



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

**TEMA: ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBONILLA EN LA CÁMARA DE
COMBUSTIÓN DE UN MOTOR DIÉSEL ISUZU 4JB1 2.8, CON EL USO DE
DIÉSEL PREMIUM Y BODIESEL A BASE DE HIGUERILLA B10.**

AUTOR: JÁCOME SANDOVAL WALTER AUGUSTO

DIRECTOR: MCS. CARLOS MAFLA

IBARRA, Marzo 2018

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

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

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Análisis de la producción de carbonilla en la cámara de combustión de un motor diésel Isuzu 4JB1 2.8, con el uso de diésel Premium y biodiesel a base de higuera B10.” presentado por el señor: Jácome Sandoval Walter Augusto con número de cédula 1003177480, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 20 días del mes Marzo del 2018.

Atentamente



MSC. Carlos Nolasco Mafla Yépez
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	1003177480
APELLIDOS Y NOMBRES:	JÁCOME SANDOVAL WALTER AUGUSTO
DIRECCIÓN:	CALLE 10 DE AGOSTO Y TERESA DE JESÚS CEPEDA
EMAIL:	Walter_js17@hotmail.com
TELÉFONO FIJO: 2650566	TELÉFONO MÓVIL: 0988858764
DATOS DE CONTACTO	

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE CARBONILLA EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN DE UN MOTOR DIÉSEL ISUZU 4JB1 2.8, CON EL USO DE DIÉSEL PREMIUM Y BIODIESEL A BASE DE HIGUERILLA B10.
AUTOR:	JÁCOME SANDOVAL WALTER AUGUSTO
FECHA:	31 DE ENERO DEL 2017
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Mcs. CARLOS MAFLA

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Jácome Sandoval Walter Augusto** con cédula de identidad Nro. **1003177480**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.
Ibarra, a los 20 días del mes de Marzo del 2018.

AUTOR



Firma

JÁCOME SANDOVAL WALTER AUGUSTO

Nombre completo

1003177480

CC.



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

Yo, **Jácome Sandoval Walter Augusto** con cédula de identidad Nro. **1003177480**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **Análisis de la producción de carbonilla en la cámara de combustión de un motor diésel Isuzu 4jb1 2.8, con el uso de diésel Premium y biodiesel a base de higuierilla b10**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi Condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Jácome Sandoval Walter Augusto

Nombre completo

1003177480

C.C

Ibarra, a los 19 días del mes de Marzo del 2018.

DEDICATORIA

Este trabajo constituye un cúmulo de esfuerzo, constancia perseverancia, sacrificio y entrega para lograr realizar este trabajo de investigación. Por tanto, dedico este trabajo a lo más grande que Dios pudo darme: a mi Esposa, Hija, a mis Padres, Hermanos, quienes con su amor, comprensión y apoyo son mi refugio en mi diario caminar.

JÁCOME SANDOVAL WALTER AUGUSTO

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo, cálido y sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, a sus autoridades y personal docente, a la Unidad Educativa “17 de Julio”, PRODIESEL “Laboratorio de Inyección Diésel”, por haberme brindado las facilidades necesarias para la realización de este estudio, de manera especial al Msc. Carlos Mafla por su acertado asesoramiento e invaluable orientaciones, por su apoyo, ayuda y amistad incondicional todos estos años.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	NUM. PÁG.
RESUMEN	XIV
ABSTRAC	XV
CAPÍTULO I	1
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema	3
1.4 Delimitación	3
1.4.1 Temporal	3
1.4.2 Espacial	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 General	4
1.5.2 Específicos	4
1.6 Justificación	5
CAPÍTULO II	8
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Motor diésel	8
2.1.1 Motor diésel moderno	8
2.1.2 Diésel fósil o gasóleo	9
2.1.3 Carbonilla	10
2.1.4 Origen del biodiésel.	11
2.1.5 Propiedades químicas del biodiésel	11
2.1.6 Densidad api	12
2.1.7 Viscosidad	13
2.1.8 Residuo carbonoso	14
2.1.9 Potencia calórica	14
2.2 Sustancia que colaboran en la producción de carbonilla. 15	
2.2.1 Monóxido de carbono (co)	15
2.2.2 Dióxido de azufre (SO₂)	16
2.2.3 Material particulado	16
2.2.4 Productos orgánicos aromáticos	16
2.3 Gases no contaminantes:	17
2.4 Gases contaminantes:	18

2.5 Impacto ambiental	20
2.6 La salud humana	22
2.7 toxicidad	22
2.7.1 el hollín	23
2.7.2 en la mezcla de combustible	24
2.8 cámara de combustión	28
2.8.1 cámara de inyección directa	28
CAPÍTULO III	32
3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	32
3.1 Fundamentación tecnológica	32
3.2 Condiciones y especificación banco de pruebas	33
3.2.1 Banco de pruebas	33
3.2.2 Condiciones climáticas de prueba	34
3.3 Preparación del motor limpieza de cámara	35
3.3.2 Calibración del sistema de inyección	35
3.3.3 Procedimiento de calibración (bomba e inyectores)	38
3.3.4 Obtención de depósitos de carbonilla	39
3.3.5 Consumo de combustible	40
3.3.6 Proceso de extracción de carbonilla	41
3.3.7 Tabulación de carbonilla	42
3.3.7 Pruebas de microscopio	43
3.4 Pruebas utilizando b1044	
3.4.1 característica combustible	44
3.4.2 consumo de combustible	45
3.4.3 tabulación de carbonilla	46
3.4.4 equipos utilizados	47
3.4.5 condiciones ambientales	48
3.4.6 pruebas con diésel	48
3.4.7 pruebas con biodiésel	48
3.5 medición de opacidad	49
3.5.1 medición de opacidad	49
3.5.2 condiciones ambientales a las que se realizó las pruebas	50
3.5.3 pruebas con diésel	50
3.5.4 pruebas con biodiésel b10	51
CAPÍTULO IV	52
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	52

4.1 Análisis de consumo de combustible	52
4.2 Análisis de carbonilla	53
4.3 Análisis de medición de gases de escape	54
4.4 Medición de opacidad	55
4.5 Análisis microscopio	56
CAPÍTULO V	57
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1 Conclusiones	57
5.1 Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	62

ÍNDICE TABLAS

		NUM PÁG.
Tabla 2.1	Propiedades físico - químicas de Diésel	10
Tabla 3.2	Ficha técnica	33
Tabla 3.3	Clima de la Ciudad de Ibarra	34
Tabla 3.4	Calibración sistema de inyección Diésel	36
Tabla 3.5	Condiciones de ajuste 100r/min con DC	36
Tabla 3.6	Calibración al inyector	38
Tabla 3.7	Tiempo de prueba	39
Tabla 3.8	Análisis de consumo de combustible diésel	40
Tabla 3.9	Tabulación del hollín	42
Tabla 3.10	Tiempo de prueba con biodiésel B10	44
Tabla 3.11	Consumo de combustible Biodiésel B10	45
Tabla 3.12	Tabulación de hollín con Biodiésel B10	46
Tabla 3.13	Promedio General Diésel Premium	48
Tabla 3.14	Promedio General Biodiésel B10	49
Tabla 3.15	Promedio General Diésel Premium	50
Tabla 3.16	Promedio General Biodiesel B10	51
Tabla 4.17	Diésel vs Biodiésel B10	52
Tabla 4.18	Diésel vs Biodiésel B10	53
Tabla 4.19	Límites máximos permisivos de emisiones de gases	54
Tabla 4.20	Porcentaje de reducción de gases de escape	54
Tabla 4.21	Normativa NTE INEN 2 207	55
Tabla 4.22	Coeficiente de absorción de luz	56
Tabla 4.23	Porcentajes de opacidad reducida	56

ÍNDICE FIGURAS

		NUM	PÁG.
Figura 2.1	Esquema de la inyección directa.....	29	
Figura 2.2	Inyección directa clásica.....	29	
Figura 2.3	Cámara MAN típica.....	30	
Figura 2.4	Cámara separada.....	31	
Figura 3.5	Calibración de inyector	38	
Figura 3.6	Calibración de la Bomba de inyección	38	
Figura 3.7	Extracción de Carbonilla.	42	
Figura 3.8	Prueba de microscopio diésel	43	
Figura 3.9	Pruebas microscopio de Biodiésel	44	
Figura 3.10	Analizador de gases	47	
Figura 3.11	Opa 100 Brain Been.....	50	
Figura 4.13	Carbonilla vista desde el microscopio	57	
Figura AI.1	Calibración del Motor	63	
Figura AI.2	Motor en óptimas condiciones	64	
Figura AI.3	Desmontaje del cabezote	64	
Figura AI.4	Obtención de carbonilla.....	65	
Figura AI.5	Medición del peso de carbonilla.	65	
Figura AII.1	Imágenes de Implementos	68	
Figura AIII.1	Mezcla del diésel con biodiésel	69	
Figura AIV.1	Obtención del biodiésel B10.	70	
Figura AV.5	Funcionamiento del motor con biodiésel B10.....	71	
Figura AVI.1	Desmontaje del cabezote	72	
Figura AVII.1	Extracción de la carbonilla.	72	
Figura AVIII.1	Cantidad de carbonilla.	73	
Figura AIX.1	Carbonilla vista desde el microscopio.	73	

ÍNDICE DE ANEXOS

	NUM PÁG.
ANEXO I Calibración del motor	75
ANEXO II Implementos de biodiésel	78
ANEXO III Mezcla de diésel con biodiésel	80
ANEXO IV Obtención del biodiésel	81
ANEXO V Funcionamiento del motor	81
ANEXO VI Desmontaje del cabezote	82
ANEXO VII Extracción de carbonilla	82
ANEXO VIII Cantidad de carbonilla	83
ANEXO IX Carbonilla vista desde microscopio	83

RESUMEN

El problema aborda parte de una problemática existente en la contaminación ambiental por la generación de carbonilla en la cámara de combustión de los motores diésel, debida a la utilización de diésel fósil y biodiésel. Bajo estas consideraciones, se busca identificar una opción alternativa que mejore el rendimiento del motor diésel en condiciones operativas en costos y afectaciones ambientales. Se realizó el diagnóstico e investigación de campo sobre la formación de la carbonilla en la cámara de combustión por usar biodiésel y diésel común, para identificar ventajas, desventajas, oportunidades de reducción y posibles amenazas en el empleo de los mismos, mediante análisis de los efectos contaminantes en el medio ambiente a través de datos experimentales. Finalmente se hace un estudio comparativo del consumo y rendimiento del motor diésel ISUZU 4 JB1 2.8 cuando se emplea el biodiésel B10 y el diésel Premium. Este análisis comparativo se obtiene a través del análisis contrastado de las cantidades de carbonilla en la cámara de combustión del motor citado, cuando se le somete a escenarios de trabajo, empleando en forma alternativa y combinada los carburantes antes mencionados. El resultado final de la investigación más destacado es la reducción de gases contaminantes, cuando se utiliza el biodiésel se está contribuyendo con el medio ambiente y de igual manera se da cumplimiento con las normativas internacionales sobre la emisión de gases contaminantes de los motores de combustión interna; por otra parte existe una reducción de carbonilla de 0,02 gr, existe una mayor optimización en el combustible ecológico, mediciones en un tramo de tiempo equivalente a 30:05:00 de funcionamiento del motor investigado. Este análisis se lo efectuó en los 4 cilindros, con un promedio de 0,15 gr en cada uno de ellos.

ABSTRAC

The problem of addressing an existing problem in environmental pollution by the generation of carbon in the combustion chamber of diesel engines, due to the use of fossil diesel and biodiesel. Under these considerations, it is sought to identify an alternative option that improves the performance of the diesel engine in operating conditions in costs and environmental effects.

The diagnosis and investigation of the field on the formation of char in the combustion chamber to use, biodiesel and common diesel, was made to identify advantages, disadvantages, reduction opportunities and possible threats in the use of the same, by means of analysis of the polluting effects on the environment through experimental data. Finally, a comparative study is made of the consumption and performance of the diesel engine ISUZU 4 JB1 2.8 when B10 biodiesel and Premium diesel are used.

This comparative analysis is obtained through the contrasted analysis of the quantities of carbon in the combustion chamber of the engine, when it comes to a work scenario, the use in alternative form and the combination of the aforementioned fuels.

The final result of the most outstanding research is the reduction of polluting gases, when using biodiesel which is an effective contribution to the environment and complies with international standards on the emission of polluting gases from internal combustion engines; On the other hand there is a reduction of char of 0.02 gr, which is an indicator of the optimization of the ecological fuel, measurements in a stretch time equivalent to 30:05:00 of the operation of the investigated engine. This analysis was carried out in the 4 cylinders, with an average of 0, 15 gr in each of them.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del presente trabajo radica en analizar el comportamiento del motor diésel ISUZU 4 JB1 2.8 con uso de biodiésel a base de higuierilla empleando mezcla B10, con la finalidad de recaudar datos específicos sobre los niveles y porcentajes de emisiones de gases contaminantes que se generan en el proceso de combustión del motor.

De esta manera se comparan los diferentes resultados obtenidos en las pruebas realizadas al motor en función con las normativas que rigen en el control de gases contaminantes en el territorio Ecuatoriano. El presente trabajo de grado se desarrolló en las instalaciones y laboratorios de la carrera de ingeniería automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

En el primer capítulo se presenta el problema a investigar y para ello se detalla los antecedentes, el planteamiento del problema con su respectiva formulación, la delimitación del trabajo; al igual se pone en conocimiento el objetivo general y sus respectivos objetivos específicos, culminando con la justificación.

A continuación, tenemos el capítulo dos, donde se expone el marco teórico y se pone en detalle lo referente a las fuentes de obtención de biodiésel en Ecuador, y la manera de cómo elaborar biodiésel de higuierilla. Contextualmente abordamos diferentes temas de interés para el desarrollo del trabajo, los cuales radican en parámetros y normativas en las cuales se debe regir al momento de elaborar biodiésel y de igual manera las pruebas a las que se van a someter el motor en el transcurso del trabajo.

Para finalizar este capítulo damos a conocer los diferentes equipos que se emplearán para la realización de las pruebas al motor diésel ISUZU 4 JB1 2.8

El tercer capítulo está enfocado en todo el desarrollo del presente trabajo de titulación, donde observamos la puesta a punto que se ejecutó al motor diésel ISUZU 4 JB1 2.8. Además, se detalla cada una de las pruebas a las que fue

sometido el motor con sus respectivas tablas de datos que se registraron para cada una de las pruebas.

En el cuarto capítulo tenemos el análisis de los resultados que se obtuvieron en cada una de las pruebas realizadas al motor, se muestra de igual manera los cuadros porcentuales y graficas de los resultados de variación que se obtuvieron en las pruebas al motor en función de las mezclas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

Para finalizar tenemos el capítulo cinco en el que se observan las conclusiones y recomendaciones que se extrajeron en el transcurso de la investigación, seguido de esto se adjunta la bibliográfica utilizada y los anexos más relevantes e importantes.

CAPÍTULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Con el transcurso de los años los motores de combustión interna, la contaminación por los gases residuales que emanan de su proceso físico-químico se ha ido incrementando, siendo una causa del calentamiento global debido a su uso intensivo. (Automotive, 2017, p.5)

Entre los gases que se generan se puede citar a los siguientes: azufre (*S*), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (*CO*), óxido de nitrógeno (*NO*), hidrocarburos no quemados y partículas de carbonilla. (Benavides, 2009, p.2)

De los gases contaminantes anotados, merece especial atención la carbonilla que es generada en la cámara de combustión de los motores diésel y que es perjudicial, porque se tapan los conductos y esto implica que la carbonilla se aloje en las paredes y sature todos los conductos de flujo de la culata. (Agudo, 2014, p.3)

La carbonilla se produce porque el diésel que se utiliza en el Ecuador contiene demasiada concentración de azufre que al combustionar se produce dióxido de azufre que combinado con el vapor de agua de la atmósfera se convierte en ácido sulfúrico que es el elemento básico para la caída de lluvia ácida, este problema se lo ha reducido utilizando mezcla de biodiésel y diésel fósil, pero la presencia de carbonilla sigue latente en concentraciones menores. (Párrafo tres PEMEX 2010, p.5)

La falta de información a los propietarios de los vehículos a diésel, sobre las medidas necesarias que se debe tomar al realizar el mantenimiento de los motores diésel, cómo es sustitución de filtros, revisión de fluidos y aditivos, que ayudan a la limpieza de conductos, asegurando su correcto funcionamiento y disminución de residuos contaminantes.

Al existir desinformación sobre las reglas de un correcto mantenimiento se produce una serie de problemas tales como: daños tempranos del motor y presencia importante de carbonilla, entre otros.

Es importante recalcar que la formación de carbonilla en la cámara de combustión es producida por las pequeñas gotas de combustible pulverizado en el cilindro en la ignición (Agudo, 2014, p.2). La combustión baja en cambio produce carbonilla en la culata, ocasionando que se forme un núcleo carbonoso de hidrocarburos no quemados y del aceite del motor. (Meneses, 2002, p.5)

Las partículas de carbonilla que emiten los motores diésel son perjudiciales para el hombre, animales y dañan el medio ambiente. En los seres humanos producen enfermedades respiratorias (tráquea, pulmones), problemas circulatorios (sangre), órganos internos, nivel intracelular. (Meneses, 2002, p.4)

La producción de carbonilla está relacionada con algunos procesos del calentamiento global por la capacidad de absorber radiación solar, situación considerada como el origen de los daños del ozono. (Reyes, 2011, p.1)

Por otra parte la generación de carbonilla produce un efecto negativo en el medio ambiente, porque se contamina el suelo, que es afectado no por el tamaño de las partículas, sino por su efecto de adherencia para las grandes, mientras que las pequeñas quedan flotando en el aire. (Meneses, 2002, p.3)

Lo expresado anteriormente sobre la carbonilla, no solo que es perjudicial para el rendimiento óptimo del motor, sino que también tiene efectos contaminantes severos para el entorno, lo cual se visualiza en el humo de color plomizo que despiden los motores a diésel, generando un ambiente sucio y de afectación a la salud humana. (Reyes, 2016, p.2)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avance científico y tecnológico a nivel mundial evidencia que la tendencia de la humanidad es mejorar los sistemas de movilidad, utilizando sistemas de baja contaminación, utilizando energías alternativas y renovables; en especial la industria automotriz está investigando la sustitución de los combustibles fósiles y muchos países han prohibido la construcción de los vehículos de combustión tradicional y se espera que para el 2 022 una gran mayoría de los autos nuevos se movilen con electricidad que es una energía limpia ecológica. La aplicación de estas nuevas tecnologías automotrices disminuirá la contaminación existente actualmente, por la emisión de gases nocivos de los motores que utilizan combustibles fósiles.

Al analizar el motor diésel ISUZU 4JB1 2.8, se identifica que la producción de carbonilla en la cámara de combustión por el uso del diésel Premium a pesar de las nuevas innovaciones que tiene, no ha logrado disminuir los efectos nocivos de las reacciones químicas de la combustión por ser un combustible fósil que genera partículas presentes en los gases de escape.

De lo anteriormente citado surge la necesidad de encontrar una solución que optimice la combustión interna disminuyendo significativamente la cantidad de carbonilla depositada en el motor investigado.

Los vehículos con un motor a diésel tienen mayor capacidad de funcionamiento respecto a fuerza y bajo costo, beneficios que pasan a segundo plano cuando se analiza los efectos ambientales que se ocasionan por la combustión del diésel fósil, especialmente los motores a diésel con la formación de (NO_x) que se debe a la reacción producida entre el oxígeno y el nitrógeno a temperaturas elevadas de los motores.

Al analizar un motor diésel ISUZU 4JB1 2.8 se identifica que la producción de carbonilla en la cámara de combustión por el uso de diésel Premium, a pesar que la tecnología automotriz se ha innovado no ha logrado disminuir las reacciones químicas de la combustión del mismo por ser un derivado del petróleo que genera partículas sean sólidas o líquidas presentes en los gases de escape.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo reducir la formación de carbonilla en la cámara de compresión del motor Isuzu 4JB1 2.8?

1.4 DELIMITACIÓN

Dentro de la delimitación se tiene dos la temporal y la espacial mismas que detallan a continuación.

1.4.1 TEMPORAL

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de Julio hasta el mes de Enero 2018.

1.4.2 ESPACIAL

Las investigaciones prácticas del proyecto se desarrollarán en los talleres de pro diésel “Laboratorio de inyección diésel” de la ciudad de Ibarra.

1.5 OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación vienen siendo el general y los específicos que se muestran a continuación:

1.5.1 GENERAL

Analizar la producción de carbonilla en la cámara de combustión del motor diésel ISUZU 4JB1 2.8 con el empleo de diésel Premium y biodiésel a base de higuierilla B10 en condiciones controladas.

1.5.2 ESPECÍFICOS

- Desarrollar la fundamentación teórica de la investigación, utilizando bibliografía especializada y actualizada, para la construcción del Marco Teórico y sustento científico
- Establecer los niveles de generación de carbonilla, mediante un análisis comparativo del empleo del biodiésel B10 de aceite de higuierilla y el diésel Premium en un motor diésel ISUZU 4JB1 2.8 mezclando los dos carburantes citados
- Establecer los niveles de contaminación ambiental en los gases expulsados que se generan en el motor ISUZU 4JB1 2.8, cuando combustiona la mezcla de biodiésel y diésel Premium en condiciones operativas normales

- Sustentar las conclusiones mediante el análisis de los resultados experimentales obtenidos en los ensayos de laboratorio, contrastando información estadística recolectada

1.6 JUSTIFICACIÓN

La Universidad Técnica del Norte dispone de un equipamiento adecuado y moderno, para poder ser utilizado como material didáctico de aplicación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, en concreto el equipamiento disponible permite realizar diferentes aplicaciones y análisis operativos de los motores a diésel , pero es necesario tener un laboratorio especializado en sistemas inyección, para poder realizar una investigación más a fondo del comportamiento de la carbonilla, esa es la razón para la selección del taller pro diésel y la apertura de su propietario para realizar el estudio ha permitido en forma suficiente y necesaria cumplir con las exigencias experimentales del proyecto.

Por otra parte, si se toma en cuenta las políticas y lineamientos estratégicos: Objetivo 7, numeral 7.7 Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental, Objetivo 7 numeral 7.7 c Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en el transporte y sustituir los vehículos convencionales fomentando la movilidad sustentable, Objetivo 7 apartado 7 n Promover investigaciones para el uso y generación de energías alternativas, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento. (Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, p.18) Al tenor de lo expresado en los objetivos citados, esta investigación es muy importante, ya que permite socializar a los propietarios de automotores a diésel, el conocimiento necesario sobre las limitaciones que genera la carbonilla en la cámara de combustión y sus opciones de disminución. Siendo la disminución del efecto contaminante actual que tienen los motores diésel uno de los parámetros más importante, que exige la ley del Buen Vivir para mejorar la calidad y salud ambiental del país. El uso de nuevos combustibles diferentes a los fósiles es un reto que debe ser cumplido en el menor tiempo posible.

El biodiésel es definido por la norma ASTM D- 6751 (American International Testing and Materials) como “ácidos grasos de cadena larga, derivados de aceites vegetales o grasas animales denominado como B100”. Mientras que la mezcla de biodiesel es definida BXX,

en la que XX equivale al porcentaje del volumen del biodiesel en la totalidad de la mezcla. (Lombagna, 2015, p.12)

Los biocombustibles es el aprovechamiento directo de la materia orgánica para sustituir a los combustibles fósiles entre ellos, el biodiesel que se obtiene a partir de plantas oleaginosas, reemplaza al gasóleo y se puede utilizar directamente en motores diésel, lo único que necesita es reemplazar algún tipo de plástico del circuito de diésel. (Jarauta, 2015, p.6)

En cuanto al biodiésel, este se produce a partir de los ácidos grasos derivados de aceites que pueden ser de origen vegetal o animal, los cuales pueden ser sometidos a varios procesos, pero el más utilizado se llama transesterificación. Este consiste en convertir los triglicéridos en ésteres, para lo cual se produce una reacción en los aceites mediante el uso de un alcohol, que puede ser metanol o etanol, y un catalizador, que puede ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. (Instituto de Cooperación IITCA, 2014, p.5)

Parafraseando las citas anteriores se colige que el biodiésel, es una solución bastante atractiva para disminuir la presencia de la carbonilla, si se toma en cuenta que es un combustible totalmente ecológico por ser de origen vegetal con un buen rendimiento operativo esta investigación va a tratar de demostrar las bondades de este combustible y la disminución significativa de la carbonilla, que sin lugar a dudas es una contribución puntual al tratamiento de las políticas ambientales que impulsa el país.

Automotriz, sin embargo dadas las características de la diversidad de temáticas y la posibilidad de ampliación de conocimientos la Universidad requiere este equipo para realizar prácticas sobre la producción de carbonilla en la cámara de combustión de motores diésel, con el uso de diésel y biodiésel y de esta manera completar el análisis práctico en aula.

Tomando en cuenta las políticas y lineamientos estratégicos Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 Objetivo 7 # 7.7: “Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental”; Objetivo 7 # 7.7.c “Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en el transporte y sustituir los vehículos convencionales, fomentando la movilidad sustentable”; Objetivo 7 # n el “Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento”.

Esta investigación es muy importante ya que permite que los propietarios de automotores diésel conozcan el funcionamiento de la producción de carbonilla en la cámara de combustión de cada uno de los vehículos los cuales son perjudiciales para la salud y el medio

ambiente pero esto con el trascurso del tiempo se ha mejorado notablemente con el exceso de carbonilla en los motores con el uso de Diésel.

Mediante una comparación se puede determinar cuál es el mantenimiento más aconsejable para evitar la carbonilla en los automotores garantizando su durabilidad mediante el mantenimiento adecuado y las precauciones necesarias. La falta de información sobre la carbonilla de los vehículos lleva a desarrollar la investigación en profundidad que tan beneficioso es la carbonilla en un motor o que tan dañino es la misma en el motor, salud y medio ambiente, para la disminución de la carbonilla en la cámara de combustión se va a utilizar energías renovables como el biodiésel siendo este combustible natural y de menor contaminación para la salud de las personas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 MOTOR DIÉSEL

El funcionamiento del motor diésel se da mediante la compresión aire-combustible en la cámara de combustión obteniendo una mezcla estequiometría para un buen funcionamiento. La combustión se produce porque la energía calórica de los combustibles como la gasolina y el diésel, puede ser transformada en motor de combustión interna. (Martínez, 2011, p.5)

Un motor diésel funciona como su nombre lo indica con diésel, siendo este adquirido del derivado del petróleo el cual se obtiene diferentes tipos de diésel, diésel industrial, diésel 1, diésel Premium.

La combustión que genera un motor de cuatro tiempos, se produce en una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, esto hace mayor potencia de salida de los gases y partículas de carbón que se genera en la cámara. (Martínez, 2011, p.11)

El aceite que lubrica el motor diésel en contacto del combustible la cámara de combustión produce acumulación de residuos que se les conoce como carbonilla, elemento que se presente ante la combustión incompleta de los combustibles. Cuando existe un exceso de aceite y combustible el motor interfiriendo el normal funcionamiento por las averías que sufre el motor, ocasionando además un desgaste acelerado del motor.

Es muy importante el análisis del biodiésel B10 utilizado como combustible en un motor ISUZU 4JB1 2.8, para establecer parámetros de operación y rendimiento; este combustible hace posible que la contaminación ambiental se reduzca notablemente y su funcionamiento sea más eficiente, debido a que la carbonilla generada tiene un proceso de elaboración rápida en la cámara de combustión de dicho motor con una densificación mínima.

2.1.1 MOTOR DIÉSEL MODERNO

El motor diésel también llamado motor de compresión, realiza su encendido por medio de la compresión del combustible en la cámara de combustión, La cámara de combustión es el componente del motor en el que se efectúa la combustión del diésel con el comburente. Al

realizar la combustión del motor diésel, el combustible llega un punto de evaporación y mezcla con el oxígeno para llegar a una mezcla estequiometría. (Martínez, 2011, p.8)

Este motor no utiliza bujías como los vehículos a gasolina para realizar la explosión sino solo bujías de precalentamiento al inicio del encendido del motor a diésel. Este tipo de motores se destacan por el bajo consumo de combustible el cual hace que su contaminación sea menor a los motores de gasolina. (Meneses, 2002, p.7)

En el motor diésel la combustión es interna mediante una temperatura elevada que logra el encendido del combustible que produce la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel, estos motores funcionan mediante el encendido del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. (Agudo, 2015, p.8)

De acuerdo a Agudo (2014), señalo que “el motor diésel es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido se logra por la temperatura elevada producto de la compresión del aire en el interior del cilindro” (p.12).

Las piezas de un motor a diésel se parecen a las piezas de un motor a gasolina, pero su estructura debe ser más sólida para que soporte su rendimiento ante el trabajo que ejerce el motor. Los motores diésel utilizan un sistema de cuatro tiempos los cuales son: admisión, compresión, combustión y escape.

2.1.2 DIÉSEL FÓSIL O GASÓLEO

Es un combustible que se lo conoce también como gasóleo y está compuesto por hidrocarburos, realizando una destilación del petróleo a 250 °C y 350 °C, (Pedraza, 2015, p.5). Esto se le conoce como Petrodiésel pero si se obtiene aceites de algún vegetal se lo conoce como Biodiésel. El diésel por ser un combustible de menor costo tiene un mayor rendimiento que la gasolina, pero el costo de mantenimiento de un motor a diésel es mayor que el mantenimiento de un motor a gasolina (De la Vega, 2008, p.9) Para obtener una buena combustión de un motor a diésel, los cetanos del diésel deben ser altos para que su inflamación sea adecuada. El diésel en climas fríos aumenta su viscosidad, que en climas normales, haciendo que el combustible no fluya con normalidad a los diferentes partes del motor. En

el diésel fósil se tiene elevado el nivel de azufre y esto causa contaminación ambiental formando compuestos nocivos al medio ambiente, pudiendo ocasionar infecciones a la piel de los seres humanos y afectaciones ecológicas. Las propiedades físico químicas de Diésel se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Propiedades físico - químicas de Diésel

Peso Molecular	Variable
Temperatura de ebullición (°C)	ND
Temperatura de inflamación (°C)	45 mínimo
Temperatura de auto ignición (°C)	ND
Presión de vapor (kPa)	ND
Color (ASTM D-1500-98)	2.5 Máximo
Olor	Característico a petróleo
Solubilidad en agua	Insoluble
Viscosidad cinemática a 400°C (m ² /s)	1.9 x 10 ⁻⁶ / 4.1 x 10 ⁻⁶
Temperatura de escurrimiento (°C)	0 / -5 máxima

Fuente: (Agudo, 2014, p.7)

Además, se debe tomar en cuenta estas características que son las más importantes para el comportamiento operativo del diésel:

- Calidad de encendido
- Poder calorífico
- Volatilidad
- Punto de inflamabilidad

2.1.3 CARBONILLA

La sedimentación que se produce en los motores de combustión sea a gasolina o diésel se conoce con el nombre de carbonilla, Motor (GIGA 2015), lo explica de la siguiente manera: Los depósitos de carbonilla que se forman en la cámara de explosión y en la cabeza del pistón provienen del proceso de combustión de la gasolina y, en mínima parte, del aceite de lubricación. También son debidas a la misma causa las incrustaciones que aparecen sobre las bujías, que derivan a masa su electrodo central e impiden la aparición de la chispa y, por

consiguiente, la puesta en marcha del motor. Son característicos los denominados «puentes» y «perlas», que ponen en corto circuito los electrodos de las bujías.

La cantidad de los depósitos de carbonilla depende de la temperatura de combustión, ya que si ésta es alta se queman mejor los hidrocarburos del diésel y no quedan apenas residuos de carbón y sus derivados que puedan depositarse en las paredes de la cámara.

Los depósitos de carbonilla son malos conductores del calor y pueden actuar como punto de ignición, es decir, pueden permanecer al rojo durante la fase de compresión y provocar el encendido irregular de la mezcla, con el inconveniente de la posible rotura del pistón.

Estudios recientes han demostrado que los depósitos de carbonilla conducen a la formación de productos tóxicos y por ende a una mayor contaminación del ambiente. En efecto, en la proximidad del tenue estrato de depósito denominado (estrato de extinción) tiene lugar la congelación de la llama de combustión, fenómeno del que resulta la presencia de hidrocarburos no quemados y otros compuestos más pesados y nocivos como los hidrocarburos policíclicos aromáticos.

2.1.4 ORIGEN DEL BIODIÉSEL.

El Biodiesel es un combustible sustituto del gas-oíl para motores diésel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasas de fritura usados 1 y metanol o etanol (este también puede ser obtenidos a partir de productos agrícolas). (Larosa, 2011, p.7)

El biodiésel posee propiedades similares del combustible diésel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diésel obtenido de la refinación del petróleo (Meneses, 2002, p.9). Además se considera que no es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible hasta B10.

El biodiesel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oíl proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable. (Benjumea, 2015, p.12)

2.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL BIODIÉSEL

Se conoce que los compuestos aromáticos provocan un incremento en las emisiones por material particulado y (NO_x), por lo que no son deseables dentro de la composición de un combustible (Larosa, 2011, p.5). El Diésel común contiene del 20 al 40 % en volumen de compuestos aromáticos (Benjumea, 2015, p.8). La ASTM D-975 los limita hasta 500 ppm para el Diésel Premium. En contraste, el biodiesel no tiene aromáticos ni tampoco sulfuros. Sin embargo estudios anteriores demuestran que el uso del biodiesel provoca un incremento en las emisiones (NO_x). (Larosa, 2011 p.9)

Un biodiesel contiene del 10 % al 12 % en peso de Oxígeno en su composición, lo que disminuye tanto el poder calórico del combustible como las emisiones por material particulado, debido al mejoramiento de la combustión. Este hecho provoca un incremento en la temperatura dentro de la cámara, ocasionando un incremento en el monóxido de nitrógeno.

La composición química de un éster de aceite o de grasa depende de la longitud y del grado de instauración de las cadenas alquílicas de ácidos grasos, (Erazo, 2013, p.12). En general, lo que diferencia a un aceite son las distintas proporciones de ácidos grasos saturados, monosaturados y polisaturados. Se puede decir que el biodiesel ideal es el constituido solo por ácidos grasos mono saturados.

Los ácidos saturados tienen puntos de fusión mayores a los de los ácidos insaturados. Análogamente, sus puntos de ebullición dependen de la longitud de la cadena de carbonos, mas no de su grado de instauración, dicho comportamiento se aplica también a los ésteres de los ácidos grasos. (Erazo, 2013, p.12)

De la misma forma se observa que los ácidos grasos de la palma tienen su punto de fusión a los 33 °C, lo que significa que está sólido a temperatura ambiente. Sin embargo su metil éster respectivo tiene un punto de fusión a 0 °C lo que permite su uso como combustible, aunque en países donde las temperaturas son menores a 0 °C en el invierno, el biodiésel presenta problemas de fluidez. (Larosa, 2011, p.17)

Adicionalmente, la estabilidad oxidativa mejora a medida que los ácidos grasos son más saturados. Por cada incremento en el nivel de instauración, la estabilidad mejora en un factor de 10. Por ejemplo, un combustible principalmente compuesto de polisaturados de 2 niveles es 100 veces más inestable que un ácido saturado. (De la Vega, 2008, p.4).

2.1.6 DENSIDAD API

La densidad, definida como la cantidad de masa contenida en el volumen de una determinada sustancia, por lo tanto dicha propiedad es determinada con el fin de obtener la gravedad API al ser relacionada con la gravedad específica. Ésta última conocida como la relación entre la densidad de una determinada sustancia y la densidad del agua a 60 °F, utilizada para caracterizar el peso de un sistema fluido; así como la gravedad API es utilizada universalmente en la industria petrolera para clasificar los crudos de acuerdo a su composición y a su base. (Carrillo J. , 2012, p.14)

Es la calidad del aceite de higuera que tiene en economía y condiciones altas en viscosidad, para un buen desempeño del motor de combustión interna, este aceite protege y desgasta menos al motor y su durabilidad es por muchos años en relación a los motores que trabajan con diésel Premium. (Carrillo, 2012, p.11)

El tanque de combustible al tener contacto el agua con sólidos de desgaste produce óxidos que se forman aditamentos con el oxígeno, dando lugar a propiedades menores de lubricación. Provocando problemas en el motor como corrosión, herrumbre, formando lodos y taponamiento de filtros los cuales perjudican al motor de combustión interna ya que su eficiencia disminuye notablemente en su desarrollo. (Carrillo, 2012, p.12)

El biodiésel tiene 40 veces más agua que el diésel común, provocando mayor oxidación en los motores a diésel. (Benavides, 2009, p.4)

Como consecuencia tenemos fallas que son perjudiciales para la bomba de inyección y los inyectores, siendo estos los primeros en adquirir el combustible. En el tanque de combustible el agua puede estar en dos formas: disuelta y separada del combustible, esta cantidad depende de la manipulación y transportación del combustible. Siendo la causa perjudicial para el daño de piezas que tienen contacto con el diésel.

2.1.7 VISCOSIDAD

La viscosidad es la resistencia que ejercen los fluidos al ser deformado cuando este se aplica un mínimo de esfuerzo cortante, la viscosidad de un fluido depende de su temperatura (Flores, 2012, p.6). Su viscosidad debe ser mínima, para que la potencia del motor no afecte en su rendimiento, siendo más eficaz y provechosa de la lubricación de las partes y que su desgaste de rozamiento sea mínimo por la lámina de viscosidad y que la bomba de inyección y los inyectores estén en buen estado y evitar pérdidas de presión. (Benavides, 2009, p.9)

2.1.8 RESIDUO CARBONOSO

Usualmente de la destilación del diésel se debe utilizar el 10 %, lo cual la destilación de biodiesel es muy diferente a la del diésel, siendo de menor temperatura y de pequeñas moléculas diferentes como la glicerina de la purificación total del biodiesel. (Madzura, 2006, p.10)

2.1.8.1 CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE

El sistema de combustible está formado por cobre, si este se desgasta libera un compuesto corrosivo o presencia de ácidos que se forman al contacto con el agua, ya que el ácido al contacto con el sistema de combustible daña varias partes del motor que en algunas ocasiones son aleaciones como el bronce que se forma de la combinación del cobre y bronce. (Madzura, 2006, p.8)

2.1.8.2 PUNTO DE INFLAMACIÓN

El punto de inflamación se obtiene cuando el pistón se encuentra en el PMS, logrando una mezcla estequiometria en el tiempo exacto aire combustible, lo cual hace que el pistón comprima estas partículas y se produzca la inflamación, produciendo que la fuerza de la combustión genere un movimiento biela manivela. (Madzura, 2006, p.3)

2.1.9 POTENCIA CALÓRICA

Se obtiene de la combustión completa de un combustible se lo mide en kcal / kg es la cantidad de masa que se expresa como potencial calorífico superior o también puede ser inferior, se

produce por la condensación del vapor de agua durante la combustión y su enfriamiento de temperatura ambiente. (Carrillo, 2012, p.7)

La combustión realizada en la condensación y enfriamiento a la temperatura ambiente del vapor de agua en la potencia calorífica inferior empleados en automoción que se lo expresa en Potencia, kcal / kg.

2.2 SUSTANCIA QUE COLABORAN EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONILLA.

La composición de la carbonilla empieza en el centro de la cámara de combustión por medio de pequeñas gotas pulverizadas en el cilindro de la ignición, ya que en diferentes puntos de la combustión aire/combustible es baja, esto ocurre cuando no se quema en su totalidad el combustible en el cilindro. (Agudo, 2015, p.5)

Los motores a diésel emiten pequeñas partículas de carbonilla las cuales tienen un núcleo carbonoso entre 50% y 75%, este porcentaje depende mucho de lo particular del motor, de su combustible y de la forma de conducción. (Agudo, 2014, p.8)

Los núcleos carbonosos que se forma la carbonilla se caracterizan por sus componentes nocivos de tipo orgánico soluble, combustible no quemado y el aceite que lubrica el motor de combustión. (Guillén, 2013, p.9)

Etapas de formación del proceso de la carbonilla. En la ignición del motor de combustión a diésel el combustible inyectado en la cámara es incompleto, este combustible no se ha mezclado completamente con el oxígeno, formando moléculas de pirólisis. (Agudo, 2015, p.12)

Los hidrocarburos insaturados como el etino C_2H_2 forma compuestos aromáticos de mayor peso molecular, éstas además son estructuras cíclicas de los hidrocarburos saturados, además se suscita la creación de estructuras primarias de carbono. (Guillé, 2013, p.4)

Este proceso y componentes dan lugar a grupos primarios de carbonilla con estructuras cristalinas de forma turboestrática, su tamaño aumenta notablemente por el método de coagulación.

2.2.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Se expulsa monóxido de carbono en la combustión del biodiesel en motores diésel. Su toxicidad es muy elevada sobre todo en las ciudades y se depositan en las ventanas con un residuo negro los cuales llevados a laboratorio se encuentra grandes cantidades de plomo como consecuencia los niños, bebes de las ciudades de ha detectado que afecta en el coeficiente intelectual estas partículas de plomo que se ingresan por las vías respiratorias. (Pedraza, 2015, p.13)

2.2.2 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)

El dióxido de azufre se reduce totalmente en la atmosfera ya que el biodiésel no contiene azufre y no expulsa contaminantes con el elemento químico llamado azufre ya que este es perjudicial para la salud tanto de todo ser vivo. (De la Vega, 2008, p.16)

2.2.3 MATERIAL PARTICULADO

El material particulado es aquella mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. (Erazo, 2013, p.15)

El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Las partículas finas son nocivas para la salud esta emisión se reduce en un gran porcentaje con relación al diésel común utilizado en los motores. Este término engloba una mezcla compleja de partículas de aerosol, sólidas o líquidas y microscópicas, que se encuentran en suspensión en el aire y presentan diversas características físicas, diferentes composiciones químicas y muy variadas fuentes de emisión. (Álvarez, 2015, p.12)

2.2.4 PRODUCTOS ORGÁNICOS AROMÁTICOS

Los productos orgánicos son elaborados mediante la aplicación de técnicas no contaminantes, sin embargo los productos orgánicos aromatizados tienen elevada toxicidad la misma que es perjudicial para la salud humana. (Benjumea, 2015, p.7)

El dióxido de carbono que desprende durante la combustión del biodiesel es fácil ser reabsorbido por los vegetales. Por tal motivo al biodiesel es considerado como un combustible renovable.

Contaminación emitida por vehículos diésel. La contaminación que producen los vehículos de combustión interna es por la calidad del combustible en nuestro país, siendo el primer causante del deterioro del medio ambiente. El tipo de combustible con que se cuenta en las empresas petroleras del país se clasifican en: Extra con un 80 (ppm) y Súper con 89 (ppm) de octanos, lo cual el diésel se divide en tres tipos de combustible: Diésel Premium con 500 (ppm) de azufre, Diésel Premium con 7 000 (ppm) de azufre y Diésel 1 solo para industrias con un contenido de 3 000 (ppm) de azufre. (Cárdenas, 2011, p.14)

Los gases que emiten los vehículos a diésel por la combustión se clasifican en dos: gases contaminantes y no contaminantes.

2.3 GASES NO CONTAMINANTES:

Dentro de los gases no contaminantes tenemos los siguientes.

2.3.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)

Este gas es producido por la combustión del motor a diésel el cual no es perjudicial para ser humano pero si para el medio ambiente, este gas es muy dañino para la capa de ozono por que produce el calentamiento global y los rayos infrarrojos por el sol. (Benavides, 2009, p.16)

2.3.2 NITRÓGENO (N_2)

El Nitrógeno es un gas insípido, inodoro e incoloro pero aporta a la combustión del motor a diésel, disipando el calor para que luego retorne a la atmosfera como Óxidos de Nitrógeno a temperatura normal. (Benavides, 2009, p.17)

2.3.3 OXIGENO (O_2)

El oxígeno es muy indispensable para los seres vivos y como también para realizar la mezcla estequiometria que necesita el motor a diésel teniendo una mezcla completa, pero cuando tenemos una mezcla incompleta lo restante del oxígeno en la combustión es expulsado por el tubo de escape. (Erazo, 2013, p.14)

2.3.4 AGUA (H_2O)

El agua en la combustión del motor se produce por la humedad que existe en el aire de la combustión o por una combustión fría. Esta agua es expulsada por el sistema de escape visiblemente como humo blanco por las mañanas o esto también se condensa y produce un goteo por el tubo de escape hacia el medio ambiente. (Erazo, 2013, p.17)

2.4 GASES CONTAMINANTES:

Dentro de los gases contaminantes se tiene los siguientes.

2.4.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Este gas es uno de los principales contaminantes del motor diésel para el medio ambiente, siendo este inodoro, incoloro, inflamable y altamente perjudicial para el ambiente y el ser humano, siendo el causante de bloquear el oxígeno hacia los glóbulos rojos por el aire que se respira aunque tenga una mínima cantidad de CO es altamente dañino.

2.4.2 EFECTOS DEL MONÓXIDO (CO) EN LA SALUD:

Agotamiento, cefalea, desmayo del cuerpo.

El contacto frecuente del Monóxido produce Falta de visión, espasmo, nociones y también puede producir lagunas mentales por la contaminación.

Cuando se respira demasiado Monóxido puede ocasionar hasta la muerte, por lo cual hace que el oxígeno disminuya para las células.

2.4.3 HIDROCARBUROS (HC)

Los hidrocarburos son los gases que no se queman en su totalidad en la combustión, siendo estos una mezcla rica o una mezcla pobre causando mucho daño al medio ambiente y a los seres vivos. La mayor parte de este gas es producido por los vehículos a gasolina con respecto a los que funcionan a diésel siendo los causantes del benceno, este producto es considerado con efectos muy dañinos y cancerígenos para los seres vivos. En la salud humana los hidrocarburos producen efectos nocivos en la salud, entre ellas la inflamación en las fosas nasales, y causa graves lesiones en el sistema respiratorio. También este gas produce adormecimiento del cuerpo, ardor de los ojos y tos. Además, produce reacciones químicas para el deterioro de la capa de ozono y como consecuencia el efecto invernadero.

2.4.4 ÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_x)

Este es un gas de color amarillento que se produce por la combustión de vehículos a diésel, siendo este un gas insoportable, tóxico, inodoro, incoloro e insípido.

Este gas tiene una gran agrupación NO_x en los gases de escape que emite el motor por lo cual la combustión va a tener temperaturas altas generando mayores emisiones de gases.

Efectos del Óxido de Nitrógeno en la salud. Un contacto con este gas causara daños muy perjudiciales para los tejidos del pulmón y de la piel. La contaminación de este gas hacia el medio ambiente forma el esmog fotoquímico que afecta a la capa de ozono. Es una mezcla corrosiva que afecta a la piel, el sistema respiratorio, produciendo manchas rojizas en las áreas afectadas. (Greco, 2014, p.12)

2.4.5 ÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)

El Dióxido de azufre o también llamado anhídrido sulfuroso posee muy mínimo porcentaje de contaminación en los gases de escape. Siendo este gas no inflamable ni explosivo para el medio ambiente, pero de olor intenso lo cual se lo puede reducir en las emisiones de gases que produce el motor a diésel. (Greco, 2014, p.11)

Efectos del Dióxido de azufre en la salud, este tipo de gas causa daños en las mucosas nasales y enrojecimiento de la vista, provocado tos constante.

El SO_2 al contacto con el agua, forma el ácido sulfúrico (H_2SO_4), al combinarse con el agua lluvia produce lluvia acida que llega al suelo, ríos, mares, provocando acides y produce efectos negativos en los seres vivos.

2.5 IMPACTO AMBIENTAL

El impacto que genera la utilización de este aceite como combustible, es que genera grandes cantidades de (CO_2) el cual es absorbido por las plantas las cuales por el método de fotosíntesis que realizan lo convierten en oxígeno, por no contener azufre que genera partículas contaminantes. (Agudelo, 2002, p.15)

Al analizar estos biodiesel se puede observar que el motor funciona similar a un motor con combustible convencional. De igual manera Romig en sus ensayos dinamométricos (motores estacionarios y en ruta), con mezclas biodiesel de aceite de soya y diésel ARB N° 2, se concluye que los motores pierden torque y potencia aumentando el consumo. En términos generales se observa un tiempo de retraso menor con el biodiesel comparado con el diésel.

A escala mundial se han desarrollado diversas investigaciones con el propósito de establecer las diferencias entre las emisiones generadas por la combustión del biodiesel y del diésel convencional. (Agudelo, 2002, p.19)

En términos generales se ha encontrado que los óxidos de nitrógeno (NO) incrementan proporcionalmente con el aumento de la concentración de biodiesel en las mezclas biodiesel - diésel, no obstante han sido reportados exitosos esfuerzos para reducir las emisiones de éstos.

Por el contrario, la opacidad de humos, los hidrocarburos inquemados o parcialmente quemados (*HC*) y el *CO* decrecen a medida que se incrementa la concentración del biodiesel en las mezclas.

En los resultados reportados se aprecian reducciones de *CO*₂ del 100 %, *SO*₂ cercanas al 100 % debido a la ausencia de azufre en el biodiesel, de hollín entre 40 – 60 %; de *CO* entre 10 – 50 %; de *HC* entre 10 – 50 %; y de aldehídos y compuestos poliaromáticos en torno a 13 %. Dependiendo del modelo del automóvil y de la afinación del motor. (Agudelo, 2002, p.21)

El olor de los gases de emisión del biodiesel reemplaza el olor típico de los gases del diésel por un olor a papas fritas, afirman que la ventaja medioambiental de tipo global, derivada del uso de los ésteres como combustibles para motores diésel, es el cierre del ciclo de vida del *CO*₂ (emisión nula de *CO*₂). (Agudo, Diferencias en la combustión de motores diésel y gasolina, 2015, p.13)

Debido a que este gas es absorbido por fotosíntesis desde las plantaciones donde se extrae el aceite; y en cuanto a las ventajas de tipo local, pero no menos importantes, se resaltan la reducción de emisiones de óxidos de azufre y de sulfatos, debido al escaso contenido de azufre de los ésteres; reducciones de las emisiones de *CO*, *HC* y hollín, lo cual genera menor opacidad de humos y menores emisiones de partículas. (Reyes, 2016, p.22)

Las emisiones de monóxido de nitrógeno no se pueden precisar, ya que se encuentran experiencias donde éstas se incrementan y otras donde disminuyen. La contribución de *CO*₂ generada por las emisiones de los aceites vegetales y sus ésteres es reducida y no necesariamente nula, pues dichas emisiones globales dependen del tipo de energía utilizada en la elaboración del biodiesel, al igual que el origen del metanol o etanol. (Agudelo, 2002, p.12)

A medida que aumentan los óxidos de nitrógeno aumentan proporcionalmente la concentración de biodiesel. La mezcla biodiesel reduce las emisiones toxicas que contaminan el medio ambiente Los hidrocarburos saturados e insaturados los cuales son quemados totalmente o parcialmente disminuyen a medida que se utiliza el biodiesel

El *CO*₂ que expulsan las plantas en la noche a través del proceso de fotosíntesis y en el día con ayuda de los rayos solares expulsa oxígeno que purifica el medio ambiente. También reduce la cantidad del dióxido de azufre ya que el biodiesel no libera azufre.

Es otra forma de ayudar a purificar el medio ambiente contribuyendo para proteger la capa de ozono, con la utilización del biodiesel por la poca cantidad que tiene de expulsión de

azufre y de sulfatos por lo que genera poca cantidad de humos , monóxido de carbono, y hollín.

2.6 LA SALUD HUMANA

En cuanto al impacto que generan las emisiones del biodiesel en la salud Humana, Hansen concluye que la distribución del diámetro medio de las partículas del biodiesel es 10 veces mayor que las del diésel, lo cual las

Hace más difícil de ser inhaladas por el ser humano y que se depositen en los pulmones; además el análisis biológico del biodiesel presenta un impacto favorable para el aspecto de salubridad al compararlo con el análisis del diésel. (Agudelo, 2002, p.11)

Respecto a los resultados de las investigaciones del autor, publica que la presencia de ésteres de aceites vegetales en el diésel convencional produce una drástica disminución del número de partículas, con un leve incremento en el tamaño medio de las mismas. (Meneses, 2002, p.18).

Realiza un estudio en motores mono cilíndricos utilizando aceite de jatropha obteniendo como resultado la disminución del NO_x notablemente en comparación con los aceites estudiados anteriormente. (Greco, 2014, p.13)

Lo más importante fue el estudio de las ratas el cual se lo realizo por 90 días en los cuales fueron sometidas a emisiones de gases como el NO_x ,CO, CO_2 , O_2 de (Agudo, 2014, p.16).

Los diferentes aceites utilizados en las pruebas los resultados demuestran que no existió envenenamiento ni muertes por causa de los gases, ya que si en algunos casos el porcentaje de las emisiones aumentaba en otros casos disminuía por lo que los gases no son nocivos a bajas concentraciones pero si en altas cantidades lo que resultaría en daños a las vías respiratorias y pulmones.

2.7 TOXICIDAD

El impacto es fuerte de este producto en la salud humana su toxicidad es perjudicial en la salud de los seres vivos. También causa impacto las emisiones de gases que genera el motor por medio del tubo de escape. (Greco, 2014, p.11)

La toxicidad del aceite de higuera B10 es menor toxicidad a igual que su impacto en el medio ambiente.

2.7.1 EL HOLLÍN

El hollín es la sustancia crasa y negra que deposita el humo en las paredes del cilindro, que se produce por la quema incompleta del combustible dentro de este componente del vehículo. El hollín está constituido principalmente de carbón, es llamado también Carbonilla son partículas de tamaño muy pequeño, sustancias de carbón impuro de colores oscuros resultado de la combustión incompleta. Su aspecto es similar a la ceniza, pero con un tono más negro. (Peyret & Taylor, 2012, p.12)

Según Molina, (2015) “un 25 % de cada litro de combustible utilizado en el vehículo, es aprovechado para generar el movimiento del motor, el 75 % se desperdicia generando sobretodo calor, residuos sólidos (carbonilla) y residuos gaseosos tipo CO, NO_x , etc.” (p.11), sustancias que son altamente contaminantes.

El hollín en forma rápida se acumulan en el motor así como en las piezas del motor que permiten la combustión y evacuación, creando obstrucciones, fallos difíciles de detectar y resolver y muy a menudo costosas averías. (Molina, 2015, p.12)

La combustión del diésel realizada en el motor del vehículo es la causa principal por la que se forman residuos, especialmente de carbón, estas partículas de hollín se depositan en el cilindro que cumple la función de cámara de combustión.

Con la finalidad de que la carbonilla no altere la calidad de funcionamiento del motor se utilizan filtros de hollín que permiten la eliminación de partículas sólidas de los gases de los motores a diésel se utilizan diferentes sistemas de filtros por ejemplo filtros de lana de acero, filtros cerámicos de enrollado. (Bosch, 2003, p.232)

La cantidad de hollín que se deposita en el cilindro y depende de la temperatura de la combustión, los depósitos de carbonilla son malos conductores del calor y pueden actuar como punto de ignición, es decir, pueden permanecer al rojo durante la fase de compresión y provocar el encendido irregular de la mezcla, con el inconveniente de la posible rotura del pistón, el hollín es un elemento considerado de alto efecto de contaminación ambiental. (Peyret, 2012, p.12)

El hollín, se caracteriza por ser la parte negra del humo que se forma por las partículas finamente divididas, producidas por la descomposición térmica (pirólisis) o por combustión parcial de hidrocarburos gaseosos o líquidos. La combustión se produce por la reacción química de oxidación y reducción entre el carburante que actúa como elemento oxidante y un elemento reductor, denominado combustible.

Compuestos de carbono tienen una amplia gama de toxicidad. El monóxido de carbono, presente en los gases de escape de motores de combustión, elementos que son extremadamente tóxicos para los mamíferos y, entre ellos, los humanos. Además de ser tóxico y causar cáncer, el hollín provoca graves daños en el motor.

Uno de nuestros clientes tiene motores a diesel, grandes motores industriales de 6 cilindros y 18 litros (18 000cm³), que tenía muchos problemas con el hollín y tuvo que reemplazar las piezas del motor (pistones, etc.) cada año, por culpa del hollín. El mantenimiento de cada uno de estos motores cuesta alrededor de USD 20 000.00 por año. (Bosch, 2003, p.232)

2.7.2 EN LA MEZCLA DE COMBUSTIBLE

La primera reacción térmica que se produce entre el suministro de energía, de encendido de la chispa y la reacción exotérmica de la mezcla aire con el combustible, en este caso la denominada fase de inflamación es casi constante con el tiempo y solo depende de la composición de la mezcla esto significa un retraso del encendido que aumenta y varía al aumentar el número de revoluciones del motor y con el movimiento del pistón.

El transcurso de la liberación del calor viene determinado principalmente por la forma de la cámara de combustión y la posición del punto de encendido, la duración de la combustión la determina principalmente la velocidad de propagación de la llama. (García, 2006, p.12)

2.7.2.1 Intercambio de gas

Durante el intercambio del gas rendimiento de la potencia, el rendimiento indicado de un motor con formación exterior de mezcla y encendido extremo descienden principalmente en la zona inferior las causas hay que buscarlas tanto en la calidad de la combustión como en el rendimiento desfavorable del intercambio del gas. (Peyret & Taylor, 2012, p.12)

2.7.2.2 Combustión

Proceso de la combustión se realiza en la primera reacción térmica que se produce mediante el suministro de energía de encendido entre la chispa y la reacción exotérmica (calor, llama) al momento de la mezcla del aire combustible la denomina fase de inflamación depende de la composición de la mezcla, durante el recorrido que hace el carro para poder mirar la cantidad de carbonilla liberada.

2.7.2.3 Mezcla

En los motores Diésel, al momento que la mezcla se quema en el conducto de admisión y escape, queda un residuo llamado carbonilla. La cantidad de carbonilla que tenemos va a dificultar la entrada de totalidad del aire que necesita una combustión si existe gran cantidad de carbonilla su combustión será lenta si en los motores a diésel no revolucionan eficientemente como en los motores a gasolina.

Es esta la razón por lo que la mezcla de combustible y aire que se combina no se realiza de forma correcta y de esta manera provoca que se queden restos de carbonilla en el motor haciendo que se dificulte su combustión, no sea perfecta y no cumpla sus funciones para el funcionamiento del motor.

2.7.2.4 Pérdida de potencia

La pérdida de potencia que tiene un vehículo se da por una mala combustión en los cilindros ya que se da una mezcla de combustible y aire ya que a través de un proceso químico crea un gas que mueve el pistón y si hay gran cantidad de acumulación de carbonilla el motor tiene menor potencia.

En la producción de emisiones de gases contaminantes, se lo realiza en la recirculación de los gases de escape. Según, Bosch, (2003) “estos gases que no se han quemado por completo, circulan por el cilindro que es una mezcla de combustible con la válvula EGR y con el sistema de admisión que es la entrada de aire al motor” (pág. 432).

Nuevamente pasa por el mismo circuito que es el colector de admisión, entrando en el motor que se quema y sirve para reciclar gases, acaba influyendo negativamente al rendimiento del sistema de admisión debido a la cantidad de carbonilla en producción son partículas de carbón que en su trayectoria quedan adheridas en las paredes de los conductos. Al quedarse ubicados en estas paredes, como consecuencia van cerrando el conducto, de manera que el aire que necesita el motor para funcionar tiene dificultades para circular y no llega el caudal al cilindro como resultado es que las cantidades de carbonilla encontradas son excesivas. (Bosch, 2003, p.436)

En los conductos de entrada y de escape de gases del motor, tienen un diámetro que permite poder aspirar y expulsar el volumen de gases diseñado para la cámara de combustión. La acumulación de los residuos (carbonilla) derivados de la combustión incompleta. (Bosch, 2003, p.12)

2.7.2.5 FORMACIÓN DE CARBONILLA

La acumulación de carbonilla en el motor y en las piezas involucradas en el proceso de combustión hace que la producción del motor no sea eficiente. Siendo así que se necesita quemar combustible en la cámara de combustión para generar movimiento, produciendo gases contaminantes y residuos sólidos, que constituye la carbonilla.

Según, Bosch, (2003) “la carbonilla que se genera, derivada de una combustión incompleta, se va acumulando poco a poco en todo el circuito del motor, que es dentro de la cámara de combustión de cada cilindro del motor” (p. 436).

En este proceso se obtiene que la carbonilla comienza a depositarse fuera de la propia cámara de combustión, se van depositando por todos los elementos que componen la admisión y el escape, lo que ocasiona la obstrucción de los conductos y que provoca la pérdida progresiva de potencia del motor. Como consecuencia tenemos que un motor con rendimiento reducido, mayor consumo y mal funcionamiento, eliminar esta carbonilla adherida al abrir el motor,

desmontar las válvulas y raspar la carbonilla manualmente. De esta manera los conductos volverán a estar en forma, y la circulación por su interior la cantidad de aire necesaria para que el motor sea óptimo.

2.7.2.6 El biodiésel de higuera

Obtención del Biodiesel de la materia prima a partir del aceite de higuera conocido comúnmente por aceite de ricino se extrae de las semillas de la higuera nombre científico. Su principal componente es el ácido ricinoleico, en el aceite de higuera se pueden encontrar pequeñas cantidades de tripalmitina, riestearina y otros triglicéridos mixtos. (Álvarez, 2015, p.12)

Dada su naturaleza química, el aceite de higuera es un líquido altamente viscoso, y sus propiedades son excelentes lo cual evita la contaminación del medio ambiente. Como se obtiene de semillas naturales este biodiesel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas de animales.

El proceso de transesterificación consiste en combinar, aceite de vegetales con metóxido de sodio y se obtiene el biodiesel que es un éster metílico y propanotriol (glicerina) que puede ser aprovechado por la industria. (Madzura, 2006, p.12)

Se coloca en un embudo de decantación por un tiempo de doce horas, este procedimiento permite producir la separación del biodiesel, que se ubica en la parte superior y el propanotriol (glicerol, glicerina) en la parte de abajo, son separadas para obtener el biodiesel. Posteriormente para el proceso de lavado se coloca agua caliente 200 cc en 1 000 cc de biodiesel y se agita por diez minutos.

La sustancia obtenida luego del lavado, por segunda vez se pone en el embudo de separación, transcurridas varias horas se observa que en la parte inferior se decantó residuos, en la parte superior en biodiesel, que debe tener un pH de 7.

Este es el momento de proceder al secado, durante una hora se somete al calor a una temperatura de 100°C, es decir, hasta que en su interior no presente burbujas. Al ser quemado en el motor, el biodiesel de semillas de higuera reemplaza el humo negro por un vapor blanco y también desaparece el desagradable olor de los tubos de escape, emitiendo a su vez un olor agradable.

Entre una de las características se señala que es un combustible que no daña al ambiente, se produce con la utilización de materias primas renovables, en estas condiciones el producto no contiene azufre, mediante su utilización se evita las emisiones de SO₂ (lluvia acida).

El biodiesel de semillas de higuera además de ser un combustible amigable con el ambiente, mejora la combustión, reduciendo claramente emisiones de carbonilla (hasta casi un 55 % desapareciendo humo negro y desagradable olor). (García, 2006, p.22)

Durante su combustión produce menor cantidad de CO₂ el cual es absorbido por las plantas para su crecimiento, en el vehículo tiene mayor lubricidad que el diésel de origen fósil, por lo que extiende la vida útil de los motores.

Uno de los primeros beneficios que se identifica es que al circular por la carretera no contamina el aire los gases expedidos, también se destaca que el consumo de combustible será inferior, y el residuo de carbonilla será menor algo lo que permite inferir la contribución a mejorar el ambiente del planeta; en lo que se refiere a contaminación más aún si utilizamos Biodiesel de la materia prima extraído de higuera llamado también aceite de ricino, se está cumpliendo con uno de los objetivos del Buen Vivir.

2.8 CÁMARA DE COMBUSTIÓN

La organización automotriz de Argentina, describe en forma sucinta lo que constituye la Cámara de Combustión en un motor diésel y su clasificación en función del tipo de inyección:

En los motores Diesel juega un papel fundamental en el comportamiento y rendimiento del motor la forma y posición de la cámara de combustión.

En la práctica, las cámaras de combustión pueden separarse en dos grupos, cada una de las cuales puede subdividirse en diferentes tipos:

Cámaras separadas, cámaras divididas o de inyección indirecta:

- Celda de energía
- Precámara

2.8.1 CÁMARA DE INYECCIÓN DIRECTA

- Inyección directa propiamente
- Cámara MAN o cámara M

Veamos las diferencias básicas de los dos grupos principales, esto es, entre las cámaras de inyección directa y las separadas.

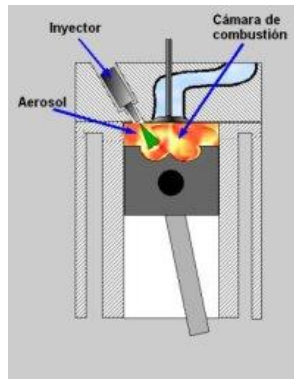


Figura 2.1 Esquema de la inyección directa.
(Automotive, 2017, p.1)

Como se muestra en la Figura 2.1 los motores de encendido por compresión (Diesel), la combustión se produce cuando, el combustible que se inyecta en estado líquido, pasa a estado casi gaseoso, disgregado por medio de los inyectores y mezclándose con el aire para utilizar todo el oxígeno necesario. Tras este fenómeno, la combustión se genera en puntos localizados de la cámara de combustión por autoencendido.

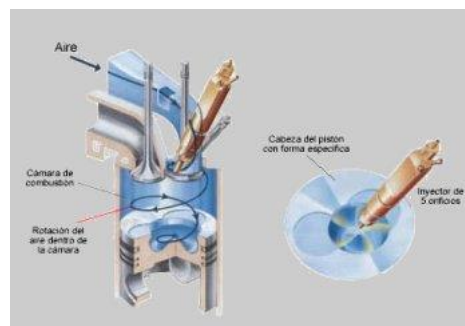


Figura 2.2 Inyección directa clásica.
(Automotive, 2017, p.2)

En la Figura 2.2 se muestra el esquema de un sistema de inyección directa típica. Note la forma de la oquedad practicada en el pistón terminada en una punta en el centro. Esta punta favorece el arranque en frío ya que se calienta notablemente durante la compresión.

Observe también que los conductos de admisión están contruidos para que produzcan un giro el aire de entrada, esto favorece la formación de la mezcla cuando se produce la inyección.

En este tipo de cámara es muy común que el inyector tenga más de un agujero de inyección, en este caso 5, para distribuir bien el combustible en la cámara dentro del pistón.

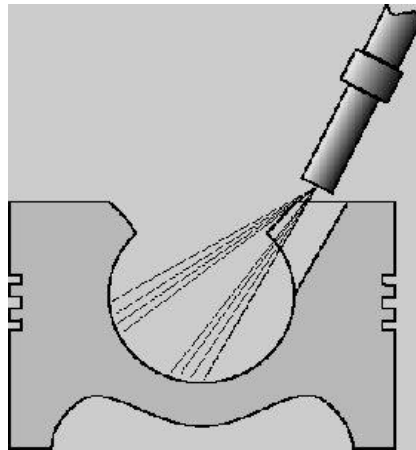


Figura 2.3 Cámara MAN típica.
(Automotive, 2017, p.4)

Como se muestra en la Figura 2.3 la cámara de creación más reciente es del tipo de inyección directa. Igual que en la inyección directa típica hay una oquedad en el pistón, pero en este caso es de forma esférica con una abertura a la cabeza del pistón. El inyector produce dos chorros de combustible, uno muy fino al centro de la cámara y otro más grueso desviado dirigido a la pared de esta. (Automotive, 2017, p. 23)

En esta cámara los conductos de admisión están diseñados para producir un fuerte giro del aire de entrada, este aire giratorio entra en la cámara esférica formando un ciclón que distribuye el chorro desviado como una fina capa de combustible en la pared de la cámara. De esta forma, el chorro central inicia la combustión y la pared caliente de la cámara en el pistón evapora rápida pero gradualmente la fina capa combustible al mismo tiempo que el ciclón de aire arrastra los vapores se mezcla con ellos y se inflama. Estas características bien logradas producen un motor que tiene las ventajas de rendimiento y facilidad de arranque en frío de la inyección directa pero sin la brusquedad de trabajo de la inyección típica, el motor con cámara MAN es flexible, silencioso, eficiente y arranca bien en frío.

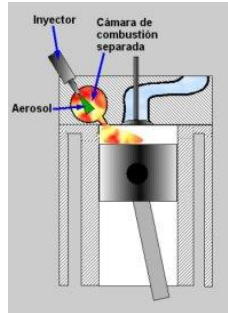


Figura 2.4 Cámara separada.
(Automotive, 2017, p.5)

Como se muestra en la Figura 2.4 la cámara de combustión separada como la que se muestra a la derecha, la oquedad donde se acumula el aire en la carrera de compresión se ha practicado en la masa metálica de la culata, y la comunicación entre el volumen sobre el pistón y esta cámara es un pasaje relativamente estrecho. Este pasaje estrecho hace que el aire en la carrera de compresión, circule a alta velocidad hacia la cámara en un flujo muy turbulento que favorece la formación de la mezcla del aire y el combustible una vez comenzada la inyección. (Agudo, 2014, p. 26) Los gases a elevada presión producto de la combustión también tienen que pasar por este pasaje estrecho, por lo que van a parar a la cabeza del pistón con cierta gradualidad, que hace que las presiones máximas que tiene que soportar el mecanismo pistón-biela-manivela no sean tan elevadas como en el caso de la inyección directa. Estos motores son en general de un funcionamiento más silencioso y elástico que los de inyección directa, pero el aumento del área de transferencia de calor (debido a la cámara) al agua de enfriamiento produce pérdidas y la eficiencia es menor así como se dificulta el arranque en frío. Este problema del arranque en frío se resuelve con la utilización de unas resistencias eléctricas especiales colocadas dentro de la cámara de combustión separada, conocidas como bujías de precalentamiento. Las fronteras entre los diferentes tipos de cámaras de inyección indirecta no están bien definidos, hay motores donde prácticamente todo el aire termina en la cámara de la culata y la comunicación con la cabeza del pistón es muy estrecha, estos motores son típicamente muy elásticos y suaves en el funcionamiento y se les denomina sin duda motores de precámara. Hay otros, que la cámara de combustión está parcialmente en la culata y parcialmente en el pistón y el conducto de comunicación es relativamente grande, aunque la inyección se realiza en la cámara de la culata, en este caso se les llama cámaras de celda de energía. Puede asumirse entonces que hay diseños de motores que se acercan más a un tipo que al otro y la denominación es por lo tanto algo ambigua. (Automotrizenvideo, 2013, p.24)

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA

Para realizar el análisis de la producción de carbonilla en un motor diésel ISUZU 4JB1 2.8, se procedió a la elaboración del biodiesel a base de higuera, este biodiesel pasó por distintas etapas de elaboración; se realizó la medición exacta del aceite de higuera y del alcohol, luego de ellos se procede a la mezcla del aceite de higuera con el alcohol, colocando esta mezcla en el reactor.

Luego de tener la mezcla en el reactor se procedió al batido de la misma a una temperatura y rpm adecuada a la mezcla; luego del batido de estas dos sustancias se procede a la decantación de la mezcla, se realiza la separación del biodiesel con la glicerina, luego de

obtener el biodiesel se realiza el lavado del mismo con un porcentaje de agua, y obtención del biocombustible a base de higuera y medición del PH.

Luego de la elaboración del biocombustible se realizó la obtención de la mezcla B10 (90 % de diésel Premium y el 10 % de biodiesel), con este fin se ejecutaron las pruebas pertinentes en el motor diésel ISUZU 4JB1 2.8, y en forma simultánea se realizó un mantenimiento apropiado y adecuado para el funcionamiento con combustible diésel Premium y biodiésel B10.

3.2 CONDICIONES Y ESPECIFICACIÓN BANCO DE PRUEBAS

Se realiza la revisión del motor diésel ISUZU 4JB1 y se concluye que se encuentra en buenas condiciones para realizar las pruebas pertinentes con el uso de diésel Premium y biodiésel B10, a este motor se lo realizó el mantenimiento y calibración adecuado lo que significa que se cambió el aceite de motor, filtros de aceite y combustible, calibración de válvulas, bomba e inyectores lo que emite el fabricante.

3.2.1 BANCO DE PRUEBAS

La revisión del motor es indispensable para la ejecución de las pruebas, el banco de pruebas se realiza con la finalidad de contar con información sobre los resultados que se obtienen luego de cada una de las pruebas, el registro en la ficha técnica se presenta con los siguientes datos que se muestran en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Ficha técnica del Camión Chevrolet NHR

FICHA TÉCNICA CHEVROLET – NHR	
Marca	ISUZU 4JB1
Tipo de motor	4 tiempos, válvula elevada, refrigerado por agua
Sistema de combustible	Inyección directa
Potencia	119 HP 2850 rpm
Torque	240 lbs-pie a 1800 rpm (325.60 N-m a 1800 rpm)
Revoluciones máximas	2.850 rpm
Tipo de recubrimiento del cilindro	Tipo seco, cilindro de acero inoxidable cromado

Sistema de distribución	Por engranaje
Compresión del motor	441 psi
Peso del motor	Promedio N: 2,245 Kg: 229 Lb: 505
Orden de encendido	1-3-4-2
Ralentí	750 – 790 rpm
Lubricación	Aceite 15W40 SAE con grado API
Método de lubricación	Circulación a presión
Tipo de bomba de inyección	Rotativa
Filtro de aceite	Cartucho desechable con componente de papel filtrante
Filtro de combustible	Cartucho desechable con componente de papel filtrante y separador de agua
Filtro de aire	Elemento desechable con componente de papel seco
Voltaje nominal	12 v

Fuente: (Gonzales, 2013, p.12)

En las pruebas realizadas en el motor ISUZU 4JB1 se utilizó aceite para motores a diésel 15W 40, que fue colocado conjuntamente con filtros originales aceite, combustible y aire, en el sistema de inyección se realizó el despiece de la bomba e inyectores los cuales fueron lavados y lubricados para siguiente ser calibrados con la tabla del fabricante.

3.2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE PRUEBA

Ibarra capital de la provincia de Imbabura, esta se encuentra ubicada a 115 km del noroeste de Quito, goza de un clima seco, cálido y templado con una temperatura de 18°C promedio, el invierno comienza desde el mes de Noviembre a Febrero y verano del mes de Marzo a Octubre.

Tabla 3.3 Clima de la Ciudad de Ibarra

CLIMA ANUAL DE LA CIUDAD DE IBARRA												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Mínima (°C)	10.4	10.7	10.7	11.1	10.5	9.9	9.4	9.1	9.4	10.3	10.6	10.5
Temp. Media (°C)	16.2	16.2	16.4	16.6	16.4	16	16.1	16.1	16.4	16.5	16.3	16.3
Temp. Máxima (°C)	22	21.8	22.1	22.1	22.4	22.2	22.8	23.2	23.4	22.7	22	22.1

Fuente: (Climate data, 2017, p.12)

La altitud mínima que tiene la ciudad de Ibarra es de 2 000 m.s.n.m, la altitud media es de 3 781 m.s.n.m y la altitud máxima es de 4 944 m.s.n.m. Es decir que la altitud general es de 2 225 metros sobre el nivel del mar que posee la ciudad de Ibarra, con una Latitud de 00° 21' N y Longitud de 078° 07' 0" .(GADM-I, 2016, p.24)

La húmeda es relativa como la presión esto hace que los porcentajes cambien mediante el estado del clima, este porcentaje según indica el INAMHI (2016) esto hace que la ciudad de Ibarra tenga del 60 % al 98 % de humedad y de presión atmosférica de 1 013 hPa a 1 019 hPa.

3.3 PREPARACIÓN DEL MOTOR LIMPIEZA DE CÁMARA

Preparación del motor.

La limpieza y lubricación adecuada para calibrar en el banco de inyectores como dictamina la tabla de calibración. A la bomba de inyección se le realizó la limpieza y lubricación adecuada para poder montar en el banco de pruebas y realizar las calibraciones que dictamina el fabricante a diferente régimen de rpm. Para la extracción de la carbonilla se la realizó en un lugar adecuado con la ventilación correspondiente y a través de herramientas adecuadas, dando paso al desmontaje del cabezote del motor Isuzu 4JB1 2.8, se procedió a realiza la limpieza de la carbonilla de cada cilindro del motor, tomando las muestras en frascos diferentes para luego realizar el peso adecuado de carbonilla de cada cilindro.

3.3.2 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Para realizar la calibración del sistema de inyectores tiene que realizar en los siguientes elementos:

3.3.2.1 Bomba de inyección

La calibración del sistema de inyección es indispensable y comprende la calibración y regulación de la bomba de inyección lo que permite un adecuado funcionamiento, por lo tanto en la bomba de inyección del motor ISUZU 4JB1-TC. Se realizó las calibraciones adecuadas que dictamina la tabla mencionada, considerando los indicadores de la ficha de calibración del sistema de inyección y la tabla de calibración de la bomba de inyección VE utilizando diésel común (DC). La calibración se realiza mediante la aplicación de los valores de prueba ZEXEL, que se presentan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Calibración sistema de inyección Diésel

Núm de conjunto ZEXEL	104746-5111
Núm de conjunto Bosch	9460613935
Código de tipo Bosch	
Tipo del motor	4JB1-TC
Nombre del fabricante	ISUZU

Fuente: (Bosch, 2003, p.12)

Las calibraciones se realizan de acuerdo a las tablas de condiciones de ajuste que especifica Bosch (2003), “indicadores que se aplican para realizar las calibraciones de la bomba de inyección con la utilización de diésel común” (p.12).

Las pruebas que se realizan para determinar su funcionamiento, valores que se presentan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Condiciones de ajuste 100r/min con DC

CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	100	100	100
P	Pressi del refuerzo	mmHg	0	0	0
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	60	60	100
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	375	375	375
P	Pressi del refuerzo	mmHg	0	0	0
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ /st.	13,9	11,9	15,9
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r / min	500	500	500
P	Pressi del refuerzo	mmHg	0	0	0
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	57,6	57,1	58,1
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	800	800	800
P	Pressi del refuerzo	mmHg	390	380	400
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	63,1	62,6	63,6

CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	800	800	800
P	Presi del refuerzo	mmHg	600	590	610
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	68,6	68,1	69,1
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	1 000	1 000	1 000
P	Presi del refuerzo	mmHg	600	590	610
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	79,7	73,2	86,2
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	1 250	1 250	1 250
P	Presi del refuerzo	mmHg	600	590	610
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	87,9	81,4	94,4
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	1 700	1 700	1 700
P	Presi del refuerzo	mmHg	600	590	610
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	98,5	92	105
CAT	Denominación	Unidad	Valor /ajuste	mín.	máx.
P	(Pump speed)	r/min	2 075	2 075	2 075
P	Presi del refuerzo	mmHg	600	590	610
P	Cantidad mia de inyec	mm ³ / st.	7	0	7

Fuente: (Bosch, 2003, p.23)

Se presentan los valores de ajuste según r/min, la prueba se realizará con una dosificación mínima y máxima de combustible, por lo que se realizaron las pruebas con varias dosificaciones con la finalidad de establecer la dosificación específica para el funcionamiento del motor en un tiempo determinado y número de revoluciones posibles.

3.3.2.2 INYECTOR

En el sistema de inyección de motores a diésel, son muy importantes los inyectores debido a que estos pequeños elementos son necesarios en el sistema de inyección pues se encargan de introducir en el motor la cantidad justa de combustible en el momento indicado.

Al inyector del motor Isuzu 4JB1-TC se le realizaron las siguientes calibraciones, el cual posee una tobera tipo ZEXEL de doble calibración como se demuestra a continuación.

Tabla 6 Calibración al inyector

Stamping	Código Zexel	Código Bosch	Marca	Motor	Presión de Apertura (bares)
NP-DLLA153PN238	105017-2380	9432610461	ISUZU	4JB1TC (NHR, NKR)	195/265

Fuente: (Bosch, 2003, p.24)

3.3.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN (BOMBA E INYECTORES)

Para realizar la calibración del inyector Zexel debemos desarmar en su totalidad el inyector para lavarlo adecuadamente y lubricarlo, después de esto se debe verificar que la tobera del inyector esté en buenas condiciones para su funcionamiento y si no está remplazarlo por una nueva.

**Figura 3.5** Calibración de inyector

En la Figura 3.5 luego de la limpieza y lubricación del inyector se debe montar al banco de inyectores con las herramientas adecuadas, luego se debe hacer que el inyector trabaje al régimen de la tabla que dictamina el fabricante.

**Figura 3.6** Calibración de la Bomba de inyección

Como se muestra en la Figura 3.6 para realizar la calibración de la bomba de inyección se debe limpiar correctamente la bomba para luego montar al banco de inyección y se debe poner las cañerías y neplos adecuados para ese tipo de bomba de inyección y se debe verificar que trabaje a régimen adecuado de RPM, presión y temperatura adecuada y luego regirnos a la calibración que dictamina la tabla y dejar a punto las entregas de combustible lo que es el encendido, ralentí, carga inicial, plena carga.

3.3.4 OBTENCIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBONILLA

Los tiempos de período de prueba se aplican con la finalidad de obtener resultados que permiten identificar las diferencias según los períodos.

La tabla 3.8 representa el tiempo que se puso en marcha el motor Isuzu 4JB1 2.8, con combustible Diésel Premium. El cual arrojó datos claves para la realización de dicha comparación.

Se dio inicio a encender el motor del 18 de julio del 2016 desde las 9:40 am a 10:50 am con un tiempo de encendido de 1 hora 10 minutos, luego se encendió nuevamente el motor a las 15:15 pm hasta las 16:05 para verificar fallas, fugas o recalentamiento del motor y sistema de inyección.

El día 19 de julio del 2016 desde las 10:00 am hasta las 13:00 pm se comienza a prender el motor con un régimen de 2 a 3 horas por la mañana y por la tarde hasta el 8 de agosto del 2016 cumpliendo 30 horas, 5 minutos de encendido el motor Isuzu 4JB1 2.8.

Con esta tabla se obtiene el tiempo total de trabajo del motor, fechas y horas exactas de funcionamiento bajo condiciones operativas controladas.

Tabla 3.7 Tiempo de prueba

TIEMPO DE PRUEBA DIÉSEL			
FECHA	HORA DE INICIO	HORA FINAL	NUMERO DE HORAS
18-07-16	9:40	10:50	1:10
18-07-16	15:15	16:05	0:50
19-07-16	10:00	13:00	3:00
19-07-16	16:00	18:00	2:00

21-07-16	9:15	11:15	2:00
21-07-16	15:00	18:00	3:00
22-07-16	10:00	13:00	3:00
22-07-16	15:50	18:40	2:50
25-07-16	8:30	10:30	2:00
25-07-16	16:00	18:00	2:00
27-07-16	15:00	18:15	3:15
28-07-16	9:00	12:00	3:00
08-08-16	9:00	11:00	2:00
TOTAL			30:05:00

3.3.5 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible diésel en el vehículo está determinado por el número de horas en las que está en funcionamiento el motor, la cantidad de diésel en el inicio de la prueba y la cantidad final, comprobando el consumo de litros y el consumo promedio. La tabla 3.9 representa la cantidad de combustible que consumió el motor Isuzu durante un lapso de tiempo analizado.

Tabla 3.8 Análisis de consumo de combustible diésel

ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL					
FECHA	NUMERO DE HORAS	CANTIDAD DIÉSEL INICIO LITROS	CANTIDAD DIÉSEL FINAL LITROS	CONSUMO LITROS	CONSUMO PROMEDIO
18-07-16	1:10	4	3	1	
18-07-16	0:50	3	2,25	0,75	
19-07-16	3:00	4	0,75	3,25	
19-07-16	2:00	4	1,75	2,25	
21-07-16	2:00	4	1,75	2,25	
21-07-16	3:00	4	0,75	3,25	
22-07-16	3:00	4	0,75	3,25	
22-07-16	2:50	4	0,75	3,25	
25-07-16	2:00	4	1,75	2,25	
25-07-16	2:00	4	1,75	2,25	

27-07-16	3:15	4	0,75	3,25	
28-07-16	3:00	4	0,75	3,25	
08-08-16	2:00	4	1,75	2,25	
TOTAL	30:05:00			32,5	1,08
TOTAL GALONES				8,59	0,29

Para realizar las pruebas del motor Isuzu 4JB1 2.8 se realizó un adecuado mantenimiento al motor y sistema de inyección, permitiendo que el motor se encuentre en óptimas condiciones para obtener datos reales del consumo de combustible.

Después de haber realizado el mantenimiento del motor, purgamos el aire alojado en cañerías, bomba de inyección e inyectores para luego encender el motor y comenzar con la pruebas de consumo de combustible diésel Premium.

El día 18 de julio del 2016 se comienza el análisis con 4 litros base de diésel Premium en 1 hora 10 minutos consume una cantidad de 1 litro de combustible.

El funcionamiento del motor fue de 30 horas y 05 minutos de forma paulatina, consumiendo 32.5 litros de Diésel Premium. Siendo como valor promedio de consumo 1.08 litros / hora. De esta manera se desprende cuál es el rendimiento del motor en condiciones normales de trabajo utilizando como combustible Diésel Premium.

3.3.6 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CARBONILLA

Para el proceso de extracción de la carbonilla se realizó los siguientes pasos los cuales voy a mencionar a continuación:

En primer lugar se busca la herramienta adecuada para el desmontaje del cabezote del motor Isuzu 4JB1 2.8, cumpliendo con los parámetros de seguridad industrial.

Luego se desconectó las cañerías del sistema de inyección diésel las cuales dirigen el diesel de la bomba de inyección a los inyectores del motor, mangueras de refrigeración las cuales entran del radiador hacia el motor refrigerando al mismo.

A continuación se extrajo la tapa de válvulas con su respectivo árbol de levas y pernos que están sujetos al cabezote y bloque del motor.

Luego se desmonto el cabezote del motor para tener contacto con la carbonilla que está situada en la cámara de combustión del motor.

El cabezote se colocó en un lugar limpio, seco y sin corrientes de aire para realizar la extracción de la carbonilla en el cabezote, para la extracción se raspo con una espátula y cuchilla de cada cámara de combustión tanto en el cabezote y el bloque del motor.



Figura 3.7 Extracción de Carbonilla.

En la Figura 3.7 la carbonilla que se extrajo del motor se raspo de cada cilindro y se puso en frascos diferentes lo extraído para luego ser pesado en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte y posteriormente observar la forma, tamaño, y coloración de la carbonilla del motor ISUZU 4JB1 2.8.

3.3.7 TABULACIÓN DE CARBONILLA

La tabulación del hollín se realiza con la finalidad de identificar la optimización del consumo de diésel durante la combustión que se produce mientras el motor está prendido y en funcionamiento. La tabla 3.10 muestra los resultados que se obtiene referente a la presencia de carbonilla en los cilindros del motor.

Tabla 3.9 Tabulación del hollín

PRODUCCIÓN DE CARBONILLA CON DIÉSEL					
	NÚMERO HORA	peso papel gr.	peso total gr.	DIÉSEL Carbonilla gr.	PROMEDIO CARBONILLA
CILINDRO 1		0,7	1,5	0,8	
CILINDRO 2		0,7	1,2	0,5	
CILINDRO 3		0,7	1,3	0,6	
CILINDRO 4		0,7	1,4	0,7	

TOTAL	30:05:00			2,6	0,09
--------------	-----------------	--	--	------------	-------------

Al pesar la carbonilla encontrada en cada uno de los cilindros del Motor IZUSU tomando en cuenta el peso del papel para obtener datos exactos de la cantidad de carbonilla, se deduce lo siguiente: se observa en el primer cilindro 0.8gr de carbonilla, en el segundo cilindro 0.5 gr, el tercer cilindro 0.6 gr y en el cuarto cilindro 0.7 gr. que son indicadores operativos de eficiencia en cada cilindro investigado.

El resultado final demuestra que durante 30.05 horas trabajadas el motor produce 2.6 gr de carbonilla, con un promedio de 0.09 gr de carbonilla por cada hora de trabajo.

3.3.7 PRUEBAS DE MICROSCOPIO

Las pruebas del microscopio se las realizó tanto con diésel como con biodiésel.

3.3.7.1 DIÉSEL

Se pudo observar en el microscopio la carbonilla del motor Isuzu 4JB1 2.8 de cada cilindro que la carbonilla tiene un color negro azulado con un brillo de partículas de diesel no quemado, esto hace que se observe que en cada cilindro no tiene la combustión estequiometrica adecuada y que el peso de carbonilla sea menor.

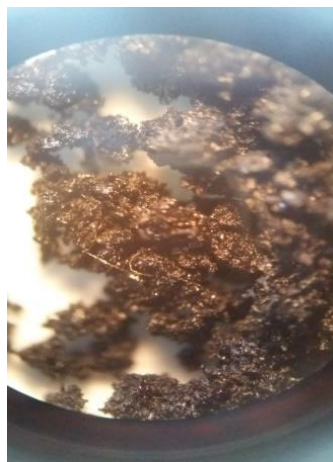


Figura 3.8. Prueba de microscopio diésel

3.4 PRUEBAS UTILIZANDO B10

Para efectuar en análisis siguiente, se ha tomado en cuenta los datos propuestos anteriormente.

En el microscopio se observó que la carbonilla del biodiésel B10 tiene un color negro con partes cafés esto significa que la combustión del motor Isuzu 4JB1 2.8 es mejor porque no se observó partículas de biodiésel no quemadas y esto hace que la carbonilla tenga mayor peso por partículas quemadas.

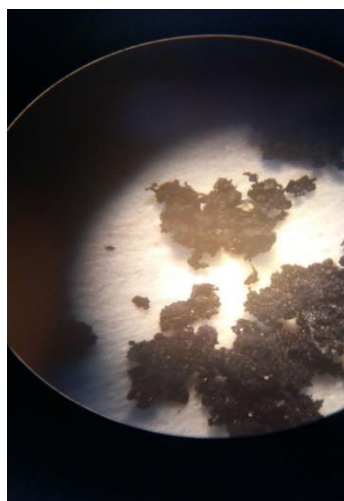


Figura 3.9. Pruebas microscopio de Biodiésel

3.4.1 CARACTERÍSTICA COMBUSTIBLE

Las pruebas para caracterizar la calidad del combustible se realizan diferentes pruebas considerando el tiempo como indicador. La tabla 3.11 representa el tiempo que se puso en marcha el motor Isuzu 4JB1 2.8, con combustible Biodiésel B10. El cual fue de mucha utilidad para nuestra investigación.

Tabla 3.10 Tiempo de prueba con biodiésel B10

TIEMPO DE PRUEBA BIODIÉSEL B10				
FECHA	HORA DE INICIO		HORA FINAL	NUMERO DE HORAS
30-06-17	17:45		18:45	1:00
01-07-17	9:30		12:30	3:00
04-07-17	13:30		16:30	3:00
05-07-17	18:00		19:00	1:00

06-07-17	12:45		15:45	3:00
06-07-17	18:00		19:00	1:00
11-07-17	15:15		18:20	3:05
12-07-17	15:00		18:00	3:00
14-07-17	13:15		14:15	1:00
20-07-17	15:00		18:00	3:00
02-08-17	16:00		19:00	3:00
16-08-17	15:00		18:00	3:00
22-08-17	16:00		18:00	2:00
TOTAL				30:05:00

Con esta tabla obtuvimos el tiempo total que trabajo el motor, fechas y horas exactas de funcionamiento.

3.4.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible con la utilización B10 se realiza con igual procedimiento con la utilización de biodiésel común. Son datos experimentales que han sido debidamente procesados y controlados, la tabla de resultados se expone a continuación: La tabla 3.12 representa la cantidad de combustible que consumió el motor Isuzu 4JB1 2.8 durante un lapso de tiempo.

Tabla 3.11 Consumo de combustible Biodiésel B10

ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE BIODIÉSEL B10					
FECHA	NÚMERO DE HORAS	CANTIDAD DIESEL INICIO LITROS	CANTIDAD DIESEL FINAL LITROS	CONSUMO LITROS	CONSUMO PROMEDIO
30-06-17	1:00	4	3	1	
01-07-17	3:00	4	1	3	
04-07-17	3:00	4	1	3	
05-07-17	1:00	4	3	1	
06-07-17	3:00	4	1	3	
06-07-17	1:00	4	3	1	
11-07-17	3:05	4	1	3	
12-07-17	3:00	4	1	3	
14-07-17	1:00	4	1	3	
20-07-17	3:00	4	1	3	
02-08-17	3:00	4	1	3	

16-08-17	3:00	4	1	3	
22-08-17	2:00	2,5	0,5	2	
TOTAL	30:05:00			32,0	1,06
TOTAL GALONES				8,45	0,28

Se realizó un trabajo de 30 horas y 5 minutos en el motor, de forma paulatina, consumiendo 32 litros (8.45 galones) de Biodiésel B10. Dando como resultado un promedio de consumo de 1.06 litros (0.28 galones).

Es decir por cada hora de trabajo el motor consume 1.06 litros de combustible Biodiésel B10.

3.4.3 TABULACIÓN DE CARBONILLA

La tabulación de la producción de carbonilla con Biodiésel B10 presentan los siguientes resultados de acuerdo a los test aplicados en el laboratorio de inyección. La tabla 3.13 representa los datos que se obtuvo al pesar la carbonilla encontrada en cada uno de los cilindros del Motor Isuzu, tomando en cuenta el peso del papel para obtener datos exactos de la cantidad de carbonilla que se genera en la cámara de combustión.

Tabla 3.12 Tabulación de hollín con Biodiésel B10

PRODUCCIÓN DE CARBONILLA CON BIODIÉSEL B10					
				BIODIÉSEL B10	
	NÚMERO HORA	peso papel gr.	peso total gr.	Carbonilla gr.	PROMEDIO CARBONILLA
CILINDRO 1		0,7	2,0	1,3	
CILINDRO 2		0,7	1,7	1,0	
CILINDRO 3		0,7	1,6	0,9	
CILINDRO 4		0,7	1,9	1,2	
TOTAL	30:05:00			4,4	0,15

Como se puede observar el cilindro 1 arrojó 1.3 gr de carbonilla, cilindro 2 1.0 gr, cilindro 3 0.9 gr y cilindro 4 1.2 gr, obteniendo un peso entre 1,3 gr a 0,9 gr en la cámara de

combustión. Dando como resultado que durante 30.05 horas trabajadas el motor produce 4.4gr de carbonilla, es decir un promedio de 0.15 gr de carbonilla por cada hora de trabajo.

3.4.4 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron para la realización de las diferentes pruebas de medición de gases de escape vienen siendo: AGS 688 Brain Bee y la sonda SGD 010, un microscopio para realizar las pruebas de carbonilla de cada cilindro.

3.4.4.1 ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE ASG 688.

Es una herramienta especializada para el diagnóstico automotriz, con la capacidad de medir los cinco gases que se analizan en los vehículos modernos.



Figura 3.10. Analizador de gases
(Globaltech-car, 2010, p.13)

La Figura 3.10 nos muestra un analizador de gases El equipo está diseñado para cumplir con todas las normativas europeas, cuyo fin es la de localizar la presencia de algunos componentes considerados como los principales causantes de la contaminación del aire. (Giga, 2014)

3.4.4.2 Sonda sgd 010.

Es una sonda con filtro de partículas incorporada la cual permite realizar el análisis y medir los gases presentes en los motores diésel, todo esto gracias a su sofisticado software. Este equipo trabaja en conjunto con el medidor de gases AGS 688 (Automotive, 2017, p.23).

3.4.5 CONDICIONES AMBIENTALES

Para la realización de las pruebas de emisión de gases contaminantes en motores diésel es necesario realizarlas en un ambiente cerrado y con buena ventilación con el fin, que permita evacuar los gases producidos por la combustión de forma adecuada, precautelando la salud de los técnicos encargados de medir los niveles de los mismos. La temperatura ambiente a la que se sometió las pruebas constaba de 20 °C a una altitud de 2 340 msnm. En condiciones soleadas con baja presencia de humedad en el ambiente.

3.4.6 PRUEBAS CON DIÉSEL

Para las pruebas de gases de escape se procedió a llenar el tanque con diésel, luego el circuito debe estar libre de impurezas o agentes contaminantes.

La prueba se desarrolló con una metodología de aceleraciones constantes a régimen de giro diferentes del motor, durante un periodo de 1 minuto por cada prueba.

Para iniciar se parte de 720 r.p.m. para terminar con 3 000 r.p.m. y cumplir con un ciclo de 5 ensayos por cada régimen de giro del motor.

Una vez que se realizaron las pruebas a esos rangos de giro, se obtuvieron los datos del analizador de gases, los cuales fueron promediados entre cada una de las pruebas, una vez calculado procedimos a promediar todos los resultados obtenidos detallados en el siguiente cuadro:

Tabla 3.13 Promedio General Diésel Premium

Promedio General Diésel Premium				
CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	HC (ppm Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
0,11475	3,025	25,7	17,2185	264,1

3.4.7 PRUEBAS CON BIODIÉSEL

Al igual que en pruebas anteriores, la necesidad del cambio de filtro de combustible y la purga total del sistema es primordial para poder obtener medidas reales.

Se realiza un precalentamiento de 15 min para que el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento.

Luego de ello se procede a tomar mediciones con el analizador de gases en 4 etapas de rango de giro del motor, divididas en 5 pruebas de avance progresivo.

Una vez completadas las 5 pruebas y habiendo obtenido los índices de gases de escape del motor, se procede a promediar todos los gases conseguidos con biodiésel de algas B10, obteniendo lo siguiente:

Tabla 3.14 Promedio General Biodiésel B10

Promedio General Biodiesel B10				
CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	HC (ppm Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
0,10365	2,86	14,1	16,765	236,1

3.5 MEDICIÓN DE OPACIDAD

El proceso de medición de opacidad en los vehículos con motor diésel radica en medir el grado de luminosidad de los gases de escape, el cual se determina el grado de opacidad que un vehículo emane en escalas normalizadas que va de 0 a 100 % según el grado de luminosidad que emane la carbonilla de los motores diésel.

La Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207 : 2 002, estipula que los vehículos del 2 000 en adelante deben presentar un rango del 50 % máximo de opacidad, mientras que los vehículos de 1 999 y posteriores deben cumplir con un rango del 60 % máximo. (INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2002, p.14)

3.5.1 MEDICIÓN DE OPACIDAD

Para desarrollar la prueba correspondiente a mediciones de niveles de opacidad en los gases de escape del motor DIÉSEL ISUZU 4JB1 2.8, empleamos el equipo Opa 100 Brain Been.



Figura 3.11. Opa 100 Brain Been
(Globaltech-car, 2010, p.24)

En la Figura 3.11 se muestra el Opa 100 Brain Been que se utilizó para realizar las pruebas correspondientes.

3.5.2 CONDICIONES AMBIENTALES A LAS QUE SE REALIZÓ LAS PRUEBAS

Para su efecto las pruebas de gases de opacidad se las realizo bajo condiciones ambientales normales con una temperatura de 20 °C y a una altitud de 2 340 msnm, con clima seco y soleado.

Cabe mencionar que el comportamiento de un motor de combustión interna puede variar su funcionamiento dependiendo del lugar en donde se realicen las pruebas, esto podría alterar los niveles de los gases salientes del motor.

3.5.3 PRUEBAS CON DIÉSEL

Para la realización de opacidad de los gases de escape empleando diésel fósil se desarrolló con un calentamiento del motor a ralentí de 720 r.p.m. con la finalidad de alcanzar la temperatura idónea de trabajo del motor a 87 °C.

De igual manera se realizaron cinco pruebas, mismas que se las dividió en régimen de r.p.m. diferentes, partiendo desde ralentí hasta un par motor de 3000 r.p.m. Mismas pruebas se detallan en los cuadros y graficas siguientes:

Tabla 3.15 Promedio General Diésel Premium

Promedio General Diésel	
k (m^{-1})	N (%)
0,118	4,905

3.5.4 PRUEBAS CON BIODIÉSEL B10

Para la realización de las pruebas con mezcla B10 de biodiésel, hay que tener en cuenta de sustituir el filtro de combustible para evitar contaminación con la mezcla anterior; ya que los resultados de medición pueden sufrir alteración.

A su vez es indispensable purgar la alimentación de combustible, para ello debemos desconectar las cañerías de alimentación de los inyectores, mediante el bombín de la bomba de inyección se purga para eliminar todo el excedente de combustible, con la finalidad de mantener el circuito limpio y cargado con la mezcla a ser medida.

Después del proceso de purgado arrancamos el motor y dejándolo en ralentí durante 15 minutos con la finalidad de mantener una temperatura idónea de trabajo del motor que debe sobrepasar los 87 °C.

Las pruebas de igual manera se la completo partiendo del test oficial emitido con el Opa 100 Brain Been, la cual arrojó un resultado que se puede evidenciar en la Tabla 3.17.

Para mayor rango de seguridad se realizaron cinco test posteriores, con la finalidad de tener un margen comparativo mayor con respecto al oficial producto del software.

Las pruebas se iniciaron con el motor a temperatura adecuada de funcionamiento y a un régimen de giro de 720 r.p.m., hasta llegar a 3000 r.p.m. como rango tope para las pruebas. A continuación, se detallan los valores obtenidos en cada una de las pruebas de opacidad del motor. Así obtuvimos el siguiente promedio:

Tabla 3.16. Promedio General Biodiesel B10

Promedio General B10	
k (m^{-1})	N (%)
0,0783	3,242

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para el análisis del consumo de combustible diésel y Biodiésel B10 se realiza considerando el promedio de horas, cantidad de consumo en litros de los dos combustibles y el consumo de galones, datos que identifican el promedio de consumo de combustibles en el vehículo se muestra en la Tabla 4.18.

Tabla 4.17 Diésel vs Biodiésel B10

ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL VS BIODIÉSEL B10					
	Número de horas	Consumo litros	Consumo promedio diésel	Consumo galones	Consumo promedio biodiésel
Diésel	30,05	32,5	1,08	8,59	0,29
Biodiésel	30,05	32,0	1,06	8,45	0,28
Diferencia		-0,500	-0,017	-0,132	-0,004

Fuente: (Tabla 4 a Tabla 14)

El consumo de combustible con la utilización de diésel es de 32.5 lt con un lapso de tiempo de 30:05:00 horas y un promedio de 1.08 lt por hora; mientras que el consumo de biodiésel B10 es de 32.0 lt y un promedio de 1.06 lt, observándose un mayor consumo de combustible con diésel Premium.

Además la tabla representa el tiempo que trabajo el motor en 30:05:00 y se tiene un consumo promedio de 1.08 lt diésel Premium y 1.06 lt biodiésel B10, con una diferencia de 0.017 lt (0,004 gl) de consumo promedio de combustible.

Los resultados demuestran que el consumo de diésel es mayor cuando el motor se mantiene en funcionamiento, a diferencia que se observa cuando el motor trabaja con biodiésel B10 su consumo es menor, permitiendo que el motor sea más eficaz por su consumo con mezcla Biodiésel B10.

4.2 ANÁLISIS DE CARBONILLA

El análisis de la presencia de hollín se presenta con el consumo de diésel y biodiésel B10, para la medición se toma en cuenta el número de horas, peso papel en gramos, peso total y peso de carbonilla en gramos, valores que se presentan en la Tabla 4.19.

Tabla 4.18 Diésel vs Biodiésel B10

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE CARBONILLA DIÉSEL VS BIODIÉSEL B10											
				DIÉSEL				BIODIÉSEL B10			DIFERENCIA DE CARBONILLA DIÉSEL VS BIODIÉSEL gr.
	NÚMERO HORA	peso papel gr.	peso total gr.	Carbonilla gr.	PROMEDIO CARBONILLA	NÚMERO HORA	peso total gr.	Carbonilla gr.	PROMEDIO CARBONILLA		
CILINDRO 1		0,7	1,5	0,8			2,0	1,3		0,5	
CILINDRO 2		0,7	1,2	0,5			1,7	1,0		0,5	
CILINDRO 3		0,7	1,3	0,6			1,6	0,9		0,3	
CILINDRO 4		0,7	1,4	0,7			1,9	1,2		0,5	
TOTAL	30:05:00	2,8	5,4	2,6	0,09	30:05:00	7,2	4,4	0,15	1,80	

Fuente: (Tabla 4 a Tabla 14)

En el análisis comparativo se identifica que el biodiésel B10 produce una cantidad mayor de carbonilla medida en gramos, con una relación de 0,15 gr a 0,09 gr promedio de carbonilla con la utilización de diésel común.

Con un peso igual de papel gramos en cada uno de los cuatro cilindros se obtienen un peso total diferente en cada uno de ellos. Con el diésel convencional la carbonilla en gramos se obtiene entre 0,5 gr a 0,8 gr; en iguales condiciones con la utilización de biodiésel B10 se obtiene un peso promedio de 4,4gr con variaciones de entre 0,9 gr a 1,3 gr. De los resultados se determina que se obtiene un mayor grado de combustión con la utilización de biodiésel B10 beneficiando al ambiente con menor emisión de humo que se produce por los HC no quemados, NO_x , el CO, el dióxido de carbono, CO_x , los aldehídos procedentes del carbón, sustancias que se producen con el diésel convencional.

4.3 ANÁLISIS DE MEDICIÓN DE GASES DE ESCAPE

Antes de realizar una comparativa, se hace referencia a la tabla de límites máximos permisibles de emisión. De acuerdo a un decreto mexicano menciona que los ciudadanos tienen derecho a un ambiente libre de gases nocivos, que garantiza mejorar la calidad de vida de la ciudadanía, en la Tabla 4.20 menciona los límites máximos de emisiones de gases.

Tabla 4.19 Límites máximos permisivos de emisiones de gases

Característica vehicular	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de carbono (CO) %vol.	Óxidos de nitrógeno (NOx) ppm	Oxígeno (O ₂) %vol.	Dilución (CO+CO ₂) %vol.		Lambda
					Mínimo	Máximo	
1994 y anteriores	100	1	1000	2	7	14,3	1,05

Fuente: (Mexicano, 2016, p.12)

Luego de recolectar la información necesaria respecto a los distintos parámetros que a nivel mundial se maneja en cuanto al control de gases contaminantes emitidos por vehículos motorizados e impulsados por diésel; y al finalizar las pruebas en el motor ISUZU 4JB1 2.8, se obtuvo los siguientes datos que se reflejan en la Tabla 4.21 de porcentajes de reducción de gases de escape.

Tabla 4.20 Porcentaje de reducción de gases de escape

Gas	Norma MX	Prom. Diésel	Prom. B10
CO (% Vol.)	1	0,11	0,09
CO ₂ (% Vol.)	14,3	3,03	2,85
HC (ppm Vol.)	100	25,70	14,18

O₂ (% Vol.)	2	17,22	16,75
NO_x (ppm Vol.)	1000	264,10	236,07

Como se puede evidenciar en la tabla 4.20, existe una gran variación de reducción de los niveles de gases que emite un motor diésel al momento de su trabajo, en tal virtud y con respecto a los valores obtenidos con el diésel Premium, Mientras que al emplear una mezcla B10 el porcentaje se reduce en un 9.5 %.

De igual manera como se refleja en los niveles de CO₂, se tiene un porcentaje de disminución 4.8 % en la mezcla B10. Valores que generan confianza para garantizar el uso de biodiésel de higuera.

El tema de los hidrocarburos o HC de igual manera sufren una gran reducción, es de conocimiento que este tipo de gases se genera por una mala combustión, pero al momento de implementar biodiésel de higuera se genera una mayor combustión en el motor al emplear la mezcla B10, donde el porcentaje de reducción de HC es del 44.5 %.

En relación a los valores emitidos y que como resultado de las diferentes pruebas de medición de gases de escape se las realizó al motor, en la tabla 21 se puede apreciar una reducción de 2.4 % que se reduce al emplear una mezcla B10 en relación con el diésel.

Los óxidos nítricos que se generan en la combustión de los motores diésel presento una reducción sustancial, donde los valores porcentuales con B10 disminuyeron en 4.2 % y 10.4 % respectivamente, todo ello con relación al empleo de diésel Premium.

4.4 MEDICIÓN DE OPACIDAD

Las diferentes pruebas con diésel Premium y las mezclas de biodiésel empleadas para la realización de este tema, se consiguió realizar comparaciones donde la cantidad de humo se reduce con el empleo de biodiésel a base de aceite de higuera.

Basándonos en la normativa que rige en territorio ecuatoriano para el control de los niveles de opacidad para vehículos con motor diésel mostrada en la Tabla 4.22, establece que, para vehículos que sean menores al año 1999, los niveles máximos permitidos son del 60 %.

Tabla 4.21 Normativa NTE INEN 2 207

Límite máximo de opacidad	
Año modelo	% Opacidad

1999 y anteriores	60
-------------------	----

Fuente: (Normalización, 2002, p.21)

El dato del coeficiente “k”, para lo cual necesitamos saber cuáles son los límites máximos permitidos del coeficiente de luz que un motor debe tener para pasar pruebas ambientales. En este caso nos basamos en la normativa mexicana citada anteriormente:

Tabla 4.22 Coeficiente de absorción de luz

Límite máximo coeficiente de luz	
Característica Automotriz	Coefficiente Absorción Luz (M-1)
2003 y anteriores	2.00

(Mexicano, 2016, p.29)

El porcentaje de opacidad, al realizar las diferentes pruebas y obtener las respectivas medidas en relación con la diferencia entre el diésel y el biodiésel con la mezcla B10. Se puede denotar que existe una gran variación sobre el nivel de opacidad al emplear biodiésel, llegando incluso a tener valores menores a los del diésel Premium empleado para las diferentes pruebas en el motor se observa sus valores en la Tabla 4.24.

Tabla 4.23 Porcentajes de opacidad reducida

Tabla Comparativa Opacidad			
Índice	Normativa	Prom. Diésel	Prom. B10
N (%)	60	4,905	3,243
k (m-1)	2.00	0,118	0,0782

Los porcentajes de reducción al emplear la mezcla B10 de biodiésel con respecto al diésel Premium, nos entregó 33.3 % del coeficiente de luz y 33.5 % en la coloración del humo emanado.

4.5 ANÁLISIS MICROSCOPIO

Se pudo observar en el microscopio la carbonilla del motor Isuzu 4JB1 2.8 de cada cilindro que la carbonilla tiene un color negro azulado con un brillo de partículas de diesel no quemado, esto hace que se observe que en cada cilindro no tiene la combustión

estequiométrica adecuada y que el peso de carbonilla sea menor. En el microscopio se observó que la carbonilla del biodiésel B10 tiene un color negro con partes cafés esto significa que la combustión del motor Isuzu 4JB1 2.8 es mejor porque no se observó partículas de biodiésel no quemadas y esto hace que la carbonilla tenga mayor peso por partículas quemadas. Carbonilla vista desde el microscopio.

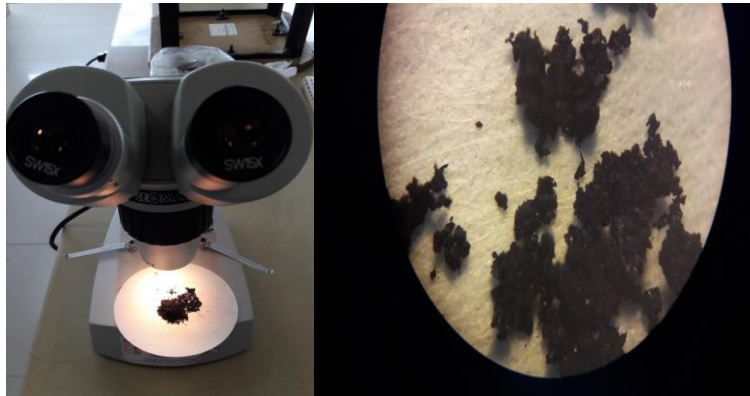


Figura 4.12 Carbonilla vista desde el microscopio

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La utilización de biodiésel al 10 % (B10) a través de varias etapas se elaboró el combustible a base de higuera; utilizado posteriormente en las pruebas de funcionamiento con un motor a diésel ISUZU 4JB1 2.8, el que se alimentó con diésel común y B10, con lo que se consiguió reducir la opacidad mediante la utilización del biodiésel de 4 905 a 3 243 y en $k (m^{-1})$ de 0, 118 a 0, 0782 porque existe menos presencia de químicos tóxicos para el ambiente y también porque se está utilizando una energía renovable no fósil.
- La utilización de biodiésel B10 en un motor ISUZU 4JB1 2.8, al realizar las pruebas y medición en cuatro cilindros de peso papel de 0,7 gr se obtiene un total de 4,4 gr en la cámara de combustión, con un promedio de 015 gr por cilindro, cantidad de hollín que se produce en un tiempo de 30:05:00 de funcionamiento lo que demuestra la bondad del biodiésel. Los niveles de producción de carbonilla en el motor diésel ISUZU 4JB1 2.8, con el uso de biodiésel B10 presentan una diferencia de 0,02 gr con relación a la producción de la misma, con la utilización de diésel Premium.

Indicadores que demuestran que existe mayor combustión de elementos con Biodiésel, con un menor impacto nocivo al ambiente en referencia a la utilización de diésel convencional.

- En el microscopio la carbonilla del motor Isuzu 4JB1 2.8 de cada cilindro que la carbonilla tiene un color negro azulado con un brillo de partículas de diésel no quemado, esto hace que se observe que en cada cilindro no tiene la combustión estequiométrica adecuada y que el peso de carbonilla sea menor mientras que en el microscopio se observó que la carbonilla del biodiésel B10 tiene un color negro con partes cafés esto significa que la combustión del motor Isuzu 4JB1 2.8 es mejor porque no se observó partículas de biodiésel no quemadas y esto hace que la carbonilla tenga mayor peso por partículas quemadas.
- Implementando biodiésel a base de aceite de higuera en las pruebas de consumo reduce un porcentaje nominal 8.9 % el consumo con relación al diésel Premium.

5.1 RECOMENDACIONES

- Es recomendable que se difundan los beneficios de la utilización de biodiésel con la finalidad de crear conciencia ecológica en la ciudadanía sobre los efectos ambientales que se producen con la utilización de diésel común, acciones que deben estar enfocadas principalmente a los estudiantes de especialidades afines al área automotor, con la finalidad de propiciar iniciativas para la proposición de ideas y soluciones que permitan reducir los efectos de contaminación por la combustión que produce el diésel como combustible de motores de vehículos.
- Se recomienda realizar un análisis minucioso de las bondades de los ayudan los Biocombustibles como elementos que aportan a la reducción de emisiones de gases contaminantes en los motores a diésel.
- Es prioritario la realización de estudios dirigidos a determinar la disminución de carbonilla en motores diésel, utilizando como combustible el biodiésel que por sus elementos que los estructuran se propicia una quema eficiente disminuyendo los efectos contaminantes por una inadecuada quema que produce el diésel común.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agudelo, S. J. (2002). Desempeño mecánico y ambiental. BIODIESEL, 8.
2. Agudo, D. (2014). Fiabilidad y mantenimiento de los motores diesel y gasolina. Recuperado el 15 de junio de 2017, de <https://revistamotor.eu/index.php/derecalle/mecanica/1204-fiabilidad-y-mantenimiento-de-los-motores-diesel-y-gasolina-actuales>
3. Agudo, D. (2015). Diferencias en la combustión de motores diésel y gasolina. Recuperado el 16 de mayo de 2017, de <https://revistamotor.eu/index.php/derecalle/mecanica/1070-diferencias-en-la-combustion-de-motores-diesel-y-gasolina>
4. Álvarez, G. (2015). Material particulado. Recuperado el 20 de junio de 2017, de <http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/jsp/pde.jsp?PDE.CONT=473&titulo=Material%20Particulado&abreviatura=PST&PDE.SOLAPAS.Mostrar=11101>
5. Automotive, B. B. (2017). Brain Bee. Obtenido de <http://www.brainbee.it/>
Automotrizenvideo.com. (2013). <http://automotrizenvideo.com>. Obtenido de <http://automotrizenvideo.com/opacimetro-brain-bee-opa-100/>
7. Benavides, A. (2009). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. Medellín, Colombia: ISSN 0012-7353.

8. Benjumea, P. (28 de marzo de 2015). El aceite de higuera. (U. d. Medellín, Productor) Recuperado el 21 de mayo de 2017, de <http://www.scribd.com/doc/6454433/aceite-de-higuera>
9. Bosch, R. (2003). Manual de la técnica del automóvil (cuarta ed.). (J. M. Alonso Pérez, Trad.) Buenos Aires, Argentina: Reverté S. A.
10. Cárdenas, E. (17 de agosto de 2011). Plan para mejorar los combustibles en el Ecuador Recuperado el 10 de agosto de 2017, de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/informacion-general/1/plan-para-mejorar-los-combustibles-costara-200-millones-anuales>
11. Carrillo, J. (2012). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos37/gravedad-api-densidad/gravedad-api-densidad.shtml>
12. Climate data. (2017). Datos climáticos mundiales. Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de <https://es.climate-data.org/location/2964/>
12. De la Vega, J. (noviembre de 08 de 2008). Bio-diésel. Recuperado el 22 de enero de 2017, de www.buscagro.com/biblioteca/JorgeDelaVega/Jatropha.pdf
13. Erazo, G. (2013). Aplicación del biodiésel en motores de combustión interna .Recuperado el 16 de junio de 2017, de <http://es.scribd.com/documents/151810806/Biodiesel-Fin14>. GADM-I, G. A. (2016). Plan de ordenamiento territorial 2016-2020. Recuperado el 05 de noviembre de 2017, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000260001_PD%20Y%20OT%20IBARRA%20UNIFICADO%20004_13-03-2015_17-34-44.pdf
15. García G., M. E., & Ramírez S., H. U. (2006). Influencia de los contaminantes SO₂ y NO₂ en la formación de lluvia ácida. Recuperado el 07 de agosto de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000407>
16. Giga, M. (2014). Motor Giga. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/analizador-de-los-gases-de-escape-definicion-significado/gmx-niv15-con187.htm>
17. Gonzales, J. (14 de 11 de 2013). Obtenido de <http://www.venelogia.com/archivos/8385>
18. Greco, S. (2014). Contaminación por automóviles. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamAut.htm>
19. Guillén H., N. (2013). Eliminación de carbonilla generada por motores diésel mediante combustión catalizada por óxidos mixtos basados en. trabajo de grado, Universidad de Alicante, Alicante, España.

20. INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2002). INEN.
21. Larosa, J. R. (2011). Proceso para la producción de BIODIESEL. Recuperado el 20 de junio de 2017, de cultivopalma.webcindario.com/probiodiesel.htm
22. Madzura, T. (2006). Biodiesel bus data. América: CNP+L.
23. Martínez, A. (2011). Estudio de los efectos de la posinyección. Barcelona, España: Reverte S.A.
24. Meneses, E. (2002). Biodiesel Desempeno Ambiental. Barranquilla, Colombia: Gamesal.
25. Mexicano, G. (2016). Diario Oficial de la Federación SEGOB. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5440157&fecha=07%2F06%2F2016
26. Molina, J. M. (2015). El hollín el contaminante más preocupante. Recuperado el 10 de junio de 2017, de <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/264401/6/el-hollin-el-contaminante-mas-preocupante.htm>
27. Normalización, I. E. (2002). Servicio Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
28. Pedraza, J. J. (2015). Destilación de productos de hidrocarburos. Recuperado el 15 de julio de 2017, de <https://www.coursehero.com/file/12156824/Destilacion-2009-1/>
29. Peyret, R., & Taylor, T. (2012). Métodos computacionales para el flujo de fluidos. (Springer, & Verlag, Trads.) Recuperado el 30 de julio de 2017, de <https://es.scribd.com/document/342129153/Evaluacion-de-La-Disminucion-de-Hidrocarburos-Totales-de-Petroleo-Tph-en-Suelos-Impregnados-Con-Residuos-de-Fluidos-de-Perforacion-Base-Aceite-de-Hi>
30. Reyes, L. (mayo de 2016). Filtros de partículas. Recuperado el 23 de junio de 2017, de <https://www.autonocion.com/echate-a-temblar-y-prepara-la-carera-porque-los-filtros-de-particulas-llegan-a-los-motores-gasolina/>

ANEXOS

ANEXO I

FOTOGRAFÍAS CALIBRACIÓN DEL MOTOR



Figura AI.1 Calibración del Motor

Motor en óptimas condiciones.

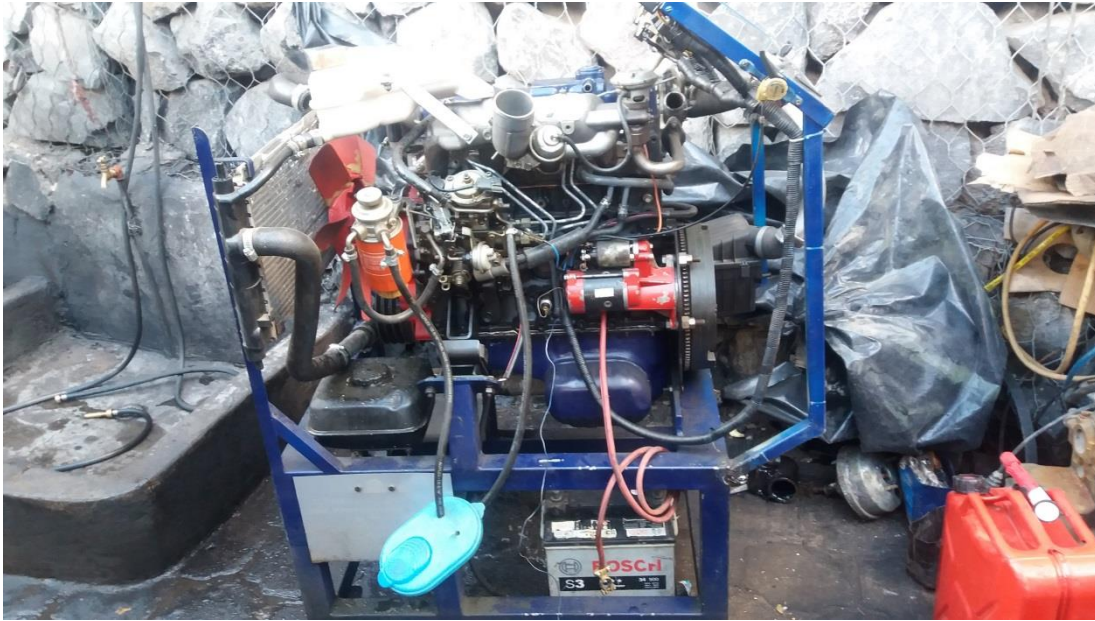


Figura AI.2 Motor en óptimas condiciones

Desmontaje del cabezote.

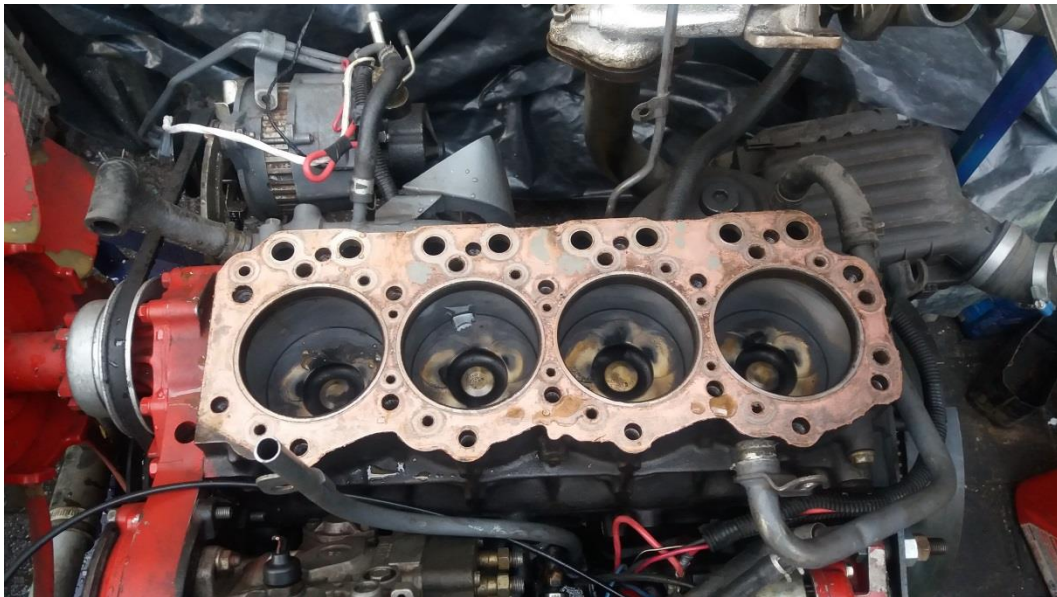


Figura AI.3 Desmontaje del cabezote

Obtención de carbonilla.



Figura AI.4 Obtención de carbonilla.



Figura AI.5 Medición del peso de carbonilla.

ANEXO II.
IMPLEMENTOS DE BIODIÉSEL



Aceite de higuera



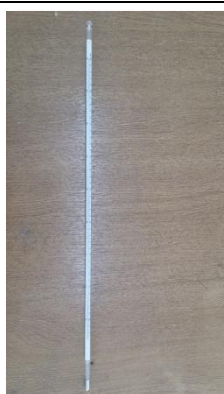
Methanol. CH₃.OH



Hidróxido de Sodio Na (OH)



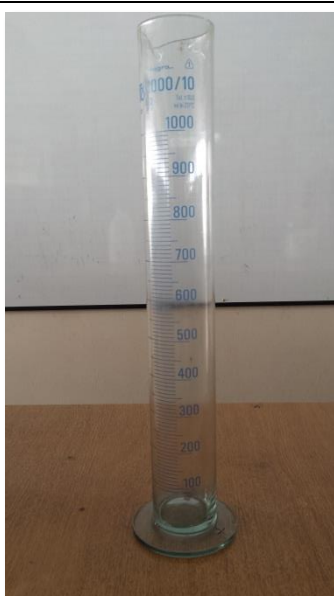
Balanza digital de Laboratorio



Termómetro de Mercurio



Cuchara sustancias



Probeta



Reactor

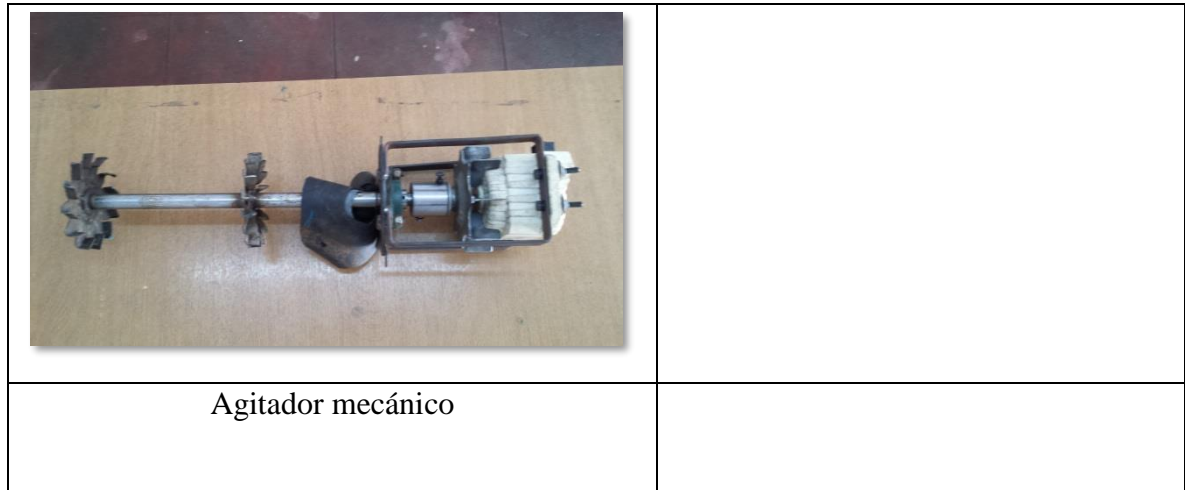


Figura AII.1 Imágenes de Implementos

ANEXO 3.
MEZCLA DEL DIÉSEL CON BIODIÉSEL.



Figura AIII.1 Mezcla del diésel con biodiésel

**ANEXO 4.
OBTENCIÓN DEL BIODIÉSEL B10.**



Figura AIV.1 Obtención del biodiésel B10.

ANEXO5.

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR CON BIODIÉSEL B10.



Figura AV.1 Funcionamiento del motor con biodiésel B10

ANEXO 6.
DESMONTAJE DEL CABEZOTE.



Figura AVI.1 Desmontaje del cabezote

ANEXO 7.

EXTRACCIÓN DE LA CARBONILLA.



Figura AVII.1 Extracción de la carbonilla.

ANEXO 8.

CANTIDAD DE CARBONILLA.



Figura AVIII.1 Cantidad de carbonilla.

ANEXO 9.
CARBONILLA VISTA DESDE EL MICROSCOPIO.

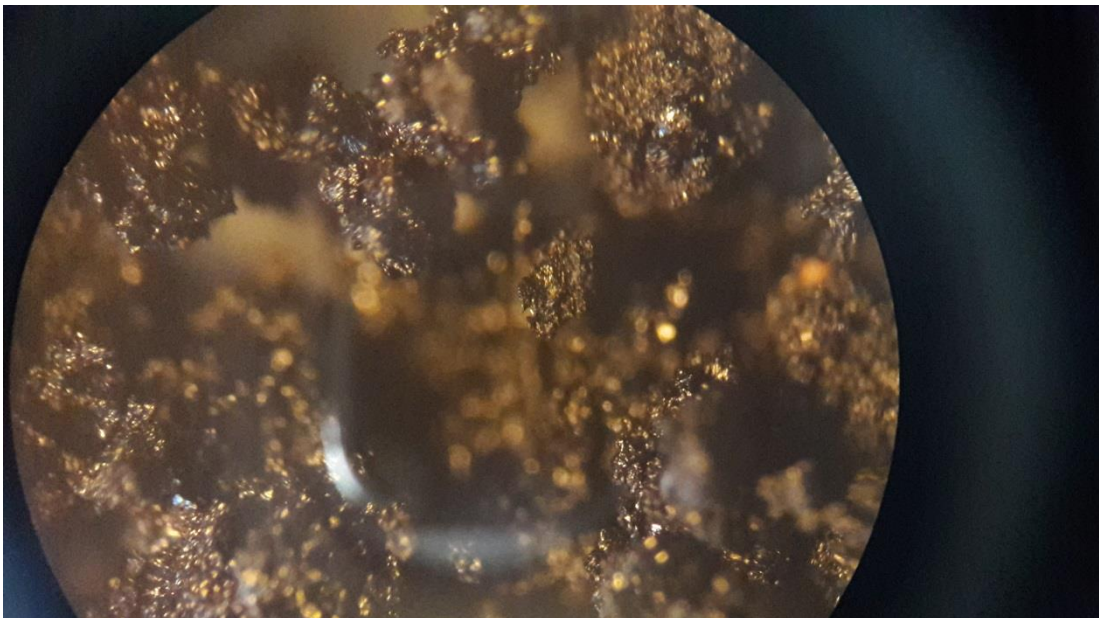


Figura AIX.1 Carbonilla vista desde el microscopio.