La regulación electrónica dosifica el caudal correcto de inyección para cada momento de servicio del motor, para ajustar el comienzo exacto de la inyección. A demás se puede alcanzar mayor rentabilidad, disminuyendo las emisiones de los gases contaminantes.



**Figura 1. Motor diésel electrónico.**

### **2.3 Gestión electrónica en un sistema de inyección diésel.**

La gestión electrónica de los motores Diésel sustituye las partes mecánicas que controlaban la dosificación de combustible y la variación de avance a la inyección a través de sus elementos electrónicos que permiten un control preciso de la bomba, disminuyendo el consumo de combustible, la contaminación atmosférica, aumentando la potencia del motor y obteniendo una regularidad en el funcionamiento del motor. La EDC permite adecuarse a las diferentes condiciones de trabajo del motor obteniendo como beneficios:

- Regulación exacta del régimen máximo y de ralentí.
- Dosificación controlada y caudales de inyección precisos.
- Control de la sobrealimentación en los motores turbo.
- Control de las emisiones contaminantes.
- Corrección en función a diversos parámetros influyentes en el funcionamiento del motor.

#### **2.3.1 Funcionamiento.**

En la gestión electrónica de los motores diésel se encuentra una unidad de control que ésta a su vez trabaja como un ordenador, consta de microprocesadores que captan las distintas señales que reciben los sensores con el programa interno que se encuentra grabado en la memoria ROM, dando como resultado las señales de control que son

enviadas a los dispositivos exteriores que a su vez hacen funcionar el motor.

La ECU recibe señales de los sensores que son controlados continuamente, cuando alguna señal falla o es defectuosa la ECU adoptará valores sustitutivos en la memoria RAM que le permitan la conducción del vehículo hasta poder arreglar la avería.

Una de las ventajas que se tiene al utilizar la ECU es la reducción del consumo de combustible, la disminución de las emisiones de escape y a su vez se mejora el rendimiento del motor y la conducción. La ECU a plena carga disminuye la cantidad de inyección con el fin de limitar la formación de humos de escape.

Cuando se encuentra una avería en el motor, la ECU registra esta información en su memoria RAM para poder ser leída en un taller especializado con el respectivo equipo de diagnóstico.

### **2.3.2 Componentes**

El sistema de inyección electrónica se divide en tres partes como son los sensores, los actuadores y la unidad de control.

## **2.4 Sensores**

(Perez, Tecnicas del automovil. Motores, 2002) Para adecuar los caudales y el punto de la inyección a las necesidades de la marcha del motor se disponen, como dicho, diferentes sensores en el motor, cuyas señales son enviadas al calculador electrónico, quien las procesa para determinar la magnitud de la corriente de mando del regulador de caudal y la electroválvula de avance de la inyección.

### **2.4.1 Sensor flujo de masa de aire (MAF).**

(Serrano, 2001) El sensor o medidor de flujo de aire se basa en el principio de lámina caliente. Este sensor MAF tiene dos elementos sensores incorporados en una lámina, siendo uno de los elementos controlados a temperatura ambiente, es decir, a 25°C, mientras que el otro elemento se calienta a 200°C sobre este valor, es decir, a 225 °C.

A esta señal se le amplifica una tensión de referencia entre 0 y 5 voltios y la variación en tensión entre estos dos valores se envía al computador, el cual identifica la tensión como señal de la cantidad de aire aspirado, con lo cual se puede comandar a los inyectores para que se entregue el caudal de combustible apropiado.



**Figura 2. Sensor MAF.**

### **2.4.2 Sensor de presión absoluta del colector (MAP).**

Se encuentra localizado en el colector de admisión está combinado con el medidor de temperatura del aire aspirado, por lo que realiza doble función en el sistema.

Este sensor combinado entrega información al computador sobre la presión y la temperatura del colector o múltiple de admisión del motor, información que el computador compara con sus valores memorizados para compensar la alimentación de combustible si fuera necesario.

Consta de tres conexiones, masa con un rango de 0 a 0.08 voltios, tensión generalmente 5 voltios, mientras que la salida varía entre 0.6 y 2.8 voltios enviando esta señal a la unidad de mando.



**Figura 3. Sensor MAP**

#### **2.4.3 Sensor de temperatura del combustible (FTS).**

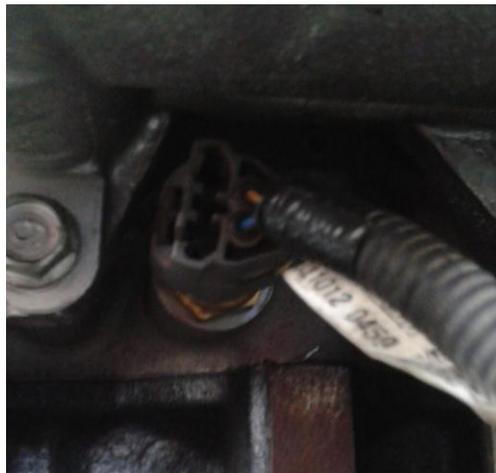
En la rampa de inyectores se instala un sensor (NTC), para que informe de la temperatura del combustible. Esta información determina los cambios de temperatura en el flujo del combustible, de tal manera que el sensor responde correctamente en sus cambios de densidad, compensando o corrigiendo el computador la alimentación en especial el arranque en caliente. Es alimentado por la computadora con 5 voltios, consta de dos terminales: Señal que es el mismo cable de alimentación y el de masa.



**Figura 4. Sensor de temperatura del combustible.**

#### **2.4.4 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).**

Se encuentra ubicado en el circuito de refrigeración, se encarga de monitorear la temperatura del motor a través de la temperatura del refrigerante, cuenta con un resistor dependiente de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativa, que es parte de un circuito divisor de voltaje al que se aplican 5V.



**Figura 5. Sensor de la temperatura del refrigerante.**

#### **2.4.5 Sensor de presión Raíl (FRP).**

(GmbH, 2002) El sensor de presión en el Common Rail mide la presión del combustible en el acumulador de alta presión. El cumplimiento exacto de la presión del combustible prefijada en el riel es de gran importancia para la composición de los gases de escape y la potencia del motor. La presión del combustible se controla en un circuito de regulación. Las posibles variaciones del valor teórico se igualan mediante una válvula de control o una válvula de regulación.

Este sensor trabaja con un voltaje de 0.5 para un valor de presión 0 y aumentando a 4.5 voltios para el valor máximo de presión 1800 bares.



Figura 6. Sensor de presión del riel.

#### **2.4.6 Sensor de posición del árbol de levas (CMP)**

Lee las ranuras hechas en el engrane del eje de levas para que la computadora reconozca la posición de los cilindros y sincronice la activación secuencial de los inyectores. La computadora utiliza los datos de los sensores CKP y CMP para determinar la sincronización de la chispa y de los inyectores, consta de tres terminales:

1. Alimentación: 12 V
2. Señal: 0 V – 5 V – 0 V – 5 V
3. Masa del sensor



Figura 7. Sensor CMP.

#### **2.4.7 Sensor de la posición de aceleración (APP)**

Este se encuentra diseñado con un sensor o potenciómetro doble en el pedal del acelerador. El primer potenciómetro indica un valor ascendente en el momento de la aceleración y el otro indica un valor descendente.

Con esta información el computador sabe la cantidad de aceleración que requiere el motor y controla a un actuador en la mariposa de aceleración, abriendo o cerrando el ingreso del aire al motor.

El computador envía una tensión de alimentación de 5 voltios al sensor, para que este entregue un valor ascendente de 0 a 5 voltios en el primer potenciómetro y descendente de 5 hasta 0 voltios en el segundo potenciómetro.

En caso de fallo del potenciómetro doble, el motor puede trabajar solamente en ralentí y no acelera, pero la luz testigo (check engine) permanecerá prendida hasta que el daño sea reparado.



**Figura 8. Sensor de posición del acelerador.**

#### **2.4.8 Sensor de posición y régimen de giro del cigüeñal (CKP)**

Este sensor genera una señal de corriente alterna, debido a la reluctancia variable creada en la bobina del sensor, ya que los dientes del volante desvían el campo magnético fijo de un imán permanente. Adicionalmente en la periferia del volante se realiza unos taladros, iguales al número de cilindros del motor, para que el computador recepte también el momento oportuno de la inyección en cada cilindro.

Consta de un imán que induce un campo magnético aplicando una corriente de 5 voltios, esta corriente es interrumpida cuando un diente del

volante del cigüeñal pasa por el imán, interrumpiendo la señal de 5 voltios varias veces generando una señal que va de 0V a 5V que es interpretada por la computadora como las revoluciones del volante.



**Figura 9. Sensor CKP.**

#### **2.4.9 Sensor de presión del turbo-alimentador (TBS).**

Se encuentra acoplado al múltiple de admisión, este sensor consta con un elemento sensible compuesto por un puente de wheatstone sobre una membrana de material cerámico, que por un lado está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que por el otro lado actúa la presión de aire proveniente del turbocompresor. La señal piezo resistiva que sufre la membrana antes de ser enviada a la ECU es amplificada por un circuito electrónico contenido en el soporte que aloja la membrana cerámica.

### **2.5 Actuadores**

Los actuadores son los encargados de transformar las señales eléctricas de salida de la ECU en magnitudes mecánicas.

Los principales actuadores en un motor diésel son:

#### **2.5.1 Recirculación de gases de escape (EGR).**

El modulador de EGR es el encargado de regular la fuente de vacío o depresión a la válvula de EGR, permitiendo que se abra o se cierre. El computador utiliza al modulador de EGR para controlar el volumen de la recirculación de los gases de escape, con la finalidad de reducir las emisiones de escape y evitar el ruido de la combustión.

Un desempeño óptimo de la EGR suele obtenerse cuando el vehículo funciona con pequeñas aberturas de la mariposa de aceleración, cuando el motor está girando entre 2000 y 3000 RPM de promedio.



**Figura 10. Válvula EGR.**

### **2.5.2 Válvula reguladora de la presión del riel.**

Es la encargada de mantener la presión en el riel a nivel constante dependiendo del estado de carga del motor. Cuando la presión es alta, la válvula se abre de forma que una parte del combustible retorna al depósito a través de una tubería y cuando la presión es baja la válvula cierra y la bomba de alta presión aumenta la presión en el riel.

### **2.5.3 Bujía incandescente**

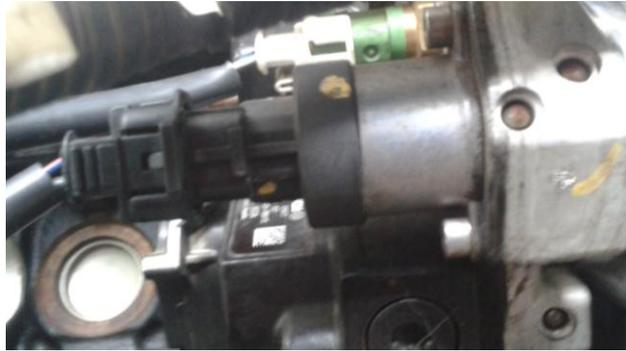
Se encarga de asegurar la partida eficiente en frío, reduciendo el periodo de calentamiento del motor, este periodo depende de la UCE y la temperatura del refrigerante, que es controlado por el relé de incandescencia. Las bujías pueden alcanzar temperaturas de 850 °C en unos segundos.



**Figura 11. Bujía de incandescencia.**

#### **2.5.4 Válvula de ventilación positiva del cárter (PCV)**

La válvula PCV regula el flujo de vapores del cárter hacia el múltiple de admisión, proporcionando la ventilación adecuada al cárter. Durante la marcha los gases de escape son mínimos y van aumentando a altas velocidades, la válvula PCV controla el flujo de vapores de acuerdo a estas variaciones. Esta es operada por el vacío en el múltiple disminuyendo o aumentando de acuerdo al cambio de velocidad del motor.



**Figura 12. Válvula PCV.**

#### **2.5.5 Inyector**

(Martinez, 2003) “El inyector es una válvula de retención que se encarga de realizar la pulverización de una pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión”.

Los inyectores son elementos lapeados conjuntamente cuerpo y aguja que trabajan a Presiones muy elevadas de hasta 200 bares (2900 PSI) o más, con frecuencias de accionamiento de hasta 2000 aperturas por minuto y unas temperaturas de entre 500 y 600 °C.



**Figura 13. Inyector**

## **2.6 Unidad de control.**

Se encarga de recibir las señales eléctricas de los sensores, evaluarlas y calcular las señales de activación para los elementos actuadores. Controla los sistemas de alimentación de combustible, regulación del caudal y tiempo de inyección, depuración de gases de escape entre otros además de memorizar las averías, la diagnosis y forma un valor sustitutivo en caso de fallo de señal.

La unidad de control requiere un programa para realizar los cálculos, siendo estos almacenados en compartimientos que se llaman memorias, las que darán a la ECU las características de funcionamiento del sistema. Las computadoras automotrices utilizan tres tipos de memorias:

### ***Memoria ROM***

La memoria ROM es de almacenamiento permanente, en donde se encuentra grabado el programa que controla el microprocesador.

### ***Memoria RAM***

La memoria RAM permite a la unidad de control almacenar datos temporalmente para luego ser ocupados por el programa para algún propósito.

## **Memoria PROM**

La memoria PROM graba las calibraciones propias de funcionamiento del motor, esta memoria al ser programada no podrá ser alterada.

La unidad de control debe trabajar con seguridad tanto al arrancar con batería débil, como a plena tensión de servicio. Las exigencias son muy altas en lo que se refiere a la inestabilidad a perturbaciones electromagnéticas y a la limitación de la irradiación de señales parásitas de alta frecuencia



**Figura 14. Unidad de Control.**

## **2.7 Combustibles**

(Salgado J. M., 2010) “Un combustible es aquel que es capaz de liberar energía al ser cambiado o transformado en estructura química, liberando una energía de forma potencial a una forma utilizable”.

### **2.7.1 Combustible diésel**

El diésel al igual que la gasolina es un combustible derivado del petróleo. Está formado por hidrocarburos parafínicos, aromáticos y naftalénicos que por lo general tienen de 10 a 22 carbonos.

Tabla 1. Propiedades del combustible diésel  
**DIÉSEL**

<b>PODER CALORÍFICO</b>	43 MJ/Kg
<b>DENSIDAD</b>	832kg/m <sup>3</sup>
<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b>	60-80 °C
<b>NÚMERO DE CETANO</b>	40-55

Fuente: (Salazar, 2015)

### 2.7.2 Propiedades del combustible diésel.

#### ***Índice de cetano.***

Es la tendencia del diésel a cascabelear en un motor, los índices están entre 40 y 55, por debajo de este se incrementa el retardo de la ignición, hay muchos factores que afectan el índice de cetano como la adición de alrededor de un 0.5% de aditivos mejoradores de cetano en 10 unidades, estos contienen nitrógeno por lo que aumenta las emisiones de NOx.

#### ***Densidad.***

La densidad es de aproximadamente 832kg/m<sup>3</sup>. El 86.1% del diésel es carbono que al quemarse se obtiene un poder calorífico de 43 MJ/Kg.

#### ***Temperatura de auto-ignición***

Es la temperatura con la cual puede arder o inflamarse sin la ayuda de una chispa, esta temperatura es de unos 250 °C.

#### ***Punto de inflamación***

Es cuando el combustible empieza a despedir vapor, inflamándose de inmediato si hay una chispa o llama. Su punto de inflamación es de 60-80 °C.

A continuación se muestra una tabla de comparación de las propiedades físicas y químicas entre diésel obtenido por destilación de crudo y biodiésel.

Tabla 2. Propiedades Biodiésel vs Diésel.

<b>PROPIEDADES</b>	<b>BIODIÉSEL</b>	<b>DIÉSEL</b>
<b>COMPOSICIÓN</b>	C <sub>12</sub> -C <sub>22</sub>	C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub> HC
<b>METILESTER</b>	95.5>98 %	-
<b>CARBONO (%PESO)</b>	77	86.5
<b>AZUFRE (%PESO)</b>	0-0.0024	0.05 max.
<b>AGUA (PPM PESO)</b>	0.05% max.	161
<b>OXIGENO (% PESO)</b>	11	0
<b>HIDROGENO (% PESO)</b>	12	13
<b>Nº CETANO</b>	48-55	40-55
<b>PCI (KJ/KG)</b>	37.700	41.860
<b>VISCOSIDAD CINEM. (40 °C)</b>	1.9-6.0	1.3-4.1
<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)</b>	100-170	60-80
<b>PUNTO DE EBULLICIÓN (°C)</b>	182-338	188-343
<b>RELACIÓN AIRE- COMBUSTIBLE</b>	13.8	15

Fuente: (debate, 2015)

## 2.8 Combustible Biodiésel.

(Salgado, 2010) El biodiésel es un biocarburante líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales. Tiene las mismas propiedades que el gasóleo en cuanto a densidad y número de cetano. Por ello, el biodiésel puede mezclarse con el gasóleo para su uso en motores e incluso sustituirlo totalmente si se adaptan estos convenientemente.

El empleo en motores de combustión interna puede realizarse al 100 % (B100) o en mezclas de proporciones variables con diésel de origen fósil para lo cual se emplea Bx en donde “B” sirve para indicar que se trata de un combustible y “x” que es la proporción en porcentaje de biodiésel presente en la mezclas entre diésel de origen fósil y biodiésel puro.

En la combustión del biodiésel se produce una menor cantidad de CO<sub>2</sub>, el dióxido de carbono que emite a la atmósfera es neutro. El biodiésel no contiene sustancias nocivas ni perjudiciales para la salud.

Tabla 3. Propiedades del biodiésel  
**BIODIÉSEL**

<b>FÓRMULA QUÍMICA</b>	C <sub>18.1203</sub> H <sub>34.9963</sub> O <sub>2</sub> ) <sup>45</sup>
<b>PODER CALORÍFICO</b>	37.10 MJ/Kg
<b>DENSIDAD</b>	880 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b>	100-170 °C
<b>NÚMERO DE CETANO</b>	Min. 47

Fuente: (Salazar, 2015)

Materia prima utilizada para la producción de biodiésel. (Vicente, 2012) La obtención del biodiésel se realiza a partir de cultivos agrícolas, cultivos oleaginosos, aceites vegetales vírgenes o reciclados y de grasa animal.

### **2.8.1 Aceites vegetales convencionales.**

Las materias primas utilizadas convencionalmente en la producción de biodiésel han sido las semillas oleaginosas como:

#### ***Palma africana***

(Vicente, La biomasa y sus Aplicaciones Energeticas, 2012) De la extracción de aceite de palma se puede obtener dos tipo de aceites: El aceite de palma y el aceite producto de la extracción de su semilla. El alto contenido de glicéridos sólidos y triglicéridos le conceden un punto de alto fusión ideal para el uso industrial.



Figura 15. Palma aceitera.  
Fuente: (Cornelis, 2015)

Tabla 4. Composición del Aceite de palma

ÁCIDO GRASO	COMPOSICIÓN
<b>PALMÍTICO (C16:0)</b>	44,0
<b>OLÉICO (C18:1)</b>	39,2
<b>LINOLÉICO (C18:2)</b>	10,1
<b>ESTEÁRICO (C18:0)</b>	4,5
<b>MIRÍSTICO (C14:0)</b>	1,1
<b>LÁURICO (C12:0)</b>	0,2
<b>OTROS</b>	0,9

Fuente: (SciELO, 2015)

### ***El Maní.***

El aceite extraído de esta semilla fue la fuente de energía utilizada por Rudolf Diésel en el inicio de las demostraciones de funcionamiento del motor.

Tabla 5. Composición de Maní.

ÁCIDO GRASO	COMPOSICIÓN
<b>ÁCIDOS GRASO SATURADO</b>	16.9 %
<b>ÁCIDOS GRASO MONOINSATURADO</b>	42 %
<b>ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS</b>	32 %

Fuente: (botanical, 2015)



Figura 16. Maní.  
Fuente: (Cornelis, 2015)

### ***El girasol***

El cultivo de esta especie vegetal se da principalmente por sus semillas que son capaces de proveer de una gran cantidad de aceites. Presenta un contenido nulo de azufre y bajo en partículas aumentando los óxidos de nitrógeno (NOx) dependiendo del motor.

Tabla 6. Composición del Aceite de Girasol

<b>ÁCIDOS GRASO</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>
<b>EL ÁCIDO PALMÍTICO</b>	4-9%
<b>ÁCIDO ESTEÁRICO</b>	1-7%
<b>ÁCIDO OLEICO</b>	14-40%
<b>EL ÁCIDO LINOLEICO</b>	48-74%

Fuente: (Martinez J. , 2015)



Figura 17. Girasol.  
Fuente: (Panoramaagrario, s.f.)

## **La colza**

La colza también conocida como canola, puede utilizarse como aditivo para el gasóleo en un motor diésel sin necesidad de modificaciones puesto que se reduce la viscosidad del aceite.

Tabla 7. Composición del Aceite de Colza.

<b>ÁCIDOS GRASOS</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>
<b>ÁCIDOS GRASO SATURADO</b>	10.3 %
<b>ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADO</b>	19.500 %
<b>ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS</b>	65.7 %

Fuente: (botanical, 2015)



Figura 18. Colza.

Fuente: (Cornelis, 2015)

## **La soja**

El aceite soja puede utilizarse directamente en motores diésel, como en distintas proporciones mezcladas con gasoil siendo un 5% suficiente para mejorar la propiedad lubricante, evitando compuestos azufrados que contaminan la atmosfera.

Tabla 8. Composición del Aceite de soja

ÁCIDO GRASO	COMPOSICIÓN
ÁCIDO PALMÍTICO	11-12 %
ÁCIDO ESTEÁRICO	3-5 %
ÁCIDO OLÉICO	22.0 %
ÁCIDO LINÉLOICO	54.0 %
ÁCIDO LINOLÉNICO	7.5 %

Fuente: (botanical, 2015)



Figura 19 . Soja  
Fuente: (Cornelis, 2015)

### **Higuerilla**

El aceite de higuerilla debido a su composición química conserva su viscosidad a altas temperaturas y es muy resistente a bajas sin congelarse razón por la cual se emplea para motores con altas revoluciones.

Tabla 9. Composición del Aceite de Higuerilla.

ÁCIDOS GRASOS	COMPOSICIÓN
ÁCIDO RICINOLEICO	70%
ÁCIDO OLEICO	12 %
ÁCIDO RICINICO	12 %
OTROS	6%

Fuente: (botanical, 2015)



Figura 20. Higuera  
Fuente: (Cornelis, 2015)

### ***Jatropha***

El aceite de jatropha se ha convertido en un gran potencial para la industria del biodiésel gracias a las características favorables que posee. La composición del aceite contenido en sus semillas varía entre 20% y 60%.

Tabla No. 8 Composición del Aceite de Jatropha.

Tabla 10. Composición del Aceite de Jatropha.

<b>ÁCIDOS GRASOS</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>
<b>ÁCIDO LAÚRICO</b>	5.9%
<b>ÁCIDO MIRÍSTICO</b>	2.7%
<b>ÁCIDO PALMÍTICO</b>	13.5%
<b>ÁCIDO ESTEÁRICO</b>	6.1%
<b>ÁCIDO OLEICO</b>	21.8
<b>ÁCIDO LINOLEICO</b>	47.4%

Fuente: (botanical, 2015)



Figura 21. Jatropha  
Fuente: (Cornelis, 2015)

## **2.8.2 Estructura del biodiésel.**

### ***Fórmula molecular.***

(Salgado J. M., 2010) Parte de la materia prima empleada en la obtención del biodiésel es el aceite vegetal sea este proveniente de girasol, colza, soja, palma africana; estos aceites vegetales están formados por moléculas de triglicéridos de ácidos grasos que se encuentran dentro de 14 a 24 carbonos, mono y triglicéridos, en pequeñas proporciones y variando elementos que se eliminan durante el proceso de refinamiento del biodiésel.

### ***Estructura física del biodiésel.***

La estructura física del biodiésel es más fácil de obtener ya que surge de la observación y el contacto físico de forma directa, de esta forma se puede mencionar:

*Color:* este aspecto depende de la materia prima base del cual se obtiene el biodiésel, si la materia prima es el aceite extraído de la palma aceitera el color es amarillo casi transparente, sin que esto impida que se entregue un color diferente.

*Densidad:* la materia prima es un factor determinante para determinar esta propiedad. El biodiésel se encuentra entre 1200 y 1850 Kg/cm<sup>3</sup>, por lo que es un poco más pesado que el agua.

*Volumen:* la materia prima tiene un factor determinante para poder obtener el volumen específico del biodiésel, por lo que es necesario recordar que el volumen específico se puede obtener de la inversa de la densidad, es decir, volumen sobre masa.

### ***Ventajas y desventajas del empleo de biodiésel.***

(Salgado, 2010) En los motores de los automóviles, los problemas asociados por utilizar biodiésel como combustible, son los que a continuación se presentan:

- La potencia del motor disminuye, porque el poder calorífico inferior del biodiésel 37.5 MJ/Kg es menor que el del diésel 43.0 MJ/Kg
- El consumo de combustible aumenta, ya que el biodiésel contiene menos poder calorífico que el diésel.

Merece la pena destacar las ventajas que su uso ofrece:

- El biodiésel se quema perfectamente sin requerir ningún tipo de modificación en los motores, pudiendo alimentarse alternativamente con el combustible diésel o en mezclas de ambos.
- Aumenta la vida de los motores debido a que posee un poder lubricante mayor.
- El biodiésel como combustible vegetal, no contiene ninguna sustancia nociva ni perjudicial para la salud.
- Menor emisión en partículas, compuestos aromáticos y monóxidos de carbono frente al diésel.

### ***Desempeño del biodiésel en un motor de combustión interna.***

En los motores diésel se transforma la energía química del combustible en energía mecánica. La evaluación del biodiésel se trata de analizar el desempeño del motor cuando se trata de potencia y torque, ya que estos son indicadores de funcionamiento del motor.

Otro factor es el consumo específico de combustible correspondiente a la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo. Cuanto menor sea el consumo específico del motor, mejor será su rendimiento.

Mediante la opacidad se puede apreciar el desempeño ambiental del combustible. La opacidad es la capacidad de las emisiones de gases de oponerse al paso de un haz de luz a una frecuencia determinada.

El contenido energético del biodiésel es menor que el diésel (12% en peso y 8% en volumen), por lo tanto el uso de biocombustible implicara un mayor consumo como ciertas perdidas de potencia y torque.

## 2.9 Glosario de Términos

- **Gasoil.** Combustible líquido resultante de la destilación del petróleo.
- **Auto ignición.** Inflamación rápida y espontanea de la mezcla aire-combustible durante la compresión.
- **EDC.** (Electronic Diésel Control) Regulación Electrónica Diésel.
- **Microprocesador.** Circuito integrado por uno o más chips que contienen todos los elementos que constituye un ordenador.
- **NTC.** (Negative Temperature Coefficient) Termistor de coeficiente de temperatura negativo.
- **Common Rail.** Conducto común, riel común, rampa de inyectores.
- **Sensores.** Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas y químicas, transformándolas en variables eléctricas.
- **Poder calorífico.** Cantidad de calor entregada por un kilogramo, o un metro cúbico de combustible al oxidarse en forma completa.
- **Torque.** Fuerza de giro del motor a cierto número de revoluciones.
- **NOx.** Óxidos de nitrógeno.
- **CO<sub>2</sub>.** Dióxido de carbono.
- **Biodiésel.** Biocombustible liquido que se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales.
- **Parafinas.** Sustancia sólida blanca, translúcida, inodora y fácilmente fusible; es una mezcla de hidrocarburos, se obtiene de la destilación del petróleo
- **Ralentí.** Régimen mínimo de revoluciones por minuto del motor para permanecer en funcionamiento sin la necesidad de accionar el acelerador.

- **CRDI.** Siglas según el fabricante del automóvil (Common Rail Direct Inyección)
- **Sistema CAN BUS.** Sistema de conexión que desarrolló Bosch para intercambio de información entre unidades de vehículo.
- **B10.** Mezcla del 10% biodiesel y 90% de diesel normal.
- **B50.** Mezcla del 50% biodiesel y 50% de diesel normal.
- **B100.** Biodiesel al 100% sin mezcla alguna con diesel normal.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

##### **3.1.2. Bibliográfica**

La presente investigación es de tipo documental debido a que se apoyó en libros, revistas, catálogos y artículos de internet los cuales sirvieron de ayuda para recolectar la información necesaria para elaborar el marco teórico.

##### **3.1.3. Tecnológica**

Se contará con un sistema de equipos como un computador, un opacímetro, un equipo cuentarrevoluciones y un escáner para la realización de las pruebas prácticas los cuales ayudan en la toma y recopilación de datos.

#### **3.2. Tipos de Métodos**

##### **3.2.1. Analítico – Sintético**

Se utilizó al procesar la información teórica obtenida en los manuales tanto del opacímetro como del escáner, para hacer uso de los mismos.

##### **3.2.2. Inductivo – Deductivo**

Porque se parte de un problema planteado, mismo que será comprobado a lo largo de la investigación

#### **3.3 Técnicas**

Las técnicas que se utilizaron en el presente trabajo de grado fueron principalmente la consulta, observaciones y experimentación.

## CAPÍTULO IV

### 4. PROPUESTA

#### 4.1. Título de la propuesta

Análisis de la eficiencia energética en un motor diésel electrónico usando biodiésel.

#### 4.2. Fundamentación

El presente trabajo de grado tiene la finalidad de demostrar las ventajas y desventajas del uso del biodiésel en el motor MAZDA BT-50 WL-C 2.5 CRD-i, siendo este combustible un tipo de energía alternativa para el funcionamiento de los motores de combustión interna a diésel ayudando a disminuir la contaminación ambiental.

#### 4.3. Desarrollo de la propuesta

Para realizar las pruebas de investigación se empleo:

- a) Un motor Mazda BT-50 Diésel, que consta con las siguientes características:

Tabla 11. Especificaciones del motor Mazda BT-50 Diésel

MODELO DEL MOTOR	MAZDA BT-50 A DIÉSEL
AÑO	2013
TIPO	4 cilindros en línea
ALIMENTACIÓN	DE Inyección electrónica a Diésel
COMBUSTIBLE	por riel común
ORDEN DE ENCENDIDO	1-3-4-2
CILINDRADA	2499cc
MAX. SALIDA HP/RPM	143/3500
MAX. SALIDA KW/RPM	105/3500
APERTURA DE TERMOSTATO	82 °C



**Figura 22. Motor Mazda BT-50 Diésel.**

b) Combustible diésel de origen fósil.

**Tabla 12. Propiedades del Diésel.  
DIÉSEL**

<b>PODER CALORÍFICO</b>	43 MJ/Kg
<b>DENSIDAD</b>	832kg/m <sup>3</sup>
<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b>	60-80 °C
<b>NÚMERO DE CETANO</b>	40-55

Fuente: (Salazar, 2015)

c) Combustible biodiésel de aceite de palma B10.

**Tabla 13. Propiedades del biodiésel.  
BIODIÉSEL**

<b>PODER CALORÍFICO</b>	37.10 MJ/Kg
<b>DENSIDAD</b>	880 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b>	100-170 °C
<b>NÚMERO DE CETANO</b>	Min. 47

Fuente: (Salazar, 2015)

Los combustibles utilizados para las pruebas son diferentes, empezando por el proceso de producción (para biodiésel) y refinamiento (para el diésel de origen fósil) además de sus características y su comportamiento dentro del motor.

En la actualidad la estructura de los motores diésel se acopla casi de forma perfecta al cambio de combustible de diésel a biodiésel sin sufrir casi ningún tipo de modificación salvo juntas o empaques que sean poco resistentes al poder solvente del biodiésel.

Por este motivo se desprende suciedad de las paredes del tanque de combustible, por lo que es necesaria una revisión periódica de los filtros de combustible y de las cañerías de combustible.

Si el motor utiliza mangueras de caucho natural se deberá reemplazarlas por unas de un material de mayor resistencia ya que el nivel corrosivo del biodiésel puede afectar estos elementos.

#### **4.4 Prueba de opacidad**

La opacidad es el grado de reducción de intensidad de la luz visible, ocasionada por una sustancia al pasar a través de esta.

El color o la intensidad del humo indicaran la condición de trabajo del motor siendo índice a evaluar la calidad de la combustión. Dependiendo del funcionamiento del motor se tiene los siguientes tipos de humo:

##### **4.4.1 Humo blanco**

Este tipo de humo se presenta cuando las partículas de combustible no se queman formando en la cámara de combustión bajas temperaturas. Se produce en el arranque en frío, pero a medida que el motor sube su temperatura este desaparece.

##### **4.4.2 Humo negro**

Se produce cuando la combustión del combustible es incompleta producto de las partículas de combustible que no hicieron contacto con el oxígeno del aire por lo cual no se queman completamente.

#### 4.4.3 Humo azul

Producto del exceso de aceite lubricante en la cámara de combustión, se puede presentar en los gases de escape parcialmente quemados o sin quemar en forma de gotas.

Los límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel son:

Tabla 14. Límites máximos de opacidad.  
**AÑO MODELO**                      **% OPACIDAD**

<b>2000 Y POSTERIORES</b>	50
<b>1999 Y ANTERIORES</b>	60

Fuente: (Ambiente, 2015)

#### 4.5 Equipo de diagnóstico empleado para medir la opacidad del motor.

Para llevar a cabo las pruebas de opacidad en el motor se utilizó el opacímetro OPA 100 BRAIN BEE de propiedad de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

##### 4.5.1 Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE.

Equipo que trabaja por el principio de flujo parcial con absorción de luz por medio de led, incluye un software para PC que cuenta con una prueba de valor pico de opacidad, además cuenta con las pruebas oficiales de revisión según normas establecidas.



Figura 23. Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE.

Antes de realizar las conexiones del equipo es necesario realizar las siguientes verificaciones del motor.

- Verificar que el sistema de escape del motor este en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Con el motor apagado y en posición horizontal verificar que el nivel de aceite sea el correcto.
- Verificar que el nivel de agua sea el correcto.
- Verificar que todos los sensores y actuadores estén bien conectados.
- Examinar que no existan fugas de aceite en el motor.

Si el motor no cumple las condiciones anteriormente mencionadas, no se debe continuar con las pruebas.

#### **4.5.2 Conexión del Opacómetro OPA 100 BRAIN BEE.**

Para realizar la conexión del opacómetro se debe seguir los siguientes pasos:

- a) Conectar el opacómetro a una fuente de energía (110v)
- b) Conectar la sonda en la parte delantera del opacómetro



**Figura 24. Conexión de la sonda al opacómetro.**

- c) Conectar el analizador hacia el computador por medio del cable USB.
- d) Conectar los sensores al equipo cuentarrevoluciones.



**Figura 25. Equipo cuentarrevoluciones.**

e) Conectar los sensores del equipo cuentarrevoluciones al motor



**Figura 26. Sensores del equipo cuentarrevoluciones**

Conectar el cable de batería, se puede identificar por sus pinzas a los extremos el de color rojo es positivo y el negro negativo los cuales se conectan a los bornes de la batería.

Conectar el cable del sensor de golpeteo (KS) en el cabezote del motor cerca de los inyectores, este sensor se encarga de medir las RPM del motor.

Conectar el sensor de temperatura (ECT), este sensor se conecta en la bayoneta de aceite, teniendo en cuenta que la longitud del cable del sensor debe ser la misma a la bayoneta de aceite del motor.

#### **4.5.3 Operación del Opacímetro OPA 100 BRAIN BEE.**

Una vez realizadas las conexiones del equipo se procede a realizar las respectivas pruebas para ello se debe seguir los siguientes pasos:

1. Para iniciar con las pruebas se ingresa al programa.
2. Una vez ingresado al programa aparecerá un menú con todas las opciones que este posee.



Figura 27. Operación del Opacímetro

En donde:

**F1 Análisis de gases de escape:** Es la aplicación del software “AGS1WIN” para analizar los gases de escape en los vehículos con motor a gasolina.

**F2 Análisis Opacidad:** Aplicación del software “OPAIWIN” para medir los gases de escape en los vehículos con motor diésel.

**F3 Osciloscopio:** Aplicación del software “OSC1WIN” que sirve para analizar las señales eléctricas.

**F6 Aire acondicionado:** Utilizado para diagnosticar el sistema de aire acondicionado.

**F7 Ajustes:** Menú donde el operador puede modificar alguna información requerida por el programa como datos del taller entre otros.

**F8 Configuraciones:** Menú de configuración del programa, que solo el servicio de asistencia técnica puede modificar, está protegido por una clave de acceso.

En el menú se selecciona ANÁLISIS OPACIDAD.

3. Se selecciona la opción de TEST OFICIAL de opacidad que es válido para Ecuador.
4. Se procede a llenar los datos, siendo los de color rojo de manera obligatoria.



Figura 28. Llenar datos Opacímetro OPA 100.

5. Para continuar se Presiona F2 en donde se muestra los valores vigentes, mismos que no pueden ser superiores a los establecidos.



Figura 29. Límites oficiales Opacímetro OPA 100.

Para dar inicio a las pruebas se debe llevar al motor a una temperatura superior a los 75°C, caso contrario no se puede dar inicio a las pruebas por lo general tomará 5 minutos de calentamiento del motor.



Figura 30. Temperatura Opaquímetro OPA 100.

6. Una vez alcanzada la temperatura óptima aparecerá en la pantalla una ventana que dice: “insertar la sonda en el tubo de escape” en donde se inserta la sonda en el tubo de escape del motor y se hace click en OK.



Figura 31. Introducir sonda.



Figura 32. Selección Opaquímetro OPA 100.

Para realizar las pruebas se empleó el método de aceleración libre que es el aumento de revoluciones del motor, llevándolo rápidamente desde ralentí a un régimen de 2500-3500 RPM.

7. El software indicará el momento en el cual se debe acelerar el motor, en la parte inferior de la pantalla del computador aparecerá un ícono de color verde que dice ACELERANDO esto indica que se debe realizar una aceleración al motor.
8. Cuando el ícono de acelerando se pierde aparecerá uno de color rojo que dice STOP que indica que se debe dejar de acelerar el motor por un lapso de 5 segundos, para que nuevamente el programa indique la próxima aceleración.



**Figura 33. Selección Opacímetro OPA 100.**

Dependiendo del estado del motor se realizará el número de aceleraciones. Una vez culminada la prueba se tiene un resultado que puede ser:

### ***Falta tipo I***

Este tipo de falta no presenta un peligro inminente para la seguridad de las personas ni para el medio ambiente.

### ***Falta tipo II***

Son aquellas que presentan un serio riesgo para la seguridad de las personas como también para el medio ambiente, este será reconsiderado en los próximos controles de revisión pudiendo desaparecer o puede cambiar a falta de tipo I o III.

### ***Falta tipo III***

Representa un riesgo inminente para la seguridad de los ocupantes del vehículo como demás personas y medio ambiente siendo necesario llevar nuevamente el vehículo a una nueva revisión.

### ***Aprobado***

Es la calificación menor al límite de rechazo, valores que se encuentran inferiores a los estipulados en la norma.

### ***Condicional***

Es el conjunto de faltas con calificación cercano al límite de rechazo teniendo que repetir las pruebas luego de un tiempo determinado.

### ***Rechazado***

Calificación que se obtiene cuando los valores son superiores a los establecidos.

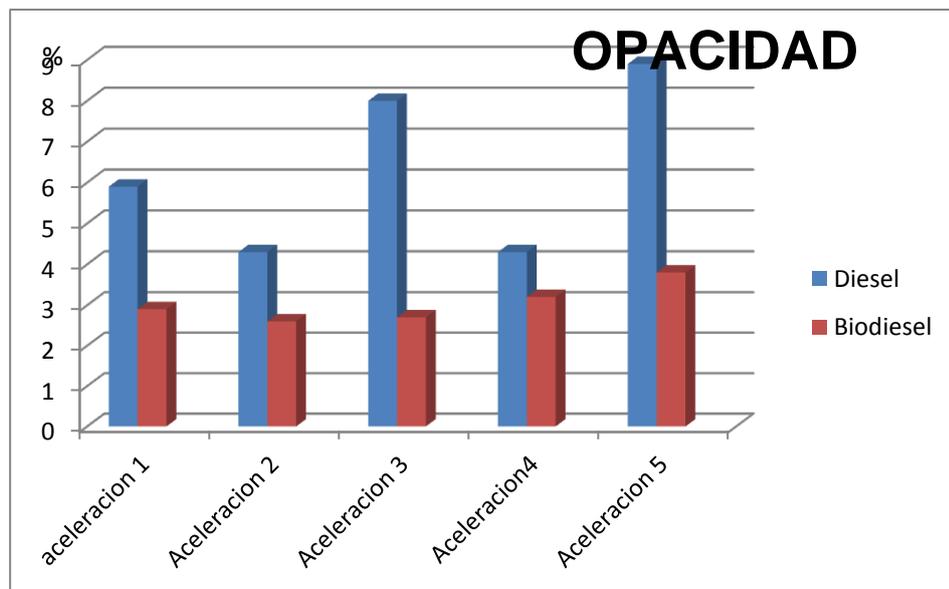
Con el resultado del test indicado en la parte inferior de la pantalla se concluye la prueba de opacidad, para guardar el test se sigue los pasos del analizador de gases.

#### 4.5.4 Resultados de las pruebas

##### *Opacidad del motor con combustible diésel y biodiésel.*

Tabla 15. Valores de opacidad en el motor.  
ACELERACIONES PICO OPACIDAD (%)

COMBUSTIBLE	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	Valor promedio	Resultado
DIÉSEL	5.9	4.3	8.0	4.3	8.9	6.28	APROBADO
BIODIÉSEL	2.9	2.6	2.7	3.2	3.8	3.0	APROBADO



**Gráfico 1. Cantidad de opacidad**

##### **Análisis**

Como se puede apreciar en el gráfico cada barra de opacidad representa una aceleración del motor, teniendo un valor promedio de opacidad con diésel de 6.3 %, mientras que con biodiésel tenemos un valor promedio de 3.0% teniendo como resultado una disminución promedio de opacidad de un 47% al utilizar biodiésel debido a su mayor número de cetanaje mejorando la combustión y a su menor contenido de azufre.

#### 4.6. Prueba de Consumo de combustible

Las pruebas de consumo de combustible se las realizó de dos maneras diferentes con el motor en ralentí y la otra a un régimen de 3000 rpm.

El método que se utilizó consistió en cronometrar el tiempo en que se consume un determinado volumen de combustible. Para ello se utilizó un recipiente de una capacidad determinada que, para permitir la lectura lleva señales de medición a su costado indicando el volumen del contenido.

Cabe señalar que las pruebas fueron realizadas en similares condiciones como temperatura ambiente y presión atmosférica.

Para realizar la prueba se realizó los siguientes pasos:

1. Se desconecta las mangueras de salida y retorno del combustible del tanque de combustible.
2. Se introduce las mangueras en el recipiente de combustible
3. Se enciende el motor.
4. Se espera que el motor estabilice su funcionamiento en ralentí.
5. Se llena el recipiente sin cortar el paso de combustible al motor con una cantidad de 1000ml.



**Figura No. 1 Medida de combustible.**

6. Se procede a cronometrar el tiempo determinado para cada tipo de prueba, en el caso de ralentí el tiempo es de 1 hora y para 3000 RPM el tiempo es de 15 minutos.
7. Se recopila los datos resultantes

#### 4.6.1. Resultados de las pruebas de consumo de combustible

Tabla No. 1 Consumo de combustible del motor Mazda BT-50 con diésel y biodiésel.

Combustible	Tiempo	Diésel	biodiésel
Ralentí (718RPM)	1 hora	400 ml	500 ml
3000 RPM	15 minutos	600 ml	750 ml

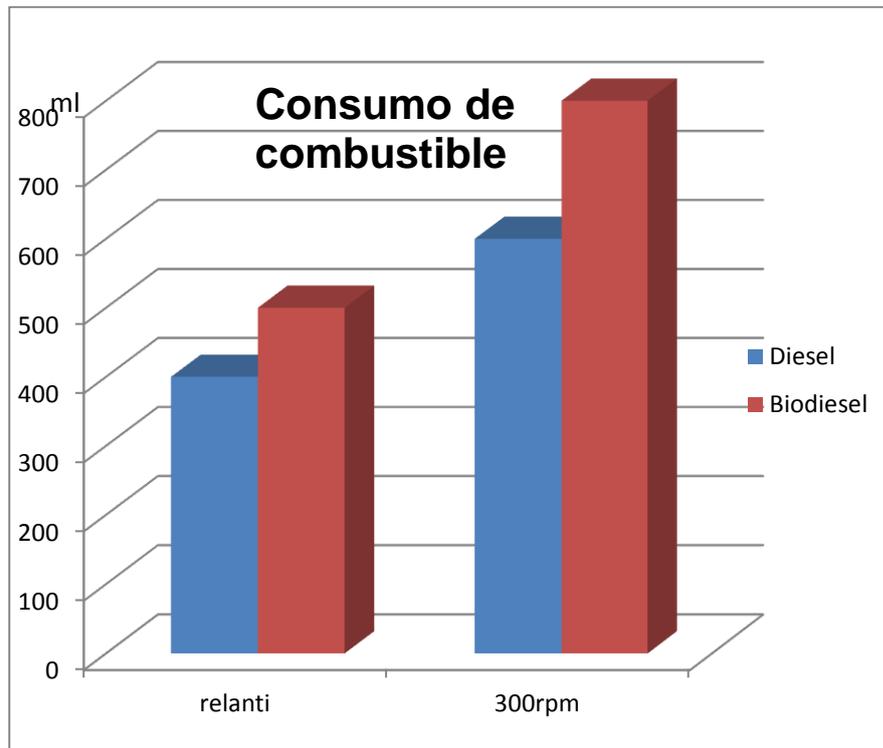


Gráfico No. 1 Consumo de combustible

#### Análisis

Como se puede observar en el gráfico las barras de consumo de combustible están a diferentes revoluciones una en ralentí y la otra a 3000 RPM. Con el combustible diésel se tiene un consumo de 400 ml en ralentí y de 600 ml a 3000 RPM. Con biodiésel se tiene un mayor consumo en ralentí 500 ml y a 3000 RPM 750 ml, es decir, el consumo de combustible aumenta con respecto al diésel en un 25%, debido al menor poder calorífico del biodiésel.

#### 4.7. Prueba de presión en el riel y temperatura del combustible.

Para comparar las Presiones existentes en el riel tanto con el combustible diésel como con biodiésel se procede a realizar las respectivas pruebas por medio de un scanner que en esta ocasión es el CARMAN SCAN LITE.

##### 4.7.1. Scanner CARMAN SCAN LITE.

(Lite, 2015) El CARMAN SCAN LITE es un equipo de última tecnología que permite diagnosticar, verificar y reparar vehículos con inyección electrónica confiablemente.

##### ***Características del CARMAN SCAN LITE.***

Tabla 16. Características del CARMAN SCAN LITE.  
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

<b>ESCÁNER MULTIMARCA PARA VEHÍCULOS AMERICANOS, EUROPEOS, COREANOS, JAPONESES Y CHINOS.</b>
<b>PROTOCOLOS OBD I, OBD II.</b>
<b>REPROGRAMADOR DE LLAVES (SOLAMENTE KIA, HYUNDAI Y MAZDA).</b>
<b>DIAGNÓSTICO DE MOTOR, TRANSMISIÓN, ABS, AIRBAG ENTRE OTROS.</b>
<b>REPROGRAMADOR DE INYECTORES DIÉSEL.</b>
<b>CAPACIDAD DE HASTA 20 SENSORES EN PANTALLA.</b>
<b>ESCAÑA VEHÍCULOS A DIÉSEL LIVIANOS</b>
<b>FUNCIÓN DE LECTURA DE CÓDIGOS DE FALLA.</b>
<b>INCORPORA DIAGNÓSTICO PARA RED CAN BUS.</b>

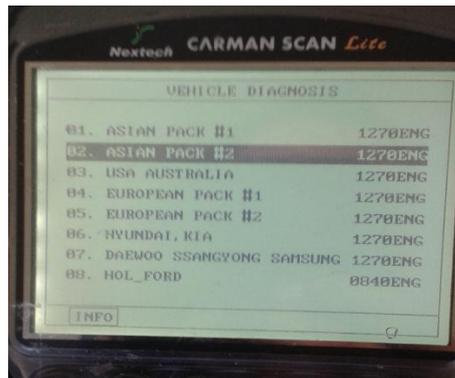
Fuente: (Lite, 2015)



**Figura 34. Scanner CARMAN SCAN LITE**

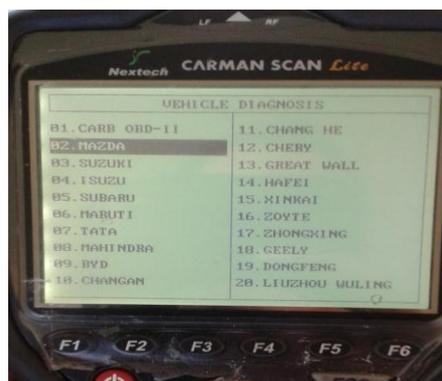
Los pasos para realizar las pruebas de medición con el escáner son los siguientes:

1. Conectar el scanner a la conexión de datos de diagnóstico del motor.
2. Se enciende el scanner.
3. En la pantalla aparece un menú con 3 opciones, se escoge la opción VEHICLE DIAGNOSIS
4. Seleccionar la opción ASIAN PACK #2 del menú.



**Figura 35. Selección Scanner ASIAN PACK #2.**

5. Aquí aparece un menú con 3 opciones se selecciona la opción VEHICLE DIAGNOSIS.
6. En este menú aparecerá la marca de vehículo que se va a diagnosticar en este caso se selecciona la opción MAZDA.



**Figura 36. Selección scanner marca de vehículo.**

7. Una vez seleccionado la marca de vehículo se selecciona el tipo de vehículo a diagnosticar aquí se selecciona BT-50



Figura 37. Selección scanner tipo de vehículo.

8. Aparecerá un nuevo menú, se selecciona la opción 3 OL MANUAL

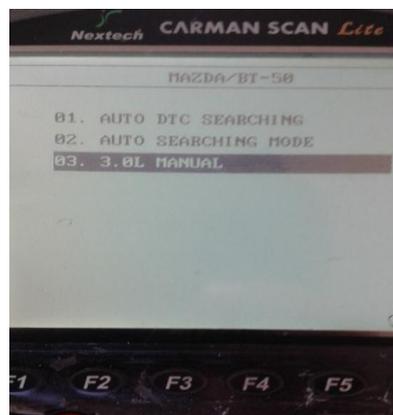


Figura 38. Selección Scanner 3. OL MANUAL.

9. Luego se escoge la opción PCM-POWERTRAIN CTRL MOD del menú.

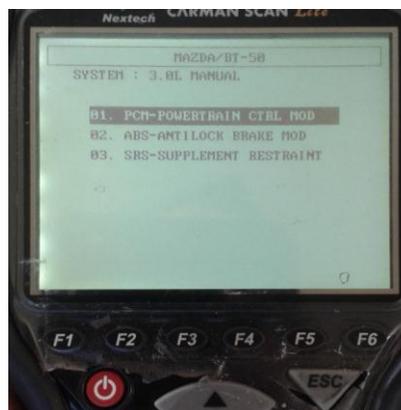


Figura 39. Selección Scanner PCM-POWERTRAIN CTRL MOD

10. Se selecciona CURRENT DATA del menú

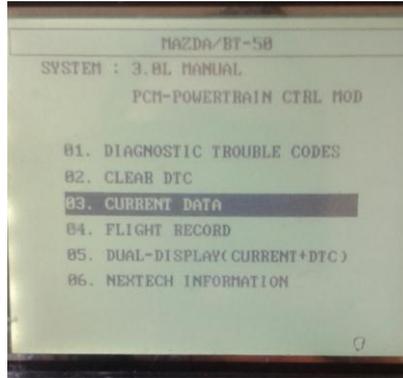


Figura 40. Selección Scanner CURRENT DATA.

11. Al final se desplegará un menú con la lista de los sensores del vehículo, se selecciona los que vamos a medir, una vez que se ha localizado se presiona F1 para obtener sus datos.

#### 4.7.2. Pruebas con el combustible diésel.

##### *Motor Ralentí*

Tabla 17. Motor Ralentí  
MOTOR RALENTÍ

TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE	24°C
PRESIÓN EN EL RIEL	37 MPa
REVOLUCIONES DEL MOTOR	718 RPM

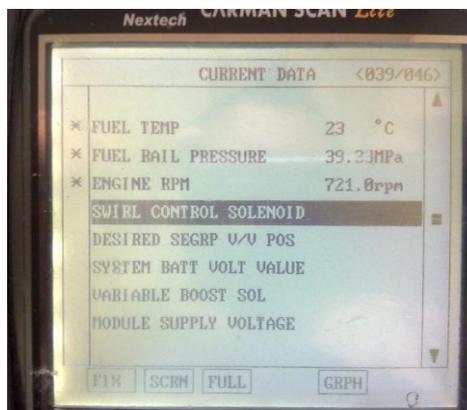
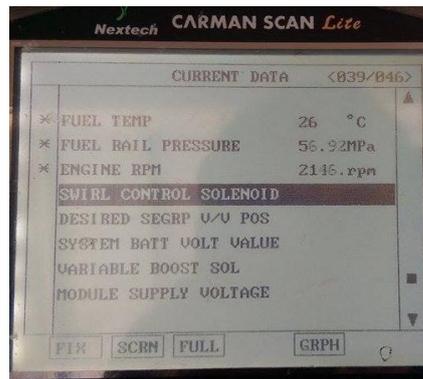


Figura 41. Presión en el riel en ralentí.

**Motor a 2000 RPM.**

Tabla 18. Motor a 2000 RPM  
MOTOR A 2000 RPM

<b>TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE</b>	26°C
<b>PRESIÓN EN EL RIEL</b>	56.92 MPa
<b>REVOLUCIONES DEL MOTOR</b>	2146 RPM

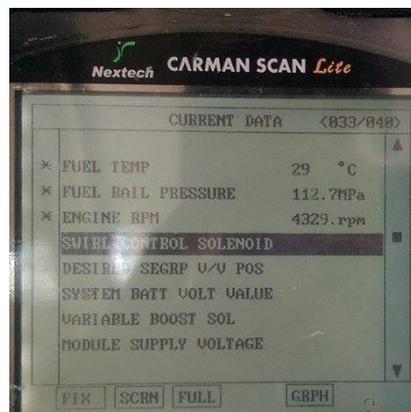


**Figura 42. Presión en el riel a 2000 RPM.**

**Motor a 4000 RPM.**

Tabla 19. Motor a 4000 RPM  
MOTOR A 4000 RPM

<b>TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE</b>	29°C
<b>PRESIÓN EN EL RIEL</b>	112.7 MPa
<b>REVOLUCIONES DEL MOTOR</b>	4329 RPM



**Figura 43. Presión en el riel a 4000 RPM.**

#### 4.7.3. Pruebas con el combustible biodiésel.

Las pruebas del motor Mazda BT-50 Diésel se realizó en ralentí, a 2000 RPM, y 4000 RPM.

##### *Motor en ralentí.*

Tabla 20. Motor Ralentí  
MOTOR RALENTÍ

<b>TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE</b>	24°C
<b>PRESIÓN EN EL RIEL</b>	37 MPa
<b>REVOLUCIONES DEL MOTOR</b>	718 RPM

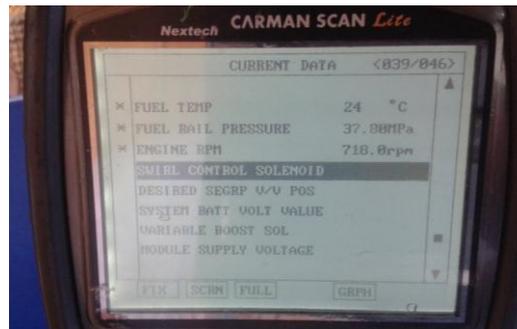


Figura 44. Presión en el riel en ralentí.

##### *Motor a 2000 RPM.*

Tabla 21. Motor a 2000 RPM  
MOTOR A 2000 RPM

<b>TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE</b>	26°C
<b>PRESIÓN EN EL RIEL</b>	53.28 MPa
<b>REVOLUCIONES DEL MOTOR</b>	2105 RPM

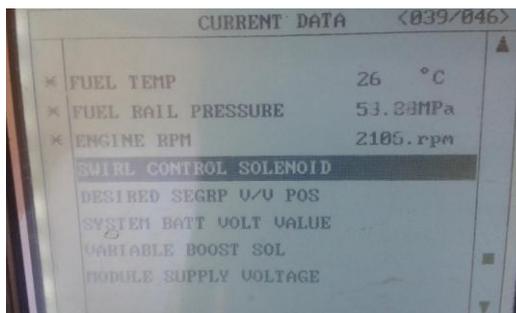


Figura 45. Presión en el riel a 2000 RPM.  
Motor a 4000 RPM.

Tabla 22. Motor a 4000 RPM  
MOTOR A 4000 RPM

TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE	27°C
PRESIÓN EN EL RIEL	109.8 MPa
REVOLUCIONES DEL MOTOR	4374 RPM

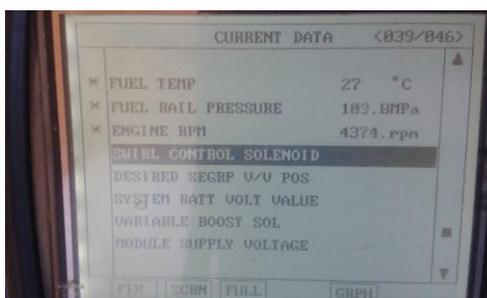
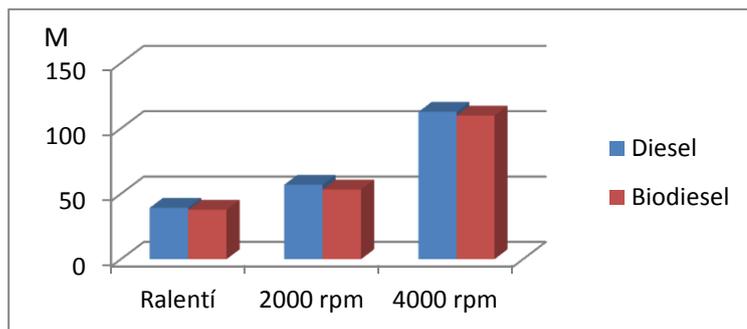


Figura 46. Presión en el riel a 4000 RPM.  
4.7.4. Resultados de las pruebas.

Tabla 23. Resultados de las pruebas  
COMBUSTIBLE DIÉSEL      COMBUSTIBLE BIODIÉSEL

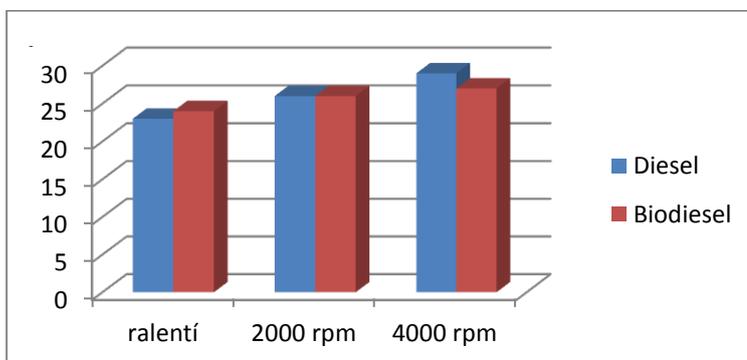
	Presión del riel	Temperatura del combustible	Presión del riel	Temperatura del combustible
Ralentí (718 RPM)	393.3 Bar 39.33 MPa	23 °C	378 Bar 37.80 MPa	24 °C
2000 RPM	569.2 Bar 56.92 MPa	26 °C	532.8 Bar 53.28 MPa	26 °C
4000 RPM	1127 Bar 112.7 MPa	29°C	1098 Bar 109.8 MPa	27 °C



**Gráfico 2. Presión en el Riel**

### Análisis

Como se puede observar en el gráfico las barras de presión en el riel están a diferentes revoluciones. Con el combustible diésel en ralentí la presión es de 39.33 MPa, a 2000 RPM la presión es de 56,92 MPa y 4000 RPM la presión es de 112,7 MPa. Con el combustible biodiésel en ralentí la presión es de 37,80 MPa, a 2000 RPM la presión es de 53.28 MPa y a 4000 RPM la presión es de 109.8 MPa, es decir, la presión disminuye con el biodiésel debido a su mayor densidad.



**Gráfico 3. Temperatura del Combustible**

### Análisis

Como se puede observar en el gráfico las barras de la temperatura del combustible están a diferentes revoluciones. Con el combustible diésel en ralentí la temperatura es de 23°C, a 2000 RPM la temperatura es de 26 °C y a 4000 RPM la temperatura es de 29 °C. Con el combustible biodiésel en ralentí la temperatura es de 24°C, a 2000 RPM la temperatura es de 26 °C y a 4000 RPM la temperatura es de 27 °C. Al aumentar la presión en el riel de inyectores aumenta la temperatura.

## **CAPÍTULO V**

### **5. Conclusiones y Recomendaciones**

#### **5.1. Conclusiones.**

- Con el uso del biodiésel se puede evidenciar la disminución de la opacidad de los gases de escape del motor en un 47% con respecto al diésel de origen fósil esto debido al menor contenido de azufre siendo muy favorable para el medio ambiente.
- Con respecto al consumo de combustible en el motor, al utilizar biodiésel se puede apreciar que este aumenta en un 25% debido al menor poder calorífico que tiene con respecto al diésel.
- Al utilizar biodiésel en el motor, la presión de trabajo en el riel de inyectores disminuye en un 3% esto se debe al menor poder calorífico que tiene con respecto al diésel de origen fósil.

#### **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda a los estudiantes realizar una investigación acerca de las energías a partir de fuentes renovables ayudando a buscar soluciones que permitan disminuir la contaminación del medio ambiente.
- Se recomienda realizar una investigación con un diferente tipo de biodiésel como puede ser de aceite higuera o jatropa existentes en nuestro medio.
- Es recomendable que para futuras investigaciones se realicen pruebas en diferentes porcentajes del aceite base del biodiésel B10, B50 y B100 para ver el comportamiento del motor.

## Bibliografía

docsetools.com. (2015). Recuperado el 30 de marzo de 2015, de [http://docsetools.com/articulos-para-saber-mas/article\\_42713.html](http://docsetools.com/articulos-para-saber-mas/article_42713.html)

dspace.ups.edu.ec. (10 de 04 de 2015). Recuperado el 09 de 04 de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1158/5/CAPÍTULO%20I.pdf>

GmbH, R. B. (2002). *Regulacion Electronica Diésel*. Stuttgart.Código: 621.436.1/.B47/Reg.

Martinez, D. H. (2003). *Manual del automovil*. Madrid: CULTURAL , S.A.

Martinez, D. H. (2003). *Manual del Automovil* . Madrid: cultural S.A.Código:629.224/.C84/Cam

panoramaagrario.com. (s.f.). Recuperado el 09 de 04 de 2015, de <http://panoramaagrario.com/2015/02/buscan-elevar-la-siembra-de-semilla-de-girasol/>

Perez, J. M. (2002). *Tecnicas del automovil. Motores*. Madrid.

Perez, J. M. (2009). *Tecnicas del Automovil. Motores*. Madrid: Paraninfo, S.A.Código:629.2504/.A56/Tec.

Salgado, J. M. (2010). *GUIA COMPLETA DE LA BIOMASA Y LOS BIOCOMBUSTIBLRS*. Madrid: A. Madrid Vicente.

Serrano, E. C. (2001). *Sistea de Inyeccion Diésel Mecánicos y Electronicos*. Quito.Código:621.436/.C64/Sis.

Vicente, A. M. (2012). *La biomasa y sus Aplicaciones Energeticas*. Madrid: AMV EDICIONES.

Vicente, A. M. (2012). *La Biomasa y sus Aplicaciones Energeticas*. Madrid: AMV Ediciones.

www.aeade.net. (13 de 05 de 2015). Obtenido de <http://www.aeade.net/web/images/stories/descargas/biblioteca/norma4.pdf>

www.botanical-online.com. (09 de 04 de 2015). Obtenido de <http://www.botanical-online.com/aceitedecacahuete.htm>

www.energiaadebate.com. (06 de 05 de 2015). Obtenido de <http://www.energiaadebate.com/Articulos/Noviembre2008/SarmientoNov2008.htm>

www.infojardin.com. (18 de MARZO de 2015). Obtenido de <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=109254&page=3>

www.scielo.org.co. (27 de MARZO de 2015). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532010000400026&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000400026&lang=en)

www.tecnotalleres.com. (06 de 05 de 2015). Obtenido de <http://www.tecnotalleres.com/index.php/catalogo/12/98/equipos-educativos-y-entrenamiento/carman-scan-detail?tmpl=component&format=pdf>

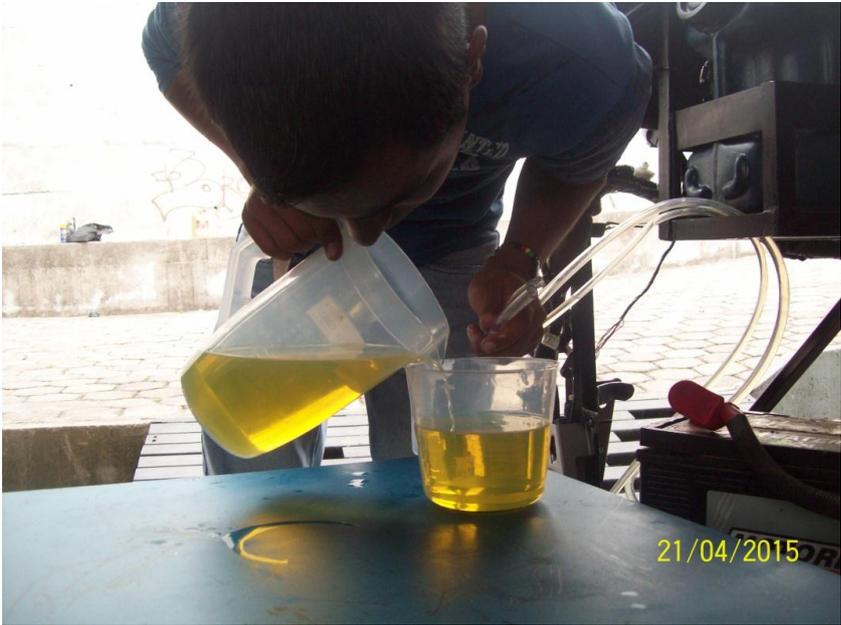
## ANEXOS

### Anexo 1. Evidencias fotográficas.

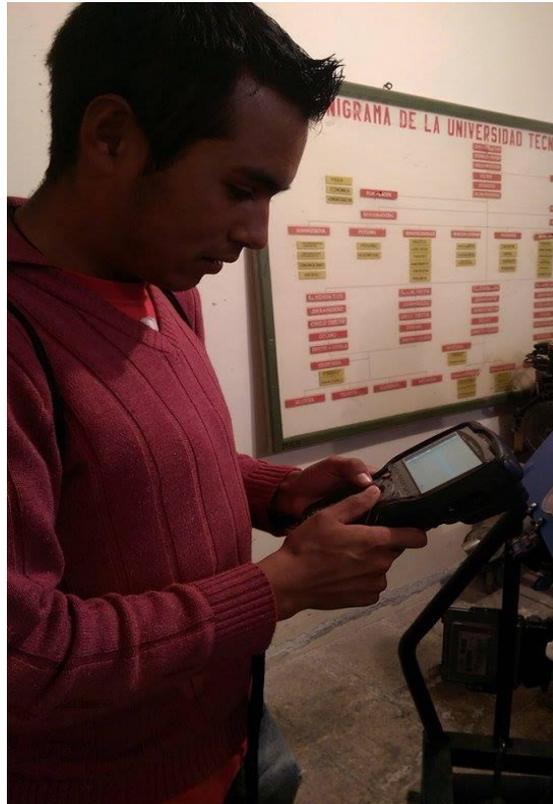
Realizando pruebas de opacidad



Realizando pruebas de consumo de combustible



Realizando pruebas de presión en el riel



## Anexo 2. Socialización





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	040154106-5		
APELLIDOS Y NOMBRES	BÁEZ CHAMORRO OSCAR DAVID		
DIRECCIÓN	IMBABURA, IBARRA, LA VICTORIA		
E-MAIL	davidbaezch@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO	0997851620	TELÉFONO MÓVIL	0997851620
DATOS DE LA OBRA			
TEMA	"TEMA: ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN MOTOR DIÉSEL ELECTRÓNICO USANDO BIODIÉSEL".		
AUTOR	BÁEZ CHAMORRO OSCAR DAVID		
FECHA	2015/07/20		
PROGRAMA	PRE-GRADO		
TÍTULO POR QUE OPTA	Titulo de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz		
DIRECTOR	Ing. Carlos Mafla		

## 2 AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Báez Chamorro Oscar David, con cédula de identidad 040154106-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra de trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma

Nombre: Báez Chamorro Oscar David

Cédula: 040154106-5

Ibarra, julio del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Báez Chamorro Oscar David, con cédula de identidad N° 040154106-5 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, en calidad de autor del Trabajo de Grado titulado "ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN MOTOR DIÉSEL ELECTRÓNICO USANDO BIODIÉSEL". que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

Hago la entrega de este ejemplar impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte, para que sea utilizada con fines académicos.

Firma

Nombre: Báez Chamorro Oscar David

Cédula: 040154106-5

Ibarra, Julio del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DECLARACIÓN**

Yo, Báez Chamorro Oscar David, con cédula de identidad N°. 040154106-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Oscar David Báez Chamorro', is written over a dotted line.

Firma

Nombre: Báez Chamorro Oscar David

Cédula: 040154106-5

Ibarra, julio del 2015