



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO**  
**DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**Título:**

---

**“Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución”.**

---

**Autor: Erazo Laverde Washington Germán**

**Tutor: PhD. Alberto Velázquez Del Rosario**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Diciembre – 2013**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Diciembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Sr. Erazo Laverde Washington Germán, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized and appears to be 'Alberto Velázquez Del Rosario'.

PhD. Alberto Velázquez Del Rosario

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, Washington Germán Erazo Laverde, portador de cédula de identidad 0501432637, declaro que la presente Tesis de Grado, es el resultado de la investigación desarrollado como maestrante de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Atentamente

Washington Germán Erazo Laverde

C. I. 050143637

## AGRADECIMIENTO

Es propicio empezar agradeciendo a Dios por todas las bendiciones que he recibido en la Tierra, por la oportunidad de seguir creciendo personal y profesionalmente.

Al Personal Directivo, Docente y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi en las Personas del Lic. Nelson Corrales MSc. y Lic. Daniela Larrea por el desarrollo, planificación y altura con la que llevaron el Programa de Maestría de Energías que ha permitido que nuestra ciudad y provincia se proyecte internacionalmente.

A mis distinguidos Maestros de Cátedra de la Universidad de MOA Cuba los PhD: Gabriel, Secundino, Columbie, Legra, Gustavo, Alberto, Eduardo que desinteresadamente me brindaron sus conocimientos, amistad y ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A mi Mami Gordita, mi Papi Leonidas (+) así como a Angelito, Piedacita, mis Herman@s, Sobrin@s, Cuñad@s, quienes siempre están pendientes de quien escribe y mi familia con su apoyo incondicional y desinteresado.

A mi equipo de colaboradores y amigos que plasmaron su contingente en este trabajo.

Germán E.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor quiero dedicar este trabajo fruto del esfuerzo, sacrificio, y dedicación de mi pequeña y gran familia; A mi querida esposa Alexandra y con ella a mi Princesita Emily y Mi Germancito, quienes también me han apoyado en este trabajo y han sentido también el rigor de esta preparación y porque no decir que han sido sacrificados al no recibir todo el tiempo y dedicación que se merecen.

A mis Hij@s de corazón: Edy, Stefy, Mauri, Mayte siempre los tengo presentes y quisiera que este logro les sirva de motivación para proyectarse en su vida personal y profesional.

Germán E.

## **CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

**“Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución”.**

Autor: Washington Germán Erazo Laverde

Fecha: Diciembre del 2013

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**“Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución”.**

**AUTOR:** ERAZO LAVERDE Washington Germán.  
**TUTOR:** PhD. VELÁZQUEZ DEL ROSARIO Alberto.

**RESUMEN**

En esta investigación determino el potencial energético que dispone el aceite de piñón como fuente de energía alternativa de combustible en motores diesel Isuzu serie DMax en la ciudad de Latacunga, a través de un trabajo de campo experimental utilizando equipos de medición de tecnología de punta se ha generado información relevante con el propósito de desarrollar una propuesta de su utilización en proporciones del 5, 10, 15 y 20 por ciento en combinación con diesel para reducir la polución producida por vehículos diesel y convertirlo en una alternativa energética. Las pruebas de laboratorio, se refieren a mediciones de variación de temperatura en función del tiempo para obtener el potencial energético del biocombustible en los porcentajes mencionados y en estado puro, para utilizarlo en el motor Isuzu Diesel de la serie DMax, para verificar su influencia en el torque, potencia, opacidad, consumo de combustible y rendimiento en general del motor. La investigación bibliográfica del objeto de estudio se obtuvo en textos, artículos indexados, bases digitales, fuentes secundarias se enfoca a aplicar una metodología acorde al Grado Académico de Magister en Gestión de Energías.

Las mediciones realizadas son indispensables y fundamentales en la investigación, permitieron evidenciar el potencial energético que dispone el aceite piñón como fuente alternativa de energía, caracterizando su utilización para disminuir la contaminación ambiental en la ciudad de Latacunga.

**Descriptores:**

Aceite de piñón, energía alternativa, motor diesel Isuzu DMax, eficiencia energética, instrumentos y equipos de medición.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TITLE:**

"Evaluation of the energy potential of the oil pinion in the engine Isuzu DMax series as alternative energy source in the city of Latacunga. Use as biofuel in diesel in proportion to reduce pollution"

AUTHOR: ERAZO LAVERDE Washington Germán.

TUTOR: PhD. VELÁZQUEZ DEL ROSARIO Alberto.

**ABSTRACT**

This investigation determined the energy potential available to the oil pinion as a source of alternative energy fuel in diesel engines Isuzu series DMax in the city of Latacunga, through a work of experimental field using measuring equipment technology has relevant information generated for the purpose of developing a proposal for use in proportions of 5, 10, 15 and 20 percent in combination with diesel to reduce pollution produced by diesel vehicles and turning it into an energy alternative

Laboratory tests refer to measurements of temperature variation versus time for the energy potential of biofuel in the above percentages and pure for use in the Isuzu DMax diesel engine series, to verify their influence on torque, power, opacity, fuel consumption and overall engine performance.

The research literature studied in texts, articles indexed, digital documents, secondary sources focused to apply a consistent methodology to the academic degree of Master in Energy Management.

Measurements are essential and fundamental research, and allowed to evidence the energy potential available to the gear oil as an alternative energy source, characterizing their use to reduce pollution in the city of Latacunga

Descriptors:

Pinion oil, alternative energy, diesel engine Isuzu DMax, energy efficiency, measuring instruments and equipment .

## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iii
AUTORÍA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS .....	vii
PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS” .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....	4
1.1. Antecedentes del Problema.....	4
1.1.1. Contextualización (macro, meso y micro) .....	5
1.1.2. Análisis crítico.....	6
1.1.3. Prognosis .....	7
1.1.4. Control de la prognosis.....	8
1.1.5. Delimitación (temporal, espacial y contenido).....	8
1.2. Formulación del Problema .....	9
1.3. Objeto de estudio.....	9
1.4. Justificación de la Investigación .....	9
1.4.1. Interés de la Investigación.....	10
1.4.2. Utilidad teórica (experimental) .....	10
1.4.3. Utilidad práctica .....	11

1.4.4. Utilidad Metodológica.....	11
1.4.5. Factibilidad.....	11
1.4.6. Relevancia social.....	12
1.5. Objetivos.....	12
1.5.1. Objetivos Generales.....	12
1.5.2. Objetivos específicos.....	13
1.5.3. Campo de acción.....	13
1.6. Hipótesis.....	13
1.7. Conclusiones del capítulo.....	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Categorías fundamentales.....	17
2.3. Fundamento teórico.....	18
2.3.1. El Biodiesel.....	18
2.3.2. Tipos de biocombustibles.....	19
2.3.3. Primera generación.....	19
2.3.4. Segunda generación.....	20
2.3.5. Tercera Generación.....	20
2.3.6. Origen del biocombustible.....	20
2.3.7. El biocombustible en Ecuador.....	21
2.3.8. Ventajas del biocombustible.....	22
2.3.9. Desventajas del biodiesel.....	22
2.3.10. Producción de biodiesel de Jatrophas Curcas en Ecuador.....	22
2.3.11. Jatrophas Curcas o Piñón.....	23
2.3.12. Subproductos de la semilla del piñón.....	27
2.3.13. Extracción del aceite.....	27
2.3.14. Proceso de Transesterificación.....	28
2.4. Fundamento legal.....	29
2.5. Marco conceptual.....	31
2.5.1. El poder calorífico.....	32
2.5.2. Ciclo Diesel.....	34
2.5.3. La opacidad.....	37
2.5.4. Aceite.....	38
2.5.5. Contaminantes.....	39
2.5.6. Efecto Invernadero.....	39
2.5.7. Potencia al freno.....	39
2.5.8. Torque.....	39

2.6. Conclusiones del capítulo.....	40
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>41</b>
3.1. Diseño de la investigación.....	41
3.2. Modalidad de la Investigación .....	42
3.2.1. Investigación de campo.....	42
3.3. Metodología .....	43
3.4. Datos estadísticos. ....	46
3.5. Métodos y técnicas a ser empleadas.....	47
3.5.1. Método inductivo .....	48
3.5.2. Método Estadístico.....	48
3.5.3. Método de Análisis .....	48
3.5.4. Método de Síntesis .....	48
3.6. Operacionalización de las variables .....	49
3.6.1. Variable independiente: .....	49
3.6.2. Variable dependiente.....	49
3.8. Instrumentos de la investigación. ....	50
3.9. Equipos y procedimientos de prueba. ....	51
3.9.1. Bomba Calorimétrica para la obtención del poder calorífico. ....	51
3.9.2. Chevrolet D Max.....	54
3.9.3. Dinamómetro .....	55
3.9.4. Medidor de revoluciones y temperatura.....	58
3.9.5. Analizador de Opacidad Brian Bee.....	59
3.10. Conclusiones del capítulo.....	65
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO QUE DISPONE EL ACEITE DE PIÑÓN.....</b>	<b>66</b>
4.1. Caracterización del potencial energético del aceite de piñón.....	66
4.2. Procesamiento y análisis .....	66
4.3. Potencial energético del biocombustible de Jatropha (Piñón). ....	67
4.4. Cálculo del poder calorífico del biocombustible. ....	68
4.4. Influencia del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu.....	81
4.5. Parámetros termodinámicos de desempeño con el uso de biocombustible. ....	90
4.6. Conclusiones del capítulo.....	96

CAPÍTULO V: LA PROPUESTA .....	97
5.1- Título de la propuesta.....	97
5.2- Justificación de la propuesta .....	97
5.3. Objetivos de la propuesta .....	98
5.4. Estructura de la propuesta .....	98
5.5- Desarrollo de la propuesta.....	98
5.5.1. Recurso Humano .....	98
5.5.2. Recursos Materiales .....	99
5.5.3. Recursos Tecnológicos .....	99
5.6. Evaluación Tecnológica. ....	100
5.7. Influencia socio económico de la propuesta.....	104
5.8.- Resultados del impacto ambiental.....	108
5.9. Conclusiones del capítulo.....	109
Conclusiones generales.....	110
Recomendaciones .....	112
Bibliografía.....	113
ANEXOS .....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Molienda de semilla de piñón.....	24
Figura 2. 2 Semillas de Jatropha .....	25
Figura 2. 3 Proceso de transesterificación.....	28
Figura 2. 4 Diagrama presión volumen de operación del ciclo diesel .....	34
Figura 3. 1 Métodos de investigación aplicados .....	44
Figura 3. 2 Vehículos Diesel en Cotopaxi .....	46
Figura 3. 3 Procesamiento del aceite de piñón.....	51
Figura 3. 4 Bomba calorimétrica 1341 .....	52
Figura 3. 5 Preparación de la bomba calorimétrica Parr 1341 .....	52
Figura 3.6 Procedimiento de uso bomba calorimétrica.....	52
Figura 3.7 Medición del cable fusible.....	53
Figura 3.8 Peso de gramo de muestra de biocombustible.....	53
Figura 3.9 Sellado de bomba calorimétrica.....	53
Figura 3.10 Detonador y cronometro .....	54
Figura 3. 11 Camioneta Chevrolet DMax .....	55
Figura 3.12 Vehículo en el Dinamómetro.....	56
Figura 3.13 Calibración dinamómetro .....	56
Figura 3. 14 Mediciones del vehículo.....	57
Figura 3. 15 Resultados preliminares de torque y potencia .....	57
Figura 3. 16 Termómetro y tacómetro .....	59
Figura 3. 17 Opacímetro .....	60
Figura 3. 18 Acceso al analizador de opacidad.....	61
Figura 3. 19 Selección de la función.....	61
Figura 3. 20 Registro de datos del vehículo.....	62
Figura 3. 21 Temperatura alcanzada al inicio del análisis .....	62
Figura 3. 22 Inicialización del programa para el análisis.....	63
Figura 3.23 Test oficial .....	63
Figura 3.24 Solicitud de detener la aceleración del motor.....	64

Figura 3. 25 Resultados obtenidos al final de las pruebas .....	65
Figura 4. 1 Muestras de biodiesel 5, 10, 15, 20% de concentración .....	67
Figura 4. 2 Curva de Cambio de Temperatura .....	68
Figura 4. 3 Potencial Energético del piñón en varias proporciones.....	79
Figura 4. 4 Diferencial porcentual del poder calorífico del aceite de piñón. ..	80
Figura 4. 5 Combustión en probetas de laboratorio con diferentes porcentajes de mezcla.....	80
Figura 4. 6 Ensayo No. 1 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	82
Figura 4. 7 Ensayo No. 1 de Torque con biodiesel en proporciones. ....	82
Figura 4. 8 Ensayo No. 2 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	83
Figura 4. 9 . Ensayo No. 2 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	84
Figura 4. 10 Ensayo No. 3 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	85
Figura 4. 11 Ensayo No. 3 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	85
Figura 4. 12 Ensayo No. 4 de Potencia con biodiesel en proporciones. ....	86
Figura 4. 13 Ensayo No. 4 de Torque con biodiesel en proporciones. ....	87
Figura 4. 14 . Resumen estadístico de comportamiento del Torque. ....	88
Figura 4. 15 . Porcentaje de variación del torque.....	89
Figura 4. 16 Resumen de potencia obtenida en los proceso de medición.....	89
Figura 4.17 Porcentajes de variación de potencia.....	90
Figura 4. 18 Diagrama presión volumen de operación del ciclo diesel .....	91
Figura 4. 19 Influencia del potencial energético en el rendimiento del motor ISUZU. ....	94
Figura 4. 20 Calor suministrado y extraído en el motor Isuzu en combinaciones de biocombustible.....	95
Figura 4. 21 Consumo de combustible en el motor Isuzu en combinación con biodiesel. ....	95
Figura 5. 1 Pantalla de inicio.....	101
Figura 5. 2 Datos completos .....	101

Figura 5. 3 Ajuste de temperatura y encerado del equipo.....	102
Figura 5. 4 Plantillas de medición al 20% .....	102
Figura 5. 5 Análisis de Opacidad según porcentajes .....	103
Figura 5. 6 Variación de porcentajes de opacidad. ....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Parque automotor diesel año 2012.....	47
Tabla 3. 2 Variable independiente .....	49
Tabla 3. 3 Variable dependiente: Combustible alternativo eficiente .....	50
Tabla 3. 4 Características del Dinamómetro.....	55
Tabla 3. 5 Características del Tacómetro y termómetro .....	58
Tabla 4. 1 Valores de prueba biodiesel (piñón/diesel).....	67
Tabla 4. 2 Variables para el cálculo del calor total de combustión.....	69
Tabla 4. 3 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 100%.....	72
Tabla 4. 4 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 20%.....	73
Tabla 4. 5 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 15%.....	75
Tabla 4. 6 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 10%.....	76
Tabla 4. 7 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 5%.....	77
Tabla 4. 8 Tabulación estadística del poder calorífico del biodiesel. ....	78
Tabla 4. 9 Poder calorífico investigado en(cal/gr) y en (MJ/Kg) .....	78
Tabla 4. 10 Prueba No.1 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.....	81
Tabla 4. 11 Prueba No.2 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.....	83
Tabla 4. 12 Prueba No.3 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.....	84
Tabla 4. 13 Prueba No.4 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.....	86

Tabla 4. 14 Tabla estadística de valoración de torque y potencia.....	87
Tabla 4. 15 Resumen de parámetros característicos de comportamiento del motor Isuzu.....	93
Tabla 5. 1 Recursos Humanos.....	99
Tabla 5. 2 Recursos Materiales. ....	99
Tabla 5. 3 Recursos Tecnológicos .....	100
Tabla 5. 4 Medición de opacidad en varias proporciones.....	103
Tabla 5. 5 Producción por Hectárea de piñón. ....	105
Tabla 5. 6 Parámetros considerados para el análisis.....	105
Tabla 5. 7 Producción proyectada a 5 años.....	106
Tabla 5. 8 Recursos necesarios para producción de piñón.....	106
Tabla 5. 9 Costos que demanda la producción de piñón.....	107
Tabla 5. 10 Plan de costos y flujo caja.....	107
Tabla 5. 11 Cálculo del VAN y del TIR .....	108

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .....	33
Ecuación 2 .....	33
Ecuación 3 .....	33
Ecuación 4 .....	33
Ecuación 5 .....	34
Ecuación 6 .....	35
Ecuación 7 .....	35
Ecuación 8 .....	35
Ecuación 9 .....	35
Ecuación 10 .....	36
Ecuación 11 .....	36
Ecuación 12 .....	36
Ecuación 13 .....	36
Ecuación 14 .....	36
Ecuación 15 .....	36
Ecuación 16 .....	37
Ecuación 17 .....	37
Ecuación 18 .....	37

## INTRODUCCIÓN

El 85% del transporte en el mundo tiene dependencia del petróleo, fuente de energía no renovable. El 50 % de la energía producida en el mundo es consumida por vehículos automotores, lo que hace del automóvil individual el primer causante del efecto invernadero o cambio climático.

En los últimos años se promocionan los biocombustibles como una alternativa válida al uso de combustibles fósiles, con el fin de enfrentar los problemas generados por el calentamiento global.

Las alzas al precio del petróleo y la dependencia de los países latinoamericanos como el nuestro en el uso de los combustibles fósiles ha propiciado que a través de investigaciones que son posibles generarlas a través de programas formación de Posgrado, en este caso la Maestría de Gestión de Energías en la Universidad Técnica de Cotopaxi, oriente su esfuerzo a la búsqueda de fuentes alternativas de energía para cubrir la necesidad energética en este aspecto a nivel nacional; ya que el uso de la bioenergía se plantea como una opción con muchas posibilidades de desarrollo.

Los biocombustibles son una fuente potencial de energía renovable, la globalización se manifiesta en decisiones generales que irán marcando el futuro de las naciones.

Problemas como la falta de un sistema de gestión de energías, reducida utilización de energías alternativas, seguridad alimentaria, contaminación, efecto invernadero pueden ser solucionados a través del uso de los biocombustibles.

Existen políticas sobre la aplicación de energías alternativas en el Plan Nacional del Buen Vivir, inclusive existe un marco legal relacionado con este tópico.

En el trabajo de investigación desarrollado, se estableció el potencial energético que dispone el aceite de piñón como fuente alternativa de energía como objeto de estudio, en el motor diesel Isuzu de la Serie DMax desarrollando estudios que generaron resultados utilizando diferentes metodologías, normas y procedimientos que lo consideren como investigación sustentable y factible de desarrollar, proponiendo su uso en proporciones del 5, 10, 15 y 20 por ciento para que justificadamente a través de equipos de medición de laboratorio mediante la investigación experimental se motive a utilizar en el transporte de la ciudad de Latacunga como fuente de energía en vehículos automotores para reducir la contaminación constituyéndose en una solución en el ambiente científico, tecnológico y social.

El petróleo es considerado como líder potencial energético y los biocombustibles se constituyen como elementos de seguridad energética.

En este ámbito el trabajo de investigación desarrollado en la Maestría de Gestión de Energías se encuentra estructurado del siguiente modo:

En el Capítulo 1, se analiza el problema de investigación, contextualizándolo a niveles macro, meso y micro; determinando el objeto y campo de la investigación, la justificación y enunciando los objetivos correspondientes.

En el Capítulo 2, se presenta la investigación bibliográfica para dar soporte al marco teórico, respetando las normas y propiedad de autores, se definen los antecedentes investigativos en los que se describen opiniones, explicaciones de la problemática planteada; conceptualizando y fundamentando los aspectos del objeto de estudio con las teorías existentes relacionadas con el potencial energético que se puede obtener a través del aceite de piñón como fuente de energía. Se enlaza el análisis matemático en lo referente al aspecto mecánico para su utilización en el procesamiento de resultados obtenidos en los siguientes capítulos.

En el Capítulo 3, se establece la metodología para desarrollar el trabajo de investigación considerando el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, defino las variables de estudio, procedimientos de medición, se levanta datos estadísticos relevantes al objeto de estudio entre otros datos de importancia para su posterior análisis.

En el Capítulo 4, consta de la aplicación de cálculos para ir generando resultados en base a las mediciones relacionadas con: poder calorífico, torque, potencia, temperatura, revoluciones entre otros obtenidos con los instrumentos de medición, para que mediante la valoración de curvas, tablas obtenidas en el proceso de investigación, se desarrolle el análisis que establezca el potencial energético que dispone el aceite de piñón como fuente alternativa.

En el Capítulo 5, se plantea la propuesta, en el uso del biocombustible utilizando en proporciones del 5, 10, 15 y 20 por ciento, presentando los resultados que contribuyen a disminuir la polución con el respectivo análisis económico con el fundamento en mediciones de opacidad para utilizarlo como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación a fin de que sean difundidas o utilizadas por profesionales del área para que sean utilizadas como fuente bibliográfica de consulta.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

En este capítulo se describe el problema de investigación, la contextualización a nivel: macro, meso y micro; estableciendo el objeto, campo de la investigación, la justificación y los objetivos del trabajo de investigación para determinar del potencial energético del aceite de piñón como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga en el vehículo con motor diesel Isuzu Serie DMax.

### **1.1. Antecedentes del Problema**

El abastecimiento regular de energía limpia y renovable es uno de los mayores retos de la humanidad. Se busca combustibles que suplan las necesidades energéticas de la población y al mismo tiempo protejan al medio ambiente.

La cuestión de fondo no es solo buscar un reemplazo para el petróleo, sino tratar de reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia, lo cual requiere un cambio de hábitos y de tecnología.

Con la llegada de la revolución industrial y la creación de motores en serie, se aumentó en grandes proporciones la producción en todos los ámbitos, vinieron invenciones que cubrieron necesidades generales, entre ellas las de transporte.

Con el descubrimiento del petróleo y su refinación, surgieron nuevas formas de producir energía: la combustión de carburos fósiles; y gracias a esta obtención de energía, nacieron los automóviles.

Los residuos de la combustión tienen consecuencias que se evidencian claramente en las cifras del deterioro en la salud humana y ambiental, síntomas que son cada vez más visibles.

Se observa gran cantidad de vehículos, tanto privados como de transporte público, que están entre los principales contaminantes ambientales, los mismos que generan desechos químicos dañinos para el ecosistema, como el dióxido de carbono, causante del efecto invernadero.

Resulta de interés conocer y utilizar diferentes alternativas que permitan la producción de energía más limpia en los motores de combustión interna para reducir el índice de contaminación ambiental al que estamos expuestos, la solución a esta problemática, ocasionada por vehículos que usan combustibles derivados de petróleo, puede enfocarse particularmente al desarrollo de la evaluación del potencial energético del aceite de piñón para su empleo en el motor Isuzu serie DMax como una fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga con el propósito de desarrollar una propuesta para su uso en proporción para reducir la polución.

#### **1.1.1. Contextualización (macro, meso y micro)**

A nivel mundial, los países apoyan la utilización de biocombustibles con el propósito de reducir la polución para disminuir el efecto invernadero, impulsando la des carbonización de los combustibles de vehículos de transporte, diversificando las fuentes de abastecimiento, para desarrollar alternativas a la utilización del petróleo a largo plazo, aprovechar tierras no cultivadas y reforestar la capa vegetal.

El biocombustible es una realidad y en muchos países del mundo se produce en grandes cantidades debido a la tendiente alza del precio del barril de petróleo a niveles impensados y la creciente contaminación ambiental producto de la emanación de gases de medio de transporte.

Esto conlleva a crear e implementar normas acerca del uso de este combustible, donde poco a poco se establece la obligatoriedad de su uso.

En Sudamérica Argentina y Colombia son los países que más se han preocupado tanto de la investigación, producción y uso del biodiesel; así como de la creación de normas de uso del mismo.

El uso de combustibles fósiles en el Ecuador está en constante aumento en las recientes décadas. En particular su uso en vehículos ha crecido tanto por el aumento del parque automotor como por el hecho que los combustibles fósiles presentan un subsidio en el país.

Los principales combustibles en motores vehiculares en Ecuador provienen del petróleo fósil como la gasolina en autos livianos, el diesel en vehículos livianos y pesados.

### **1.1.2. Análisis crítico**

A pesar de lo indispensable que resulta, el uso del petróleo está seriamente cuestionado. A más de la contaminación que genera tiene un gran problema asociado: los países occidentales no lo poseen en cantidad suficiente y dependen de países en conflicto con regímenes inestables que no garantizan su suministro, circunstancia que se ha convertido en permanente fuente de conflictos. Los recursos deseados están controlados en gran medida por países islámicos poco afines a la sociedad occidental.

Las razones para el uso de combustibles no fósiles o biocombustibles son fuerzas motivadoras detrás de cambiar nuestros suministros de energía. Entre los más importantes son:

- Dependencia y vulnerabilidad del suministro de petróleo; existe una necesidad urgente de asegurarse un suministro.
- Cambio climático, urgencia en reducir los niveles de emisiones.
- Problemas agrarios (sobre explotación); necesidad urgente de cultivos no alimentarios.

- Desarrollo regional; necesidad de nuevas actividades económicas en los países en desarrollo.
- Reducción de las reservas de petróleo; necesidad urgente de energías limpias.

### **1.1.3. Prognosis**

El agotamiento de las reservas de petróleo constituye un grave problema, pues al ritmo actual de consumo las reservas mundiales se agotarían en menos de 40 años. La alta dependencia que el mundo tiene del petróleo, la inestabilidad que caracteriza al mercado internacional y las fluctuaciones de los precios de este producto, han llevado a que se busquen nuevas formas de energía más económicas y renovables como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, y el uso de biocombustibles.

A consecuencia del calentamiento se producirán impactos climáticos con las siguientes consecuencias:

- Ascenso del nivel del mar.
- Incremento de los fenómenos meteorológicos extremos tales como: lluvias torrenciales, sequías, deshielos, tormentas tropicales (huracanes y tsunamis), olas de calor y de frío.
- Extinción de especies y destrucción de ecosistemas.
- Acidificación de los océanos.
- Crisis sociales y económicas.

Erazo (2012), en el Seminario de Energía Renovable en la Universidad Técnica de Cotopaxi manifiesta que es posible la aplicación de biocombustibles como una alternativa de energía para los motores de combustión interna para reducir la contaminación ambiental y una producción más limpia de energía.

#### **1.1.4. Control de la prognosis.**

Erazo (2012) en el Seminario de Energías en la Universidad Técnica de Cotopaxi menciona: “A breves rasgos, una de las ventajas más importantes derivadas del uso del biodiesel es reducir el consumo de diesel. Pero además esto para un país que no es del primer mundo traería más que beneficio económicos-ambientales; también sociales”.

#### **1.1.5. Delimitación (temporal, espacial y contenido)**

Ludeña (2010), manifiesta: Desde 2009, la Fundación “Ing. Agr. Juan José Castelló Zambrano” lleva a cabo el Proyecto Piñón enfocado al desarrollo económico integral basado en la promoción de producción, a pequeña escala, de biocombustibles a partir del cultivo de piñón en la provincia de Santa Elena. Para 2011, de acuerdo con el desarrollo del Proyecto, se contempla la incorporación de 500 hectáreas de cultivo de piñón, bajo la misma metodología de participación comunitaria. Se propone en esta etapa, la construcción y adecuación de reservorios de agua, para beneficio de los comuneros organizados en la zona. El Proyecto Piñón abarca comunidades en la parroquia Julio Moreno, Limoncito, Las Juntas, Julio Moreno, Sube y Baja, Santa Ana y Bellavista del Cerro.

Ludeña (2010), El JATROPHA CURCAS es un “Piñón” que es cultivado en algunas provincias del Ecuador como: Loja, Manabí, Machala y en pequeñas cantidades en Guayaquil. Este fruto es de fácil cultivo ya que no demanda de un suelo totalmente fértil, rico en minerales, no necesita que se lo riegue constantemente, entre otros aspectos.

En la actualidad es escasa utilización de fuentes alternativa de energía renovable como combustible en vehículos diesel en reemplazo de combustibles fósiles en la ciudad de Latacunga que permitan reducir la polución mediante el uso de energías no renovables.

Para la investigación se utilizó aceite de piñón para determinar el porcentaje ideal de mezcla con diesel, en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga, Parroquia la Matriz.

## **1.2. Formulación del Problema**

Desconocimiento de la utilización de mezclas de diesel y aceite de piñón como biocombustible en motores de combustión en proporciones que contribuyan a reducir la polución.

## **1.3. Objeto de estudio**

Biocombustible compuesto por una mezcla de diesel y aceite de piñón.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

Es interesante reconocer la realidad socioeconómica generada por la producción de petróleo, tanto en lo relacionado con los precios que de él se derivan, como en el hecho de ser un recurso no renovable que tiende a agotarse.

En este sentido el piñón representaría una alternativa de la cual se extrae un aceite de gran valor en el mercado internacional, y ofrece buenas perspectivas comerciales actuales y a futuro.

En un mundo globalizado, en proceso de integración productiva y energética, es de particular interés el cultivo de esta especie, ya que Ecuador al igual que otros países de Latinoamérica, poseen un gran potencial agrario para su producción.

El Ecuador, es un país óptimo en la producción de esta especie ya que la variedad de climas, así como la calidad de los suelos hace fácil su germinación, crecimiento y propagación, siendo prácticamente silvestre.

Hasta el momento no existen políticas de fomento totalmente definidas; pero se están desarrollando algunos proyectos de investigación alrededor del cultivo y se tienen establecidas algunas áreas en pequeñas unidades productivas, explotados a través de mano de obra familiar o contratada.

El uso de los combustibles fósiles en el Ecuador está tomando fuerza, en particular su uso en vehículos, siendo esta una alternativa energética y reducción de subsidios en el país a los combustibles fósiles.

En el mundo y en nuestro país se presentan altos niveles de contaminación, especialmente en el aire de las ciudades muy pobladas, cuyo principal causante son los efluentes de los vehículos automotores, Latacunga no escapa de este problema, por ello es importante reducir el grado de contaminación existente, así como los efectos que estos producen en los habitantes.

#### **1.4.1. Interés de la Investigación**

En el mundo hay unos 800 millones de automóviles que consumen más del 50% de la energía producida en el mundo, lo que hace del automóvil individual el primer causante del efecto invernadero.

En el Ecuador, Chevrolet es la marca con mayor número de vehículos vendidos a nivel nacional, dentro de esta gama en la ciudad de Latacunga circula la camioneta DMax diesel que tiene gran demanda en el sector que será el punto de estudio para desarrollar la investigación del potencial energético del piñón como fuente de energía alternativa.

#### **1.4.2. Utilidad teórica (experimental)**

Mediante el desarrollo de cálculos, mediciones y control de parámetros térmicos y mecánicos en el motor ISUZU de la serie DMax se plantearon

fundamentos que sustentan el uso del aceite de piñón mezclado con combustible diesel como fuente de energía para reducir la polución.

#### **1.4.3. Utilidad práctica**

En los últimos años se ha empezado a promocionar los biocombustibles como una alternativa de control y mitigación al calentamiento global, que permitieron que a través del desarrollo experimental utilizando diversos porcentajes de mezcla de combustible lograr determinar el adecuado, a fin de reducir la polución en la ciudad de Latacunga en el año 2013.

#### **1.4.4. Utilidad Metodológica**

Se desarrolló procedimientos de prueba para la medición de torque, potencia, poder calorífico y emisiones para establecer el porcentaje de aceite de piñón a utilizarse en un vehículo a diesel con motor Isuzu D-Max en condiciones especiales como son altura de operación de 2800 metros sobre el nivel del mar, con porcentajes de prueba variables y revoluciones variables, generando información novedosa para ser socializada en miras de que el usuario conozca las ventajas que se tiene en el motor y el ambiente. El material resultante puede ser utilizado como fuente bibliográfica para futuros trabajos de investigación, en la docencia de pregrado y posgrado.

#### **1.4.5. Factibilidad**

Es factible realizar la investigación desde el punto de vista tecnológico ya que es posible disponer de los equipos de medición como son: un dinamómetro para obtener las propiedades mecánicas del motor de combustión Isuzu DMax, la disponibilidad de este tipo de vehículos que se encuentran en el medio, el opacímetro para motores a diesel, bomba calorimétrica.

En el Ecuador se dispone de oleaginosas en este caso el piñón para obtener el aceite biocombustible para el desarrollo de pruebas, así como laboratorios de química en entidades educativas como son: Colegio Hno. Miguel, Universidad Técnica de Cotopaxi, ESPE Latacunga, La Fabril, El Beaterio, Universidad Central donde se pueden hacer las combinaciones, para la preparación de la materia prima en este caso el biocombustible.

#### **1.4.6. Relevancia social**

La investigación es de relevancia social ya que una de las causas de muerte por enfermedades cancerígenas son precisamente las emisiones de gases producidas por vehículos, así como también el efecto invernadero que a todos nos afecta.

Una contribución positiva de la producción y uso de biocombustibles depende en gran medida de criterios ambientales relacionados con la localización de las actividades productivas, el uso actual de los terrenos y de las medidas tecnológicas aplicadas y de los impactos ambientales.

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivos Generales**

Evaluar el potencial energético del aceite de piñón para su empleo en el motor diesel Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga

Caracterizar el uso del aceite de piñón como biocombustible en proporciones que reduzcan la polución.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Analizar las referencias bibliográficas relevantes de textos, revistas y publicaciones indexadas referidas al uso de biocombustibles en motores diesel.
- Determinar el potencial energético generado por el aceite de piñón en estado virgen, así como cuando se encuentra mezclado en proporciones del 5, 10, 15, 20%.
- Utilizar el aceite de piñón como biocombustible en proporción de 5, 10, 15 y 20% en el motor ISUZU serie DMax para determinar los parámetros característicos de funcionamiento.
- Determinar la opacidad que se genera durante la combustión del aceite de piñón en diferentes proporciones.
- Argumentar la propuesta de factibilidad del uso del aceite de piñón como biocombustible en la proporción más adecuada como alternativa ecológica en la ciudad de Latacunga para disminución de la polución.

### **1.5.3 Campo de acción.**

Potencial energético del aceite de piñón para su empleo en el motor Isuzu serie D-MAX como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga.

### **1.6. Hipótesis**

La determinación del potencial energético del aceite de piñón en porcentajes adecuados permitirá su utilización en mezclas con diesel como combustible en el motor Isuzu serie DMax, lográndose reducir la polución en el cantón Latacunga.

### **1.7. Conclusiones del capítulo**

Se presentó el problema de la investigación a resolver, estableciendo justificadamente su desarrollo en influencia en el contexto macro, meso y micro, argumentado en criterios de entendidos referidos bibliográficamente.

Se muestra la utilidad que se tendrá al realizar la investigación trazando los objetivos tanto generales como específicos a alcanzarse en el desarrollo.

Se delimito el campo de acción fundamentando los parámetros y lineamientos principales para el diseño de la investigación enfocados en el ámbito de acción de la tesis del Grado académico de Magister en Gestión de Energías.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se desarrolló la investigación bibliográfica consultando textos, bases digitales, información de páginas web certificadas, fuentes secundarias, información de periódicos, revistas y otras de interés, para generar el marco teórico que permitió disponer de la base necesaria para tener los criterios que sustenten el uso de biocombustible como alternativa para disminuir la polución a través de la determinación del potencial energético del mismo, se pone particular atención en los antecedentes, la problemática, el marco legal que da el respaldo científico pertinente relacionado con la Maestría en Gestión de Energías.

### **2.1. Antecedentes**

Los biocombustibles han surgido como productos estratégicos dentro de la cartera pública de los países, no solo debido a su potencial de aportar a la seguridad energética nacional presentándose como una alternativa a los combustibles fósiles y sus consecuentes efectos ambientales para el sector del transporte, sino también porque envuelven diferentes dimensiones: económicas, ambientales, sociales, energéticas, de seguridad para las naciones; por lo tanto involucran diversos sectores: privado, público, agrícola, industrial, transporte, comercio, entre otros.

Este grado de importancia estratégica y los diferentes campos en los cuales influye el sector de los biocombustibles ha generado gran expectativa a nivel internacional sobre los posibles beneficios políticos, económicos y ambientales de estos productos.

Cárdenas (2007). “En Ecuador, se han dado pasos para desarrollar el sector, pero estos no han sido significativos en número o en resultados. En diciembre del 2004, se formuló el decreto No. 2332, este decreto declaró de interés nacional la producción y comercialización de los “biocarburantes del agro,” y creó el Programa Nacional de Biocombustibles, bajo el cual se ha

diseñado un plan piloto de bio gasolina para la ciudad de Guayaquil que inició en el año (2007), mientras que para el biodiesel únicamente se han realizado pruebas de calidad físico-química e igualmente se prevé llevar a cabo un plan piloto”.

Cárdenas H. (2007) “En cuanto a la producción, actualmente es mínima. Para el plan piloto de Guayaquil se producirá durante este año 250 barriles diarios de bio-etanol, para una mezcla de gasolina que contenga 5% de etanol y 95% de naftas. Adicionalmente, pequeñas cantidades de biodiesel han sido producidas desde el 2005 por una sola empresa, la FABRIL, cantidades que están siendo exportadas, pues no existe el marco legal ni tecnológico apropiado para comercializar biodiesel a nivel nacional. Sin embargo, las cantidades de biodiesel producidas son pequeñas, estas representan un porcentaje mínimo de la producción de aceite de palma en el Ecuador”.

Otros cultivos sobre los cuales hay interés, pero todavía no se ha desarrollado la investigación apropiada ni políticas necesarias, son el piñón (*jatropha*) y la higuierilla para la producción de biodiesel.

Cárdenas H (2007). “El Ecuador y los países Andinos están ubicados en una zona tropical y tienen suelos propicios para productos agrícolas de gran eficiencia en la elaboración de biocombustibles, como son la caña de azúcar, la palma africana, la yuca, el piñón, entre otros. Los cultivos que se han empezado a utilizar para la elaboración de biocombustibles o que se están evaluando para su desarrollo son: en Colombia: la caña azúcar, yuca y maíz para bioetanol, la palma africana, caucho y banana para biodiesel; en Ecuador: el azúcar para alcohol carburante; la palma africana, el piñón y posiblemente la higuierilla para biodiesel; en Perú: caña de azúcar, sorgo, yuca, papa, arroz , maíz para etanol ; palma africana, soya y girasol para biodiesel; en Bolivia: la caña azúcar para etanol y soya para biodiesel. Esta variedad de cultivos aptos para la elaboración de biocombustibles en estos países muestra que existe un potencial para impulsar varios sectores agrícolas, que además se convierten en oportunidades de desarrollo rural y generación de empleo”.

El interés de esta investigación se centra en no afectar la soberanía alimentaria ni utilizar materia prima que sea de consumo humano o utilizar áreas de cultivo destinadas a producir alimento humano.

## **2.2. Categorías fundamentales**

*Jatropha Curcas* (nombre científico del Piñón) es un cultivo resistente, que vive más de 25 años, recupera tierras erosionadas, degradadas y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.

El biocombustible es considerado una alternativa de energía renovable, que proporciona:

- Un combustible alternativo de origen vegetal.
- Reduce los contaminantes de los combustibles minerales al mezclarlos.
- Mayor punto de ignición.
- Mayor Lubricidad.
- No se requiere mayores modificaciones en los motores a diesel.
- Transporte y almacenamiento más seguro

Andrade P (2011) “En Ecuador, desde el 2005 La Fabril se ha posicionado como la empresa pionera en el desarrollo de Biocombustibles en base del extracto de Palma Aceitera (palma africana), labor que le catapultó como la única empresa de Latinoamérica en contar con una planta de biodiesel con una producción anual, aproximada, de 130 millones de litros”.

La Fabril es la única compañía de la región con licencia internacional EPA (Environmental Protection Agency) para exportar a Estados Unidos, uno de sus mercados internacionales, junto con Perú y Alemania.

En el contexto del Congreso, el Ing. Percival Andrade, Director de Innovación de La Fabril S.A. expuso sobre la experiencia de la empresa en "La

producción agrícola mediante clonación e industrialización de la *Jatropha* en Ecuador". Debido a su potencial en generación de biocombustibles, sin competir con cultivos alimenticios, generación de empleo y protección del medio ambiente.

La Fabril mantiene un programa de investigación y producción de biocombustibles a partir del piñón (*Jatropha*), como una alternativa a futuro en generación de energía renovable.

"Durante esta fase de investigación la empresa se encuentra evaluando los aspectos agronómicos, ambientales y sociales, con el propósito de identificar la rentabilidad de la producción de piñón en el Ecuador", manifestó Percival Andrade durante su intervención.

En base a una filosofía empresarial de responsabilidad social y cuidado con el ambiente, a La Fabril se la identifica en la actualidad como una empresa confiable y aliada estratégica del sector alimenticio y energético, que ofrece productos de calidad para el mercado nacional y mundial con procesos innovadores.

Al ser considerada como un buen ciudadano corporativo en el Ecuador se convertido en una empresa atractiva para clientes, proveedores y consumidores, que ven en ella seriedad, transparencia, crecimiento y grandes posibilidad de un desarrollo responsable para la sociedad.

## **2.3. Fundamento teórico**

### **2.3.1. El Biodiesel.**

Bravo E (2010) "El biodiesel es un biocombustible derivado de aceites vegetales o grasas animales que puede ser utilizado como sustituto total o parcial del diesel en motores. El biodiesel es un éster que puede ser obtenido de diferentes

tipos de aceites o grasas animales o vegetales como: soya, colza, piñón, palma aceitera.

El biodiesel funciona en cualquier motor diesel y puede mezclarse con diesel petrolífero. Si se utiliza como combustible puro (100 % de biodiesel), se lo conoce como B100. El B30 tiene un 30 % de biodiesel y un 70 % de diesel petrolífero.

Puede considerarse como aditivo de combustibles derivados del petróleo en proporciones.”

El uso de biodiesel extiende la vida de los motores por que posee mejor calidad lubricante que el diesel. Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares son menos contaminantes que los combustibles fósiles; el uso de biodiesel reduce en un 90% el riesgo de contraer cáncer.

El proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite vegetal con un alcohol ligero metanol, y deja como residuo de valor añadido propanotriol la glicerina.

El biodiesel es un combustible constituido por ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos derivados de aceites de origen vegetal o grasa animal, que puede reemplazar parcial o totalmente al combustible diesel tradicional.

### **2.3.2 Tipos de biocombustibles.**

Montes K (2011). En general, se reconocen tres tipos de biocombustibles, según la materia prima en su origen:

### **2.3.3 Primera generación.**

Son los biocombustibles que provienen de cultivos alimenticios y que se procesan por medios convencionales, como el bioetanol que se obtiene de la caña

de azúcar o remolacha, o el biodiesel que proviene de las semillas de cártamo o girasol.

La crítica más fuerte que han recibido estos biocombustibles es que ocupan tierras destinadas a cultivos alimenticios. En México, existe la oportunidad de producir biocombustibles de primera generación aprovechando tierras de baja productividad, sin perjudicar la producción de alimentos.

#### **2.3.4 Segunda generación**

Son los biocombustibles que se elaboran a partir de materias primas que pueden convertirse en celulosa, como los desechos de los cultivos alimenticios (por ejemplo los tallos del trigo o del maíz) e incluso el aserrín o plantas con un alto contenido de materia lignocelulosa.

#### **2.3.5 Tercera Generación**

Esta es la que pretende crear bioetanol a partir de cultivos específicos, como las algas. Las algas tienen un potencial energético que puede llegar a ser 30 veces mayor que el de los cultivos energéticos en tierra, ya que capturan una gran cantidad de energía solar y se reproducen rápidamente. Existe un tipo de algas que de manera natural produce bioetanol.

Sin embargo, la producción de bioetanol a partir de algas todavía se encuentra en etapa experimental por lo que el uso de esta tecnología para producción en masa de biocombustibles no es económicamente viable.

#### **2.3.6. Origen del biocombustible.**

Bravo E. (2010) “Los biocombustibles son productos que se obtienen a partir de materias primas, de origen agrícola para producción de energía. Los biocombustibles se derivan de cultivos de plantas e incluyen:

- Biomasa que es directamente quemada (por ejemplo, la leña);
- Biodiesel de semillas oleaginosas (por ejemplo: piñón, palma, soya, colza).

El uso de biocombustibles está siendo promocionado con mucha agresividad por gobiernos, empresas, organizaciones internacionales y hasta por organizaciones no gubernamentales”.

Ganduglia (2009) “Entre las organizaciones que llevan a cabo programas de promoción de biocombustibles se encuentra el IICA, que está impulsando un programa de cooperación técnica horizontal de agro energía y biocombustibles para el hemisferio. Entre los beneficios del programa se incluye contribuir al desarrollo de un mercado internacional para los biocombustibles, la reducción de la pobreza y la sustentabilidad ambiental”.

El biocombustible es ecológico, de origen renovable y respetuoso con el medio ambiente, es seguro, fácil para transportarlo y almacenarlo. Es biodegradable como el azúcar, es diez veces menos tóxico que la sal de cocina y tiene un punto de inflamación aproximadamente de 150 °C, comparado al diesel su punto de inflamación es 50°C; reduce aproximadamente en 80% las emisiones de anhídrido carbónico y un 100% las de dióxido de azufre.

La combustión de biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados y entre el 75% y 90% en los hidrocarburos aromáticos. Contiene 11% de oxígeno en peso y no contiene azufre.

### **2.3.7. El biocombustible en Ecuador.**

Cárdenas H. (2010) “La demanda nacional de diesel en Ecuador es de 10.628.021 barriles al año. Para una formulación de diesel con el 5 % de biodiesel, se requerirán aproximadamente 1 456 barriles al día. Esto equivale a 531 401 barriles de biodiesel al año”.

### **2.3.8. Ventajas del biocombustible.**

Las ventajas que presenta el biocombustible son las siguientes:

- Proporcionan una fuente de energía reciclable y, por lo tanto, inagotable.
- Las emisiones de gas del invernadero son reducidas al 50%.
- Revitalizan las economías rurales, generando empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- Mejoran el aprovechamiento de tierras con poco valor agrícola y que, en ocasiones, se abandonan por la escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales.
- Mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía tradicionales

### **2.3.9. Desventajas del biodiesel.**

Las desventajas que presenta el uso del biocombustible son:

- Los biocombustibles producidos a base de palma aceitera, caña de azúcar y soja conllevan graves impactos sociales y medio ambientales
- Su producción solo es viable mediante subvenciones, porque los costes doblan a los de la gasolina o el gasóleo
- El combustible precisa de una transformación previa.

### **2.3.10. Producción de biodiesel de Jatrophas Curcas en Ecuador.**

La producción de biocombustibles a partir de Jatrofa (*Jatropha Curcas*), aparece como una alternativa prometedora debido a que se trata de especies cuyo cultivo no competiría con terrenos aptos para otros cultivos, puesto que sobrevive

y crece en zonas relativamente marginales para la agricultura, además podría combinarse con otras especies en policultivos e incluir la participación a nivel comunitario.

Pabón G. (2008) “En el Ecuador, las posibilidades de producir “*Jatropha*” o “piñón” se muestran prometedoras ya que las características botánicas de la especie así lo determinan. La gran variedad de regímenes climáticos y la presencia de pisos altitudinales a lo largo de la región andina, crean microclimas y espacios adecuados para la producción de *Jatropha*, que sumados a las características cosmopolitas y de alta resistencia de esta especie, potencian aún más la posibilidad de lograr producciones sustentables permanentes de esta especie oleaginosa para la obtención de biocombustibles, aunque claro está, con una posición frontal a favor de la sostenibilidad ambiental y social de los biocombustibles, basada en la no competencia con los alimentos, la no supremacía de los monocultivos, el aprovechamiento y recuperación de territorios marginales o degradados, la no afectación de zonas protegidas, y la construcción de modelos productivos sociales incluyentes”.

### **2.3.11. *Jatrophas Curcas* o Piñón.**

Pabón (2008) Es una oleaginosa originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales. Se cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África. Supuestamente llevada por portugueses a sus colonias de Asia y África entre 1750- 1800, como planta para cercar, hoy en día se ha expandido por el mundo, especialmente las zonas cálidas. Está presente en forma natural o cultivada en casi todo Centro América, al igual que en las estribaciones de la cordillera andina y la cuenca amazónica, África del sur, centro este y oeste. En el continente Asiático se la encuentra en la India y Medio Oriente.

Es una planta perenne, cuyo ciclo productivo se extiende de 45 a 50 años. Es de crecimiento rápido y con una altura normal de 2 a 3 metros. El grosor del

tronco es de 20 cm con crecimiento desde la base en distintas ramas. La corteza es blanco grisácea y exuda un látex translúcido.

El desarrollo del fruto necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla. El fruto es una cápsula drupácea verdosa-amarillenta y carnosa, pero café oscuro o negro y dehiscente cuando son secas. La fruta produce tres almendras negras, cada una aproximadamente de 2 cm. de largo 1 cm. de diámetro. Las semillas van de 2 a 3 por fruto, contienen un aceite no comestible que se puede utilizar directamente para aprovisionar de combustible lámparas y motores de combustión o se puede transformar en biodiesel. Además se usa para fabricar jabones y colorantes.



*Figura 2. 1 Molienda de semilla de piñón*

*Fuente: Germán Erazo*

No requiere un tipo de suelo especial. Se desarrolla normalmente en suelos áridos y semiáridos. Responde muy bien a suelos con pH no neutros. La jatrofa crece casi en cualquier parte, incluso en las tierras cascajosos, arenosas y salinas, puede crecer en la tierra pedregosa más pobre, inclusive puede crecer en las hendiduras de piedras.

Pabón (2008) “La semilla se compone del tegumento y el albumen, tiene un porcentaje de germinación del 80%. El tegumento es oscuro y rígido, en la parte superior de este se encuentra la carúncula, la cual se denomina como una excrecencia carnuda. La almendra que se encuentra dentro del tegumento, es una masa blanca rica en aceite. En promedio el peso de 1000 semillas es aproximadamente 500 gramos, en teoría la semilla contiene aproximadamente 30-

40% de aceite y 30-32% de proteína. La cáscara es aproximadamente 43% de la semilla y el albumen 57% del cual el 30% es grasa cruda. La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio, magnesio y se compone de alcaloides, aceites fijos, ácidos grasos, una albúmina tóxica responsable de su elevada toxicidad. El aceite contenido en la semilla está compuesto en un 21% por ácidos grasos saturados y un 79% ácidos insaturados. Hay algunos elementos químicos en el aceite que son venenosos siendo no apropiado para el consumo humano”.



*Figura 2. 2 Semillas de Jatropha*

*Fuente: Germán Erazo*

Climáticamente, *Jatropha Curcas* se encuentra en los trópicos y subtropicos, resiste muy bien el calor aunque también soporta bajas temperaturas, puede resistir hasta una escarcha ligera. Su requerimiento de agua es sumamente bajo, prospera en con apenas 250 a 600 mm de lluvia al año y puede soportar períodos largos de sequedad. Habita en campos abiertos, como en parcelas nuevas. Resiste altas temperaturas y sequías. La planta nace en todo tipo de terreno y altitud, tanto en terrenos áridos como húmedos. Las semillas al tener un grado de toxicidad no son comestibles y por ende no son llevadas por los pájaros o ingeridas por otro tipo de animales.

En Ecuador, las principales colecciones de *Jatropha*, se encuentra en las provincias de Imbabura y Carchi, pertenecientes a la sierra norte del país. También se han colectado materiales botánicos en las provincias costeras de Guayas y Manabí. En todos los casos los ecosistemas de procedencia son relativamente secos con suelos arenosos. Se han realizado colecciones en altitudes

de 40 y 240 msnm, correspondientes a las provincias del Guayas y Manabí. Otro grupo importante de colecciones se han realizado en altitudes comprendidas entre los 1440 y los 2440 msnm, en Imbabura y Carchi, específicamente en la zona denominada Valle del Chota.

La mayor cantidad de material botánico colectado se dio en ecosistemas con temperaturas promedio que van desde los 14 a los 18 grados centígrados, aunque también se han registrado colecciones botánicas en temperaturas de 24 y 25 grados centígrados (Provincias de Guayas y Manabí).

Un modelo de distribución climática probable para la adaptación de *Jatropha Curcas* en el que se puede observar que existen varias zonas repartidas a lo largo de la sierra y la costa del Ecuador que posee las condiciones adecuadas para el cultivo de Jatrofa. Las provincias de Imbabura y Carchi poseen probabilidades climáticas (entre el 92 % y 100 %) para que esta especie se adapte y desarrolle una adecuada producción, especialmente en sus valles secos.

El rendimiento, en cuanto a producción de frutos se refiere, está en aproximadamente en 4 a 5 Kg. de frutos por planta. El rendimiento del cultivo varía entre 500 y 1200 Kg. de semillas limpias por hectárea. En cuanto a producción de aceite se consigue 2 toneladas de aceite por hectárea y por año, llevando de tres a cuatro años para comenzar la edad productiva, que se puede extender por 40 años.

Las plantaciones controlan la erosión, reduciendo la misma por efectos del agua o viento. Genera mejoras en la fertilidad del suelo, una nueva renta para productores rurales en aquellos terrenos donde hoy no se cultiva. Aporta oxígeno y retiene dióxido de carbono. Absorbe hasta 8 Kg de carbono por planta año. Las hojas pueden tener aplicaciones medicinales. La biomasa que se obtiene de la peladura de la semilla y de la cáscara del fruto se utiliza para generar biogás. Puede ser colocada en lugares donde la agricultura mecanizada es inviable

### **2.3.12. Subproductos de la semilla del piñón.**

La semilla es prensada y en este paso, se obtienen dos productos; el aceite de la semilla, que es un aceite vegetal que no puede ser utilizado en la alimentación humana, y una torta prensada, que es lo que queda de la almendra después de exprimirla. La torta contiene algunos componentes tóxicos que al ser eliminados, esta se transforma en un excelente alimento balanceado para el ganado, con un contenido proteínico superior al 50%; una vez extraído el aceite, se procede a la transesterificación, proceso en el cual se obtiene el producto principal que es el biodiesel y un subproducto que es el glicerol; este último se utiliza como desengrasante, garrapaticida, pulguicida, piojicida, aceite soluble para máquinas, alimento balanceado, en la producción de jabones, edulcorante; por tanto la materia básica es el aceite que puede ser obtenido a partir de cualquier oleaginosa, la elección de la planta se basa exclusivamente en la capacidad de cultivo, para lo cual la *Jatropha Curcas* es ideal.

### **2.3.13 Extracción del aceite**

Sineiro (1998) “La extracción de aceite puede realizarse por diversos métodos, según el porcentaje de aceite que contenga las semillas, estas pueden clasificarse en semillas de bajo contenido graso (sobre un 20% de aceite o menos), como la soya y en semillas de alto contenido graso (sobre un 50% de aceite), como la canola, colza, piñón y girasol”.

Tranchino L (1998) “El proceso de extracción es diferente en cada caso, aunque a veces procesos establecidos en principio para semillas de bajo contenido se han empleado para semillas de alto contenido graso y viceversa”

La extracción por prensado, es ampliamente utilizada. Puede ser por prensado único, y el prensado con extracción con disolventes.

El prensado único o total se emplea para extraer el aceite hasta un valor de contenido residual en la torta de prensado de 3 a 4 %. Presenta ventajas como la

obtención de aceite que requiere menor tratamiento posterior, y no se emplean disolventes.

#### **2.3.14. Proceso de Transesterificación**

Calle (2005) “La transesterificación consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan esteres metílicos o etílicos de ácidos grasos mezclando el aceite con el alcohol y un catalizador que usualmente es hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH); luego de agitar y dejar reposar la solución se obtiene el producto principal que es el biodiesel y un subproducto que es el glicerol. Los aceites están compuestos por moléculas de triglicéridos formadas de tres cadenas de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol. El proceso de transesterificación permite disminuir la viscosidad del aceite, la cual es principalmente ocasionada por la presencia de glicerina en la molécula.

Para lograr la reacción se requieren temperaturas entre 40°C y 60°C, así como la presencia del catalizador. Después de la reacción se separan dos fases en la mezcla: una superior líquida y cristalina, el biodiesel; y otra inferior, de color por lo general más oscuro y alta viscosidad, la glicerina.”



*Figura 2. 3 Proceso de transesterificación*

*Fuente: Germán Erazo*

## **2.4. Fundamento legal**

Existen referencias en cuanto al marco legal estipuladas en la Constitución Política del Estado Ecuatoriano, así como decretos ejecutivos y ordenanzas entre los que citamos los siguientes:

Constitución Política del estado:

Artículo 3.

“Es deber primordial del Estado proteger el Medio Ambiente”.

Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir;

Artículo 86.

“Declara de interés público la Preservación del Medio Ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; así como la prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados; el manejo sustentable de los recursos naturales. Se declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de los biocombustibles como componente en la formulación de los combustibles que se consumen en el país”.

Artículo 83

De la Norma Constitucional señala que es deber y responsabilidad de las ecuatorianas y ecuatorianos respetar los derechos de la naturaleza; redacta la ordenanza del sistema integral de manejo de residuos sólidos domésticos, comerciales, industriales peligrosos y biológicos potencialmente infecciosos.

Decreto Ejecutivo No. 2332: R.O. No. 482 (15 de diciembre de 2004).  
Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones  
Hidrocarburíferas en el Ecuador (D.E: 1215).

#### Artículo 67

Dispone que “en la producción de combustibles... la calidad podrá ser mejorada mediante la incorporación de aditivos en refinerías y/o terminales. Se preferirá y fomentará el uso de aditivos oxigenados tal como el etanol anhidro a partir de materia prima renovable.”

Decreto Ejecutivo No. 146: R.O. No. 39 (12 de marzo de 2007)

#### Artículo 1.

Crea el Consejo Nacional de Biocombustibles con la misión de definir políticas y aprobar planes, programas y proyectos relacionados a la producción, manejo, industrialización y comercialización de biocombustibles.

Decreto Ejecutivo 2332,

Registro Oficial 482, 15 Diciembre 2004. En él se declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de biocarburantes como componentes de los combustibles que se consumen en el país.

En el caso del Ecuador no existe todavía una ley específica sobre los biocombustibles, pero si se ha creado mediante Decreto Ejecutivo el Consejo Consultivo, como acción última y reformatoria mediante

Decreto Ejecutivo No. 146, R. O. No. 39, 12 de marzo de 2007,

Se crea el Consejo Nacional de Biocombustibles integrado por varios ministerios, la misión primordial de este consejo es la de definir políticas y aprobar planes, programas y proyectos relacionados a la producción, manejo, industrialización y comercialización de biocombustibles, además serán quienes establecerán políticas y mecanismos de apoyo preferencial a los sectores agrícola,

agro industrial, especialmente a los pequeños productores, y regulará el precio del biocombustible de que se trate.

Aunque la producción, uso y exportación se ha dado desde algunos años atrás, sin embargo revisada la Constitución Política vigente del año 2008, encontramos:

Artículo. 15,

En lo referente a los derechos de Buen Vivir hace mención que; “El Estado promoverá en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias, de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará al derecho al agua”.

Artículo. 413

El estado promoverá la eficiencia energética el desarrollo, uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua

## **2.5. Marco conceptual.**

El potencial energético generado por el aceite de piñón requiere disponer de un marco conceptual asociado con ecuaciones que validen y complementen la investigación para que posteriormente sean analizadas en la generación de resultados.

### 2.5.1. El poder calorífico.

Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación, expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente, es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión.

Los siguientes datos deben estar disponibles en la realización de una prueba en un calorímetro de 1341:

a = tiempo de cocción

b = tiempo cerca a 0,1min Cuando la temperatura alcanza 60 % del aumento total

c = tiempo al inicio del período

después de que el aumento de la temperatura en el que la tasa de cambio de temperatura ha llegado a ser constante

ta = temperatura en el momento de disipar

tc = temperatura en tiempo de cocción

r<sub>1</sub> = tasa unidades de temperatura por minuto

a lo que aumenta durante 5 minutos período antes de disipar.

r<sub>2</sub> = tasa unidades de temperatura por minuto

a lo que aumenta durante 5 minutos después del período de tiempo.

c = si la temperatura se disminuye en vez de aumentar una y otra vez

c, r es negativo y la cantidad r cb es positiva y se debe agregar al calcular el aumento de temperatura corregida.

C<sub>1</sub> = mililitros de solución alcalina estándar utilizados en la valoración ácido

C<sub>2</sub> = porcentajes de azufre en la muestra

C<sub>3</sub> = centímetros de alambre fusible se consumen en fuego

W = energía equivalente del calorímetro, se determina en la normalización.

m = masa de la muestra en gramos

**a. Aumento de temperatura**

Para calcular el aumento de temperatura corregida neta,  $t$ , sustituyendo en la ecuación siguiente:

$$t = tc - ta - r_1 b - a - r_2(c - b)$$

*Ecuación 1*

**b. Correcciones termoquímicas:**

$e_1$  = corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico(HNO<sub>3</sub>)

$C_1$  = si 0.0709N alcalino se uso para la titulación

$e_2$  = Corrección en calorías para el calor de formación

de ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>

$$e_2 = (13.7)(c_2)(m).$$

*Ecuación 2.*

$e_3$  = Corrección en calorías para el calor de combustión del alambre de fusible.

$$e_3 = 2.3 C_3$$

*Ecuación 3*

Al utilizar Parr 45C10 níquel cromo alambre fusible ó al utilizar N° 34 B. & S.

Calibre de alambre fusible hierro 1341

bomba de oxígeno calorimétrica.

$$e_3 = 2.7 C_3$$

*Ecuación 4*

### c. Calor total de combustión.

Para calcular el calor bruto de combustión,  $H_g$ , en calorías por gramo sustituyendo en la ecuación siguiente:

$$H_g = \frac{(t \cdot W - e_1 - e_2 - e_3)}{m}$$

Ecuación 5

### 2.5.2. Ciclo Diesel

El ciclo diesel es un proceso termodinámico a presión constante, en el cual el volumen de combustible inyectado aproximadamente a 175 bar de presión reacciona a través de un choque con la presión de compresión de 40 bar, esto ocasiona que el proceso de combustión sea suave y progresivo, en donde de acuerdo al diagrama presión volumen que se presenta en la figura 2.4 se logra ver claramente el poder calorífico de combustible que ingresa por  $Q_1$ , luego de lo cual al cumplir con el ciclo de combustión y escape se obtendrá un calor aprovechado que dependerá de las características del combustible de prueba.

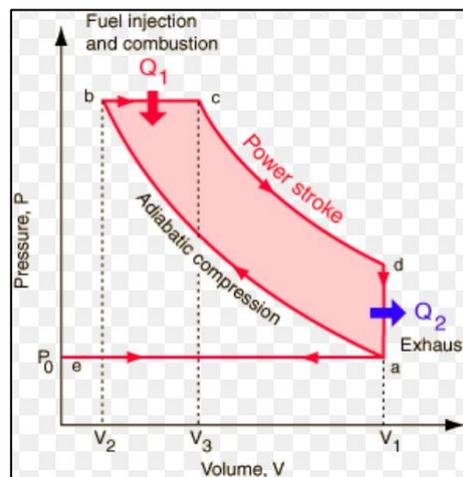


Figura 2. 4 Diagrama presión volumen de operación del ciclo diesel

Fuente: Mena L.

Este proceso genera las siguientes ecuaciones de cálculo que estarán presentes en el análisis de pruebas y resultados.

### **Calor suministrado**

$$Q_1 = C_p(Tb - Tc)$$

*Ecuación 6*

$Q_1$  = Calor suministrado

$C_p$  = Calor específico a presión constante

$Tb$  = Temperatura de combustión.

$Tc$  = Temperatura de compresión

### **Calor extraído**

$$Q_2 = C_v(Td - Ta)$$

*Ecuación 7*

$Q_2$  = Calor extraído

$C_v$  = Calor específico a volumen constante

$Td$  = Temperatura de escape.

$Ta$  = Temperatura de admisión

### **Relación de compresión:**

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

*Ecuación 8*

$\varepsilon$  = Relación de compresión

$V_a$  = Volumen del cilindro

$V_c$  = Volumen de la cámara de combustión

### **Grado de expansión previa**

$$\rho = \frac{P_z}{P_c} = \frac{T_z}{T_c}$$

*Ecuación 9*

$\rho$  = Grado de expansión previa

$P_z$  = Presión de combustión

$P_c$  = Presión de compresión

### Eficiencia térmica

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C_v(T_b - T_a)}{C_p(T_z - T_c)}$$

Ecuación 10

$$C_p = \text{Calor específico a presión constante} \quad 1,005 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$C_v = \text{Calor específico a volumen constante} \quad 0,719 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

### Presión media del ciclo:

$$P_{mc} = \frac{P_a \varepsilon^{k(k-1)}}{\varepsilon - 1 (k-1)} \eta_t$$

Ecuación 11

$$P_{mc} = \frac{(T)}{V_h} * i$$

Ecuación 12

$P_{mc}$  = Presión media del ciclo.

T= Torque

i = Número de cilindros.

K = Coeficiente adiabático (1.41)

$$\eta_t = P_{mc} \frac{\varepsilon - 1 (k-1)}{P_a \varepsilon^{k(k-1)}}$$

Ecuación 13

$$nt = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q * mc} * 100\%$$

Ecuación 14

### Consumo másico de combustible.

$$mc = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q * nt}$$

Ecuación 15

### Consumo específico de combustible

$$CEC = \frac{mc}{Ne}$$

*Ecuación 16.*

### Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{Ne}{Ni} = \frac{Ni - Nm}{Ni} = 1 - \frac{Nm}{Ni}$$

*Ecuación 17*

### Rendimiento indicado

$$\eta_i = \frac{\eta_t}{\eta_m}$$

*Ecuación 18*

#### 2.5.3. La opacidad.

En los motores diesel se produce la combustión con exceso de aire (mezcla pobre), se realiza la medición de la cantidad de humo emitido (opacidad).

Para registrar este parámetro se utiliza el opacímetro. Consiste en un emisor y un receptor de luz. Entre ambos, se hace circular el humo emitido por el vehículo. Este humo evita que la totalidad de la luz del emisor llegue al receptor. Cuanto más humo haya en el interior de la cámara mayor cantidad de luz del emisor será absorbida, con lo cual la opacidad será mayor.

Tienen dos escalas de medición: Una de ellas en unidades de absorción de luz expresada en  $m^{-1}$  y la otra lineal de 0 % a 100 % de opacidad, ambas escalas de medición se extienden desde cero con el flujo total de luz hasta el valor máximo de la escala con obscurecimiento total.

### **a. Transmitancia**

Es la fracción de una luz emitida desde un emisor y que llega al receptor.

### **b. Coeficiente de absorción de luz**

Es el coeficiente de absorción de una columna diferencial de gas de escape a la presión atmosférica y a una temperatura de 70 °C (grados Celsius) expresado en  $m^{-1}$  (metros a la menos uno).

### **c. Humo de diesel**

Es el residuo resultante de una combustión, compuesto en su mayoría de carbón, cenizas y de partículas visibles en el ambiente.

## **2.5.4. Aceite.**

Es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que esta.

### **a. El aceite vegetal:**

Es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía.

### **b. Biodegradable**

Es la facultad de algunos productos o sustancias de descomponerse en elementos químicos naturales en un período de tiempo relativamente corto y por acción de organismos vivos (bacterias, microorganismos, hongos, gusanos, insectos, etc.) que las utilizan para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos o nuevos organismos.

### **c. Biodiesel**

El biodiesel es un combustible renovable derivado de aceites vegetales o grasas animales. El término bio hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diesel tradicional derivado del petróleo, siendo un combustible menos volátil y menos tóxico que el combustible fósil.

#### **2.5.5. Contaminantes**

La presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

#### **2.5.6. Efecto Invernadero**

El calentamiento global es la acumulación de los gases de invernadero provocada por la actividad humana, principalmente desde la revolución industrial por la quema de combustibles fósiles y la producción de nuevos productos químicos.

#### **2.5.7. Potencia al freno**

Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie por minuto un peso de 33.000 libras. La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión

#### **2.5.8. Torque**

El par motor o torque es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

## **2.6. Conclusiones del capítulo**

Con el referente bibliográfico que citan diferentes autores, es notoria la importancia y trascendencia que tienen los biocombustibles en diferentes ámbitos de la sociedad.

Se estructuró la base necesaria para incursionar en la investigación del potencial energético del aceite de piñón para convertirse en una alternativa de uso para reducir la polución.

Se citó una base de cálculo relacionada a la utilización del aceite de piñón biocombustible para sustentar analítica y matemáticamente el uso de este en proporciones.

Se realizó la investigación bibliográfica necesaria en fuentes confiables para posterior obtención de resultados.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

En este capítulo se presentó la metodología para el desarrollo del diseño de la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación; por la característica técnica que dispone la investigación, se desarrolló el proceso de medición y levantamiento de la información a través de equipos de tecnología de punta especializado, para establecer los parámetros que se generan por la utilización del biocombustible como fuente potencial de energía, así como también el tratamiento de las variables de investigación, la información que se va recolectando sirvió para su posterior análisis y cuantificación de resultados.

### **3.1. Diseño de la investigación**

En la investigación se evaluó el potencial energético del aceite de piñón como biocombustible, como fuente alternativa de energía en la ciudad Latacunga en el motor Isuzu de la camioneta Chevrolet DMax usándolo en proporciones para reducir la polución.

La investigación es experimental, se utilizó instrumentos de medición especializada, control y verificación de parámetros generados por el motor de combustión interna diesel como gestor de energía mediante el uso de combustible fósil y biocombustible como fuente de energía y reducción de la polución.

Marín (2008) manifiesta que “ La investigación experimental obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo, sobre la misma se puede o no usar un grupo de control, con el fin de hacer las comparaciones necesarias para comprobar las hipótesis o rechazarlas según el caso; lo cual el nivel de conocimientos que se adquieren se divide en: exploratoria, descriptiva explicativa”.

Según la definición anterior la investigación se clasifica entre la naturaleza experimental descriptiva debido a que fundamentalmente describe un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferencias.

### **3.2. Modalidad de la Investigación**

Es factible de desarrollar, a través de la investigación de campo; se consideró a la ciudad de Latacunga como área de influencia, estableciendo el procedimiento de pruebas para el uso de biodiesel como biocombustible argumentando los resultados mediante mediciones con equipos de tecnología de punta para definir el potencial energético del aceite de piñón presentando una solución en el ámbito académico de injerencia acorde al grado de Maestría en Gestión de Energías, para reducir la polución solucionando con esto el problema de tipo teórico práctico relacionado con las emisiones causadas por el motor Isuzu del vehículo Chevrolet DMax.

La investigación de campo permitió obtener los parámetros de operación en condiciones reales, debidamente documentada, en pruebas y análisis de laboratorio fundamentando el uso de energías alternativas para solucionar problemas inherentes al uso de combustibles fósiles para reemplazarlos por biocombustibles reduciendo considerablemente la polución.

#### **3.2.1. Investigación de campo**

Se investigó en la camioneta DMax diesel con motor ISUZU, al ser de la línea Chevrolet, la marca que más se ha vendido en los últimos años a nivel nacional y regional, es accesible a disponer para la investigación estas unidades para la investigación de campo ya que se analizó sistemáticamente la necesidad de utilizar energías renovables con un potencial energético accesible que sea de utilidad en el transporte automotor, generando una alternativa de solución concreta reforzada en base al análisis en laboratorios de química especializados

como son : La Fabril y la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador estación el Beaterio.

A través del Concesionario Chevrolet ASSA de la Ciudad de Latacunga se obtuvo la información de número de unidades vendidas en la ciudad 2011 a 2013 con lo que se respalda el trabajo de investigación.

Se consultó fuentes secundarias, como: libros, artículos científicos, bases digitales y documentos de investigaciones que permitieron procesar resultados y establecer las conclusiones de la investigación.

### **3.3. Metodología**

La metodología es experimental ya que mediante el desarrollo de experimentos y pruebas de laboratorio, operación de variables se obtuvo resultados de potencia, torque, poder calorífico y opacidad cuando existen cambios en los porcentajes de mezclas en el biocombustible.

Ruiz R. (2006) “En el proceso de la investigación científica se utiliza diversos métodos y técnicas según la ciencia particular de que se trate y de acuerdo a las características concretas del objeto de estudio. Existen, sin embargo, métodos que pueden considerarse generales para todas las ramas de la ciencia en tanto que son procedimientos que se aplican en las distintas etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que éste se desarrolle. Estos métodos son el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción”.

Utilizando la información proporcionada por Ruiz (2006) quien en la figura 3.1. El método es un camino para: investigar, conocer y descubrir, hace referencia a los métodos generales, específicos y particulares, de los cuales he resaltado los que relacionan la aplicación de la investigación.



Figura 3. 1 Métodos de investigación aplicados

Fuente: Ruiz.

Hernández (2007) “Se adoptará la siguiente clasificación: investigación experimental e investigación no experimental. A su vez, la investigación experimental puede dividirse de acuerdo con las categorías de Campbell y Stanley (2006) en: pre experimentos, experimentos puros” (verdaderos) y cuasi experimentos. La investigación no experimental será subdividida en diseños transaccionales o transversales y diseños longitudinales.”

Desarrollando la correlación de los métodos de investigación con la determinación del potencial energético del piñón como fuente alternativa de energía para reducir la contaminación encaja en:

Se aplicó la síntesis en el desarrollo de pruebas de soporte a la investigación sin omitir ninguna ni descartar otra.

En la aplicación del método inductivo, se partió de hechos particulares como el alto valor de opacidad que se tiene con combustible fósil a afirmaciones de carácter general como el que el aceite de piñón genera resultados eficientes como biocombustible.

La observación y experimentación en el uso de la bomba calorimétrica, el dinamómetro, probetas, balanzas de precisión, termómetros, opacímetros, fueron de utilidad para establecer conclusiones y determinar resultados que aportan a la investigación.

La matematización de los resultados de medición es importante para manejar una estadística básica para levantar valores de medición y cálculo disminuyendo probabilidades de error.

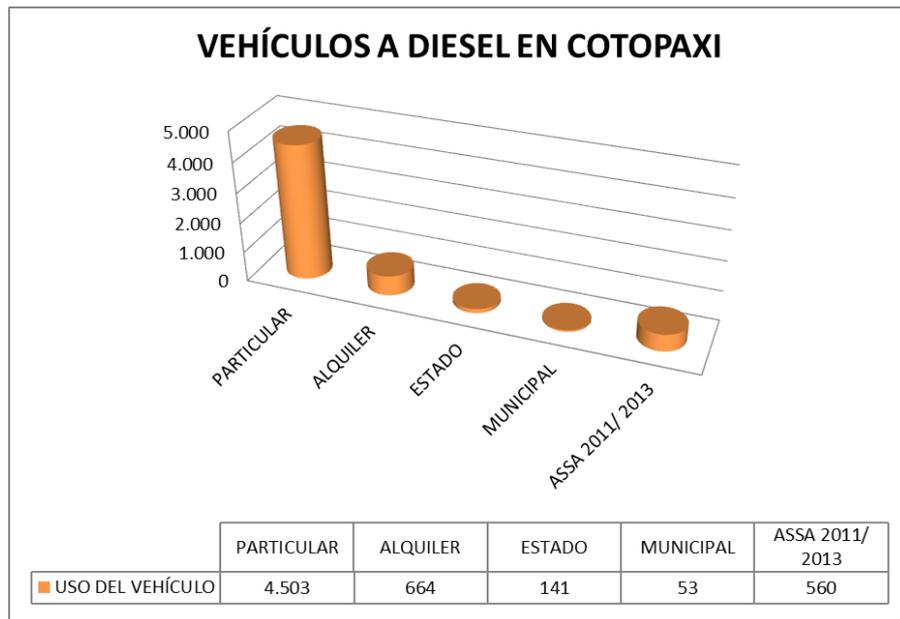
Según Hernández, (2007) dice que: “La muestra es, un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características a los que llamamos población”.

Un muestreo intencional, según Ramírez (2006), “Es un tipo de muestreo que implica que el investigador obtiene información de unidades de la población escogidas de acuerdo con criterios previamente establecidos, seleccionando unidades tipo o representativas”.

Hernández (2007) “Para seleccionar una muestra, lo primero entonces es definir la unidad de análisis, personas, organizaciones, periódicos, etc. Es decir “quiénes van a ser medidos”, depende de precisar claramente el problema a investigar y los objetivos de la investigación. Estas acciones nos llevan al siguiente paso, que es el de delimitar una población.

### 3.4. Datos estadísticos.

Es necesario recurrir a fuentes secundarias como es el caso de estadísticas levantadas por el INEC en 2012, en relación al número de vehículos por provincia en este caso la provincia de Cotopaxi donde se puede verificar 37979 unidades con motores diesel, para luego a través de la ayuda de Automotores de la Sierra se establece un número de 560.



*Figura 3. 2 Vehículos Diesel en Cotopaxi*

*Fuente: ASSA - INEC*

Tabla 3. 1 Parque automotor diesel año 2012

VEHICULOS DIESEL A NIVEL NACIONAL 2012			USO DEL VEHÍCULO			
PROVINCIAS	TOTAL	DIESEL	ARTICULA	ALQUILER	ESTADO	MUNICIPAL
			DIESEL	DIESEL	DIESEL	DIESEL
TOTAL PAÍS	1.171.924	131.066	110.169	13.981	5.028	1.888
AZUAY	82.682	7.306	5.980	1.104	157	65
BOLÍVAR	8.814	1.388	1.084	154	127	23
CAÑAR	28.221	3.509	3.052	309	59	89
CARCHI	14.021	1.863	1.352	379	94	38
<b>COTOPAXI</b>	<b>37.979</b>	<b>5.361</b>	<b>4.503</b>	<b>664</b>	<b>141</b>	<b>53</b>
CHIMBORAZO	31.347	3.609	2.803	477	217	112
EL ORO	42.709	6.276	5.493	583	145	55
ESMERALDAS	18.680	2.219	1.935	197	83	4
GUAYAS	302.901	32.435	28.987	2.414	743	291
IMBABURA	35.751	4.372	3.458	662	160	92
LOJA	28.899	3.511	2.964	308	160	79
LOS RÍOS	59.602	7.030	6.559	310	149	12
MANABÍ	84.195	8.659	7.712	577	280	90
MORONA SANTIAGO	4.054	732	395	151	101	85
NAPO	2.972	523	285	62	118	58
PASTAZA	4.513	827	540	123	109	55
PICHINCHA	266.724	24.238	19.046	3.337	1.436	419
TUNGURAHUA	57.895	6.900	5.731	932	161	76
ZAMORA CHINCHIPE	2.985	518	335	62	60	61
GALÁPAGOS	945	136	85	33	18	0
SUCUMBÍOS	9.884	1.503	1.072	178	196	57
ORELLANA	6.253	1.387	1.015	266	85	21
STO. DOMINGO DE LO	31.707	5.688	5.023	430	182	53
SANTA ELENA	8.191	1.076	760	269	47	0

Fuente: INEC

### 3.5. Métodos y técnicas a ser empleadas

En la investigación se aplicó las siguientes técnicas: observación directa, experimentación y medición. La observación directa puede aplicarse en algunas investigaciones con el objeto de tener un registro sistemático del evento que se desea analizar.

Según Sabino C. (2006), “La observación directa es definida como el uso sistemático de nuestros sentidos, en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación.”

Mediante el uso de probetas y balanzas de precisión se realizó combinaciones de biodiesel para posteriormente introducirla en el sistema de alimentación del motor diesel, para realizar las pruebas de opacidad, potencia, torque entre otras.

### **3.5.1. Método inductivo**

Se inicia por la observación de fenómenos particulares con el propósito de llegar a una conclusión debido al potencial energético que genera el aceite de piñón cuando se usan en porcentajes del 5, 10, 15 y 20% en la Camioneta DMax con motor ISUZU.

### **3.5.2. Método Estadístico**

En base a datos obtenidos mediante un opacímetro se comparó la cantidad de emisiones de gases contaminantes que posee un vehículo que funciona con diesel al 100% y con biocombustible en un porcentaje de 5, 10, 15 y 20% a fin de establecer el potencial energético que puede disponer el motor de combustión diesel y relacionarlo con la polución.

### **3.5.3. Método de Análisis**

Los biocombustibles constituyen una fuente de energía que en el campo automotriz se ha empleado en vehículos a diesel con el fin de ser un potencial energético del presente y futuro que relaciona el plan nacional del buen vivir sin interferir con la soberanía alimentaria.

### **3.5.4. Método de Síntesis**

El biocombustible disminuye de forma notable el material particulado en los motores diesel sin disminuir la potencia generada, lo que se constituye una alternativa en el uso de combustibles alternativos. Para la utilización de

biocombustible del 5, 10, 15 y 20% por lo que el vehículo no necesita de ninguna modificación.

### 3.6. Operacionalización de las variables

La operacionalización de variables, centra su análisis en verificar conceptos, categoría, indicadores, ítems, técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.

#### 3.6.1. Variable independiente:

Potencial energético

Tabla 3. 2 Variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son las características físico químicas que disponen el aceite de piñón para producir trabajo y energía cuando se lo utiliza como biocombustible en el motor diesel	Potencial para producir trabajo y energía	Rendimiento térmico	%	Cálculos Medición	Prueba de Laboratorio Ecuaciones.
		Rendimiento mecánico	%	Cálculos	Prueba de Laboratorio Cálculo
		Rendimiento indicado	%	Cálculo	Prueba de Laboratorio Ecuaciones
		Poder calorífico	Calorías/gr	Medición Cálculo	Prueba de Laboratorio.
	Parámetros característicos del motor de combustión	Potencia	kW	Cálculos Medición	Prueba de Laboratorio Ecuaciones Dinamómetro
		Torque	Nm	Cálculos Medición	Prueba de Laboratorio Ecuaciones Dinamómetro
		Velocidad angular	rev/min	Medición	Prueba de Laboratorio Tacómetro
		Temperatura	°C	Medición	Prueba de Laboratorio Termómetro
		Consumo de combustible	Kg/h	Cálculos	Ecuaciones Prueba de Laboratorio.

Fuente: Germán Erazo.

#### 3.6.2. Variable dependiente.

Combustible alternativo eficiente

Tabla 3. 3 Variable dependiente: Combustible alternativo eficiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Material alternativo renovable que se emplea para producir energía limpia en forma de calor a partir de la combustión	Polución	Opacidad	m <sup>-1</sup>	Medición	Opacómetro
		Opacidad	%	Medición	Opacómetro
	Volumen de aceite de piñón requerido en función del porcentaje	Volumen	m <sup>3</sup>	Medición	Probetas graduadas Balanzas de precisión
	Eficiencia energética en función del porcentaje	Consumo específico de combustible	Kg/Kw-h	Medición	Ecuaciones Dinamómetro
Pre factibilidad	Costo VAN / TIR	\$	Cálculos	Ecuaciones	

Fuente: Germán Erazo.

### 3.8. Instrumentos de la investigación.

Se empleó instrumentos de medición durante el desarrollo de cada una de las pruebas entre los que se menciona:

El Dinamómetro Motoroll para la medición de torque, potencia generada por el motor de combustión Isuzu DMax.

La Bomba Adiabática para determinar el poder calorífico del biocombustible.

Opacómetro Brain Bee para medir la opacidad producto de la combustión.

Termómetros para establecer la temperatura de pruebas y operación del motor de combustión interna y de la bomba adiabática.

Probetas graduadas y balanzas de precisión.

### **3.9. Equipos y procedimientos de prueba.**

Con el aceite de piñón procesado para la aplicación se va a generar las mediciones, pruebas a través de equipo de control y verificación para establecer el potencial energético del biocombustible en estudio.



*Figura 3. 3 Procesamiento del aceite de piñón.*

*Fuente: Germán Erazo*

#### **3.9.1. Bomba Calorimétrica para la obtención del poder calorífico.**

La Bomba Calorimétrica Parr 1341, norma ASTM 870-8, se usa para determinar el poder calorífico del combustible cuando se quema a volumen constante.

El biocombustible cuyo poder calorífico se determinó se coloca en el crisol para combustible dentro de la bomba calorimétrica; se agrega el oxígeno necesario para la combustión.



*Figura 3. 4 Bomba calorimétrica 1341*

*Fuente: Parr*

- Preparar los accesorios y materiales para uso de la bomba calorimétrica.



*Figura 3. 5 Preparación de la bomba calorimétrica Parr 1341*

*Fuente: Germán Erazo*

- Pesar el cubo calorímetro, a continuación, añadir 2.000 gramos de agua destilada a temperatura ambiente.
- Ajustar el balde en el calorímetro.
- Manipular la bomba cuidadosamente, que no se perturbe la muestra.



*Figura 3.6 Procedimiento de uso bomba calorimétrica.*

*Fuente: Germán Erazo*

- Medir 10 cm. de cable fusible para utilizarlo en el proceso de combustión.



*Figura 3.7 Medición del cable fusible.*

*Fuente: Germán Erazo*

- Coloque y mida la muestra de un gramo de biodiesel a concentración volumétrica del 5, 10, 15, 20 y 100% de Piñón



*Figura 3.8 Peso de gramo de muestra de biocombustible*

*Fuente: Germán Erazo*

- Ubicar el tanque de oxígeno, conectar a la capsula y llenar la cápsula con oxígeno a 30 bares de presión



*Figura 3.9 Sellado de bomba calorimétrica*

*Fuente: Germán Erazo*

- Dejar funcionar el agitador durante 5 minutos para alcanzar el equilibrio antes de iniciar una prueba de medición.



*Figura 3.10 Detonador y cronometro*

*Fuente: Germán Erazo*

- Lea y registre las temperaturas a intervalos de medio minuto durante 5 minutos. Entonces, en el inicio del sexto minuto disparar la bomba pulsando el botón de encendido y manteniéndolo presionado hasta que la luz indicadora se apaga
- La temperatura cubo comenzará a subir dentro de 20 segundos después de la cocción. Este aumento será rápido durante los primeros pocos minutos, y luego se convertirá en más lento a medida que la temperatura se aproxima a un máximo estable como se muestra por la típica curva de elevación de temperatura por debajo.
- Después de la última lectura de temperatura, detenga el motor, retire la cinta y levante la tapa del calorímetro.
- Con los datos obtenidos y la fórmula establecida calcular el poder calorífico de cada muestra de biocombustibles.

### **3.9.2. Chevrolet D Max**

La camioneta en la que se realizó las pruebas es Chevrolet DMax que dispone de la siguiente característica relevante para la investigación

Motor	3.0 TDI Cabina Doble 4x2	
	Electrónico bomba	
Alimentación	Inyección directa	
Desplazamiento (c.c.)	2999	
	5.9	
Diámetro de giro (m)		
Diámetro x Carrera	95.4 X 104.9	
Nº Cilindros	4 en línea	
Nº Válvulas	8	
Potencia (HP@rpm)	130@3.800	
Relación Compresión	18.3	
Torque Neto (Nm@rpm)	280 @ 2000	

*Figura 3. 11 Camioneta Chevrolet DMax*

*Fuente: ASSA*

### 3.9.3. Dinamómetro

Es el equipo que determina el torque y la potencia del motor ISUZU 2999 cc. El dinamómetro Motorroll, es hidráulico de rodillos, El computador toma los datos del freno hidráulico y las exhibe en la pantalla simultáneamente. Se realiza la inspección y mantenimiento previo del dinamómetro, revisar nivel de agua, lubricación de ejes, conexiones de aire. Subir el vehículo en el dinamómetro verificando su alineación en los puntos establecidos por el fabricante.

*Tabla 3. 4 Características del Dinamómetro.*

Diámetro de los rodillos.....	217 mm.
Distancia entre rodillos.....	233 mm.
Medidas exteriores del conjunto.....	3388 x 960 x 313 mm.
Peso bruto.....	950 Kg.
Carga máxima sobre rodillos.....	5.000 Kg.
Potencia máxima medible.....	260 HP.
Velocidad máxima.....	160 Km/h (6000 R.P.M.)
Alimentación eléctrica.....	220 V. / 30 / 80 Hz. 1.5 Kva

*Fuente: Motoroll*



*Figura 3.12 Vehículo en el Dinamómetro*

*Fuente: Germán Erazo.*

El procedimiento es el siguiente:

- A través de la interface del PC, encender y realizar la calibración y ajuste del equipo.



*Figura 3.13 Calibración dinamómetro*

*Fuente: Germán Erazo.*

- Encender el motor del vehículo, realizar las mediciones de torque y potencia del mismo, registrar y grabar las mediciones para su posterior análisis.



Figura 3. 14 Mediciones del vehículo

Fuente: Germán Erazo.

- En el momento de que el vehículo este en tercera marcha sincronizar con el dinamómetro y empezar a medir torque y potencia para el rendimiento del vehículo

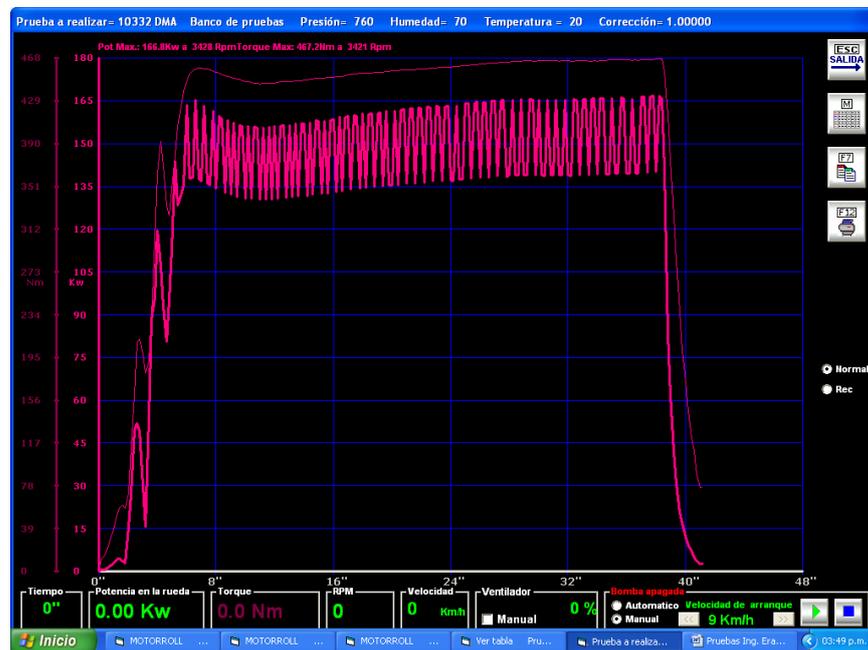


Figura 3. 15 Resultados preliminares de torque y potencia

Fuente: Germán Erazo.

Realizar el registro de los datos obtenidos en el dinamómetro tanto con diesel y con biocombustible en las proporciones del 5, 10, 15 y 20%.

### 3.9.4. Medidor de revoluciones y temperatura.

Para el control de pruebas en la camioneta D Max es necesario la utilización del medidor de temperatura y revoluciones que dispone de las siguientes características.

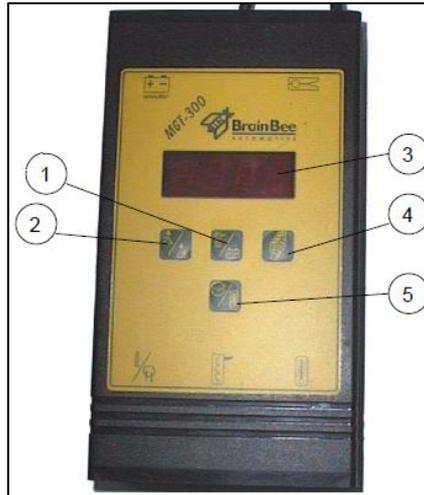
*Tabla 3. 5 Características del Tacómetro y termómetro*

<p>Campos de medición</p> <p>Revoluciones desde 300 a 9999 revoluciones / minuto</p> <p>Temperatura de 20 hasta 200 grados centígrados</p> <p>Transmisión de revoluciones y temperatura vía serial RS232</p> <p>Entrada de temperatura de aceite</p> <p>Visualización y pantalla</p> <p>Selección de cilindros</p> <p>Selección de tiempos</p> <p>Alimentación de 10 hasta 8 voltios</p> <p>Consumo de 0.5 A DC</p> <p>Temperatura de funcionamiento desde % hasta 40 grados centígrados</p> <p>Dimensiones 2 00 X 45 x 100 mm</p>
--

*Fuente: Brain Bee*

El procedimiento sugerido es:

- Conecte el cable de alimentación al positivo y negativo de la batería.
- Seleccione el número de ciclos del motor para la investigación es 4 tiempos.
- Seleccione el número de cilindros para la investigación cuatro cilindros.



*Figura 3. 16 Termómetro y tacómetro*

1 Conexión de batería selección de ciclos, 2. Intercambio de función, 3 display de medición, 4 selección de números, selección RPM/Temperatura.

*Fuente: Brain Bee*

- Coloque la sonda de medición de temperatura luego de haber retirado la varilla de medición del aceite.
- Encender el motor y visualizar en la pantalla la variación de temperatura, el momento en que se detecte 80 grados centígrados combinar el trabajo de medición con el opacímetro.
- Pulsar la tecla de alternar para medir las revoluciones.

### **3.9.5. Analizador de Opacidad Brian Bee**

El Opacímetro BRAIN BEE mide la opacidad y determina el coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape de los motores diesel. Coeficiente de absorción (k), Opacidad ( $m^{-1}$ ), temperatura de aceite, RPM.



*Figura 3. 17 Opacómetro*

*Fuente: Germán Erazo.*

Las características son:

Función automática de calibración a CERO

Tiempo de calentamiento menor a 10 minutos

Sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua

Pruebas automáticas para medición de opacidad

Auto prueba y auto diagnóstico

Compensador de altura

Medición por RS232 de RPM y temperatura de aceite con el accesorio

MGT-300/R (opcional)

Software para PC de múltiples aplicaciones

Conexión 110Vac – 60 Hz

El opacómetro, está equipado con una bomba de vacío, que arrastra los gases de escape a través de una manguera de muestra insertada en el tubo de escape del vehículo y de ahí al opacómetro, donde una muestra de gas de escape pasa al interior del analizador; una emisión de luz infrarroja es proyectada a través de la muestra de gas de escape.

El procedimiento de medición de opacidad recomendado es el siguiente:

- Realizar la conexión a las tomas de energía de 110Vac.
- Encender la PC e interface de medición del opacímetro.
- Ingresar al programa Brain Bee para realizar las pruebas de opacidad.



Figura 3. 18 Acceso al analizador de opacidad

Fuente: Germán Erazo

- Desde el menú principal seleccionar “ANÁLISIS OPACIDAD”



Figura 3. 19 Selección de la función

Fuente: Germán Erazo

- Una vez que se ha ingresado a la prueba, ingresar los datos del vehículo en prueba.

TEST OFICIAL - DATOS VEHICULO EN PRUEBA		PARA SALIR	ESC	
PLACA	: XEC100	MODELO	: 2009	F1
MARCA	: CHEVROLET DMAX	LINEA	: FFTT	F2
CLASE	: PUBLICO	SERVICIO	: FFTT	F3
CHASIS	: 8LVETF3F590001609	MOTOR	: 4 cil 3.0	F4
KM	: 134310	CILINDRAJE	: 3000	F5
(0=ASPIRADO / 1=TURBO): 1				F6
PROPIETARIO	: ESPEL	TEL	:	F7
DIRECCION	: LATACUNGA			F8
CIUDAD	: LATACUNGA			
LIMITE OPACIDAD	: max 35.00 [%]			
RÉGIMEN RALENTI	: min 700 max 1100			
RÉGIMEN DE DESC.	: min 2500 max 4000			

Figura 3. 20 Registro de datos del vehículo

Fuente: Germán Erazo

- Los parámetros a tomar en cuenta antes de realizar las pruebas son:  
Temperatura del aceite del motor (75°C - 80°C)

TEST OFICIAL - ESPERA TEMPERATURA		PARA SALIR	ESC
LLEVAR EL MOTOR A UNA TEMPERATURA SUPERIOR A 60 °C			
TEMP [°C]			
80			
			F1
			F2
			F3
			F4
			F5
			F6
			F7
			F8

Figura 3. 21 Temperatura alcanzada al inicio del análisis

Fuente: Germán Erazo



Figura 3. 22 Inicialización del programa para el análisis

Fuente: Germán Erazo

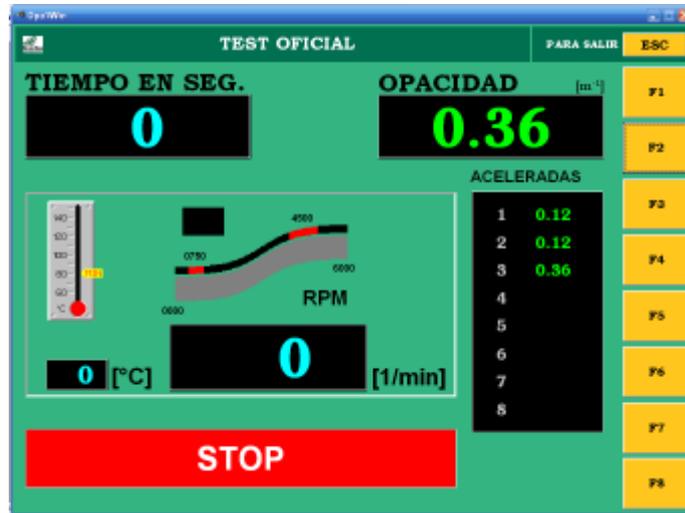
- Una vez que se ha ingresado estos parámetros, esperar que el equipo indique que acelere para realizar las diferentes pruebas, esto es intervalos desde 800, 1000, 1500, 2000 y 3000 RPM.
- En cada intervalo de medición se irá generando el valor de opacidad una vez que se completa cada intervalo se debe estar atento para realizar cada una de las mediciones.



Figura 3.23 Test oficial

Fuente: Germán Erazo

- Es necesario al menos disponer de 4 medidas por cada una de las concentraciones de medición para la investigación se realizó con diesel puro y con biodiesel en diferentes proporciones.



*Figura 3.24 Solicitud de detener la aceleración del motor*

*Fuente: Germán Erazo*

- Una vez realizadas las pruebas y registradas las mediciones por el software tabule los datos, se procede con el valor medido de la opacidad para su posterior análisis.
- El equipo al finalizar el registro de pruebas mencionará si la prueba pasa o no pasa de acuerdo a lo establecido, así como registrará una tabla con los valores de opacidad medidos.



Figura 3. 25 Resultados obtenidos al final de las pruebas

Fuente: Germán Erazo

### 3.10. Conclusiones del capítulo

- Se estableció los métodos de investigación experimental y de campo para definir el potencial energético del biocombustible en base el piñón.
- Se diseñó la metodología de la investigación para la recolección de información relevante.
- Se utilizó instrumentos de tecnología de punta para determinar el potencial energético del aceite de piñón así como la influencia de uso en el vehículo DMax diesel.
- Se procedió al encerado, calibración previa de equipos de medición para obtener resultados confiables.
- Las normas de seguridad en el uso de los diferentes ensayos de laboratorio afín de prevenir accidentes.
- Se desarrollaron y aplicaron procedimientos de uso y medición en los diferentes equipos obteniendo mediciones confiables para sustentar la investigación.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO QUE DISPONE EL ACEITE DE PIÑÓN.**

En este capítulo se analizó los datos de cada uno de los procesos de medición del método experimental, de campo y pruebas de laboratorio aplicados en la camioneta DMax motor Isuzu diesel mencionados en el marco metodológico.

En cada una de las pruebas de laboratorio realizada se analizó y comparó los resultados que definieron el potencial energético que dispone el biocombustible en base de aceite de Jatropha (piñón) en porcentajes del 5, 10, 15 y 20%.

### **4.1. Caracterización del potencial energético del aceite de piñón.**

En la investigación se determinó el potencial energético del aceite de piñón como fuente de energía alternativa para su uso en motores diesel para relacionarlo con la disminución de la contaminación en la ciudad de Latacunga y la influencia socioeconómica que puede esta generar.

La investigación se desarrolló desde noviembre 2012 a diciembre 2013, por lo que los resultados obtenidos son de importancia para ser considerados en la matriz energética y en la implementación de políticas de estado en relación al uso de biocombustibles.

### **4.2. Procesamiento y análisis**

Los datos e información que se obtuvieron en cada uno de los equipos de medición se procesaron en hojas electrónicas para obtener curvas de operación, desarrollar cálculos para posterior análisis, interpretación y validación de resultados de la presente investigación.

Las curvas procesadas establecen reglas de comportamiento y verificación del potencial energético del biocombustible para generar conclusiones, recomendaciones y de aporte en el ámbito académico de estudio.

El informe tiene la característica de técnico gerencial por la naturaleza de la investigación en relación a los procedimientos de prueba aplicados.

### 4.3. Potencial energético del biocombustible de Jatropha (Piñón).

Con el uso de la bomba calorimétrica, el termómetro y el cronómetro, los resultados obtenidos en la bomba calorimétrica se aplican para las muestras del aceite (de Jatropha) del 100%, piñón 20%, piñón 15%, piñón 10%, piñón 5% verificados a través de balanzas de control digital de precisión.



Figura 4. 1 Muestras de biodiesel 5, 10, 15, 20% de concentración

Fuente: Germán Erazo

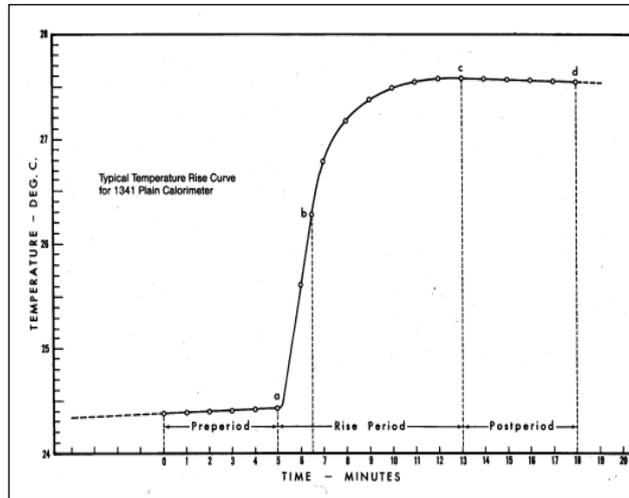
Tabla 4. 1 Valores de prueba biodiesel (piñón/diesel)

Porcentaje biodiesel piñón / diesel (%)	5	10	15	20	100
Masa de prueba (g)	1	1	1	1	1
Medida de alambre fusible (mm)	100	100	100	100	100
Presión de aire (Bar)	30	30	30	30	30

Fuente: Germán Erazo

La curva patrón para obtener el poder calorífico tiene la siguiente característica mostrada en la figura 4.2. (Alrededor de 4 ó 5 minutos después de la

ignición) Por lo general, la temperatura llega a un máximo y luego cae muy lentamente.



*Figura 4. 2 Curva de Cambio de Temperatura*  
*Fuente: Manual bomba calorimétrica 1341*

#### **4.4. Cálculo del poder calorífico del biocombustible.**

Para calcular el poder calorífico con las mediciones tomadas de temperatura en el proceso de experimentación está establecida la variación cada 0,5 minutos, en Microsoft Excel, se procesó las mismas para generar una matriz para obtener los factores de corrección y el poder calorífico como se muestra en cada una de las tablas para los porcentajes de biocombustibles propuestos.

Se desarrolló un ejemplo de cálculo para la concentración del 100% de aceite de piñón, para lo que hay que considerar las correcciones de acuerdo a la especificación del fabricante de la bomba y con las aplicaciones de las ecuaciones presentadas en el capítulo 2. Siendo necesario utilizar también la tabla 4.2.

Tabla 4. 2 Variables para el cálculo del calor total de combustión

<b>a</b>	Tiempo de fuego	<b>c<sub>2</sub></b>	Porcentaje de azufre en la muestra.
<b>b</b>	Tiempo (más cercano a 0,1 min) cuando la temperatura alcanza 60 por ciento del aumento total de temperatura.	<b>c<sub>3</sub></b>	Centímetros de alambre fusible consumido en fuego.
<b>c</b>	Tiempo al inicio del período (después de que el aumento de la temperatura) en el que la tasa de la temperatura cambio se ha convertido en constante.	<b>W</b>	Energía equivalente del calorímetro, se determina en la normalización. (2426 cal/°C).
<b>t<sub>a</sub></b>	Temperatura en el momento de disparar.	<b>m</b>	Masa de la muestra en gramos.
<b>t<sub>c</sub></b>	Temperatura en el tiempo c.	<b>T</b>	Aumento de temperatura.
<b>r<sub>1</sub></b>	Tasa (unidades de temperatura por minuto) a la que la temperatura se aumenta durante los 5 min antes de disparar.	<b>e<sub>1</sub></b>	Corrección el calorías de calor de formación de ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ).
<b>r<sub>2</sub></b>	Tasa (unidades de temperatura por minuto) a la que la temperatura se aumenta durante los 5 min después de periodo de tiempo.	<b>e<sub>2</sub></b>	Corrección en calorías para el calor de la formación de ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).
<b>c<sub>1</sub></b>	Mililitros de solución alcalina estándar utilizados en la valoración ácido.	<b>e<sub>3</sub></b>	Corrección en calorías para el calor de combustión del alambre fusible = (2,3)(c <sub>3</sub> ) al utilizar Parr 45C10 níquel cromo alambre fusible o = (2,7) (c <sub>3</sub> ) al utilizar N°34B. &S. Calibre del alambre fusible hierro.
<b>Hg</b>	Calor total de combustión		

Fuente: Manual 1341 Bomba de oxígeno calorímetro No. 204M.

$$t = t_c - t_a - r_1 b - a - r_2(c - b) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$t = 36,628^\circ\text{C} - 32,900^\circ\text{C} - 0,0116^\circ \frac{\text{C}}{\text{min}} * 6,5\text{min} - 5 \text{ min} - 0,00231 * (11 - 6,5\text{min})$$

Temperatura neta corregida.

$$t = 3,741^\circ\text{C}$$

Corrección en calorías para el calor de combustión

$$e_3 = 2,3 * c_3 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$e_3 = 2,3 * 9,5\text{cm}$$

$$e_3 = 21,85\text{cal}$$

Poder calorífico

$$Hg = \frac{t \cdot W - e1 - e2 - e3}{m} \quad \text{Ecuación 5.}$$

$$Hg = \frac{3,741^{\circ}C * \frac{2426cal}{^{\circ}C} - (23,9 - 14,00 - 21.06)}{1gr}$$

$$Hg = 9018,17 \frac{cal}{gr}$$

$$Hg = 37.76 \frac{MJ}{Kg}$$

Cálculo del poder calorífico al 100%

$$t = tc - ta - r1 b - a - r2(c - b)$$

$$t = 36,628^{\circ}C - 32,900^{\circ}C - 0,0116^{\circ} \frac{C}{min} * 6,5min - 5 min - 0,00231 * (11 - 6,5min)$$

$$t = 3,741^{\circ}C$$

$$e3 = 2,3 * c3$$

$$e3 = 2,3 * 9,5cm$$

$$e3 = 21,85cal$$

$$Hg = \frac{t * W - e1 - e2 - e3}{m}$$

$$Hg = \frac{4,330^{\circ}C * \frac{2426cal}{^{\circ}C} - (23,9 - 14,058 - 21.06)}{1gr}$$

$$Hg = 104447 \frac{cal}{gr}$$

$$Hg = 43.73 \frac{MJ}{Kg}$$

A continuación se presentan las tablas y curvas relevantes del biocombustible en la que se establece el potencial energético que presenta cada una de las muestras para el análisis respectivo.

Tabla 4. 3 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 100%.

tiempo (min)	temperatura °C
0.5	32.980
1	32.982
1.5	32.980
2	32.979
2.5	32.974
3	32.951
3.5	32.937
4	32.923
4.5	32.912
5	32.900
5.5	33.470
6	34.880
6.5	35.612
7	36.056
7.5	36.332
8	36.480
8.5	36.562
9	36.603
9.5	36.628
10	36.638
10.5	36.635
11	36.628
11.5	36.621
12	36.610
12.5	36.596
13	36.582
13.5	36.568
14	36.550
14.5	36.539
15	36.521
15.5	36.508
16	36.489
16.5	36.473
17	36.456
17.5	36.441
18	36.428
18.5	36.411
19	36.396
19.5	36.377
20	36.365

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
tiempo de cocción	a	5.000	min
tiempo más cercano 60% de aumento total	b	6.500	min
tiempo que el aumento de la temperatura a ha llegado a ser constante	c	11.000	min
temperatura en el momento de disparar	ta	32.900	°C
temperatura c	tc	36.628	°C
tasa Período antes de disparar	r1	-0.016	°C/min
tasa Período después de disparar	r2	0.00231	°C/min
mililitros de solución alcalina utilizados	c1	23.900	ml
porcentaje de azufre en la muestra	c2	1.020	%
centímetros de alambre consumidos	c3	7.800	cm
energía del calorímetro	w	2.426.000	cal/°C
masa de la muestra	m	1.002	g
temperatura máxima	t max	36.638	°C
corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e1	23.9	cal
corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e2	14.002	cal
corrección en calorías para el alambre	e3	21.06	cal
<b>t = tc - ta - r1 (b-a) - r2 (c-b)</b>		3.741605	
<b>Hg = (t w - e1 - e2 - e3)/m</b>		<b>9018.17</b>	<b>cal/gr</b>

**Estimación de poder calorífico piñón 100%**

tiempo (min)	temperatura (°C)
0.5	32.980
1	32.982
1.5	32.980
2	32.979
2.5	32.974
3	32.951
3.5	32.937
4	32.923
4.5	32.912
5	32.900
5.5	33.470
6	34.880
6.5	35.612
7	36.056
7.5	36.332
8	36.480
8.5	36.562
9	36.603
9.5	36.628
10	36.638
10.5	36.635
11	36.628
11.5	36.621
12	36.610
12.5	36.596
13	36.582
13.5	36.568
14	36.550
14.5	36.539
15	36.521
15.5	36.508
16	36.489
16.5	36.473
17	36.456
17.5	36.441
18	36.428
18.5	36.411
19	36.396
19.5	36.377
20	36.365

Fuente: Germán Erazo

Tabla 4. 4 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 20%.

tiempo (min)	temperatura °C
0.5	18.157
1	18.193
1.5	18.223
2	18.241
2.5	18.25
3	18.258
3.5	18.263
4	18.268
4.5	18.272
5	18.275
5.5	18.554
6	20.125
6.5	21.195
7	21.867
7.5	22.142
8	22.36
8.5	22.475
9	22.57
9.5	22.62
10	22.66
10.5	22.674
11	22.7
11.5	22.705
12	22.719
12.5	22.721
13	22.721
13.5	22.724
14	22.722
14.5	22.721
15	22.719
15.5	22.715
16	22.713
16.5	22.711
17	22.708
17.5	22.706
18	22.701
18.5	22.7
19	22.696
19.5	22.693
20	22.691

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
tiempo de cocción	a	5.000	min
tiempo más cercano 60% de aumento total	b	6.500	min
tiempo que el aumento de la temperatura a ha llegado a ser constante	c	13.000	min
temperatura en el momento de disparar	ta	18.554	°C
temperatura c	tc	22.701	°C
tasa Período antes de disparar	r1	0.024	°C/min
tasa Período después de disparar	r2	0.029	°C/min
militros de solución alcalina utilizados	e1	23.900	ml
porcentaje de azufre en la muestra	e2	1.020	%
centímetros de alambre consumidos	e3	7.800	cm
energía del calorímetro	w	2.426.000	cal/°C
masa de la muestra	m	1.006	g
temperatura máxima	t max	22.724	°C
corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e1	23.900	cal
corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e2	14.058	cal
corrección en calorías para el alambre	e3	21.060	cal
$t = tc - ta - r1 (b-a) - r2 (c-b)$		3.920	
$Hg = (t w - e1 - e2 - e3) m$		9.451.484	cal gr

**Estimación para el poder calorífico piñón 20%  
- diesel 80%**

tiempo (min)	temperatura (°C)
0.5	18.157
1	18.193
1.5	18.223
2	18.241
2.5	18.25
3	18.258
3.5	18.263
4	18.268
4.5	18.272
5	18.275
5.5	18.554
6	20.125
6.5	21.195
7	21.867
7.5	22.142
8	22.36
8.5	22.475
9	22.57
9.5	22.62
10	22.66
10.5	22.674
11	22.7
11.5	22.705
12	22.719
12.5	22.721
13	22.721
13.5	22.724
14	22.722
14.5	22.721
15	22.719
15.5	22.715
16	22.713
16.5	22.711
17	22.708
17.5	22.706
18	22.701
18.5	22.7
19	22.696
19.5	22.693
20	22.691

Fuente: Germán Erazo

En la concentración del 100% de biodiesel la temperatura se eleva a un valor máximo a 36,638 grados en un tiempo de 10 minutos siendo en el minuto 11 prácticamente constante generando una temperatura neta corregida de 3,74 grados y un poder calorífico de 9018.17 calorías / gramos un valor considerablemente

alto y que se encuentra dentro de los valores para el combustible diesel, lo que ratifica que se puede utilizar como combustible en motores de combustión.

En la concentración del 20% de biodiesel la temperatura se eleva como un valor máximo a 22,724 grados en un tiempo de 13.5 minutos siendo en el minuto 13 prácticamente constante generando una temperatura neta corregida de 3,920 grados y un poder calorífico de 9451.48 calorías / gramos un valor por debajo del poder calorífico del diesel y que se puede utilizar como combustible en motores de combustión.

En la concentración del 15% de biodiesel la temperatura se eleva como un valor máximo a 30,24 grados centígrados en un tiempo de 11 minutos siendo en el minuto 13,70 prácticamente constante generando una temperatura neta corregida de 3,128 grados y un poder calorífico de 9959.542 calorías / gramos un valor por debajo del poder calorífico del diesel y que se puede utilizar como combustible en motores de combustión.

En la concentración del 10% de biodiesel la temperatura se eleva como un valor máximo a 30,352 grados centígrados en un tiempo de 11 minutos siendo en el minuto 12,00 constante generando una temperatura neta corregida de 4,237 grados y un poder calorífico de 10,220.17 calorías / gramos un valor por debajo del poder calorífico del diesel y que se puede utilizar como combustible en motores de combustión.

En la concentración del 5% de biodiesel la temperatura se eleva como un valor máximo a 30,465 grados centígrados en un tiempo de 10,5 minutos siendo en el

en el minuto 9 prácticamente constante generando una temperatura neta corregida de 4,330 grados centígrados y un poder calorífico de 10 444,511 calorías / gramos un valor por debajo del poder calorífico del diesel y que se puede utilizar como combustible en motores de combustión.

Tabla 4. 5 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 15%.

tiempo (min)	temperatura °C
0.5	26.04
1	26.044
1.5	26.021
2	26.005
2.5	25.993
3	25.983
3.5	25.974
4	25.966
4.5	25.958
5	25.952
5.5	26.970
6	28.055
6.5	28.922
7	29.542
7.5	29.949
8	30.028
8.5	30.089
9	30.134
9.5	30.176
10	30.199
10.5	30.200
11	30.240
11.5	30.205
12	30.198
12.5	30.191
13	30.182
13.5	30.173
14	30.163
14.5	30.163
15	30.141
15.5	30.128
16	30.118
16.5	30.107
17	30.094
17.5	30.083
18	30.074
18.5	30.054
19	30.051
19.5	30.039
20	30.028

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
tiempo de cocción	a	5.000	min
tiempo más cercano 60% de aumento total	b	6.500	min
tiempo que el aumento de la temperatura a ha llegado a ser constante	c	13.700	min
temperatura en el momento de disparar	ta	25.952	°C
temperatura c	tc	30.200	°C
tasa Período antes de disparar	r1	-0.018	°C/min
tasa Período después de disparar	r2	0.020	°C/min
mililitros de solución alcalina utilizados	e1	23.900	ml
porcentaje de azufre en la muestra	e2	1.020	%
centímetros de alambre consumidos	e3	7.800	cm
energía del calorímetro	w	2.426.000	cal/°C
masa de la muestra	m	0.998	g
temperatura máxima	t max	30.240	°C
corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e1	23.900	cal
corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e2	13.946	cal
corrección en calorías para el alambre	e3	21.060	cal
$t = tc - ta - r1 (b-a) - r2 (c-b)$		4.128	
$Hg = (t w - e1 - e2 - e3)/m$		9.959.542	cal/gr

**Estimación del poder calorífico del Piñón al 15%**

tiempo (min)	temperatura (°C)
0.5	26.04
1	26.044
1.5	26.021
2	26.005
2.5	25.993
3	25.983
3.5	25.974
4	25.966
4.5	25.958
5	25.952
5.5	26.970
6	28.055
6.5	28.922
7	29.542
7.5	29.949
8	30.028
8.5	30.089
9	30.134
9.5	30.176
10	30.199
10.5	30.200
11	30.240
11.5	30.205
12	30.198
12.5	30.191
13	30.182
13.5	30.173
14	30.163
14.5	30.163
15	30.141
15.5	30.128
16	30.118
16.5	30.107
17	30.094
17.5	30.083
18	30.074
18.5	30.054
19	30.051
19.5	30.039
20	30.028

Fuente: Germán Erazo

Tabla 4. 6 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 10%.

tiempo (min)	temperatura °C
0.5	26.107
1	26.09
1.5	26.079
2	26.07
2.5	26.06
3	26.054
3.5	26.043
4	26.037
4.5	26.03
5	26.023
5.5	26.352
6	28.013
6.5	29.12
7	29.695
7.5	30.036
8	30.231
8.5	30.334
9	30.398
9.5	30.434
10	30.454
10.5	30.465
11	30.464
11.5	30.461
12	30.455
12.5	30.446
13	30.434
13.5	30.425
14	30.412
14.5	30.39
15	30.387
15.5	30.374
16	30.364
16.5	30.351
17	30.337
17.5	30.326
18	30.312
18.5	30.3
19	30.287
19.5	30.274
20	30.261

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
tiempo de cocción	a	5.000	min
tiempo más cercano 60% de aumento total	b	6.500	min
tiempo que el aumento de la temperatura a ha llegado a ser constante	c	9.000	min
temperatura en el momento de disparar	ta	26.023	°C
temperatura c	tc	30.398	°C
tasa Período antes de disparar	r1	-0.017	°C/min
tasa Período después de disparar	r2	0.028	°C/min
mililitros de solución alcalina utilizados	c1	23.900	ml
porcentaje de azufre en la muestra	c2	1.020	%
centímetros de alambre consumidos	c3	7.800	cm
energía del calorímetro	w	2,426.000	cal/°C
masa de la muestra	m	1.020	g
temperatura máxima	t max	30.465	°C
corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e1	23.900	cal
corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e2	14.058	cal
corrección en calorías para el alambre	e3	21.060	cal
<b>t = tc - ta - r1 (b-a) - r2 (c-b)</b>		<b>4.330</b>	
<b>Hg = (t w - e1 - e2 - e3)/m</b>		<b>10,444.511</b>	<b>cal/gr</b>

**Estimación del poder calorífico piñón al 5%**

tiempo (min)	temperatura (°C)
0	26.107
1	26.09
1.5	26.079
2	26.07
2.5	26.06
3	26.054
3.5	26.043
4	26.037
4.5	26.03
5	26.023
5.5	26.352
6	28.013
6.5	29.12
7	29.695
7.5	30.036
8	30.231
8.5	30.334
9	30.398
9.5	30.434
10	30.454
10.5	30.465
11	30.464
11.5	30.461
12	30.455
12.5	30.446
13	30.434
13.5	30.425
14	30.412
14.5	30.39
15	30.387
15.5	30.374
16	30.364
16.5	30.351
17	30.337
17.5	30.326
18	30.312
18.5	30.3
19	30.287
19.5	30.274
20	30.261

Fuente: Germán Erazo

Tabla 4. 7 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del aceite de piñón al 5%.

tiempo (min)	temperatura °c
0.5	26.074
1	26.067
1.5	26.050
2	26.038
2.5	26.027
3	26.019
3.5	26.009
4	26.002
4.5	25.994
5	25.988
5.5	26.661
6	28.034
6.5	29.021
7	29.619
7.5	29.993
8	30.130
8.5	30.212
9	30.266
9.5	30.305
10	30.327
10.5	30.333
11	30.352
11.5	30.333
12	30.327
12.5	30.319
13	30.308
13.5	30.299
14	30.288
14.5	30.277
15	30.264
15.5	30.251
16	30.241
16.5	30.229
17	30.216
17.5	30.205
18	30.193
18.5	30.177
19	30.169
19.5	30.157
20	30.145

PARÁMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES
tiempo de cocción	a	5.000	min
tiempo más cercano 60% de aumento total	b	6.500	min
tiempo que el aumento de la temperatura a ha llegado a ser constante	c	12.000	min
temperatura en el momento de disparar	ta	25.988	°C
temperatura c	tc	30.327	°C
tasa Período antes de disparar	r1	-0.017	°C/min
tasa Período después de disparar	r2	0.023	°C/min
mililitros de solución alcalina utilizados	c1	23.900	ml
porcentaje de azufre en la muestra	c2	1.020	%
centímetros de alambre consumidos	c3	7.800	cm
energía del calorímetro	w	2.426.000	cal/°C
masa de la muestra	m	1.002	g
temperatura máxima	t máx.	30.352	°C
corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e1	23.900	cal
corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e2	14.002	cal
corrección en calorías para el alambre	e3	21.060	cal
$t = tc - ta - r1 (b-a) - r2 (c-b)$		4.237	
$Hg = (t w - e1 - e2 - e3)/m$		10,220.174	cal/gr

**Estimación del poder calorífico del Piñón al 10%**

Fuente: Germán Erazo

A continuación presenta la tabla resumen de los valores de poder calorífico obtenidos , lo que se encuentran dentro de los rangos que se han obtenidos en la consulta bibliográfica, lo que ratifica el potencial energético que tiene el aceite de piñón que en este caso en estado puro corresponde a un 85% y en proporciones están entre el 90%.

Tabla 4. 8 Tabulación estadística del poder calorífico del biodiesel.

Orden	% de piñón en muestra	poder calorífico (cal / gr)	% Potencial energético en relación al diesel
1	Piñón 100%	9018	85%
2	Piñón 20%	9451	89%
3	Piñón 15%	9959	94%
4	Piñón 10%	10220	96%
5	Piñón 5%	10444	99%
6	Diesel Filtrado	10600	100%
7	Valor mínimo	9018	
8	Valor máximo	10600	
9	Valor Medio	9949	
10	Mediana	10090	

Fuente: Germán Erazo

Para comparar valores con otras fuentes de información se presenta el poder calorífico obtenido en la investigación en unidades de Calorías/gramo

Tabla 4. 9 Poder calorífico investigado en (cal/gr) y en (MJ/Kg)

Orden	% de piñón en muestra	poder calorífico (cal / gr)	poder calorífico (MJ / Kg)
1	Piñón 100%	9018	37.76
2	Piñón 20%	9451	39.57
3	Piñón 15%	9959	41.70
4	Piñón 10%	10220	42.79
5	Piñón 5%	10444	43.73
6	Diesel Filtrado	10600	44.38

Fuente: Germán Erazo

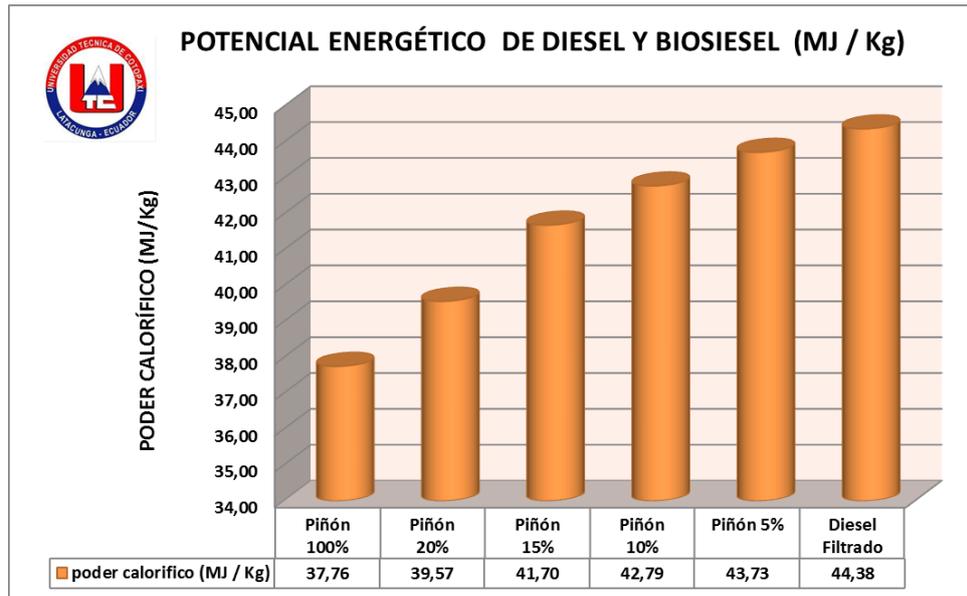
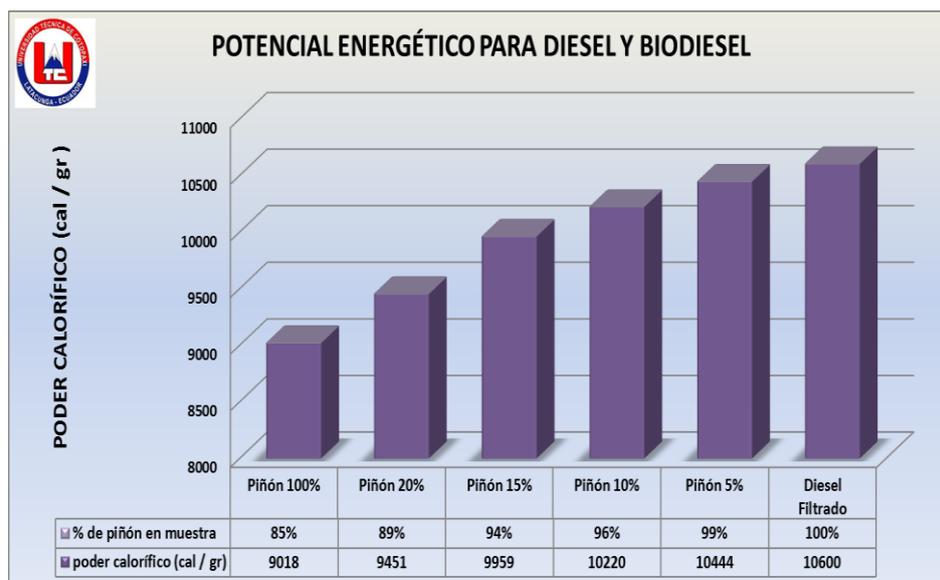


Figura 4. 3 Potencial Energético del piñón en varias proporciones.

Fuente: Germán Erazo

De la Figura 4.3. y Figura 4.4., se puede comentar que el poder calorífico del piñón en estado puro se encuentra 15% menos al del diesel, oscilado este valor entre un 4% hasta el 11% para la combinaciones estudiadas.

El análisis de figuras de barras claramente se puede distinguir lo dicho, observando casi una uniformidad en cuanto a potencial energético, esto ratifica del importante potencial energético que aporta el piñón en los motores de combustión diesel, con el consiguiente beneficio en la reducción de emisiones.



*Figura 4. 4 Diferencial porcentual del poder calorífico del aceite de piñón.*

*Fuente: Germán Erazo*

Tal es la calidad del biocombustible que es motivo de análisis que a través de observar los residuos de combustión en las probetas de laboratorio, no se visualiza residuos, pues todo se combustionó totalmente, como se observa en la figura 4.5.



*Figura 4. 5 Combustión en probetas de laboratorio con diferentes porcentajes de mezcla.*

*Fuente: Germán Erazo*

#### 4.4. Influencia del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu.

De las pruebas realizadas en el dinamómetro se obtienen los siguientes resultados en torque, potencia para a partir de ellos en función a otros indicadores verificar el potencial energético del aceite piñón.

La prueba se realiza a 2800 metros sobre el nivel del mar con una presión atmosférica de 102.811 Pascales.

Los resultados y tablas son los más relevantes a la investigación, presentan los parámetros característicos del motor Isuzu Diesel con diesel puro y con aceite de piñón en proporciones de 5 al 20%.

*Tabla 4. 10 Prueba No.1 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.*

Tiempo	BIO DIESEL 5%		BIO DIESEL 10%		BIO DIESEL 15%		BIO DIESEL 20%		Torque en rueda	Potencia DIESEL FILTRADO
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw		
0	3,24	0,13	3,196	0,13	3,07	0,13	3,00	0,12	3,11	0,13
2	45,10	9,61	44,54	9,49	42,76	9,11	41,81	8,91	43,33	9,23
4	228,99	75,41	226,13	74,47	217,11	71,50	212,27	69,91	219,97	72,44
6	282,42	101,00	278,89	101,86	267,77	97,80	261,80	95,62	271,30	99,08
8	287,22	84,67	283,63	83,62	272,32	80,28	266,25	78,49	275,90	81,34
10	281,61	88,69	278,10	87,59	267,00	84,09	261,05	82,22	270,52	85,20
12	280,93	98,50	277,42	97,27	266,36	93,39	260,42	91,31	269,87	94,62
14	282,67	98,96	279,14	97,72	268,01	93,82	262,04	91,73	271,54	95,06
16	284,22	99,99	280,68	98,74	269,48	94,81	263,47	92,69	273,03	96,05
18	286,53	101,20	282,95	99,94	271,66	95,95	265,61	93,82	275,24	97,22
20	287,83	99,00	284,24	97,76	272,90	93,86	266,82	91,77	276,50	95,10
22	288,83	102,48	285,22	101,20	273,85	97,16	267,74	95,00	277,45	98,44
24	290,07	102,02	286,45	100,74	275,03	96,73	268,90	94,57	278,65	98,00
26	291,73	102,02	288,09	100,74	276,60	96,73	270,43	94,57	280,24	98,00
28	292,94	102,54	289,28	101,26	277,74	97,22	271,55	95,05	281,40	98,50
30	293,74	102,75	290,08	101,46	278,51	97,42	272,30	95,25	282,18	98,70
32	293,74	87,74	290,08	86,64	278,51	83,19	272,30	81,33	282,18	84,28
34	293,56	87,79	289,89	86,69	278,33	83,24	272,12	81,38	281,99	84,33
36	294,18	88,00	290,51	86,90	278,92	83,43	272,70	81,57	282,59	84,53
38	280,00	88,39	270,00	87,29	260,00	83,81	250,00	81,94	240,00	84,91
40	20,00	7,58	30,00	7,48	15,00	7,18	3,00	7,02	12,00	7,28
VALOR MÁX	294,18	102,75	290,51	101,86	278,92	97,80	272,70	95,62	282,59	99,08

*Fuente: Germán Erazo*

Tanto en la Tabla 4.11 como en la figura 4.6 se presentan los resultados de medición No.1 de torque y potencia efectuada en la camioneta DMax, para los porcentajes de 5, 10,15 y 20% de aceite de Jatropha y con diesel, en esta edición se observa que las curvas generadas no muestran mayor diferencia en su valor, se

tiene como valores máximos de potencia corresponden a una utilización del 5% de biocombustible y luego se ubican los parámetros de diesel

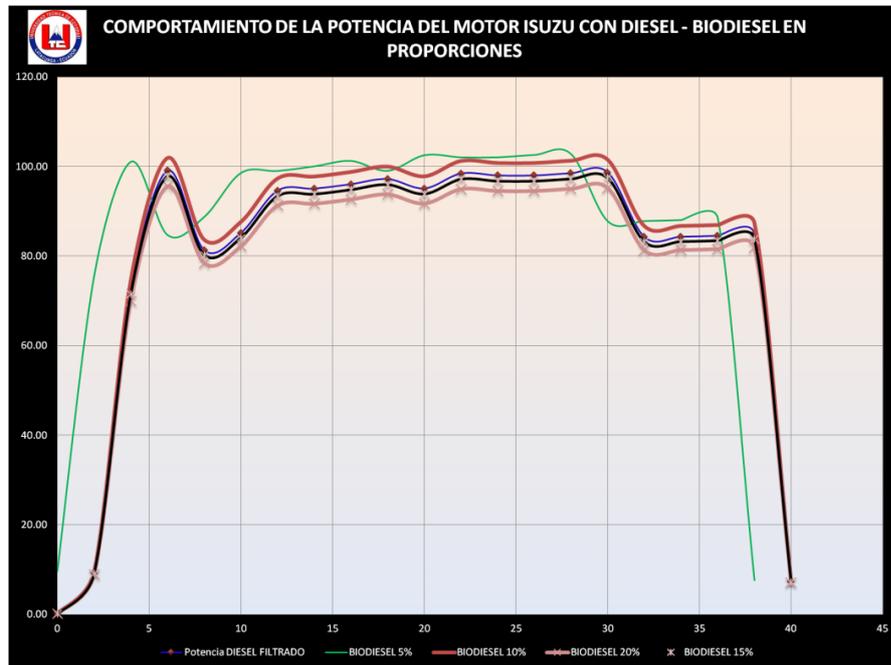


Figura 4. 6 Ensayo No. 1 de Potencia con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

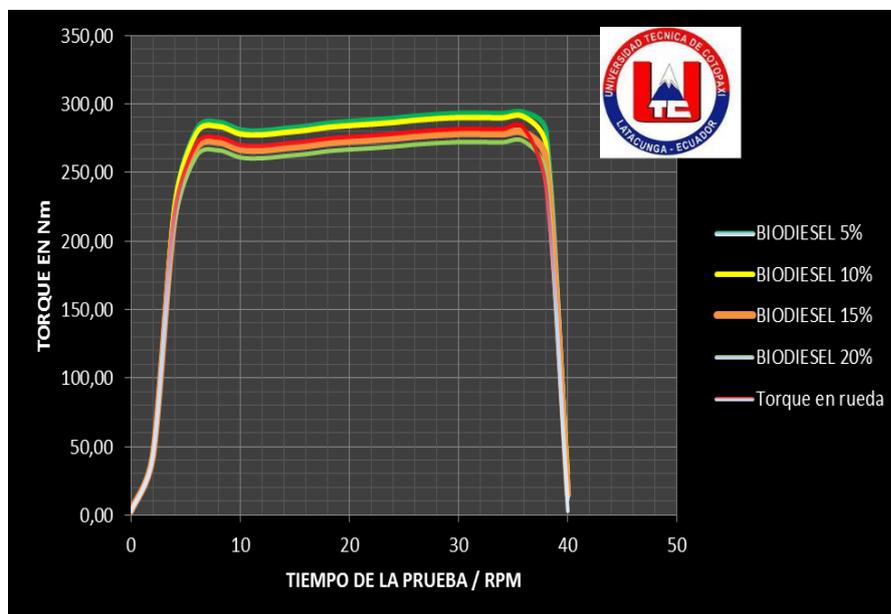


Figura 4. 7 Ensayo No. 1 de Torque con biodiesel en proporciones.

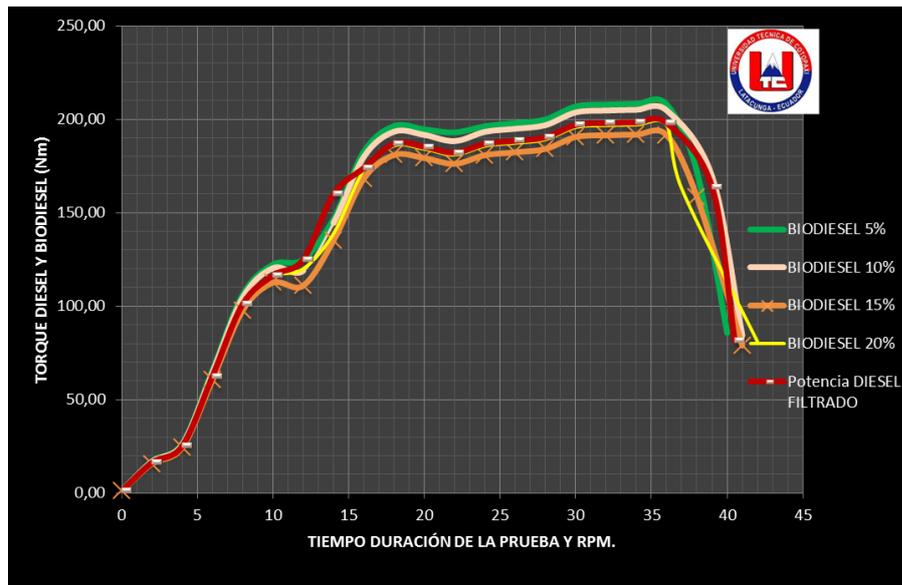
Fuente: Germán Erazo

El torque se mantiene estable y un tanto más arriba que con el diesel cuando se trabaja al 5% de biodiesel. Las pruebas muestran homogeneidad en el funcionamiento del motor.

*Tabla 4. 11 Prueba No.2 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes*

Tiempo	BODIESEL 5%		BODIESEL 10%		BODIESEL 15%		BODIESEL 20%		DIESEL FILTRADO	DIESEL FILTRADO
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	(Nm)	(Kw)
0	3,69	0,10	3,654	0,104	3,39	0,10	3,31	0,09	3,56	0,10
1	18,39	1,52	18,218	1,509	16,88	1,40	16,52	1,37	17,77	1,47
2	53,27	9,92	52,779	9,825	48,90	9,10	47,87	8,91	51,47	9,58
3	88,29	25,00	87,475	24,772	81,04	22,95	79,34	22,47	85,31	24,16
4	148,18	44,62	146,808	44,205	136,01	40,95	133,15	40,09	143,17	43,11
5	153,53	49,27	152,103	48,817	140,92	45,23	137,95	44,28	148,33	47,61
6	186,30	101,38	184,572	100,440	180,00	93,05	150,60	91,09	180,00	97,95
7	191,48	106,69	189,699	105,702	202,00	97,93	180,00	95,87	190,00	103,08
8	225,05	107,15	222,964	106,154	206,00	98,35	202,22	96,28	217,44	103,52
9	257,33	105,60	254,945	104,622	236,20	96,93	231,23	94,89	248,63	102,03
10	268,34	104,41	265,854	103,443	246,31	95,84	241,12	93,82	249,00	100,88
11	271,13	98,03	268,619	97,119	248,87	89,98	243,63	88,08	261,96	94,71
12	273,51	98,94	270,977	98,023	251,05	90,81	245,77	88,90	264,26	95,59
13	276,89	99,40	274,319	98,475	254,15	91,23	248,80	89,31	267,52	96,04
14	276,00	102,92	278,236	101,962	257,78	94,46	252,35	92,48	271,34	99,44
15	275,00	100,40	275,000	99,464	257,00	92,15	250,00	90,21	265,00	97,00
16	269,31	100,40	266,809	99,464	247,19	92,15	241,99	90,21	260,20	97,00
20	253,78	96,82	251,428	95,927	232,94	88,87	228,04	87,00	245,20	93,55
21	64,17	15,02	63,575	14,880	58,90	13,79	57,66	13,50	62,00	14,51
VALOR MÁX	276,89	107,15	278,24	106,15	257,78	98,35	252,35	96,28	271,34	103,52

*Fuente: Germán Erazo*



*Figura 4. 8 Ensayo No. 2 de Potencia con biodiesel en proporciones.*

*Fuente: Germán Erazo*

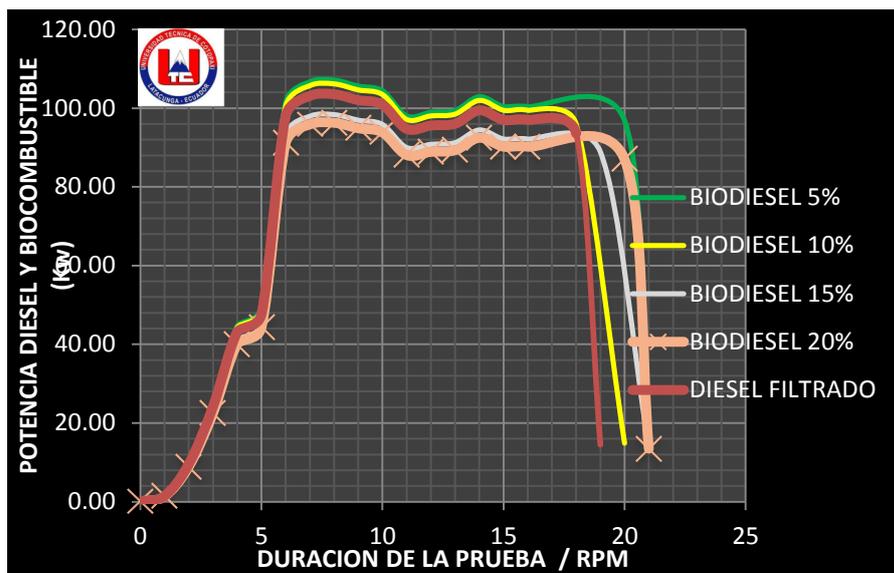


Figura 4. 9 . Ensayo No. 2 de Potencia con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

La prueba No.2 Con las tablas de medición de torque y potencia tienden presentar mejor reacción con el combustible entre el 5 y 10% de biodiesel en el combustible para las pruebas.

Tabla 4. 12 Prueba No. 3 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes.

Tiempo	BIODIESEL 5%		BIODIESEL 10%		BIODIESEL 15%		BIODIESEL 20%		Torque en rueda		Potencia DIESEL FILTRADO	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	1,22	0,04	1,206	0,039	1,13	0,04	1,16	0,04	1,17	0,04	1,17	0,04
2	17,08	1,36	16,812	1,337	15,73	1,25	16,15	1,29	16,26	1,31	16,26	1,31
4	26,40	1,36	25,998	1,337	24,32	1,25	24,98	1,29	25,14	1,31	25,14	1,31
6	65,62	9,28	64,604	9,134	60,43	8,54	62,07	8,78	62,47	8,95	62,47	8,95
8	106,19	15,65	104,548	15,413	97,79	14,42	100,45	14,81	101,09	15,10	101,09	15,10
10	122,27	15,97	120,382	15,719	112,60	14,70	115,67	15,10	116,40	15,40	116,40	15,40
12	125,00	13,71	119,000	13,495	111,00	12,62	120,00	14,90	125,00	13,22	125,00	13,22
14	146,79	26,22	144,523	25,819	135,18	24,15	138,86	24,81	160,00	25,29	160,00	25,29
16	182,69	34,29	179,871	33,765	168,24	31,58	172,82	32,44	173,92	33,07	173,92	33,07
18	196,42	37,43	193,392	36,854	180,89	34,47	185,82	35,41	186,99	36,10	186,99	36,10
20	194,65	39,49	191,644	38,876	179,26	36,36	184,14	37,35	185,30	38,08	185,30	38,08
22	193,00	51,88	188,340	41,238	176,17	38,57	180,96	39,62	182,11	40,39	182,11	40,39
24	196,33	52,00	193,296	52,582	180,80	49,18	185,72	50,52	186,90	40,58	186,90	40,58
26	198,00	54,00	194,948	62,720	182,35	58,67	187,31	60,26	188,50	41,53	188,50	41,53
28	199,96	70,00	196,878	72,491	184,15	67,81	189,16	69,65	190,36	46,33	190,36	46,33
30	206,91	87,90	203,721	86,540	190,55	80,95	195,74	83,15	196,98	84,76	196,98	84,76
32	207,90	98,58	204,696	97,057	191,46	90,78	196,68	93,25	197,92	95,06	197,92	95,06
34	208,30	102,30	205,089	100,723	191,83	94,21	197,05	96,78	198,30	98,65	198,30	98,65
36	208,00	102,71	204,795	101,121	191,56	94,58	196,77	97,16	198,02	99,04	198,02	99,04
38	172,14	25,00	169,479	24,618	158,52	23,03	162,84	23,65	163,87	24,11	163,87	24,11
40	85,70	4,10	84,380	4,038	78,93	3,78	81,07	3,88	81,59	3,96	81,59	3,96
VALOR MAXI	208,30	102,71	205,089	101,12	191,83	94,58	197,05	97,16	198,30	99,04	198,30	99,04

Fuente: Germán Erazo

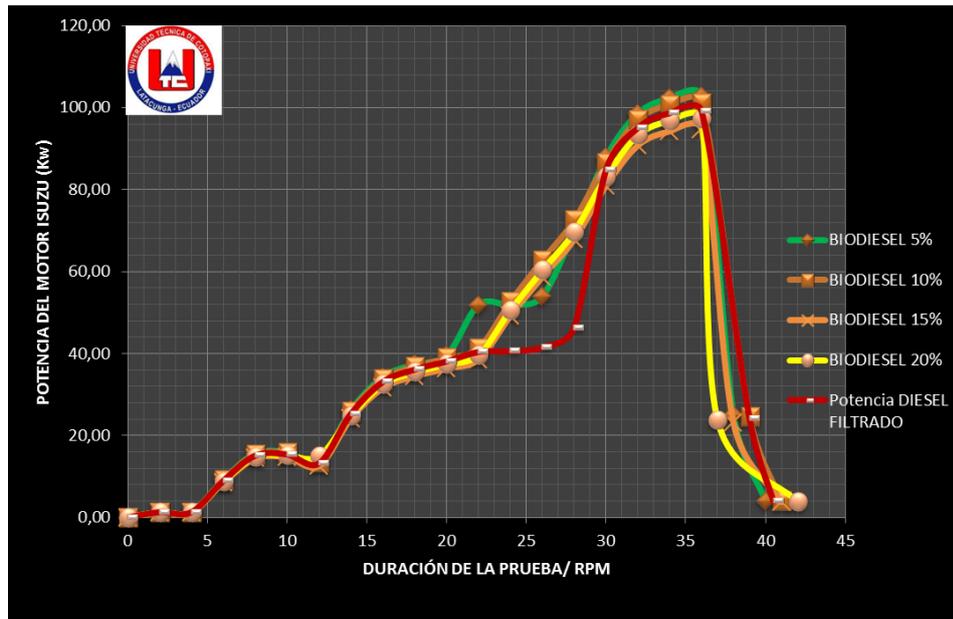


Figura 4. 10 Ensayo No. 3 de Potencia con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

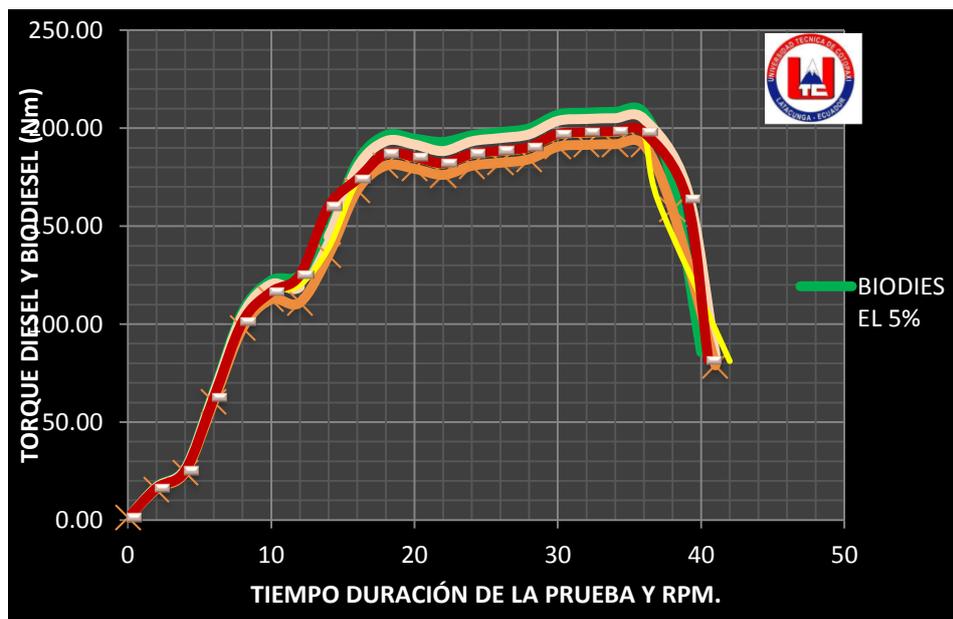


Figura 4. 11 Ensayo No. 3 de Potencia con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

En la prueba No. 3 se observa que la tendencia a presentar mejor desempeño con el motor está entre el 5 % y 10%, mientras que para los valores de 15 y 20% disminuye ligeramente, pero igual están los valores en las tolerancias permitidas

Tabla 4. 13 Prueba No. 4 de Torque y Potencia con diesel y biodiesel en porcentajes

Tiempo	BODIESEL 5%		BODIESEL 10%		BODIESEL 15%		BODIESEL 20%		DIESEL FILTRADO	DIESEL FILTRADO
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	(Nm)	(Kw)
0	39,90	3,36	39,173	3,303	36,84	3,11	3,28	0,09	3,56	0,10
1	90,01	18,62	88,372	18,281	83,12	17,19	16,35	1,35	17,77	1,47
2	109,84	22,94	107,848	22,520	101,44	21,18	47,35	8,81	51,47	9,58
3	147,38	30,27	144,702	29,717	136,10	27,95	78,48	22,23	85,31	24,16
4	120,56	31,59	118,365	31,012	111,33	29,17	131,72	39,66	143,17	43,11
5	189,46	55,00	186,018	53,996	174,96	50,79	136,47	43,80	148,33	47,61
6	228,00	61,26	223,853	60,145	210,54	56,57	165,60	90,12	180,00	97,95
7	220,97	62,55	216,952	61,410	204,05	57,76	174,80	94,84	190,00	103,08
8	225,02	64,36	220,929	63,193	207,79	59,44	200,05	95,24	217,44	103,52
9	244,07	71,80	239,627	70,494	225,38	66,30	228,74	93,87	248,63	102,03
10	257,50	76,78	252,821	75,385	237,79	70,90	229,08	92,81	249,00	100,88
11	264,22	80,03	259,415	78,575	243,99	73,90	241,01	87,14	261,96	94,71
12	271,76	83,81	266,814	82,282	250,95	77,39	243,12	87,95	264,26	95,59
13	281,60	89,19	276,482	87,569	260,04	82,36	246,12	88,35	267,52	96,04
14	280,00	94,08	270,000	92,370	267,88	86,88	249,64	88,40	271,34	99,44
15	275,00	97,19	265,000	95,425	255,00	89,75	243,80	89,24	265,00	97,00
16	265,00	98,67	245,000	96,878	245,00	91,12	239,38	89,24	260,20	97,00
20	240,00	99,71	200,000	97,897	150,00	92,08	225,58	86,07	245,20	93,55
21	10,00	100,29	30,000	98,466	30,00	92,61	57,04	13,35	62,00	14,51

Fuente: Germán Erazo

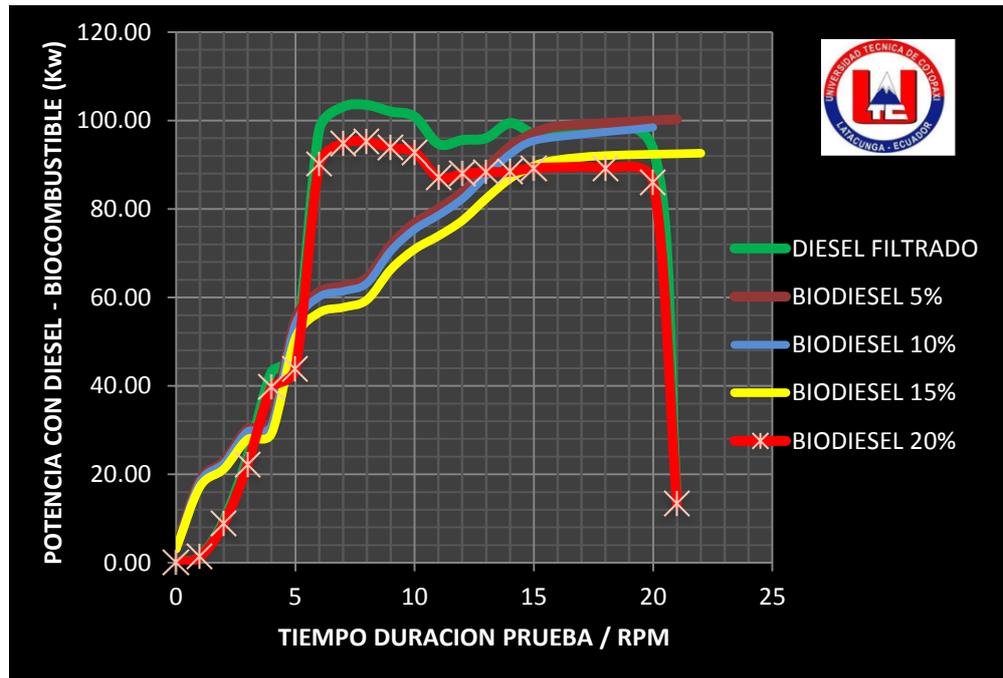


Figura 4. 12 Ensayo No. 4 de Potencia con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

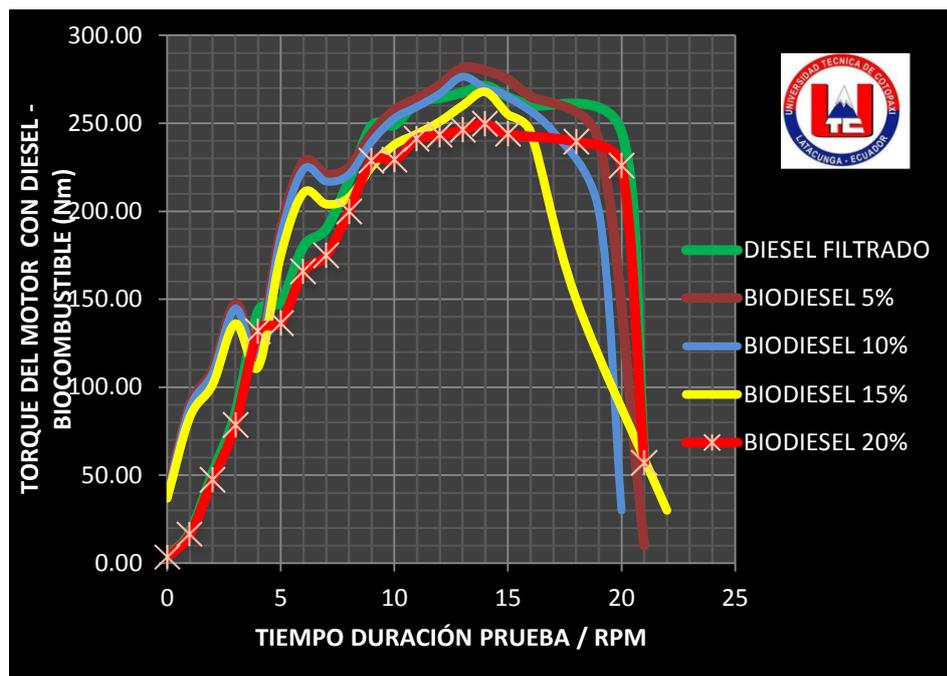


Figura 4. 13 Ensayo No. 4 de Torque con biodiesel en proporciones.

Fuente: Germán Erazo

En esta última valoración se mantiene un mejor desempeño para el 5%, sin embargo también se ratifica una leve disminución de los parámetros entre el 15 y 20%.

Tabla 4. 14 Tabla estadística de valoración de torque y potencia

VALORES	BIODIESEL 5%		BIODIESEL 10%		BIODIESEL 15%		BIODIESEL 20%		DIESEL FILTRADO	DIESEL FILTRADO
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	(Nm)	(Kw)
VALOR MAXIMO 1	294,18	102,75	290,51	101,86	278,92	97,80	272,70	95,62	282,59	99,08
VALOR MAXIMO 2	276,89	107,15	278,24	106,15	257,78	98,35	252,35	96,28	271,34	103,52
VALOR MAXIMO 3	208,30	102,71	205,09	101,12	191,83	94,58	197,05	97,16	198,30	99,04
VALOR MÁXIMO 4	281,60	100,29	276,48	98,47	267,88	92,61	249,64	95,24	271,34	103,52
VALOR MÍNIMO	208,30	100,29	205,09	98,47	191,83	92,61	197,05	95,24	198,30	99,04
VALOR MAXIMO	294,18	107,15	290,51	106,15	278,92	98,35	272,70	97,16	282,59	103,52
DESVIACION ESTANDAR	38,66	2,86	38,83	3,19	39,15	2,72	32,27	0,84	38,76	2,58
FRECUENCIA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	279,24	102,73	277,36	101,49	262,83	96,19	250,99	95,95	271,34	101,30
MODA	271,34									
RANGO	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,40	0,80	0,40
PROMEDIO	265,24	103,22	262,58	101,90	249,10	95,84	242,94	96,07	255,90	101,29
PORCENTAJE DE VARIACION EN RELACION AL DIESEL	4%	5%	3%	4%	-3%	-2%	-5%	-2%	-9%	3%

Fuente: Germán Erazo

Con las pruebas realizadas y los valores obtenidos se dispone de una tabla estadística de comportamiento del motor ISUZU la que servirá para desarrollar los cálculos pertinentes en lo referente a la parte de desempeño térmico del motor, se va trabajar con los valores promedios de torque y potencia para el desarrollo de los cálculos.

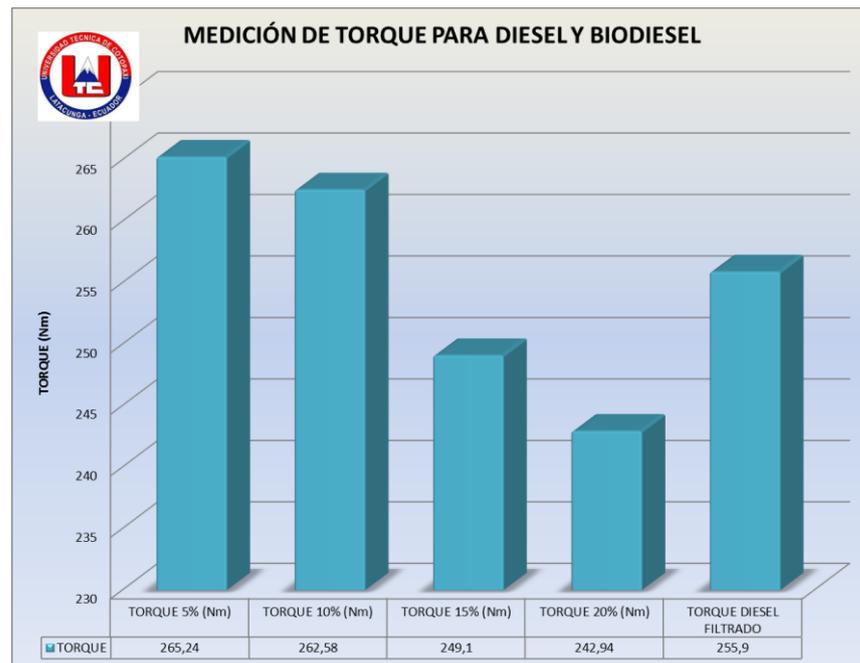


Figura 4. 14 . Resumen estadístico de comportamiento del Torque.

Fuente: Germán Erazo

La Figura 4.14 presenta claramente el valor de trabajo que se genera en los motores de combustión pues existe un incremento de torque para el biocombustible en una proporción de hasta el 10% y una disminución en el 15% y 20%.

La figura 4.15 presenta los porcentajes de aumento y disminución del torque para las operaciones cuando se trabaja en proporciones del 5, 10, 15 y 20%, en relación a los valores especificados en función a las mediciones desarrolladas.

Las figuras 4.16 y 4.17 presentan la elevación de potencia en los porcentajes del 5% y 10% en relación al aceite diesel comercial.

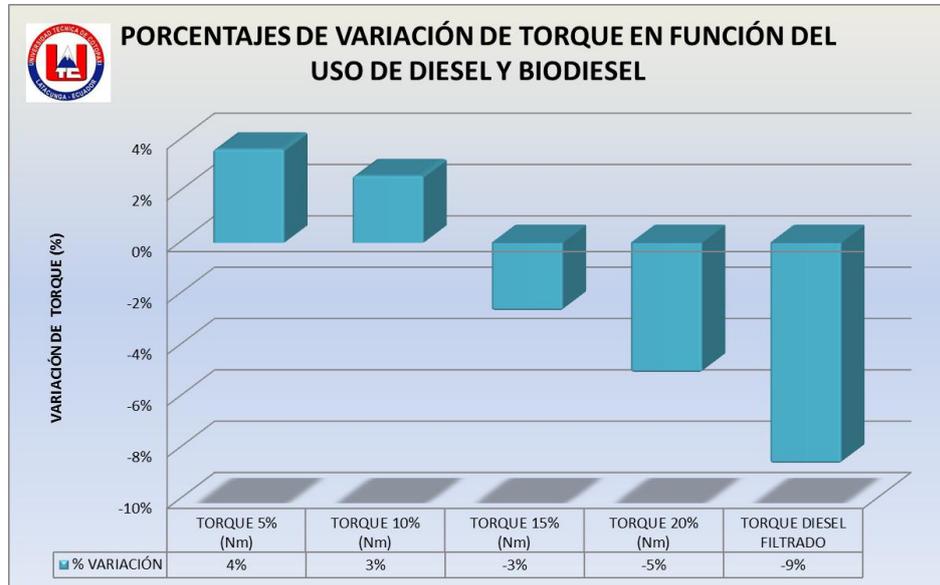


Figura 4. 15 . Porcentaje de variación del torque.

Fuente: Germán Erazo

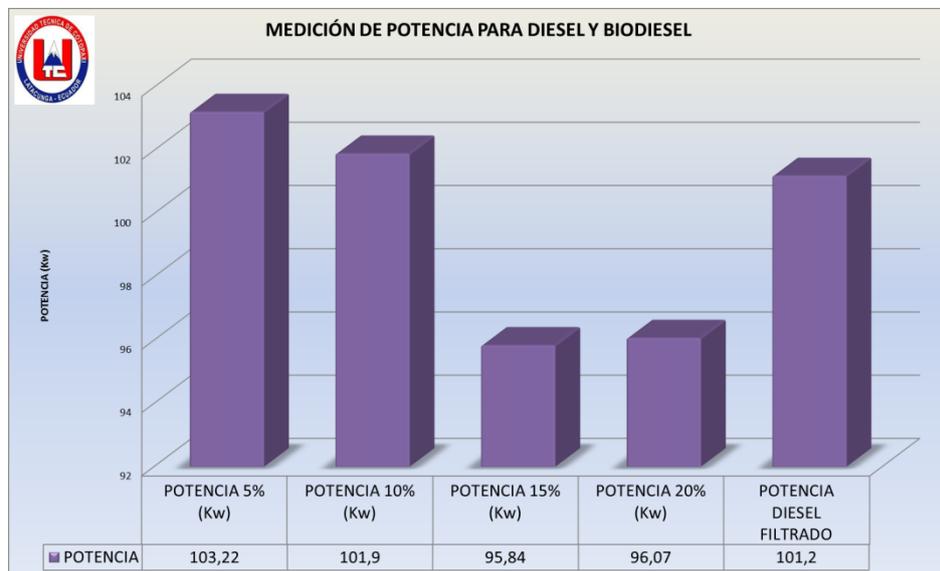
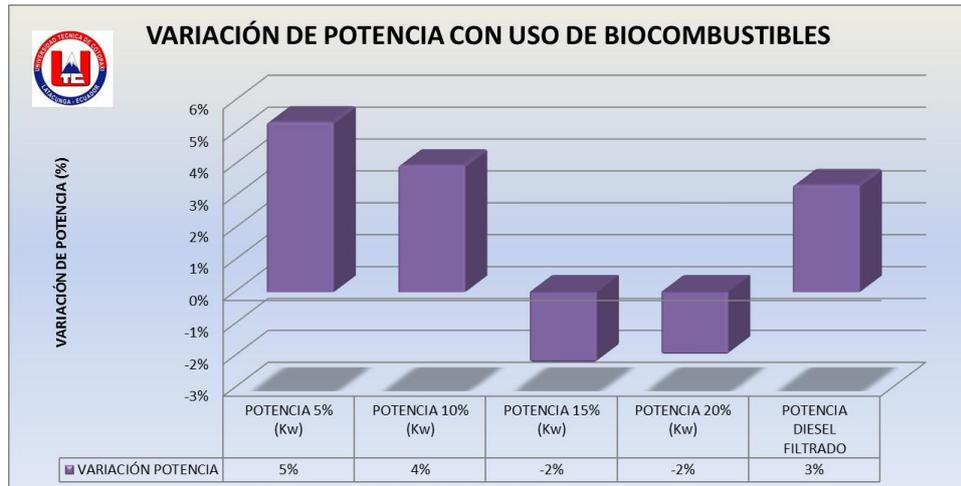


Figura 4. 16 Resumen de potencia obtenida en los proceso de medición.

Fuente: Germán Erazo



*Figura 4.17 Porcentajes de variación de potencia*

*Fuente: Germán Erazo*

Se establece entonces de acuerdo a las mediciones realizadas que existe un buen desempeño cuando se trabaja con biocombustible entre el 5% y 10%, así como una ligera disminución cuando se trabaja entre el 15 % y 20%, esto en relación al combustible diesel que se comercializa en el país así como también en relación a las especificaciones del fabricante, el aumento del 4% y 5% y una reducción del 2%.

#### **4.5. Parámetros termodinámicos de desempeño con el uso de biocombustible.**

Se tiene como referencia el diagrama de presión volumen, para ir aplicando cálculos relacionados con el desempeño del motor en función de los datos obtenidos en las mediciones.

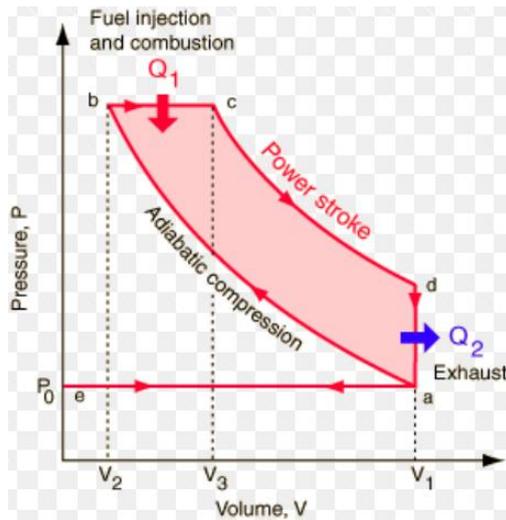


Figura 4. 18 Diagrama presión volumen de operación del ciclo diesel

Fuente: Mena L.

Este proceso genera las siguientes ecuaciones de cálculo que estarán presentes en el análisis de pruebas y resultados.

$$P_{mc} = \frac{(T)}{V_h} * i \quad \text{Ecuación 12}$$

$$P_{mc} = \frac{(265,4\text{KNm})}{0,000745\text{m}^3} * 4$$

$$P_{mc} = 1424107\text{KPa} = 14.24 \text{ bar}$$

$$\eta_t = P_{mc} \frac{\varepsilon^{-1} (k-1)}{P_a \varepsilon^k k(\rho-1)} \quad \text{Ecuación 13.}$$

$$\eta_t = 1424107 \text{ KN/m}^2 * \frac{18.3-1 (1.41-1)}{102811\text{N/m}^2 \cdot 18.3^{1.41} * 1.41(4-1)}$$

$$\eta_t = 37.3\%$$

$$Q_2 = (1 - \eta_t)Q_1 \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Q_2 = (1 - 0.373)43.73 \text{ MJ/Kg}$$

$$Q_2 = 27.42 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

$$nt = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q \cdot mc} * 100\% \quad \text{Ecuación 14}$$

$$mc = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q \cdot nt} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$mc = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q * nt}$$

$$mc = \frac{103. \text{KJ/s}}{43730 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * 0.373}$$

$$mc = 22.78 \text{ Kg/h}$$

$$CEC = \frac{mc}{\text{Potencia al freno}} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$CEC = \frac{22.78 \text{ Kg/h}}{103 \text{ Kw}}$$

$$CEC = 0,22 \frac{\text{Kg}}{\text{Kw} - \text{h}}$$

$$n_m = \frac{\text{Potencia al freno}}{\text{Potencia indicada}} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$n_m = \frac{103.22 \text{ Kw}}{203 \text{ Kw}}$$

$$n_m = 50.85\%$$

Rendimiento indicado

$$n_i = \frac{nt}{nm}$$

Ecuación 18.

$$n_i = \frac{0,373}{0,508}$$

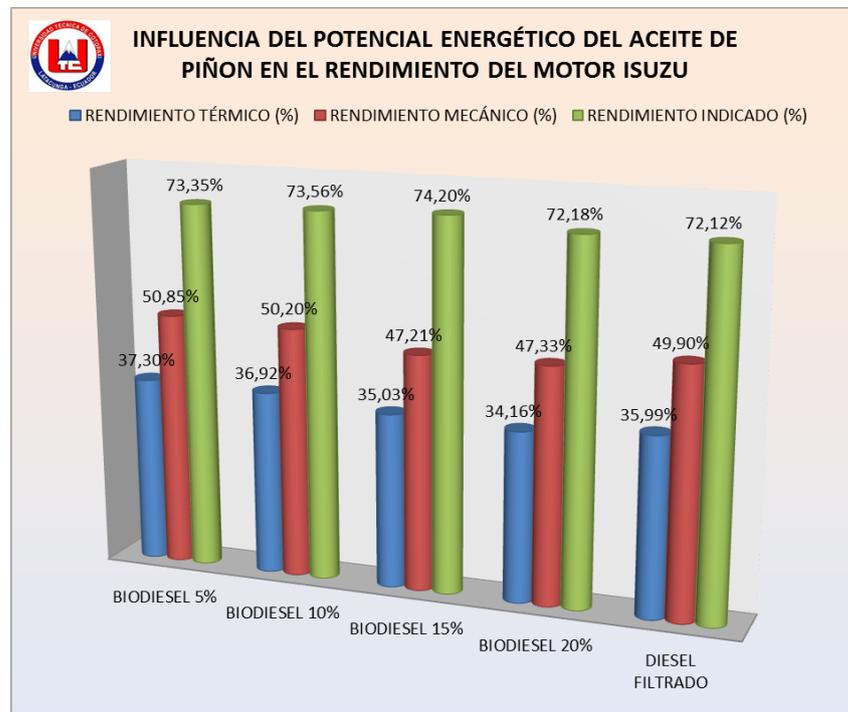
$$n_i = 73,35\%$$

*Tabla 4. 15 Resumen de parámetros característicos de comportamiento del motor Isuzu.*

CILINDRADA UNITARIA (METRO CÚBICO)	0,000745	PRESIÓN ATMOSFÉRICA LATACUNGA (N/m <sup>2</sup> )	102811	CILINDROS	4
RELACION DE COMOPRESIÓN	18,3	COEFICIENTE ADIABÁTICO	1,41	GRADO DE EXPANSIÓN PREVIA	4,1
MUESTRA	BIODIESEL 5%	BIODIESEL 10%	BIODIESEL 15%	BIODIESEL 20%	DIESEL FILTRADO
TORQUE (Nm)	265,24	262,58	249,1	242,94	255,9
PRESIÓN MEDIA EFECTIVA DEL CICLO (N/m <sup>2</sup> )	1424107,38	1409825,50	1337449,66	1304375,84	1373959,73
RENDIMIENTO TÉRMICO (%)	37,30%	36,92%	35,03%	34,16%	35,99%
CALOR SUMINISTRADO Q1 (MJ/Kg)	43,73	42,79	41,7	39,57	37,76
CALOR EXTRAIDO Q2 (MJ/Kg)	27,42	26,99	27,09	26,05	24,17
CONSUMO MÁSIKO DE COMBUSTIBLE (Kg/h)	22,78	23,22	23,62	25,59	26,84
CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE (Kg/Kw-h)	0,22	0,23	0,25	0,27	0,26
POTENCIA INDICADA (Kw)	203	DIÁMETRO CILINDRO	95.4 mm	PRESIÓN COMPRESIÓN	12.17 (MN/m <sup>2</sup> )
RENDIMIENTO MECÁNICO (%)	50,85%	50,20%	47,21%	47,33%	49,90%
RENDIMIENTO INDICADO (%)	73,35%	73,56%	74,20%	72,18%	72,12%
PRESIÓN MEDIA EFECTIVA DEL CICLO (BAR)	14,24	14,09	13,37	13,04	13,73
CONSUMO MÁSIKO DE COMBUSTIBLE (Kg/min)	0,38	0,39	0,39	0,43	0,45

*Fuente: Germán Erazo*

De análisis desarrollado se obtiene la tabla y las graficas correspondientes que permiten desarrollar una interpretación optima de los resultados obtenidos.



*Figura 4. 19 Influencia del potencial energético en el rendimiento del motor ISUZU.*

*Fuente: Germán Erazo*

La figura 4.19 presenta como resultados que se obtiene un mejor rendimiento térmico del motor entre el 5 y 10 % de mezcla de biocombustible y con el diesel, es decir existe un mejor aprovechamiento del poder calorífico del combustible que con proporciones del 15 y 20%. Mecánicamente con la presión media efectiva relativamente se pueden obtener diseños de motores para pequeños y por lo tanto más eficientes, el rendimiento mecánico del motor también presenta mejoras con el uso del biocombustible.

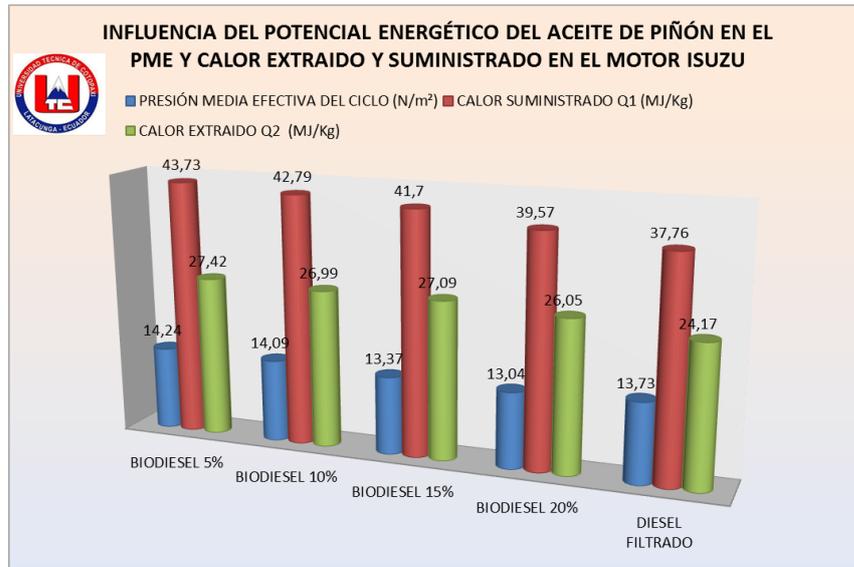


Figura 4. 20 Calor suministrado y extraído en el motor Isuzu en combinaciones de biocombustible.

Fuente: Germán Erazo

El aprovechamiento del calor que se genera con los biocombustibles en proporción con el diesel es mucho mejor que cuando se utiliza diesel.

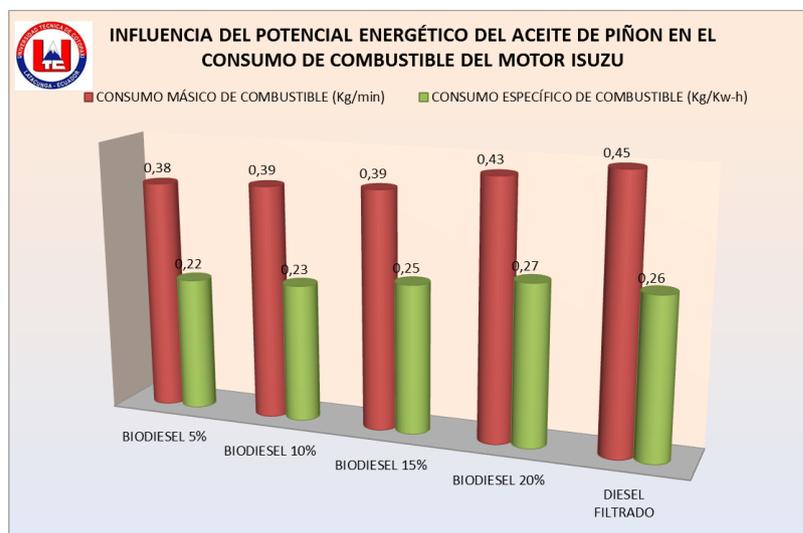


Figura 4. 21 Consumo de combustible en el motor Isuzu en combinación con biodiesel.

Fuente: Germán Erazo

Finalmente en la figura 4.21 se establece que el motor diesel través de la verificación del consumo específico de combustible se tiene una buena economía en consumo ya que rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible consumido, haciendo que este también sea una de las consideraciones a tomar en cuenta cuando se opte por trabajar con biocombustibles.

#### **4.6. Conclusiones del capítulo**

Se determinó el potencial energético del aceite de piñón en relación al del diesel comercial, realizando ensayos de laboratorio en proporciones del 5 al 20%.

Se tabuló los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio generando curvas de comportamiento que han permitido obtener importantes resultados en referencia los biocombustibles.

Existe un comportamiento adecuado del motor de combustión interna Isuzu en proporciones del 5% al 10% en el diesel comercial cuando se lo usa como biocombustible.

El rendimiento en general de motor alcanza valores satisfactorios cuando se trabaja en proporciones de 5% de biocombustible.

Se ha generado información que comparada con especificaciones y bibliografía relacionada ratifican lo desarrollado en este trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO V: LA PROPUESTA**

### **5.1- Título de la propuesta**

Uso del aceite de piñón como biocombustible en motores diesel en proporción del 5, 10,15 y 20 % para reducir la polución

### **5.2- Justificación de la propuesta**

En el ámbito energético el Ecuador tiene una dependencia marcada en los combustibles fósiles, por lo que es necesario que a través de políticas de estado se fomenten proyectos que brinden alternativas al consumidor, como el biodiesel.

El biodiesel obtenido a partir del piñón (*Jatropha*), es un producto que muestra características muy similares al diesel convencional, como se ha demostrado en el análisis investigativo experimental y de campo presentando en este trabajo de investigación en lo que corresponde al motor diesel y se presenta en esta propuesta de uso en proporciones del biocombustibles de 5 al 20% y con ello los consiguientes beneficios al medio ambiente.

El Telégrafo “En la actualidad, unos 21 mil barriles de diesel Premium diarios se producen en la refinería de Esmeraldas, estimó en una entrevista televisada este 15 de enero el gerente de Petroecuador, Marco Calvopiña.

No obstante, un alcance difundido por la televisora ecuatoriana TC, dijo que el país demanda diariamente unos 51 mil barriles de ese combustible automotor. Por ejemplo, en noviembre de 2011 se produjeron en Ecuador 1, 01 millones de barriles de diesel, y en octubre 1, 15 millones de barriles, publicó el Banco Central del Ecuador.

El generar biodiesel a través del aceite de piñón también arroja subproductos que son los componentes que no se utilizan directamente para

producir biodiesel, los más relevantes son los residuos que servirán como abono y el resto como biomasa o briquetas.

### **5.3. Objetivos de la propuesta**

Desarrollar un análisis de la incidencia en la polución producida por el motor diesel cuando se utiliza biocombustibles en porcentajes del 5,10, 15 y 20% para disponer de una fuente alternativa de energía de bajo impacto.

### **5.4. Estructura de la propuesta**

La propuesta se encamina a presentar valores de medición de opacidad obtenidos a través de un opacímetro con tecnología de punta, para disponer de un criterio acertado de su utilización para disminuir la polución sin afectar al rendimiento y durabilidad del motor de combustión interna.

Generando la información de estimación de producción de biocombustible a partir del piñón considerando factores adicionales como oportunidades de empleabilidad, uso de subproductos generados en la extracción del biocombustible entre otros que hagan un proyecto rentable con responsabilidad social a través del respectivo análisis económico.

### **5.5- Desarrollo de la propuesta**

La propuesta requiere de disponer de recursos humanos, físicos, tecnológicos y materiales que se incluyen desde la investigación hasta la posible estimación de costos por la utilización del biocombustible en uso proporcional del diesel.

#### **5.5.1. Recurso Humano**

El recurso humano involucrado en el desarrollo de esta investigación es el siguiente:

*Tabla 5. 1 Recursos Humanos*

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Germán Erazo Laverde	1	Investigador
2	PhD. Alberto Velazquez	1	Asesor
3	PhD. Secundino	1	Asesor
4	Phd. Columbie	1	Asesor
5	MSc. Gabriel Hernandez	1	Asesor
6	Laboratoristas	4	Auxiliares de mediciones.
7	Lic. Daniela Larrea	1	Coordinadora del Programa

*Fuente: Germán Erazo*

### 5.5.2. Recursos Materiales

*Tabla 5. 2 Recursos Materiales.*

Orden	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo Total
1	Diesel	20	galones	\$ 1.04	\$ 20.80
2	Aceite de piñón	2	galones	\$ 50.00	\$ 100.00
3	Reactivos	1	global	\$ 15.00	\$ 15.00
4	Computador Personal	300	horas	\$ 1.00	\$ 300.00
5	Papel bond	2	resma	\$ 5.00	\$ 10.00
6	Impresiones	600	unidades	\$ 0.15	\$ 90.00
7	Pruebas de laboratorio	2	unidad	\$ 100.00	\$ 200.00
			Total	usd	\$ 715.00

*Fuente: Germán Erazo*

### 5.5.3. Recursos Tecnológicos

Para el desarrollo de la investigación fue necesario considerar los siguientes costos.

*Tabla 5. 3 Recursos Tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
1	Dinamómetro	30	horas	30 usd	\$ 900.00
2	Bomba Calorimétrica	10	Horas	30 usd	\$ 300.00
3	Opacímetro	10	Horas	30 usd	\$ 300.00
4	Computador Personal	300	horas	1 usd	\$ 300.00
5	Extractor de aceite	10	horas	2 usd	\$ 20.00
6	Reactor de procesamiento	12	horas	1 usd	\$ 12.00
			Total	usd	\$ 1,832.00

*Fuente: Germán Erazo*

Un costo estimado de la investigación representa 2.547 dólares sin incluir lo referente al recursos humano, este presupuesto no influye en la propuesta con el detalle del uso del biocombustible en proporciones para reducir la polución a través de la medición de la opacidad producida por los gases de escape producto de la combustión en el motor Isuzu.

### **5.6. Evaluación Tecnológica.**

La evaluación tecnológica de la propuesta de la utilización del biodiesel en proporciones inicia con el proceso de calibración, encerado y puesta a punto del opacímetro para el desarrollo de las mediciones.

Medir la opacidad con el diesel comercial, considerando una temperatura inicial del motor de 80° C de temperatura y seguidamente con las proporciones de biodiesel en proporciones del 5% al 20%.

Ingresar al programa Brain Bee para realizar las pruebas correspondientes.



Figura 5. 1 Pantalla de inicio

Fuente: Germán Erazo

En la prueba se requiere, ingresar los datos del vehículo.



Figura 5. 2 Datos completos

Fuente: Germán Erazo

Una vez ingresados los datos, el programa requiere que el vehículo se encuentre en condiciones de operación y con las medidas de seguridad correctas antes de comenzar con las pruebas.

Los parámetros a tomar en cuenta para realizar las pruebas son los siguientes:

- Temperatura del aceite del motor (75°C-80°C)
- Auto cero (Calibración del equipo)



Figura 5. 3 Ajuste de temperatura y encendido del equipo.

Fuente: Germán Erazo

Una vez que se ha ingresado estos parámetros, debemos esperar que el software indique que acelere para realizar las diferentes pruebas y registrar los valores



Figura 5. 4 Plantillas de medición al 20%

Fuente: Germán Erazo

Se encuentran registrados los valores de opacidad obtenidos en la propuesta correspondiente, hay que considerar que los valores de opacidad para motores a diesel están regulados de la siguiente manera.

Mayor a  $4 \text{ m}^{-1}$  la medición está fuera de rango y la opacidad es alta.

De  $3$  a  $3.8 \text{ m}^{-1}$  la medición está en los límites.

De  $2$  a  $3 \text{ m}^{-1}$  la medición esta normal.

Como se observa entonces en los datos de medición los valores de medición de opacidad están fuera del límite por lo que es necesario que se implemente el uso de biocombustibles en el motor a diesel.

Tabla 5. 4 Medición de opacidad en varias proporciones

		Valor de opacidad acelerada ( $m^{-1}$ )			Valor medio	Valor final medio	Porcentaje de opacidad	% Reducción
		K1	K2	K3	Opacidad ( $m^{-1}$ )	Opacidad( $m^{-1}$ )		
Diesel comercial	Prueba 1	4,1	3,5	4	3,87	3,81	1,00	0%
	Prueba 2	3,8	3,7	3,8	3,77			
	Prueba 3	3,5	3,9	3,9	3,77			
	Prueba 4	4	3,5	4	3,83			
Biodiesel 5% de aceite de piñon	Prueba 1	2	2,1	2	2,03	1,92	0,50	-50%
	Prueba 2	1,8	1,9	1,9	1,87			
	Prueba 3	1,75	1,8	2,1	1,88			
	Prueba 4	1,9	1,75	2	1,88			
Biodiesel 10 % de aceite de piñon	Prueba 1	1,8	1,7	1,9	1,80	1,67	0,44	-56%
	Prueba 2	1,6	1,9	1,8	1,77			
	Prueba 3	1,4	1,4	1,7	1,50			
	Prueba 4	1,5	1,6	1,7	1,60			
Biodiesel 15% de aceite de piñon	Prueba 1	1,6	1,55	1,4	1,52	1,39	0,36	-64%
	Prueba 2	1,5	1,3	1,3	1,37			
	Prueba 3	1,4	1,22	1,3	1,31			
	Prueba 4	1,3	1,33	1,44	1,36			
Biodiesel 20 % de aceite de piñon	Prueba 1	1,2	0,29	0,97	0,82	0,89	0,23	-77%
	Prueba 2	1	0,84	0,95	0,93			
	Prueba 3	1,1	0,48	1	0,86			
	Prueba 4	0,9	0,95	0,97	0,94			

Fuente: Germán Erazo

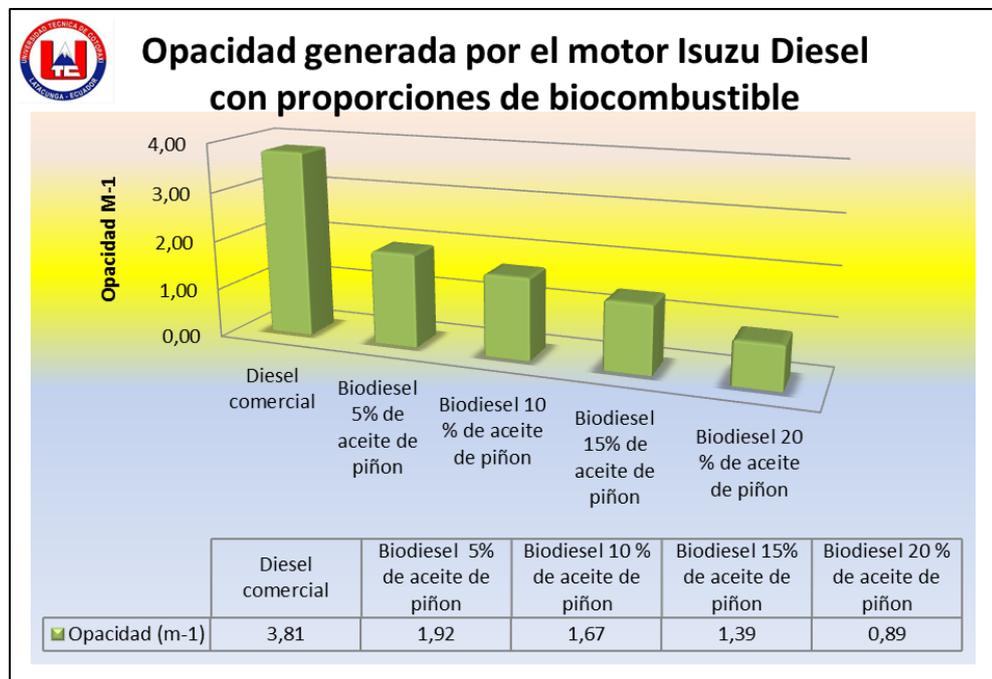


Figura 5. 5 Análisis de Opacidad según porcentajes

Fuente: Germán Erazo

En la figura 5.4 se observa que el motor diesel convencional genera mayor contaminación entre tanto los valores de medición con el biodiesel a medida que se aumenta el porcentaje disminuye la polución es decir valores entre  $1,9 \text{ m}^{-1}$  a  $0,89 \text{ m}^{-1}$ , con lo que se puede decir sustentándonos en la figura 5.6. que existe una disminución de la contaminación del ambiente y reducción de la polución entre un 50% y 77%, con lo que se estaría generando una solución a la propuesta de reducción de la polución, hay que mencionar que las pruebas se realizan en condiciones reales en conjunto con el dinamómetro, es decir condiciones de carga.

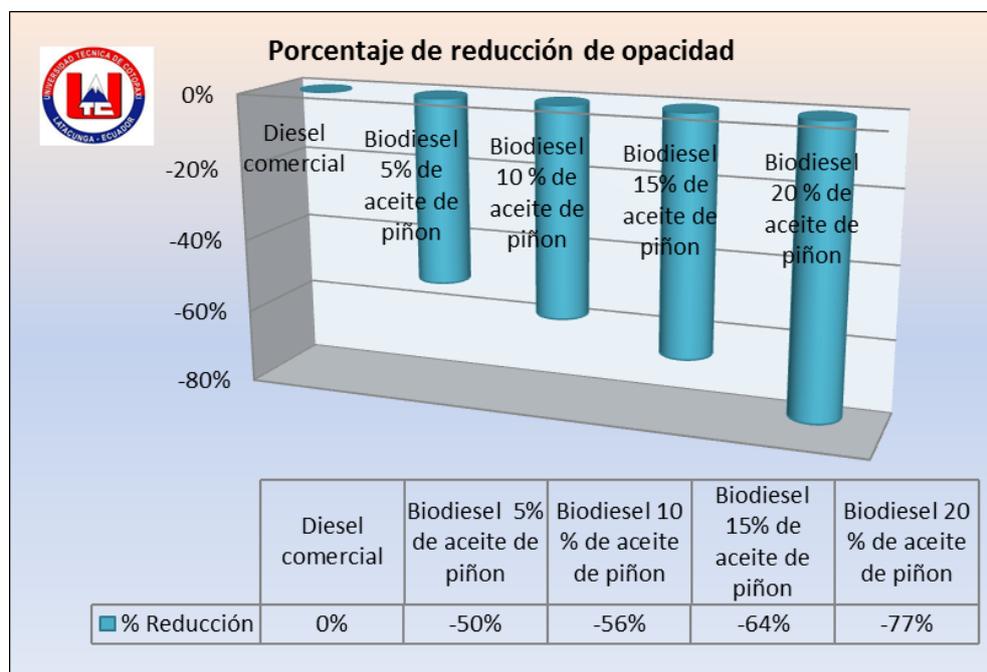


Figura 5. 6 Variación de porcentajes de opacidad.

Fuente: Germán Erazo

### 5.7. Influencia socio económico de la propuesta.

La propuesta sin duda marca una influencia en el ámbito económico y social ya que se genera una oportunidad de actividad laboral y de inserción ya que será necesario realizar inversiones para generar la propuesta encaminada incluso a permiten que se genere empleo para personas de sectores vulnerables.

Se presenta el análisis económico de factibilidad y costo que tendría el disponer aceite de piñón como biocombustible, para lo cual se toman en cuenta las

siguientes consideraciones, apoyado en fuentes bibliográficas del tratamiento de biocombustibles.

En la producción de la materia prima influye de acuerdo a si cuenta con riego el sistema o no para la aplicación de la estimación de costos asumiremos que se dispone de riego, lo que mejorará la calidad del fruto.

*Tabla 5. 5 Producción por Hectárea de piñón.*

Produccion por año toneladas por hectárea		
año	sin riego	con riego
1	0.25	2
2	1	3
3	1.25	7
4	1.75	9
5	2	11

*Fuente: Germán Erazo*

En una hoja electrónica Excel se trabajó los parámetros influyentes para obtener el biodiesel como que se trata de una mediana empresa, en la hoja electrónica variaríamos la dimensión del terreno a sembrar y se irían modificando los valores de producción como el componentes financiero, trabajamos con un 90% de rendimiento de semilla por hectárea, de ahí el 40% de eficiencia energética, la venta de subproductos esta tabulada a 50 usd la tonelada y un factor de reducción de la polución de 2.5 toneladas por cada tonelada de biodiesel consumido.

*Tabla 5. 6 Parámetros considerados para el análisis*

NÚMERO DE HECTÁREAS	rendimiento de semillas por tonelada *hectárea	90%	factor reducción CO2 (toneladas)	2.5	COSTO DIARIO JORNAL	1 TONELADA DE ACEITE
	eficiencia	40%	costo subproducto	\$ 50.00	8	
3	rendimiento de semillas por tonelada *hectárea	rendimiento al 90%	rendimiento al 40% de aceite tonelada* hectárea	venta de subproducto	reducción de CO2 en toneladas	1140

*Fuente: Germán Erazo*

Tabla 5. 7 Producción proyectada a 5 años

NÚMERO DE HECTÁREAS	rendimiento de semillas por tonelada *hectárea	90%	factor reducción CO2 (toneladas)	2.5	COSTO DIARIO JORNAL	1 TONELADA DE ACEITE	
	eficiencia	40%	costo subproducto	\$ 50.00	8		
3	rendimiento de semillas por tonelada *hectárea	rendimiento al 90%	rendimiento al 40% de aceite tonelada* hectárea	venta de subproducto	reducción de CO2 en toneladas	1140	
AÑO 1	sin riego	0.75	0.675	0.27	\$ 3.75	0.675	307.80
	con riego	6	5.40	2.16	\$ 30.00	5.40	2462.40
AÑO 2	sin riego	3	2.7	1.08	\$ 15.00	2.7	1231.20
	con riego	9	8.10	3.24	\$ 45.00	8.10	3693.60
AÑO 3	sin riego	3.75	3.375	1.35	\$ 18.75	3.375	1539.00
	con riego	21	18.90	7.56	\$ 105.00	18.90	8618.40
AÑO 4	sin riego	5.25	4.725	1.89	\$ 26.25	4.725	2154.60
	con riego	27	24.30	9.72	\$ 135.00	24.30	11080.80
AÑO 5	sin riego	6	5.4	2.16	\$ 30.00	5.4	2462.40
	con riego	33	29.70	11.88	\$ 165.00	29.70	13543.20

Fuente: Germán Erazo

La producción se estimó para una mediana empresa considerando un ciclo de producción de 5 años desde que se inicia la siembra hasta que se obtiene la materia prima para la producción a medida que el piñón se desarrolla la producción aumenta y con ello la necesidad de contar con más personal. Se estima que se dispondría de 13543.20 litros de biocombustible en ese año, lo que sin duda mejorará los flujos de caja y recuperación de la inversión.

Tabla 5. 8 Recursos necesarios para producción de piñón

	REQUERIMIENTO DE DÍAS HOMBRE POR HECTÁREA AÑO 1	REQUERIMIENTO DE DÍAS HOMBRE POR HECTÁREA AÑO 2	REQUERIMIENTO DE DÍAS HOMBRE POR HECTÁREA AÑO 3	REQUERIMIENTO DE DÍAS HOMBRE POR HECTÁREA AÑO 4	REQUERIMIENTO DE DÍAS HOMBRE POR HECTÁREA AÑO 5	COSTO MANO OBRA AÑO 1	COSTO MANO OBRA AÑO 2	COSTO MANO OBRA AÑO 3	COSTO MANO OBRA AÑO 4	COSTO MANO OBRA AÑO 5
PLANTACIÓN	180	0	0	0	0	\$ 1,440.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
MANTENIMIENTO	180	207	216	234	252	\$ 1,440.00	\$ 1,656.00	\$ 1,728.00	\$ 1,872.00	\$ 2,016.00
COSECHA	45	58.5	63	65.25	69.75	\$ 360.00	\$ 468.00	\$ 504.00	\$ 522.00	\$ 558.00
CUIDADOS PERMANENTES	730	730	730	730	730	\$ 5,840.00	\$ 5,840.00	\$ 5,840.00	\$ 5,840.00	\$ 5,840.00
GASTO ADMINISTRATIVO						\$ 6,000.00	\$ 6,120.00	\$ 6,242.40	\$ 6,367.25	\$ 6,494.59
						\$ 9,080.00	\$ 7,964.00	\$ 8,072.00	\$ 8,234.00	\$ 8,414.00
DÍAS Hombre / HA	60	60	69	72	82.8					
	60	60	69	72	78					
	15	15	19.5	21	21.75					
	730	730	730	730	730					

Fuente: Germán Erazo

La propuesta genera un sistema de empleo y relaciona el aspecto social ya que alrededor de 8 personas alcanzarían a tener un empleo con remuneración, en el primer año y esto ira subiendo en la medida que aumente la producción.

Tabla 5. 9 Costos que demanda la producción de piñón

COSTO POR HECTÁREA					
COSTO POR TRANSESTERIFICACION DE OBTENCIÓN PIÑÓN	\$ 150.00	\$ 450.00	\$ 463.50	\$ 477.41	\$ 491.73
COSTO POR EXTRACCIÓN	\$ 25.00	\$ 75.00	\$ 77.25	\$ 79.57	\$ 81.95
COSTO HECTÁREA ZONA RURAL	\$ 2,000.00	\$ 2,060.00	\$ 2,121.80	\$ 2,185.45	\$ 2,251.02
COSTOS INDIRECTOS * HECTÁREA	\$ 500.00	\$ 525.00	\$ 551.25	\$ 578.81	\$ 607.75
MANO DE OBRA	\$ 9,080.00	\$ 7,964.00	\$ 8,072.00	\$ 8,234.00	\$ 8,414.00
ADMINISTRACIÓN	\$ 6,000.00	\$ 6,120.00	\$ 6,242.40	\$ 6,367.25	\$ 6,494.59

Fuente: Germán Erazo

Los costos de producción se han ido generando por hectárea y considera, los procesos de fabricación, mano de obra, administración entre otras.

Tabla 5. 10 Plan de costos y flujo caja

PLAN DE COSTOS Y FLUJO DE CAJA					
COSTOS	\$ 17,755.00	\$ 17,194.00	\$ 17,528.20	\$ 17,922.49	\$ 18,341.05
COSTO POR LITRO	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00
LITROS PRODUCIDOS	2462.40	3693.60	8618.40	11080.80	13543.20
VENTA RESIDUOS	\$ 30.00	\$ 45.00	\$ 105.00	\$ 135.00	\$ 165.00
INGRESOS	\$ 4,954.80	\$ 7,432.20	\$ 17,341.80	\$ 22,296.60	\$ 27,251.40
UTILIDAD	\$ (12,800.20)	\$ (9,761.80)	\$ (186.40)	\$ 4,374.11	\$ 8,910.35

Fuente: Germán Erazo

Relacionado la escala de costos por año, como es normal en los flujos de caja en los primeros años se obtendrá pérdidas que son propias para analizar en el área financiera como es el valor actual neto de dinero y la tasa de interés del retorno, es interesante observar que a medida aumenta la producción el período de recuperación se va acercando en este caso en el año 5 ya con utilidades.

De lo que se estima se obtiene un valor de 2 dólares por litro , lo que aproximadamente daría galón de biocombustible con 8 dólares por galón, que sería lo adecuado si se considera trabajar al 5 % en camionetas Isuzu DMax, con lo que se tendría un rendimiento óptimo de acuerdo al análisis mecánico, una reducción de la polución, aumento del periodo de mantenimiento preventivo como son cambios de aceite y ajustes en el motor de combustión interna, lo que ocasiona un aumento en la vida del motor y una reducción de costos de mantenimiento.

Se analiza la inversión inicial que se requiere para el proyecto y los flujos de caja que se van a generar en el mismo durante 5 años y se determina un VAN de 11579,26 y un TIR de 21.3% esto cuando se trabaja con un precio de 3 dólares el litro, pero lo adecuado consideramos que sería un valor de 2 dólares por litro para ingresar con la producción de biodiesel como aditivo consiguiendo un VAN de 7381 y un TIR de 32,8% que son bastante aceptables.

Tabla 5. 11 Cálculo del VAN y del TIR

<input checked="" type="checkbox"/> Proyecto A		<input checked="" type="checkbox"/> Proyecto B	
Desembolso Inicial		Desembolso Inicial	
-17555		-17555	
Tasa de Actualización porcentual		Tasa de Actualización porcentual	
10		10	
Flujos de Caja		Flujos de Caja	
<input type="text"/> <input type="button" value="Añadir Flujo"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Añadir Flujo"/>	
1	-9106	1	12800
2	-4221	2	9761
3	12741	3	186,40
4	20995	4	437
5	29225	5	8910,35
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
<input type="button" value="Borrar Seleccionado"/>		<input type="button" value="Borrar Seleccionado"/>	
<b>Resultado</b>		<b>Resultado</b>	
VAN: 11579,26		VAN: 7381,32	
TIR: 21,3%		TIR: 32,8%	

Fuente: Germán Erazo

### 5.8.- Resultados del impacto ambiental.

El impacto ambiental en la ciudad de Latacunga con la implementación de la propuesta reduce ya que en las tablas anteriores como se determinó existe una reducción del 70% de opacidad cuando se usa biodiesel al 20%, se estima que por cada tonelada de biodiesel producida se obtiene una reducción de 2.7 toneladas de emisiones quemadas.

Por tanto se asegura que el proyecto ambientalmente es de bajo impacto.

### **5.9. Conclusiones del capítulo**

Se ha presentado una propuesta encaminada a reducir la polución en la ciudad Latacunga cuando se utiliza biocombustibles en proporciones.

Para la producción de la empresa estimada se baja 39,7 toneladas de emisiones si se combustiona 10 toneladas de biocombustible

Se observa claramente la polución que genera el combustible diesel comercial que encontramos en el medio.

Se busca implementar oportunidades de trabajo y producción a baja escala influyendo de esta manera en el aspecto social.

El análisis económico de la propuesta muestra una factibilidad ya que los indicadores VAN y TIR son favorables.

## Conclusiones generales

Concluida la presente investigación de estudios de Maestría en Gestión de Energías se presentó las conclusiones generales que se espera sirvan de aporte y fuente de consulta de personal de todos los niveles de formación académica.

Se evaluó el potencial energético del aceite de piñón para su empleo en el motor diesel Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía, al aumentar la potencia en un 3% y 4%, cuando se hace funcionar el motor diesel con el 5 %.

Se caracterizó el uso del aceite de piñón como biocombustible en proporciones para reducir la polución, mediante equipos de tecnología de punta de pruebas en laboratorio con 9.018 calorías/ gramo en estado puro y 10444 que es el 99%. En relación al diesel comercial.

Se acudió a referencias bibliográficas relevantes de textos, revistas y publicaciones indexadas referidas al uso de biocombustibles en motores diesel.

Se estableció el potencial energético generado por el aceite del piñón en estado virgen, así como cuando se encuentra mezclado en proporciones del 5%, 10%, 15%, 20%. Al 10% dispone de 10220 calorías/gramos.

Se utilizó biocombustible en proporción de 5%, 10%, 15% y 20% en el motor ISUZU serie DMax determinando que los mejores resultados se obtiene con el 5% de mezcla y el 10%, lo que conlleva a analizar costos y vida útil del motor.

Se valoró el nivel de contaminación que ocasiona el motor a diesel a través de la medición de la opacidad cuando trabaja con biocombustibles reduce del 50% al 5 % de la mezcla y 77% cuando se utiliza 20% de biocombustible.

Se Argumenta la propuesta de factibilidad del uso del aceite de piñón como biocombustible en la proporción más adecuada como alternativa ecológica en la para disminución de la polución. Con un TIR de 32,08 y el VAN de 7381,22

## **Recomendaciones**

Es necesario seguir incorporando el uso y producción de biocombustibles para motores a diesel de otras marcas y modelos.

Realizar la calibración previa de equipos e instrumentos de medición para tener resultados confiables.

Generar nuevos proyectos de investigación en el área de biocombustibles como por ejemplo una planta de biocombustibles a nivel industrial.

Proponer un sistema de producción industrial que asegure su almacenamiento y distribución a los vehículos.

Difundir esta investigación a través de bases digitales o medios de comunicación para que en nuestro medio se enteren que existe este tipo de energía alternativa.

Investigar sobre nuevas aplicaciones que se pueden dar a los residuos generados en la producción de biodiesel del piñón como fertilizantes o alimentos para animales.

Determinar el potencial energético que presentan los biocombustibles de tercera generación.

## Bibliografía

- Almada, M. (2006). Perspectivas de los biocombustibles en Argentina, Programa Nacional de Biocombustibles. Seminario Internacional sobre Agro energía y Biocombustibles. FAO. Gobierno de Chile. Chile, 27-28 Julio.
- Alonso J, (2005). Electromecánica de vehículos. Sistemas auxiliares del motor Madrid, España: Paraninfo.
- Andrade P. (2011) La Producción agrícola mediante clonación e industrialización de la Jatropha en Ecuador.
- Angulo F. (2008). Eco-combustible-FA Una solución viable. Barcelona: Lozano Estévez.
- Azocar L. (2011). Biodiesel de Aceites Residuales de Fritura. Madrid: EAE (Editorial Academia Española).
- Betancourt, C. (2009) , “Perspectivas Generales de la Industria de los Biocombustibles en el Uruguay”
- Bravo, E. 2006 Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: encendiendo el debate sobre biocombustibles. Editorial Acción Ecológica, Quito, Ecuador.
- Bravo E (2010) La tragedia social y ecológica de la producción de agro combustibles en el continente Americano Editorial Acción Ecológica, Red por una América Latina Libre de Transgénicos Quito, Ecuador
- Bravo E (2006) Acción Ecológica A quien beneficia la producción de biocombustible Editorial Acción Ecológica Quito Ecuador.
- Cárdenas H. (2007) La Sustentabilidad en el Uso de Biocombustibles , Un Reto de Análisis, Decisiones y Equilibrio Quito Ecuador Ediciones CEDA
- Cárdenas H. (2010) Biocombustibles como energía alternativa. I Edición Quito Ecuador. Ediciones CEDA
- Calle (2005) Química Aplicada Combustible Alternativo y Aceites residuales Editorial Reverte España
- Erazo G. (2012) Seminario de Energías Renovables Universidad Técnica de Cotopaxi Conferencia Biocombustibles en Motores de Combustión.

- Escalante, A. (2009), “Desarrollo de un sistema de reacción para la obtención de biodiesel a partir de aceites naturales mediante catálisis heterogénea”
- Fernández A (2010).Guía completa de la biomasa y los biocombustibles. Madrid: Antonio Madrid Vicente.
- Figueroa, J. (2006) Seminario internacional sobre biocombustibles: la ventana hacia una nueva era energética. Chile. Chile Riego
- Ganduglia – IICA (2009) Manual de Biocombustibles Refinación ARPEL Argentina.
- González E. (2012) Caracterización fisicoquímica de biodiesel producido a partir de tres variedades de piñón (*Jatropha curcas*) Honduras
- Hernández E. (2008) Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles piñón. Primera edición: Honduras Impreso Comunica
- Hernández E.(2012) Guía Técnica Ambiental para el cultivo de la *Jatropha Curcas* I edición Honduras Caracol Impresiones
- Hernández P. (2009). Biodiesel: Producción, Calidad y Caracterización. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Hernández (2007) Metodología de la Investigación McGraw Hill Interamericana México.
- INER (2011). Los Biocombustibles Alternativa y Movilidad Quito Ecuador. [edes.iner.gob.ec/transporte/blog/2013/08/los-biocombustibles-y-alternativas-de-movilidad](http://edes.iner.gob.ec/transporte/blog/2013/08/los-biocombustibles-y-alternativas-de-movilidad).
- Jones, N. y Miller, J. 1994. *Jatropha Curcas*, a multipurpose species for problematic sites. The World Bank. Asia Technical Department. Agriculture Division.
- Juan, (2009), “Situación del Biodiesel en la República de Argentina”, Buenos Aires, Argentina.
- Lozano, C. Yolanda, (2009), “Viabilidad de los Biocombustibles: Biodiesel y Bioetanol”, Albacete, España.
- Ludeña M (2010) Revista el Agro Biocombustibles a partir del piñón *Jatropha Curcas*.II Edición Lima Editorial Reverte

- Martín J (2009) El futuro de los biocombustibles: biorefinerías integradas  
catedrático de ingeniería agroforestal de la escuela técnica superior de  
ingenierías agrarias . Valladolid
- Martín, G. (1984). Reflexiones sobre cultivos oleaginosos energéticos II  
Piñón de la India (*Jatropha curcas* L.). Un carburante posible. Oleagineux
- Martínez, G. Tomás, (2002). “Control de emisiones de hidrocarburos  
aromáticos poli cíclicos en generación de energía” Madrid, España:
- Marín A (2008) Clasificación de la Investigación Barcelona Madrid
- Mena L (2011) Compilador de Ejercicios de Motores de Combustión  
Interna Diesel – Gasolina I Edición Nueva Aurora Quito Ecuador
- Montes K (2007) Cultivos Energéticos IDEA BESEL S.A. Departamento  
de Energía Madrid España.
- Pabón G (2008) Cultivos energéticos alternativos estudio de las  
características botánicas y etnobotánicas de Jatropa (*Jatropha curcas* L.)
- Pérez, J. (2009), “Situación del Biodiesel en la República de Argentina”,  
Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez R. (2006) Como hacer un proyecto de investigación , I Edición,  
Caracas
- Ruiz R (2006) El método científico y sus etapas México Editorial Reverte I  
Edición.
- Sabino C (2006) El proceso de investigación Ed. Panamericana II Edición  
Buenos Aires Argentina.
- Sineiro (1998) Biogás y Biocombustibles alternativas a energías Edigrup  
BPMO Barcelona España.
- Tranchino L. (1998) Marco Referencial 3.1. *Jatropha Curcas* Carpoica.  
Barcelona España.

# **ANEXOS**

## ANEXO “A”

### ESPECIFICACIONES DE BIODIESEL

Parámetro	Norma	Unidades	UNE EN 590* Diesel #2	Limite CEN/TC 19** Biodiesel
Densidad (15°C)	EN ISO 12185	g/cm3	0.820-0.845	0.860-0.900
Viscosidad Cinemática 40°C	EN ISO 3104	cSt	2.0-4.5	3.5-5.0
Punto Inflamación	EN 22719 ISO/CD 3679	°C	55 min.	101 min.
Azufre	EN ISO 14596	ppm	350 máx.	10 máx.
Residuo Carbonoso (10%)	EN ISO 10370	%	0.30 máx.	0.30 máx.
Contaminación Total	EN 12662	ppm	24 máx.	24 máx.
Agua	EN ISO 12937	ppm	200 máx.	500 máx.
Corrosión al cobre	EN ISO 2160	-	Clase 1	Clase 1
Cenizas Sulfatadas	EN ISO 6245 ISO 3987	%	0.01 máx.	0.02 máx.
Estabilidad Oxidación	EN ISO 12205 prEN 14112	mg/l	25 máx.	6 h min.
Número de Cetano	EN ISO 5165	-	51 min.	51 min.
Índice de Cetano	EN ISO 4264	-	46 min.	

Fuente: J. Ignacio Ciria, [www.wearcheckiberica.es](http://www.wearcheckiberica.es)

**ANEXO “B”**  
**ESPECIFICACIONES DE BIODIESEL**

FUENTE	DENSIDAD	PODER CALORIFICO INFERIOR		PODER CALORIFICO SUPERIOR	
		Kg/lt	kcal/lt	kcal/kg	kcal/lt
Carbón Mineral (nacional) (*)	-	-	5.900	-	6.200
Carbón Mineral (importado)	-	-	7.200	-	7.500
Coque	-	-	6.800	-	7.500
Petróleo Crudo	0,885	8.850	10.000	9.293	10.500
Aeronaftas	0,709	7.374	10.400	8.012	11.300
Naftas	0,735	7.607	10.350	8.232	11.200
Kerosene y Comb. Jets	0,808	8.322	10.300	8.945	11.070
Gas Oil	0,845	8.619	10.200	9.211	10.900
Diesel Oil	0,88	8.800	10.000	9.416	10.700
Fuel Oil	0,945	9.261	9.800	9.923	10.500
Mezcla 70-30	0,91	8.995	9.885	9.638	10.591

**ANEXO "C"**  
**PRUEBAS DE LABORATORIO DEL ACEITE DE PIÑÓN**

LA FABRIL S.A



CERTIFICADO DE ANALISIS (COA)

N° 153-ID-2013

**Fecha de despacho** : 17/06/2013  
**Nombre del Producto** : ACEITE DE PIÑÓN  
**Fecha de elaboración** : 14/06/2013  
**Número de Lote** : PP-ID-153  
**Empaque** : GARRAFAS POR 4 LT  
**Cliente** : JUAN CARLOS RODRIGUEZ  
**Codigo I+D** : ME-141-JN1713.

Característica	Resultado	Método
Acidez (Ac. Oleico), % (*)	: 0,19	AOCS Ca-5a-40
Humedad,%	: 0,06	AOCS Ca-2c-25
Indice de Peróxidos, meq O2 / K	: 22,47	AOCS Cd-08-53
Olor y Sabor	: Característico	Sensorial
Color (Lov. 5 1/4 ")	: 10,2Y - 0,9R	AOCS Cc-13j-97
Indice de Yodo, cg/g	: 107,19	AOCS Cd-1c-85
Impurezas	: Negativo	Visual.

  
Elizabeth Marcillo  
Investigación y Desarrollo

Industria de grasas, aceites y jabones

Km 5½ Vía Manta-Montecristi, Ecuador. Tel: 593-52- 928-891.  
Fax: 593-52-924-252 – Casilla 13-95-4761

**ANEXO "D"**  
**PRUEBAS DE LABORATORIO**

 <b>LABORATORIO TERMINAL BEATERIO</b>			
FECHA DE EMISIÓN:		17/06/2013	MUESTRA: ACEITE DE PIÑON
HORA DE EMISIÓN :		12:00	
PRODUCTO ANÁLISIS		ESPECIF. BODIESEL B100	BODIESEL B100
	NORMA		
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6	ASTM D-1298	Min 860-Max 900 (kg/m3)	0,9206
DENSIDAD API A 15.6°C	ASTM D-6822		22,2
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)	INEN 1047	Min 120	
AGUA Y SEDIMENTO (%V)	INEN 1494	Max 0.02	
VISCOSIDAD CIN. A 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	INEN 810	2.0 -5.0	
ÍNDICE DE CETANO CALCULADO	INEN 1495	No.Cetano Min 49	
CONTENIDO DE AZUFRE (%P)	INEN 929	Máx 10 mg/kg	< 50
CORROSIÓN LAMINA COBRE	INEN 927	Max. 3	
DESTILACIÓN:	INEN 926		
P.I.E. (°C)			
10% (°C)			
50% (°C)			
90% (°C)		Max 360	
P.F.E (°C)			
RESIDUO %V			
PÉRDIDA %V			
TOTAL RECUPERADO %v			
PUNTO DE NUBE (°C)	ASTM D-2500	REPORTE	-4
PUNTO DE FLUIDEZ (°C)	ASTM D-97	REPORTE	-12
<b>OBSERVACIONES:</b>			
		 <b>DR. WILLIAM MUÑOZ- LABORATORISTA</b>	