Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

Elaboración de un Biocombustible a partir del Aceite de Frituras, para Motor Diesel

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Autores:

Juan Amed Pardo Tandazo

Héctor Rafael Carchi Azanza

Director:

Edgar Mauricio Barros Barzallo

Cuenca, Ecuador

2011

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado en primer lugar a Dios quién, guía mi camino e ilumina mis pensamientos, a mi padre Segundo Héctor Carchi Patiño quien me apoyado innegablemente en toda mi carrera a mi madre Carmela Azanza Gómez quien ha sido mi consejera y amiga en todo momento, a toda mi familia, amigos que estuvieron siempre pendientes y supieron siempre darme ánimos para poder culminar este proyecto a todos ellos muchas gracias.

Rafael.

Al cumplir una de mis metas mas ansiadas doy ante todo las gracias a Dios quien me guía cada día, a mi madre Ruth Irlanda Tandazo Encalada quien es el pilar fundamental de mi vida y la razón para seguir siempre adelante superando los obstáculos que se me presenten en la vida, además agradezco a mi familia, amigos y compañeros que supieron apoyarme en el transcurso de mi carrera. Con cariño.

Amed.

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos los profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, expresamos nuestra gratitud a la Empresa Municipal CUENCA AIRE en especial al Ing. Oscar Tinoco, al Ing. Mauricio Barros, quién con gran sapiencia ha sabido dirigir el presente trabajo, al Dr. Piercosimi Tripaldi e Ing. Ángel Jácome por el asesoramiento y apoyo para poder culminar este trabajo.

RESUMEN

Para obtener una muestra óptima de Biocombustible a partir del aceite de frituras y realizar pruebas de funcionamiento, con las mezclas; B5, B20, B50, B100, se realizó la medición de opacidad obteniendo una reducción de Opacidad con B20, posteriormente el motor trabajo con este Biocombustible por 200 horas, se analizo si el Biocombustible produjo alguna avería en el motor, en base a los resultados obtenidos la mezcla B20 puede ser aplicado para la provincia del Azuay, no obstante esta mezcla no puede ser aplicada a nivel nacional debido a la falta de materia prima para su elaboración.

ABSTRACT

In order to obtain a final bio-fuel to be used in diesel motors based on cooking oil; opacity measurements studies were carried out over several obtained mixtures, such as: B5, B20, B50 and B100. Results derived from “B20” analysis showed a significant reduction of coal particles. The engine worked over 200 hour period without failing using B20 bio – fuel. In that way obtained product could be used as standard fuel in Azuay province. Due to lack of source material (cooking oil) a nation use proposal may be no possible.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria……..... ii
Agradecimiento……..……..... iii
Resumen…… iv
Abstract……..... v
Índice de Contenidos…… vi
Índice de ilustraciones y cuadros……..... x
Índice de Anexos……..... xiv

INTRODUCCIÓN.....1

CAPITULO 1: BIODIESEL

1.1 Definición….....……..2
1.2 Propiedades técnicas…….....2
1.3 Características.....2
1.4 Tipos de Mezclas…….……..3
1.4.1.1 B100……....….....3
1.4.1.2 B5 y mezclas bajas…….....4
1.4.3.1Mezclas B6 a B20…….....4
1.5 Ventajas y desventajas del Biodiesel…….……5
1.6 Aplicaciones……..7
1.6.1 El transporte liviano…….9
1.6.2 El transporte pesado(Urbano y de Carga)……9
1.6.3 El transporte Marítimo…….....10

1.6.4 El transporte Férreo…….…….. 10

1.6.5 Los generadores Eléctricos…….……..... 10

1.6.6 El sector industrial…….……..... 10

1.6.7 La industria Química…….……...….. 10

1.7 Fuentes de obtención del Biodiesel…….……..…… 11

1.7.1 Cosecha de semilla de aceite……...……..…..…… 11

1.7.2 Canola (*Brassica napus*)……...……12

1.7.3 Soya……. 14

1.7.4 Aceite de Palma(*Elaeis guineensis*)……..……..15

1.7.5 Coco (*Cocos nucifera*)……..……..15

1.7.6 Girasol (*Helianthus annuus*)……..…….16

1.7.7 Jatropha(*Jatropha curcas).*……...…..18

1.7.8 Otras cosechas de Aceite…….....19

1.7.8.1 Algodón (*Gossypium hirsutum*).……...……... 19
1.7.8.2 Cacahuate Maní *(hypogaea de arachis*)….…….…… 20
1.7.8.3 Mostaza(*Brassica nigra)*……. 20
1.7.8.4 Linaza(*Linum usitatissimun)*……. 21
1.7.8.5 Maíz…….. 23
1.7.8.6 Microalgas…… 24
1.7.8.7 Grasas de animales……... 25
1.7.8.8 Aceites desechados…….. 26

1.8 Conclusiones…….……...….. 27

CAPITULO 2: ELABORACIÓN DE BIODIESEL

2.1 Reacciones en la producción de Biodiesel…….…… 29

2.1.1 Reacciónes de Transterificación…….…….…. 29

2.1.2 Reacción secundaria de Saponificación……... 32

2.2 Procesos en la producción industrial de Biodiesel…….… 32

2.2.1 Proceso de Transterificación……...……..…….. 32

2.2.2 Proceso Discontinuo……...……. 33

2.2.3 Proceso Continuo…… 34

2.2.4 Proceso de Esterificación……..… 35

2.2.5 Proceso en Condiciones Supercrítica……...… 36

2.3 Materia prima…….…… 37

2.3.1 Aceite de cocción usado……. 37

2.3.2 Sodio(Na)……...… 38

2.3.3 Etanol……..…… 39

2.4 Diseño factorial……...… 41

2.4.1 Introducción……...….41

2.4.2 Planteamiento del problema……..…. 41

2.4.3 Factores del dominio experimental……..…… 42

2.4.4 Matriz de experimentos…….. 42

2.5 Procesos de elaboración de Biodiesel…….…… 43

2.5.1 Construcción del Reactor…….……..…….. 43

2.5.2 Destilación de Etanol…….…… 45

2.5.3 Prefiltrado del aceite…….…… 46

2.5.4 Medición de Acidez…….…... 46

2.5.5 Medición de reactivos…….…… 46

2.5.6 Etapa de transterificación…… 49

2.5.7 Proceso de depuración……...……50

2.5.8 Proceso de filtrado…….…. 50

2.6 Mediciones…….….. 50

2.6.1 Medición de viscosidad…….….. 51

2.6.2 Pesar el Volumen de Biodiesel…….…….. 51

2.6.3 Cálculo de densidad y viscosidad…….…. 52

2.6.4 Cálculo de probabilidades…….….. 53

2.6.5 Análisis de resultados…….… 53

2.7 Conclusiones…….…... 55

CAPITULO 3: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, OPACIDAD Y DIAGNOSTICO DE COMPONENTES

3.1 Características del motor de pruebas…….…. 58

3.2 Mediciones con el opacímetro…….…... 59

3.2.1 Medición de opacidad con Diesel Premium…… 61

3.2.2 Medición de Opacidad con Biodiesel B5…….….. 63

3.2.3 Medición de Opacidad con Biodiesel B20…….…….…… 65

3.2.4 Medición de Opacidad con Biodiesel B50…..…….…… 67

3.2.5 Medición de Opacidad con Biodiesel B100…….……. 69

3.2.6 Análisis comparativo en base a porcentajes de opacidad entre Diesel y mezclas de Biodiesel……..…… 71

3.3 Diagnostico de componentes……...……. 72

3.3.1 Análisis de elementos en el sistema de alimentación……...… 73

3.3.1.1 Filtro de Combustible……..... 73

3.312 Bomba de Alimentación……..... 74

3.313 Revisión de Inyectores…….. 77

3.3.2 Análisis del cabezote y elementos anexos…….. 78

3.3.3 Revisión de los cilindros del bloque…….. 80

3.3.4 Revisión del filtro de aceite……... 80

3.3.5 Análisis del lubricante utilizado en el motor…….……. 81

3.4 Conclusiones……..…….……. 81

CAPITULO 4: FACTIBILIDAD DE APLIACION DEL BIODIESEL EN EL ECUADOR

4.1 Factibilidad de Aplicación……..… 82

4.2 Factibilidad Técnica……... 84

4.3 Impacto Ambiental…….…... 85

4.4 Impacto Económico…….……... 87

4.5 Impacto Social…….…... 90

4.6 Análisis de consumo de combustible Diesel en el Azuay……..… 92

4.7 Análisis de capacidad productiva de Biodiesel en el Ecuador……..… 93

4.8 Factibilidad de aplicación de la mezcla B20 en la provincia del Azuay…..93

4.9 Factibilidad de aplicación de la mezcla B20 a nivel nacional……. 94

4.10 Conclusiones…… 95

CONCLUSIONES GENERALES……..... 97

BIBLIOGRAFÍA..... 99

ANEXOS……..... 104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Semilla y flor de Canola……...13
Figura 1.2. Plantas y semillas de Soya……14
Figura 1.3. Fruto de árbol de aceite de Palma…….16
Figura 1.4. Copra seca en el sol…...……16
Figura 1.5. Girasol……...18
Figura 1.6. Frutas de Jatropha……...……. 22
Figura 1.7. Algodón…….20
Figura 1.8. Maní……..21
Figura 1.9. Semilla de Mostaza……21
Figura 1.10. Linaza……..22
Figura 1.11. Maíz…….23
Figura 1.12. Algas..……..24
Figura 2.1. Reacción de Transesterificacion……...29
Figura 2.2. Reacción de Transesterificación Aceite vegetal+Etanol=Biodisel+Diglecerid……...……25
Figura2.3. Reacción de Transesterificación Diglicerido+Etanol = Biodiesel + Monoglicerido…… 31
Figura 2.4. Reacción de Transesterificación Monoglicerido+Etanol = Biodiesel + Glicerina…… 31
Figura 2.5. Reacción de saponificación……..32
Figura 2.6. Proceso de Transesterificación…….33
Figura 2.7. Diagrama de Bloques de un Proceso de Transesterificación en Discontinuo……..34
Figura 2.8. Diagrama de Bloques de un Proceso de Transesterificación en Continuo……...35
Figura 2.9. Proceso de Esterificación……...36
Figura 2.10. Proceso en condiciones supercríticas……..36
Figura 2.11. Aceite de cocción usado……..37
Figura 2.12. Sodio (Na)……...38
Figura 2.13. Etanol……...40

Figura 2.14. Refuerzo con suelda …….. 43
Figura 2.15. Soporte……... 44
Figura 2.16. Soporte circular…….. 44
Figura 2.17. Acople de goma……. 44
Figura 2.18. O-ring Circular…… 44
Figura 2.19. Sujeción de la tapa……. 45
Figura 2.20. Sujeción con pernos y tuerca……..… 45
Figura 2.21. Reactor terminado…….. 45
Figura 2.22. Sistema de destilación de Etanol…… .. 46
Figura 2.23. Nivel máximo de llenado del balón…….....46
Figura 2.24. Eliminación de impurezas……...47
Figura 2.25. Medición de aceite y Etanol……48
Figura 2.26. Sodio Pesado en balanza electrónica……...48
Figura 2.27. Mezcla de Sodio con Etanol……48
Figura 2.28. Muestra de Biodiesel…...…….……49
Figura 2.29. Separación del Biodiesel……..50
Figura 2.30. Filtrado de las muestras……..……50
Figura 2.31. Viscosimetro……51
Figura 2.32. Medicon del tiempo…….…51
Figura 2.33. Pesado de la muestra de Biodiesel……...…51
Figura 2.34. Diagrama de dispersión en Excel…….55
Figura 3.1. Opacímetro……59
Figura 3.2. Colocación de la sonda al opacímetro y al final del escape……..……59
Figura 3.3. Calibración del opacímetro……...……60
Figura 3.4. Gráfico Comparativo entre diferentes tipos de Combustibles……..71
Figura 3.5. Elemento filtrante…….73
Figura 3.6. Medicion del caudal en la bomba……..73
Figura 3.7. Despiece de la bomba de inyección…….. 74
Figura 3.8. Despiece de la bomba de inyección…….. 74
Figura 3.9.carcasa de la Bomba de Inyección……..…….. 75
Figura 3.10. Elemento Distribuidor…….……..….. 75

Figura 3.11. Anillo Regulador……. 75
Figura 3.12. Porta Rodillos…….. 76
Figura 3.13. Disco de levas……. 76
Figura 3.14. Despiece de la Bomba de Transferencia……. 76
Figura 3.15. Retén del Eje de la Bomba…… 77
Figura 3.16. Eje central Regulador…… 77
Figura 3.17. Válvula de sobre presión…… 77
Figura 3.18. Cauchos de amortiguación del eje central……. 77
Figura 3.19. Despiece del inyector……..78
Figura 3.20. Tobera del inyector con residuos carbonosos…….78
Figura 3.21. Presencia de gomas……..78
Figura 3.22. Estado del cabezote……..78
Figura 3.23. Gomas adheridas a las pre-cámaras de Combustión……..79
Figura 3.24.Válvulas de admisión y escape……79
Figura 3.25. Presencia de gomas al final del Escape …….……79
Figura 3.26. Cilindro con presencia de gomas……80
Figura 3.27. Gomas en la cabeza del pistón…….80
Figura 3.28. Análisis del elemento filtrante……80
Figura 4.1. Ciclo cerrado del Co2……...86
Figura 4.2. Demanda de combustibles en el Ecuador……..88
Figura 4.3. Terrenos desérticos……95
Figura 4.4. Planta de Jatropa……91
Figura 4.5. Cultivo de Jatropa en Egipto……..……92
Figura 4.6. Toneladas anuales de biodiesel para la provincia del Azuay……..……94
Figura 4.7. Toneladas de Biodiesel a Nivel nacional……. 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Propiedades Técnicas del Biodiesel.....2
Tabla 1.2. Características del Biodiesel.....3
Tabla 1.3. Especificaciones ASTM D-6751 para Biodiesel (B100)…….5
Tabla 1.4. Especificaciones para Combustible Diesel ASTM D-975……...6
Tabla 1.5. Especificaciones ASTM D-7467 para Biodiesel (B6-B20)……7
Tabla 2.1. Propiedades Físicas y Químicas del sodio (Na)…….38
Tabla 2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Etanol…….……..…….40
Tabla 2.3. Factores experimentales……..……...42
Tabla 2.4. Matriz experimental……43
Tabla 2.5. Valores Volúmen Densidad, Viscosidad…….……...52
Tabla 2.6. Tabla de respuestas……..54
Tabla 2.6. Valores de coeficiente y probabilidad…….54
Tabla 2.7. Características entre el Diesel y el experimento 15…….55
Tabla 2.8. Experimentos adicionales……..….56
Tabla 2.9. Resultados del experimento N°17 y N°18……..…56
Tabla 3.1. Carcteristicas del motor de pruebas…….58
Tabla 3.2. Compresión del motor Nissan SD-23…….60
Tabla 3.3. Combustibles de prueba……. 60
Tabla 3.4. Cuadro de entubamiento Diesel Premium...…..……..62
Tabla3.5. Cuadro de entubamiento B5……63
Tabla 3.6. Cuadro de entubamiento B20……..65
Tabla 3.7. Cuadro de entubamiento B50……..67
Tabla 3.8. Cuadro de entubamiento B100……...69
Tabla 3.9. Cuadro de Medición de Opacidad con Diferentes Mezclas……...71
Tabla 3.10. Valores del caudal de la bomba…….76
Tabla 3.11. Cuadro comparativo del aceite castrol 20w-40…….81
Tabla 4.1. Costos de producción de Biodiesel……..87

Tabla 4.2. Costos de producción de100L Biodiesel…… 89
Tabla 4.3. Producción de aceite de palma a nivel mundial en miles de Ton/Año……. 90
Tabla 4.4. Consumo de combustible Diesel en la Provincia del Azuay……..93
Tabla 4.5. Excedentes en la producción de Aceite de palma en el Ecuador……...93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de la medición de opacidad con Diesel Premium...…….… 103
Anexo 2. Resultados de la medición de opacidad con B5…….……104
Anexo 3. Resultados de la medición de opacidad con B20……...……105
Anexo 4. Resultados de la medición de opacidad con B50……...……106
Anexo 5. Resultados de la medición de opacidad con B100…….107
Anexo 6. Resultado De Encuestas de Superficie de Producción Agraria Continua región sur……...……108
Anexo 7. Resultado de Encuestas de Superficie de Producción Agraria Continua Región Litoral……..… 109
Anexo 8. Costos del subsidio para los combustibles en el Ecuador……..… 110
Anexo 9. Propiedades Técnicas del Biodiesel……..…….……... 112
Anexo 10. Características del Biodiesel…… 114
Anexo 11. Especificaciones para Combustible Diesel ASTM D-975……...……113
Anexo 12. Especificaciones ASTM D-7467 para Biodiesel (B6-B20)……...… 114
Anexo 13. Norma técnica ecuatoriana INEN 2202…….. 115

Hector Rafael Carchi Azanza

Juan Amed Pardo Tandazo

Trabajo de Graduación

Ing. Mauricio Barrros

Octubre del 2011

OBTENCION DE UN BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DEL ACEITE DE FRITURAS, PARA MOTOR DIESEL

INTRODUCCIÓN

El aceite vegetal utilizado en la producción de Biodiesel puede provenir de diferentes fuentes renovables, en la ejecución de este proyecto se utilizara aceite de cocina usado.

El aceite de cocina usado, será prefiltrado y luego se realizaran 16 experimentos para la elaboración de Biodiesel, una vez obtenido los mismos procederemos a escoger la muestra que tenga una mayor similitud al Diesel.

Una vez obtenido el Biodiesel realizaremos 4 mezclas; B5, B20, B50, B100 estas servirán como combustible, a un motor NISSAN SD 23 Diesel, se medirá la cantidad de opacidad que se genera con cada mezcla, con los resultados obtenidos se analizará que mezcla es la más factible que pueda ser usada en nuestro medio. Luego seleccionamos una mezcla y procedemos a hacer funcionar el motor por alrededor de 200 horas, posteriormente procedemos a desarmar y analizar el sistema de inyección, las cámaras y precamaras de combustión, esto con el fin de poder determinar si esta mezcla causa algún daño en los elementos que trabajaron con la misma.

Al finalizar analizaremos la posibilidad que esta mezcla puede ser usada a nivel regional o nacional y los diferentes impactos, ambiental, económico, social que podrían traer como consecuencia del uso de mezclas de Biodiesel en el Ecuador.

CAPITULO 1

BIODIESEL

1.1.- Definición[1]

El Biodiesel es un biocombustible líquido de carácter renovable, compuesto de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales que se puede utilizar en motores Diesel.

1.2.- Propiedades Técnicas

1.3.- Características[2]

Las características del Biodiesel son similares a las del Diesel debiendo cumplir con ciertos requisitos especificados en Normas Internacionales referente a Biocombustibles, en este caso se hará referencia a la Normativa Estadounidense ASTM D-6751.

1.4.- Tipos De Mezcla[3]

Esta sección enfoca la mezcla B100 con Diesel fósil de petróleo para hacer B20, pero el acercamiento es similar para otros tipos de mezcla como B2 o B5.Las propiedades del B100, pueden ser significativamente diferentes a las del Diesel convencional. Las mezclas de Biodiesel con diesel de petróleo se pueden minimizar estas diferencias entre

[1] DEMIRBAS Ayhan, 2005. Fuel Alternative for Diesel Engines. EEUU p. 114
[2] GERHARD Jon . 2006, The Biodiesel Handbook, EEUU.p. 280
[3]National Renewable Energy,2005,Biodiesel Handling and use guide.Canada p. 23

las propiedades y mantener algunos beneficios del B100. La mezcla B20 es la más popular porque esta representa un excelente equilibrio en costos, emisiones, comportamiento al frío, compatibilidad de materiales y habilidad para actuar como un buen solvente.

1.4.1.- Especificaciones:

La mayoría del biodiesel involucra mezclas de B20 actualmente usadas en una variedad de aplicaciones. El precio y falta de incentivos ha limitado la experiencia con mezcla de nivel B50 y superiores.

1.4.1.1.- B100[4]

La especificación estandarizada para el biodiesel B100 es la ASTM D-6751 la cual se enuncia en la tabla 1.3. Esta especificación asegura la calidad del Biodiesel para ser usado en mezclas del 20% e inferiores. Cualquier biodiesel utilizado en los Estados Unidos debe reunir la norma ASTM D-6751 la cual está basada en propiedades físicas y químicas necesarias para la seguridad y funcionamiento satisfactorio del motor diesel.

La norma ASTM D-6751 nos muestra las características estandarizadas del combustible B100, dentro de las cuales sobresalen en relación al Diesel fósil, su mayor punto de inflamación que lo hace un combustible más seguro y de fácil manejo, su menor contenido de azufre, su mayor biodegrabilidad y su alto índice de cetáno; en el Ecuador B100 no sería un combustible factible de aplicación ya que esto requeriría de un gran estudio, y principalmente el país no cuenta con la materia prima necesaria para satisfacer la demanda nacional.

[4] National Renewable Energy. 2005. Biodiesel Handling and use guide. Canada p. 24

1.4.1.2.-B5 y Mezclas Bajas[5]:

La norma para el Diesel convencional es la ASTM D-975 la cual permite un 5% de volumén de Biodiesel en mezcla, especificaciones mostradas en la tabla 1.4. Este tipo de biodiesel debe reunir la norma ASTM D-6751 también, además las mezclas de Biodiesel deben reunir todos los requerimientos numéricos especificados en la norma ASTM D-975 para combustible Diesel, ninguno puede ser cambiado ni relajado para favorecer al Biodiesel.

El método ASTM D-7371 es el método de prueba para la determinación de biodiesel (acido metilesteres grasos). El volumén de aceite combustible usado se determina por medio de un Espectroscopio Infrarrojo (Método FTIR-ATR-PLS) esta norma debe usarse para determinar el porcentaje de mezcla del Biodiesel. El Biodiesel B5 se utiliza prácticamente como un aditivo para el Diesel, el cual ayuda a disminuir los elementos contaminantes en un determinado porcentaje, además dentro de sus propiedades físico químicas presenta un número de cetáno mas elevado, además de ayudar a la lubricación del motor; en el Ecuador el biocombustible B5 seria de factible aplicación, ya que además de las ventajas mencionadas en el párrafo anterior se cuenta con la materia prima necesaria para satisfacer este porcentaje de demanda, además se fomentaría trabajo en las zonas rurales evitando la migración de sus habitantes, y no se incrementaría el precio en determinados productos como en el caso de utilizar B100.

1.4.1.3.- Mezclas B6 a B20:

La especificación ASTM D-7467 la cual fue recientemente publicada para mezclas que contienen entre el 6 % al 20 % de volumen de biodiesel. El biodiesel debe reunir la norma D-6751, el requerimiento de esta nueva especificación está basado en la norma D-975 con algunas adiciones. El 90% de la temperatura de destilación se permite sobre

[5] National Renewable Energy 2005, Biodiesel Handling and use guide.Canada p. 23

los 5°C más alto que para D-975 la norma del combustible Diesel, número de ácidos, volumén de biodiesel y estabilidad a la oxidación están incluidos.

Sin embargo si el combustible diesel no cumple con la norma D-975 (por ejemplo lubricación inadecuada, alto volúmen de azufre y aromáticos) puede también ser usado con Biodiesel en mezclas para cumplir con las propiedades de la norma. El B20 es un biodiesel que trae ventajas notablemente superiores a las del Diesel puro como su mayor índice de cetáno, mayor punto de inflamación entre otras, además de su considerable disminución de partículas contaminantes emanadas al ambiente.

1.5.- Ventajas y Desventajas del Biodiesel

1.5.1- Ventajas del Biodiesel[6] :

Ventajas Técnicas:

- ✓ Más seguro en el transporte y almacenamiento que el gasóleo: Punto de inflamación superior a 120°C frente a 65° del gasóleo.
- ✓ Mejor lubricación del motor.
- ✓ Miscible al 100% con el gasóleo.
- ✓ Sustituye completamente al gasóleo con cambios mínimos en el motor y se puede utilizar mezclando en proporciones importantes sin ninguna modificación en los mismos.
- ✓ Es el único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), bajo la sección 211(b) del "Clean Air Act"

Ventajas Medioambientales:

- ✓ La materia prima es renovable: aceite vegetal.
- ✓ Se puede producir incluso partiendo de aceite usado.

[6] Biodiesel Engineering Swiss,2007, Plantas de Biodiesel.Canada. pp. 2-4

- ✓ Reducción muy sustancial de la contaminación atmosférica en la combustión
- ✓ Eliminación total de azufre.
- ✓ Reducción muy importante de emisión de CO (46% aprox.), partículas de carbón (ppm), hidrocarburos, aromáticos, etc.
- ✓ Reducción en la emisión de CO_2 (78% aprox.) en el ciclo de vida, respecto a los combustibles fósiles. Cumplimiento del Protocolo de Kioto.
- ✓ Es más biodegradable que los combustibles fósiles. Menor toxicidad ambiental que el gasóleo.
- ✓ Es menos irritante para la piel humana.
- ✓ Reduce en un alto porcentaje el riesgo de contraer cáncer.

Ventajas Socioeconómicas:

- ✓ Producto de origen agrícola : alternativa real al petróleo
- ✓ Valorización de residuos : aceite de fritura.
- ✓ Suministro estable independiente de los inestables países productores de petróleo.
- ✓ Mejora la balanza de pagos Internacional.
- ✓ Crecimiento potencial de regiones rurales.
- ✓ Evita o reduce el flujo de migración a grandes ciudades.

1.5.2.- Desventajas del Biodiesel[7]:

Desventajas Técnicas:

- ✓ Viscosidad elevada (problema al arranque en frio)
- ✓ El uso del Biodiesel puro (B100) e importantes niveles de mezcla puede afectar los componentes del sistema de inyección que contienen elastómeros o

[7] DEMIRBAS Ayhan, 2007, Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. EEUU pp. 157-158

compuestos de caucho natural como mangueras de combustible o juntas de bomba pues no son compatibles con el Biodiesel.

- ✓ Taponamiento de filtros.
- ✓ Presenta problemas en su almacenamiento en periodos superiores a los 6 meses.

Desventajas Medioambientales:

- ✓ Incremento en la emisión de No_x.(Óxidos de Nitrógeno)
- ✓ Si no se tiene cuidado, los cultivos de plantas oleaginosas para la producción de Biodiesel podrían reemplazar a bosques naturales y dañar ecosistemas.
- ✓ En la producción de Biodiesel se genera también subproductos, no todos estos pueden ser aprovechados; tal es el caso de la glicerina cuyo mercado se encuentra saturado.

Desventajas Socioeconómicas:

- ✓ Aumento de precios en determinados productos agrícolas como: maíz, soja entre otros.
- ✓ La producción mundial no abastece la necesidad energética global en el caso de ser utilizado en estado puro.

1.6.- Aplicaciones

Hoy en día con los precios del combustible en alza y la preocupación creciente por la contaminación del ambiente, los motores requieren un combustible que sea amigable con el ambiente, además que permanezca estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El Biodiesel es el único biocombustible que presenta características similares al Diesel fósil y que puede utilizarse mezclándolo con este en cualquier proporción, sin ningún tipo de problema en el motor; lo cual le abre una gama de utilidades como combustible[8].

[8]Fuente:[En Línea]: http://www.deautomoviles.com.ar/articulos/combustibles/biodiesel.html ,

"El Ecuador, se incorporó en las políticas nacionales el apoyo al uso de bio-combustibles por medio del Decreto Ejecutivo 2332, Registro Oficial 482, del 15 de Diciembre del 2004; siendo hasta el momento un tema en estudio, no se está aplicando Biodiesel en serie ya sea como combustible alterno ni como aditivo del Diesel fósil en ningún tipo de equipo o transporte; con excepción de Industrias La Fabril la cual elabora el Biodiesel a partir del aceite de palma para importarlo a países como EEUU, Europa entre otros, en dicha industria utilizan el Biodiesel tanto para los vehículos como para las maquinas de su industria obteniendo excelentes resultados hasta el momento.

El Gobierno Ecuatoriano a través del Ministerio de Recursos No Renovables del Ecuador, pretende promover el programa nacional de biocombustibles el cual será llevado a cabo en dos fases: una primera será mediante un plan piloto en Guayaquil con etanol y otro en Quito con biodiesel la cual se extiende a una segunda fase de extender estos planes pilotos a nivel nacional.

El plan piloto para el DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) comprende al Biodiesel como aditivo del Diesel convencional en mezclas de B5 (95% de Diesel, 5% de Biodiesel), dicha mezcla luego será comercializada a nivel nacional lo que traerá consigo una mayor producción de Biodiesel, mayor aporte investigativo, trabajo y solvencia para zonas rurales y lo más importante un menor daño al medio ambiente."[9]

"Otro estudio de aplicación de Biodiesel se está llevando a cabo en la Ciudad de Cuenca, por la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz con apoyo del Centro de Investigaciones y Postgrados de la UPS, CUENCAIRE, CORPAIRE de la Ciudad de Quito, el Ministerio de Energía y Minas, la Ilustre Municipalidad de Cuenca, la Cámara de Transportes de Cuenca, el Centro de Investigaciones Ambientales de la Universidad Estatal de Cuenca y La Fabril, con el objetivo de dar una solución inmediata a los problemas de contaminación que causan los vehículos motorizados en la ciudad.

En este proyecto se está utilizando Biodiesel como combustible en buses de Transporte Urbano de la Empresa 10 de Agosto, sin realizarles ningún tipo de modificación en el

---

Acceso: 29 de julio de 2010.

[9] Boletín de Acción Ecológica, 2008,Biocombustibles, Ecuador,p 18

motor ;con el fin de ir recolectando información como monitoreo de gases, rendimiento entre otros aspectos, los cuales ayudaran a realizar un análisis y determinar cuál es el mejor combustible que se ajuste a nuestro medio (geografía, tipo de vehículo, carga, etc) y lo más importante que la contaminación descienda al nivel más bajo posible para mejorar la calidad del aire en la ciudad de Cuenca."[10]

Campos de Aplicación del Biodiesel[11]:

1.6.1.- El Transporte Liviano:

Los automóviles equipados con motores Diesel son una gran oportunidad para la aplicación de Biodiesel ya que los vehículos alcanzan una autonomía entre 400 y 800 kilómetros por galón, lo que no está nada mal, teniendo en cuenta el valor actual de la gasolina; además de emitir menor cantidad de partículas contaminantes y alargar la vida útil del motor (mayor lubricación).

1.6.2.- El Transporte Pesado (Urbano y de Carga)

Este tipo de transporte es donde mayor aplicación tiene el Biodiesel ya que los motores de estos vehículos emiten gran cantidad de contaminantes principalmente en las grandes ciudades donde son más utilizados. Esto disminuye notablemente con el uso del Biodiesel, además se obtiene numerosos beneficios como mayor rendimiento por galón, mayor lubricación, índice de cetáno más alto entre otros aspectos.

[10] CHICA Espinoza.2006 Revista Ingeniusl, p.9
[11] GREG phal, 2007,Biodiesel Growing A New Energy Economy, EEUU. pp. 15-17

1.6.3.- El Transporte Marítimo:

Como ya es de conocimiento común el transporte marino también se mueve con motores Diesel, siendo aquí otro medio de aplicación para el Biodiesel como combustible sustituto del Diesel fósil. El Biodiesel no es perjudicial para la fauna marina y su poder de degradación es del 95% en 28 días.

1.6.4.- El Transporte Férreo:

Este tipo de transporte no ha quedado rezagado en lo que a utilización de Biodiesel se refiere, por ejemplo en la India algunas locomotoras Delhi-Amristar Shatabdi Express, uno de los trenes de pasajeros de gran velocidad utilizan B5 como combustible; planeando extender su uso a todo el sistema o flota.

1.6.5- Los Generadores Eléctricos:

En la generación eléctrica, se utiliza en gran medida motores de ciclo Diesel, los cuales pueden ser alimentados con Biodiesel; sobre todo en lugares aislados y con ambientes delicados como es el caso en el Ecuador de las Islas Galápagos que en más de una ocasión han sido víctimas de derrames hidrocarburiferos en sus aguas lo cual ha causado grandes impactos ambientales.

1.6.6.- El Sector Industrial:

Los mercados potenciales para el Biodiesel se extienden más allá del transporte y la generación eléctrica, se ha comprobado que el 87% de los motores en fabricas funcionan con motores de compresión; siendo estos los que más tiempo de funcionamiento tienen

anualmente, razón por la cual el Biodiesel tendría una gran acogida por su diversidad de beneficios.

1.6.7.- La Industria Química:

El Biodiesel tiene excelentes propiedades solventes que inclusive puede ser utilizado como solvente, además de ser un gran lubricante al ser consumido como combustible; también tiene una gran capacidad para disolver el crudo de petróleo.

1.7.- Fuentes de Obtención del Biodiesel

"Hay diversas fuentes para elaborar biodiesel, dentro de los cuales podemos citar la soya, microalgas, grasas animales y aceites desechados, estos proporcionan materia prima viable para la producción de Biocombustibles; sin embargo los antes mencionados todavía no se utilizan a una gran escala. El origen de la materia prima puede ser de índole agrícola, geográfica y dependiendo de las condiciones climáticas, además se debe considerar la caracterización de cada producto lo cual conlleva a diferentes propiedades. Por ejemplo: el aceite saturado y el acido graso contienen una variedad de especies de semillas de aceite. Biodiesel de aceite con alta saturación es caracterizado por su superior estabilidad a la oxidación y alto número de cetáno, pero su pobre rendimiento a bajas temperaturas. Por consiguiente el aceite puro de planta con un alto grado de saturación es más soluble como materia prima en climas más calurosos."[12]

1.7.1.- Cosechas de Semilla de Aceite

"En la producción de Biodiesel las cosechas de semillas son la principal materia prima, siendo la mayor semilla de aceite cultivada hoy la soya, su producción es la más grande en el mundo seguida de las semillas de canola y algodón; sin embargo la semilla de

[12]World Watch, 2008, Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture,EEUU p. 26

canola es principalmente cultivada en Europa. Cerca del 85% de la producción de Biodiesel es hecha de semilla de canola, seguida por las semillas de girasol, aceite de soya y aceite de palma.

En regiones templadas, las cosechas de semillas de aceite generan típicamente bajos rendimientos por hectárea que materias primas de cereales almidonados como maíz y trigo. Pero desde que las semillas de aceite requieren menos procesos, estas generalmente tienen en total un favorable balance energético.

Por eso, particularmente las cosechas de semillas de aceite han crecido en áreas tropicales lo cual puede ser muy productivo. ” [13]

1.7.2.- Canola (*Brassica napus,* también conocida como colza)

“El aceite de colza o canola se extrae de la semilla de la colza que es una planta crucífera, la cual crece idealmente en climas que vayan desde templados a ligeramente fríos y húmedos (mínimas de 0 Cº y máximas de 40 Cº).

La canola no es un cultivo natural, es un transgénico desarrollado en Canadá (su nombre viene de *Canadian Oil Low Acid*), que al igual que todos los transgénicos tiene amigos y detractores; especialmente por su impacto en los campos nativos. La canola es entre los aceites de consumo humano, uno de los menos dañinos, detrás del aceite de oliva.
Cuando se trituran las semillas de colza se obtiene aceite el cual tiene propiedades biodegradables haciéndolo optimo para ser utilizado en base de pinturas, envases alimentarios, herbicidas, lubricantes y actualmente en biocombustibles, además de su trituración se obtiene una especie de pasta o residuo muy apreciado desde siempre para alimentar al ganado; ya que aporta un 34 % de proteínas y un 15 % de fibra cruda.”[14]

---

[13] MITTLBACH M. REMSCHMIDT C,2004, Biodiesel, the Comprehensive Handbook, Canada p. 9
[14] JANSEN Rutz, ,2007,Technology Handbook.EEUU p. 76

Figura 1.1 Semilla y Flor de Canola
Fuente: JANSEN Rutz, Biofuel Technology Handbook,EEUU. p. 76

"Además el aceite de semillas de canola es caracterizado por volúmenes altos de acido oleico monosaturado y bajos niveles de los dos ácidos saturados y polisaturados. Por consiguiente este aceite es un material crudo ideal, con respecto a las características de la combustión, estabilidad a la oxidación y conducta de temperatura fría."[15] "Según el Canola Council de Canadá actualmente China cultiva 5.5 millones de hectáreas de canola, La Unión Europea 4.5 millones, Canadá 3.5 millones, India 1.8 millones, Europa Oriental 0.9 millones y Australia 0.9 millones."[16]

"En cuanto a la Región Andina para el año 2009, Argentina pretende sembrar cerca de 430,000 ha de canola, Chile alcanzar las 112,000 hectáreas, cifras que aunque a niveles como el de Ecuador y Perú son importantes, a nivel mundial son pequeñas extensiones. En general, los promedios mundiales indican que es más caro producir biodiesel a partir de canola que el barril equivalente de diesel fósil."[17]

[15] MITTLBACH M. REMSCHMIDT C 2007, Biodiesel, the Comprehensive Handbook ,Canada p.12
[16] World Watch ,2007, Global Potential and Implications for Sustainible Agriculture, EEUU p 27
[17] VELORIO P,2006. Especial Hidrocarburos, Argentina. pp.18, 20

1.7.3.- Soya

"La soya es el dominante de las semillas de aceite cosechado y cultivado a nivel mundial. El aceite de soya se caracteriza por el valor de yodo con valores de 121-143 mg/100g(Cantidad de yodo en 100gr) que es similar al aceite de girasol. Por consiguiente es discusión de los expertos que el aceite de soya puede reunir los estándares del Biodiesel.

Cuando comparamos a otras cosechas de semillas de aceite, la soya genera un rendimiento relativamente bajo de Biodiesel por hectárea. Pero la soya puede crecer en condiciones templadas y tropicales, debido a su habilidad de arreglarse con el nitrógeno, esto también llena de nitrógeno a la tierra. Relativamente se necesita menos entrada de fertilizante, con lo cual se favorece a un equilibrio de energía fósil positiva."[18]

Figura 1.2 Planta y Semillas de Soya
Fuente: MITTLBACH M. REMSCHMIDT C,2007. Biodiesel, the Comprehensive Handbook,Canada p.77

"A nivel mundial los rendimientos promedios son de 2.2 TM/ha, en EE.UU. son de 2.6 TM/ha, en Argentina y Bolivia son superiores a 2.2 TM/ha. En el Ecuador la soya nacional tiene rendimientos que fluctúan entre 1.8 y 1.9 TM/ha, es decir que los rendimientos son alrededor de un 20% inferiores a los de la media internacional y a los de nuestros principales competidores en el futuro."[19] "La soya es una excelente opción de materia prima para Biodiesel en el Ecuador; las plantaciones aquí se

[18] MITTLBACH M. REMSCHMIDT C,2007. Biodiesel, the Comprehensive Handbook,Canada p. 14
[19]Fuente:[EnLínea]:http://www.sica.gov.ec/cadenas/soya/docs/entorno_internacional_soya.html#perspectiva , Acceso:25 de julio de 2010.

encuentran distribuidas un 99% en la Costa Ecuatoriana, siendo la provincia de Los Ríos quien posee el 96% del total de plantaciones."[20]

1.7.4.- Aceite de Palma (*Elaeis guineensis*)

"El aceite de palma tiene grandes propiedades como su rendimiento por hectárea, al ser utilizado como materia prima para el biodiesel presenta mayor flash point, mayor estabilidad oxidativa que el biodiesel de soya, alto número de cetáno da un valor cercano al diesel del petróleo, niveles de sulfuro no detectables hacen ideal el mezclado con diesel de alto sulfuro. Ademas posee altas cantidades de cadenas medias saturadas y monosaturadas de acidos grasos. Los voluménes altos de acidos grasos saturados estan llevan a un punto nube(Punto de congelación del biodiesel) (+13°C) el cual previene el congelamiento en invierno. Los dos más grandes productores de aceite de palma son Malasia e Indonesia donde su producción ha crecido rápidamente en la última década, Nigeria tiene la segunda área más grande de plantación, teniendo un alto potencial de expectativa el Brasil."[21]

"En nuestro país el cultivo de Palma Africana se encuentra distribuido un 59% en la Costa Ecuatoriana, siendo la provincia de Esmeraldas quien posee el 37% de la superficie nacional, seguida por la provincia de Pichincha con un 30% del total de las superficie; actualmente existen más de 370 mil hectáreas sembradas con rendimientos diferentes por la edad de las plantaciones."[22] "En el Ecuador "La Fabril" industria ubicada en la ciudad de Manta, se encuentra produciendo biodiesel a partir de aceite refinado de palma africana siendo el sexto producto de este aceite a nivel mundial y su principal comprador es la empresa Earth First Technologies, de la Florida en EE.UU.; de igual forma se está negociando con Europa y Malasia."[23]

---

[20] Fuente:[EnLínea]:www.ecuaquimica.com,Acesso 25 Enero del 2010

[21] MITTLBACH M. REMSCHMIDT C,2006. Biodiesel, the Comprehensive Handbook,Canada p. 15

[22] CHICA ,Espinoza, 2005 Revista Ingenius, Ecuador. p.6

[23]Fuente:[EnLínea]:http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=28&tit=Palma%20Africana&lang.Acceso: 25 de Julio del 2010.

Figura 1.3 Fruto de Árbol de Aceite de Palma
Fuente: JANSEN Rutz,2007, Technology Handbook.EEUU p.77

1.7.5.- Coco (*Cocos nucifera*):

La palma de coco es otra fuente para la producción de aceite, para esto es usada la llamada copra; esta es la carne seca o grano del coco.

El aceite del coco es un triglicérido el cual contiene altos porcentajes de ácidos grasos saturados (86%) y pequeñas cantidades de ácidos grasos monosaturados (6%) y ácidos grasos polisaturados (2%). De sus ácidos grasos saturados, el aceite del coco contiene principalmente el acido de lauric (45%), acido myristic (17%)y acido de palmitic (8%); aunque contiene siete diferentes ácidos grasos saturados en total.

Figura 1.4 Copra seca en el sol
Fuente: JANSEN Rutz, Biofuel Technology Handbook,EEUU p. 78

El aceite del coco es lento al oxidar y resistente a la aceración, el aceite no refinado se disuelve a los 20-25°C y humea a los 170°C, mientras que refinado tiene un punto de evaporación más alto de 232°C. Los vehículos ruedan con coco-biodiesel ayudando a

reducir los niveles de emisión en mucho mas del 60% e incrementan el rendimiento por kilometro debido al aumento de oxigenación. La palma del coco es originaria de América del Sur al noreste (Colombia-Ecuador), en la actualidad se encuentra en las regiones tropicales de todo el mundo; sobre todo a lo largo de todos los litorales siendo los principales productores Indonesia, Filipinas, India, y una parte marginal de la producción se realiza en América Central.

1.7.6.- Girasol (*Helianthus annuus*):

"El aceite de semillas de girasol es la quinta cosecha más grande del mundo, el rendimiento por hectárea de las semillas de girasol es más alto cuando lo comparamos con la soya o canola. Aunque ligeramente menos productivo que la canola el girasol es mas aceptado por el público, debido que para su hábitat requiere menos agua y fertilizantes.

El alto contenido de acido linoleico limita el uso de las semillas de aceite de girasol para producción de biocombustible. Adicionalmente el aceite puro de girasol tiene metilesteres de alto valor de yodo no conveniente para el combustible. Además el aceite puro de girasol puede también dar valores pobres de estabilidad a la oxidación, para resolver este problema los cultivadores enriquecieron en acido oleico al girasol.
La producción mundial de girasol ronda las 30 millones de toneladas. Rusia, Ucrania y Argentina producen en conjunto más de la mitad de ese volumén y sólo desde los puertos argentinos se exporta el 70% del aceite de girasol consumido en todo el mundo, siendo el primer país exportador."[24]

[24] JANSEN Rutz, 2007 Technology Handbook, EEUU p. 79

Figura 1.5 Girasol
Fuente: JANSEN Rutz, 2007 Technology Handbook,EEUU p. 79

1.7.7.- Jatropha (*Jatropha curcas*):

"Se define a la Jatropha como una oleaginosa no comestible que sirve para producir un biodiesel de alta calidad. La Jatropha crece en tierras semiáridas, la planta permanece productiva durante décadas; esta ha sido identificada como una de los productos más prometedores a gran escala para la elaboración de Biodiesel en la India, en donde casi 64 millones de hectáreas de tierra son clasificados como tierra sin cultivar.

Figura 1.6 Frutas de Jatropha
Fuente: JANSEN Rutz, 2007 Technology Handbook,EEUU p. 79

La viabilidad económica del Biodiesel a partir de Jatropha depende grandemente de los rendimientos de la semilla. A la fecha hay una variabilidad de datos del rendimiento para la planta, que pueden atribuirse a diferencias en la plantación práctica y condiciones climáticas. Varias agencias que promueven la Jatropha están proyectando rendimientos significativos mejorados como el mejor desarrollo de la cosecha. En la India investigadores estiman que a mediados del 2012 se podrían producir 15 mil millones de

litros de Biodiesel al cultivar 11 millones de hectáreas."[25] "La Jatropha curcas es originaria de Centro América (crece en todos los países tropicales). En Ecuador la Jatropha (Piñón) se desarrolla de manera silvestre en zonas de las provincias de Manabí, Loja y Machala, así como en menor escala en Guayas. No se conoce el total, de hectáreas pero se considera que no supera el equivalente de unos pocos cientos de hectáreas (de tipo silvestre e informal, como cercas vivas en muchos casos)"[26]

1.7.8.- Otras Cosechas de Aceite:

"Existen muchas cosechas de aceites potenciales que se pueden usar para elaborar Biodiesel, a continuación se describe las siguientes:

1.7.8.1.- Algodón (*Gossypium hirsutum*)

El algodón *(Gossypium hirsutum*) pertenece a la familia de las Malváceas, es una planta originaria de América, la planta genera la fibra y la pepa o semilla. La fibra es el principal producto de la cosecha y es materia prima para la industria textil en la elaboración de hilos para la confección de prendas de vestir. La pepa o semilla es el principal subproducto y de ella se obtienen aceites y de la pasta (torta, residuo de la extracción de aceite) que es rica en proteínas se puede usar para la alimentación de vacunos. A partir del aceite crudo se producen aceites comestibles, así como también de los procesos de hidrogenación se obtienen mantecas vegetales, margarinas, jabones, barnices y recientemente Biodiesel."[27] "El proceso de obtención de biodiesel de aceite de algodón es similar al de otros aceites vegetales, pero debido a que este aceite presenta una mayor cantidad de gomas, materiales colorantes, etc. hacen que presente un color oscuro intenso por lo que se deben realizar etapas anexas a las consideradas con otros aceites

[25] JANSEN Rutz,2007.Technology Handbook,EEUU pp.79-80
[26] ESPOL,2007 Revista Focus, p.25

[27] JANSEN Rutz,2007.Technology Handbook.EEUU pp.80

Figura 1.7 Algodón
Fuente : JANSEN Rutz,2007.Technology Handbook.EEUU pp.80

La semilla de Algodón, es la tercera cosecha de semillas de aceite más grande del mundo, se produce principalmente en la India, Estados Unidos y Pakistán que son responsables del 45% de la producción mundial y 50% del área total cultivada. En el Ecuador las principales zonas productoras de algodón se encuentran en Manabí, Guayas; en Loja existe producción en pequeñas explotaciones donde la materia prima se destina a la elaboración de artesanías típicas de la zona. "[28]

1.7.8.2.- Cacahuate o Maní (hypogaea de Arachis)

"El maní o cacahuete es otra importante fuente de aceite vegetal en las zonas tropicales y subtropicales. Es nativo de la parte tropical de América del Sur probablemente Brasil, en la actualidad el maní es una fuente importante de aceite para cocinar en los trópicos americanos, también es usado como materia prima para diferentes tipos de snacks, y demás productos; en la actualidad también ocupado en un alto porcentaje para la producción de Biodiesel en la India, por ser país predominante del producto.

En países como Estados Unidos se lo utiliza también para este fin pero en porcentajes notablemente menores ya que aquí se le da un mayor uso en productos alimenticios. El inconveniente de usar aceite de maní para elaborar Biodiesel, es que presenta problemas de viscosidad, baja volatilidad y depósitos de goma y barniz. Además el maní es la cuarta cosecha de semillas de aceite más grande del mundo, los productores mayores son

[28][EnLínea]:http://www.sica.gov.ec/cadenas/algodon//PANORAMA%20DE%20LA%20CADENA1.htm. Accesso: 28 Julio del 2010.

China, India y Estados Unidos que juntos cuentan con el 70% de la producción mundial."[29]

Figura 1.8 Maní
Fuente:JANSEN Rutz,2007.Technology Handbook, EEUU pp.80

1.7.8.3.- Mostaza (Brassica nigra, Sinapis alba, Brassica carinata):

La mostaza es un pariente de las semillas de canola, sus hojas generan un aceite de planta (coproducto) con un fuerte mercado potencial y valor medioambiental como un pesticida orgánico.

Figura 1.9 Semilla de Mostaza
Fuente: JANSEN Rutz,Technology Handbook. p. 80

Sus semillas son especialmente apreciadas por producir aproximadamente 5721 litros de aceite por hectárea; las semillas pueden también procesarse en una amplia gama de salsas y lubricantes. El residuo de la semilla se puede usar como alimento animal, fertilizante o como pesticida orgánico, sin embargo la mostaza no es una fuente importante para Biodiesel a nivel mundial ya que pocos son los países que la cosechan

[29][En Línea]: http://www.cipca.org.pe/cipca/frontera/proyectos/ProyecMan%ED.htm.Acceso:28 Julio del 2010.

aunque en los Estados Unidos se están llevando a cabo varias investigaciones enfocadas al uso del aceite de mostaza para elaborar Biodiesel.

1.7.8.4.- Linaza (Linum usitatissimum)

La linaza es la semilla de la planta *Linum usitatissimum* (lino) usada para el consumo humano. De la semilla se extrae el aceite de linaza, el cual es rico en ácidos grasos insaturados (más del 80%); entre estos ácidos grasos insaturados se tienen los ácidos grasos oléico (omega 9), linoléico (omega 6) y el α-linolénico (omega 3).

El aceite de linaza se utiliza principalmente en la industria química, como materia prima para la producción de óleos, barnices, recubrimientos de superficies a base de aceites y linóleo. También se utiliza, en una menor medida, para modificar las resinas alquídicas (aceite de linaza alquídica) y en la preparación de jabones, masillas, tintas de imprenta, linimentos y hace algunos años que se lo está utilizando para elaborar Biocombustibles. En la actualidad, los principales países productores son los que bordean el río de Plata, junto con los EE.UU, Canadá, India, Egipto, la antigua Unión Soviética y, en menor medida, Bélgica, Holanda, Francia y, recientemente y de nuevo Alemania; países donde la tierra es del tipo aluvial ya que estas son fiables y contienen una gran proporción de materia orgánica.

Figura 1.10 Linaza
Fuente: JANSEN Rutz,Technology Handbook.EEUU p. 82

1.7.8.5- Maíz

"EL maíz es el principal cereal utilizado para la alimentación de América Central, América del Sur y gran parte de África. Produce un volumen de 172 litros por hectárea.

Con esta cifra el maíz se ubica en la última ubicación de las fuentes vegetales del Biodiesel. Además de los 800 usos que ya tiene el maíz, desde la alimentación humana y animal hasta la industria farmacéutica, en el mundo se están explorando dos aplicaciones interesantes para el cultivo, tales como la elaboración de plásticos y biocombustibles no contaminantes"[30]

"En Ecuador la producción de maíz es de 595 mil TM aproximadamente, en condiciones normales concentrándose principalmente en la Costa con el 78% de la superficie (Los Ríos 32%, Manabí 22% y Guayas 21%); en la Región Sierra un 14%, ubicadas básicamente en Loja (8%); en la Amazonía un 6% y en las denominadas zonas no asignadas un 2%; la temporada de cosecha más alta se da en el invierno periodo comprendido de Abril hasta Julio de cada año."[31]

Figura 1.11 Maíz
Fuente: JANSEN Rutz, Technology Handbook,4ta edición.EEUU p. 85

[30] JANSEN Rutz, Technology Handbook, EEUU p. 85

[31] [En Línea]:http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/panorama_cadena2002.html.Acceso:30 Agosto del 2010.

1.7.8.7.- Microalgas:

"Las microalgas son células unitarias microscópicas acuáticas en forma de planta, las cuales tienen un gran potencial para producir grandes cantidades de lípidos (plantas de aceite) los cuales sirven como fuentes alternativas de energía; estas pueden ser cultivadas en agua salada de baja calidad o en aguas residuales cargadas de nutrientes, lugares donde no hay cantidad o calidad de suelos para realizar los cultivos alimenticios convencionales.

Figura 1.12 Algas
Fuente: J MARUNEZ Andrew,2005.Plantas Marinas .Mexico.P 49

Las aproximadamente 50 especies de algas estudiadas hasta el momento (sólo el 1,5 por ciento de las existentes) dan origen, entre otros a bioproductos relacionados con la industria farmacéutica, cosmética, la alimenticia, la de producción de fertilizantes, el acondicionamiento de suelos para agricultura, la depuración de aguas residuales y en la actualidad a biocombustibles. Las microalgas son capaces de producir más de 25 veces la cantidad de aceite (por año por unidad de área de tierra) cuando se la compara contra las mejores fuentes terrestres productoras de aceite, además una vez que se extrae el aceite queda un material rico en proteínas y carbohidratos que se pueden utilizar para alimentación animal.

Mucha de la materia orgánica que hoy contiene el petróleo se formo a base de aglutinamientos de algas que poblaban lagos y mares prehistóricos. Estos gigantescos depósitos se enterraron por los sedimentos, para luego por la acción de la alta presión, temperatura y millones de años transformarse en petróleo.Hoy en día el proceso puede reducirse a solo unos días simplemente cultivando algas en estanques y extrayendo directamente el aceite. El Biodiesel de algas puede proporcionar varios quad sin problemas (1 quad=1 cuadrillón de Btus) utilizando estanques de áreas de

aproximadamente 200.000 hectáreas representando menos del 0.1 % del área del planeta."[32]

1.7.8.7.- Grasas Animales:

"Las grasas animales son subproductos de carne, industrias pesqueras, de ganado, cerdo y pollo, debido a los precios bajos del menudeo, estos subproductos puede ser una fuente creciente de materia prima para la producción de Biodiesel; sobre todo para remplazar los combustibles fósiles. Debido a varias enfermedades presentes en los animales hay productos que ya no se pueden utilizar para el consumo o venta al público, razón por la cual estos productos incrementan la capacidad de elaborar Biodiesel ya que en vez de desecharlos se los utiliza en la fabricación de los biocombustibles.

El problema de estas fuentes es la discontinuidad de suministro, siendo posible que un volumen alto de material esté disponible seguido por un periodo de sequia de suministro. No obstante todas estas grasas animales, son caracterizadas por altas cantidades de ácidos grasos saturados que producen metilesteres con pocas propiedades a temperaturas frías, lo cual traería problemas en el invierno; pero el alto grado de saturación hace que las grasas animales sean excelentes metilesteres en la elaboración de un combustible como el Biodiesel.

El usar partes de animales no es un aspecto ético en la elaboración del Biodiesel, ya que la indignación pública podría levantarse; y además no se espera que las grasas animales sean un gran contribuyente al momento de elaborar un Biocombustible. En los EEUU estas grasas han generado alrededor de 11 mil millones de libras de grasas animales las cuales teóricamente son suficientes para producir 1.5 millones de galones de Biodiesel. Al elaborar Biodiesel a partir de grasas animales se logra disminuir significativamente los residuos de Oxidos Nitrosos (Nox)."[33]

---

[32] GREG Phal, 2008 Biodiesel growing a new energy economy, Canada. pp. 10-13
[33] Mittlbach M. Remschmidt C, 2007 Biodiesel, the Comprehensive Handbook, p. 27

1.7.8.8.- Aceites Desechados:

"Hay una gran variedad de aceites desechados disponibles para la elaboración del Biodiesel, en general estos aceites son baratos y además ayudan ambientalmente pues se recicla los mismos en vez de descargarlos en basureros o en determinados lugares, ya que si un solo litro de aceite doméstico entra en contacto con el agua puede contaminar mil litros de la misma, y provocar importantes alteraciones en los ecosistemas naturales. Por ejemplo, se puede adherir a las agallas de los peces, y en la superficie de los ríos crear una capa que deteriore su oxigenación. La cantidad disponible de aceites y grasas usados (conocidos también como *grasa amarilla*) depende de la población humana y de sus hábitos de consumo alimenticio.

El origen del aceite puede ser caracterizado por tres tipos:

- ✓ Aceite reciclado de casas y restaurantes
- ✓ Aceite reciclado de industrias de alimentos
- ✓ Aceite reciclado de industrias no alimenticias

Los aceites de canola, soya, palma, coco y girasol son los aceites reciclados más frecuentemente para la elaboración de Biodiesel. El uso de estos aceites reciclados requiere un proceso adicional, un filtrado para decantar los residuos y manejar los ácidos producidos a elevadas temperaturas. Además se debe considerar que el uso de aceites reciclados como el aceite de cocción usado es un gran recurso económico para la producción de Biodiesel."[34]

En el Ecuador este tipo de materia prima sería una de las más importantes para la elaboración de Biodiesel, para esto se deberá implementar un programa de recolección de aceites residuales, recogiéndolo de restaurantes, bares, industrias, mercados y demás; ya que aparte de producir un combustible amigable con el medio ambiente se pueden desarrollar subproductos con la glicerina sobrante como es el caso de jabones, ceras entre otros.

---

[35] MITTLBACH M. REMSCHMIDT C,2004 Biodiesel the Comprehensive Handbook,Canada p. 33

1.8. – Conclusiones

- Con los argumentos antes citados se puede concluir que el beneficio medio ambiental del uso del Biodiesel con respecto al Diesel fósil es altamente significativo, porque disminuye la emisión de partículas contaminantes y utiliza como materia prima productos desechados tal es el caso del aceite de cocción usado.

- Un aspecto muy importante del Biodiesel es que se puede elaborar de diversos productos de origen orgánico vegetal como el aceite de palma, piñon los cuales predominan en nuestro país, el coco, el girasol, grasas animales, entre otros y no depende de una sola fuente; como es el caso de los combustibles fósiles que se derivan del petróleo únicamente.

- Cabe recalcar que este Biocombustible tiene propiedades similares al Diesel convencional con algunas excepciones, las mismas que influyen en el comportamiento de un motor presentando por ejemplo disminución de PM(Partículas en Suspensión), retardo al encendido, mayor capacidad de lubricación entre otras.

- El uso del B100 (Biodiesel al 100%) no es recomendable en la actualidad ya que su costo es elevado, además genera ciertos inconvenientes en los motores como incremento en el consumo, disminución de potencia, oxidación de ciertos elementos, y dilución de polímeros.

- Además la producción en serie del Biodiesel generaría escasez e incremento de precios en determinados productos agrícolas como el maíz, soya, y maní.

- Con el uso y fabricación del Biodiesel en nuestro país, se incrementaría las plazas de trabajo como es el caso de industrias La Fabril la cual genera cerca de

180 mil plazas de trabajo de las cuales 90 mil son empleos directos, además se fortalece el sector rural evitando así la migración.

CAPITULO 2

ELABORACIÓN DEL BIODIESEL

2.1-Reacciones en la Producción De Biodiesel

2.1.1-Reacciónes de Transesterificación[35]

Llamada también alcohólisis se basa en la reacción de moléculas de triglicéridos con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol, butanol) para producir esteres y glicerina este sub-producto puede ser utilizada en la industria cosmética, alimenticia, farmacéutica, etc.

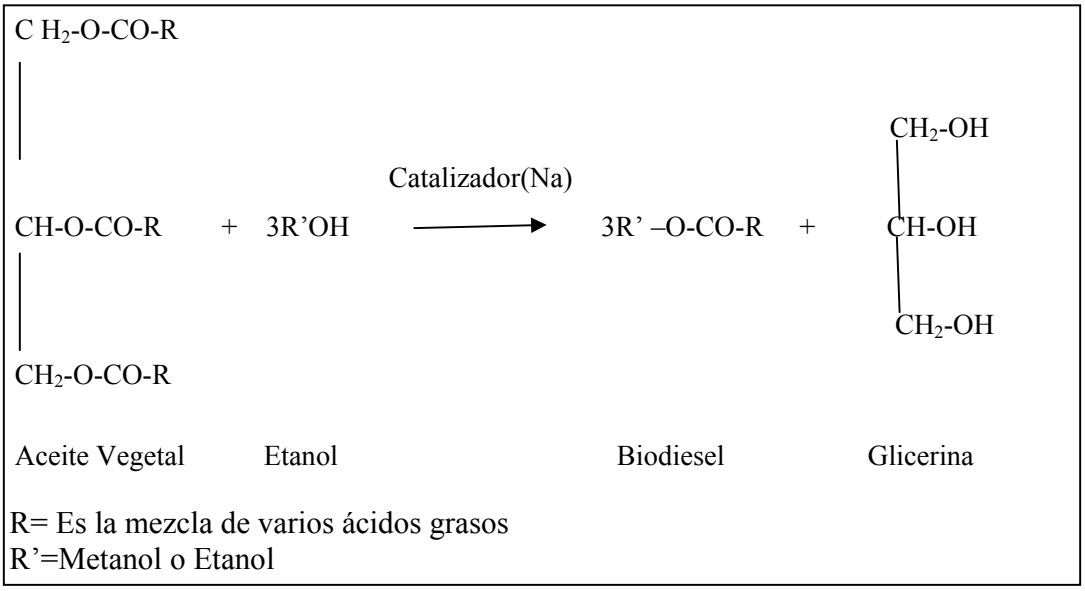


Figura 2.1 Reacción de Transesterificación
Fuente: GERMEN Jon Van, 2006 The Biodiesel Handbook. EEUU. p.36

[35] GARCÍA Camus, GARCÍA ,2007. Biocarburantes Liquidos Biodiesel y Etanol Mexico ,p. 41

La reacción de transesterificación, que se presenta en la figura 2.1**,** se desarrolla en una proporción molar de alcohol a triglicérido de 3 a 1, reaccionando en la etanólisis 1 mol de triglicérido con 3 moles de alcohol (aunque se añade una cantidad adicional de alcohol para desplazar la reacción hacia la formación del éster etílico). El triglicérido es el principal componente del aceite vegetal o la grasa animal.

En la siguiente grafica se presentan las diferentes reacciones que tienen lugar en la transesterificación, la cual consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. En esta reacción el aceite vegetal o triglicérido mas 3 moléculas de etanol que reaccionan con el catalizador(Na) dan como resultado una molécula de Biodiesel y un diglicerido.

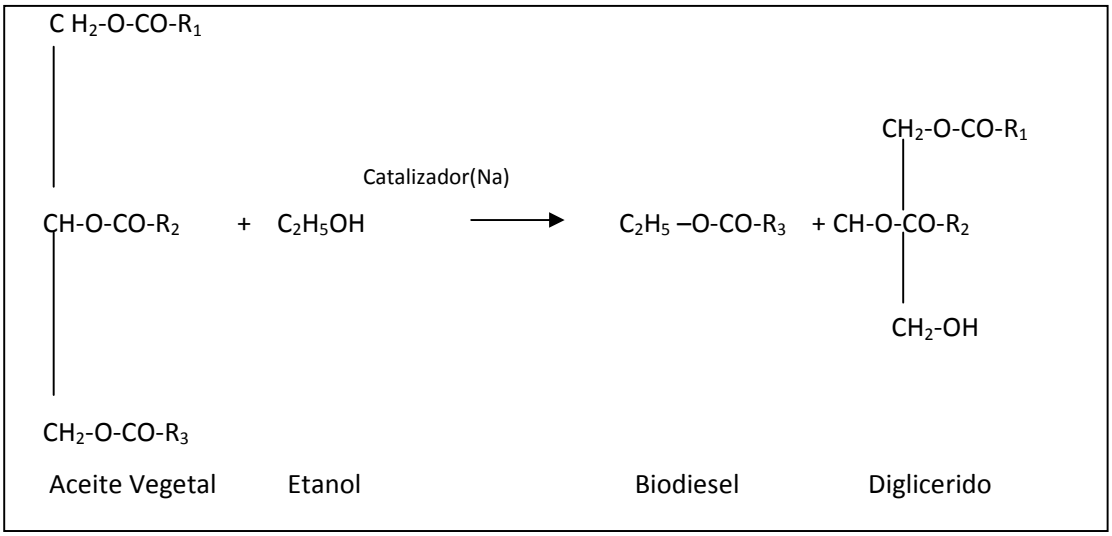


Figura 2.2 Reacción de Transesterificación Aceite vegetal+Etanol=Biodisel+Diglecerido

La segunda reacción está compuesta por un mol diglicerido mas 2 moles de etanol dando como resultado 2 moles de Biodiesel y un mol monoglicerido.

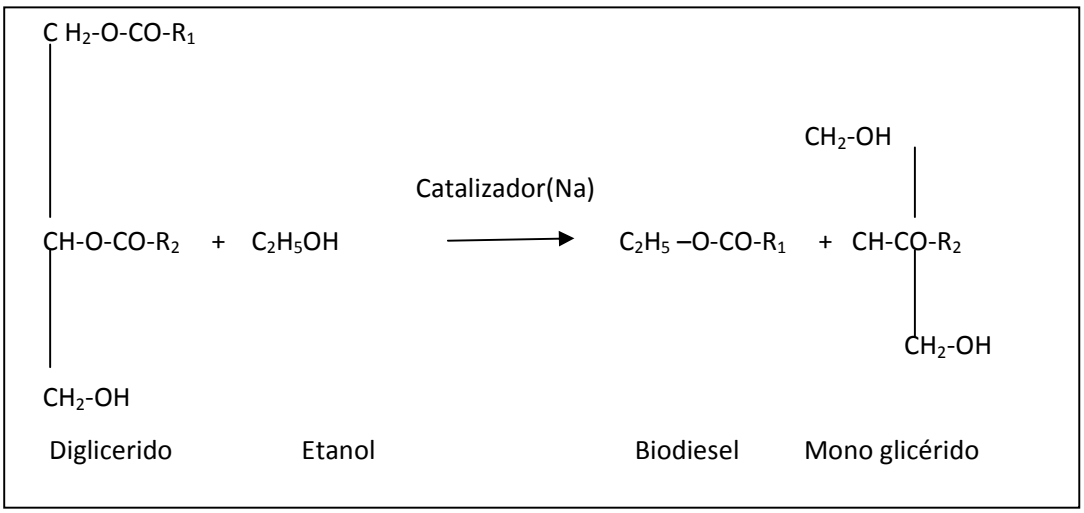


Figura 2.3 Reacción de Transesterificación Diglicerido +Etanol=Biodiesel +Monoglicerido

En esta última reacción una molécula de monoglicerido más una molécula de etanol reacciona con el catalizador formando un mol de Biodiesel y glicerina con esta última reacción se completa las 3 reacciones que se producen en la transesterificación.

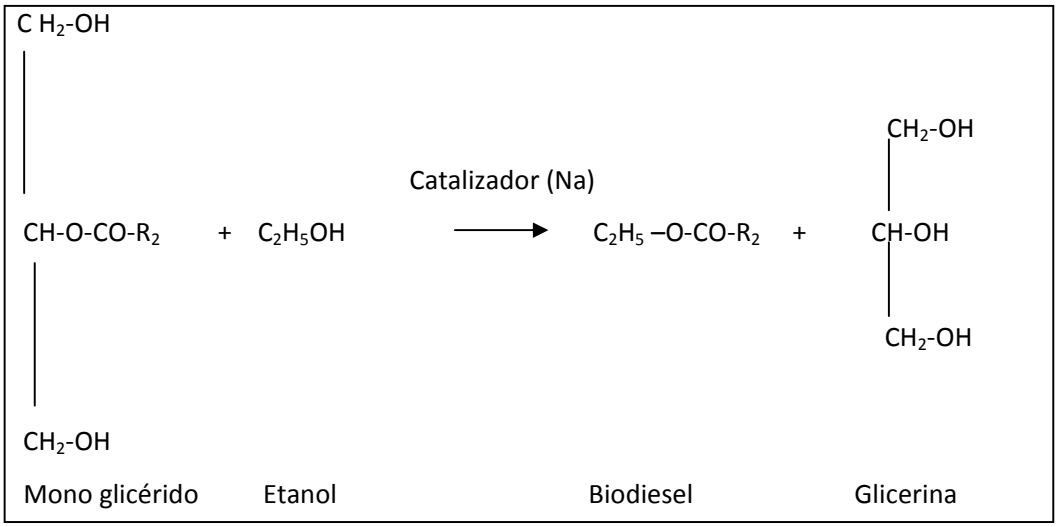


Figura 2.4 Reacción de Transesterificación Monoglicerido+Etanol=Biodiese+Glicerina

2.1.2.- Reacción Secundaria de Saponificación[36]

La saponificación está favorecida cuando se utiliza el hidróxido potásico o sódico, ya que sus moléculas contienen los grupos OH responsables de esta reacción. Cuando se utilizan estos catalizadores, se debe tener especial precaución con las condiciones de reacción especialmente con la temperatura y la cantidad de catalizador básico con él se reduce al máximo la saponificación. Por este motivo se debe eliminar el agua mediante evaporación, en los aceites con altos contenidos en humedad antes de llevar a cabo el proceso de transesterificación.

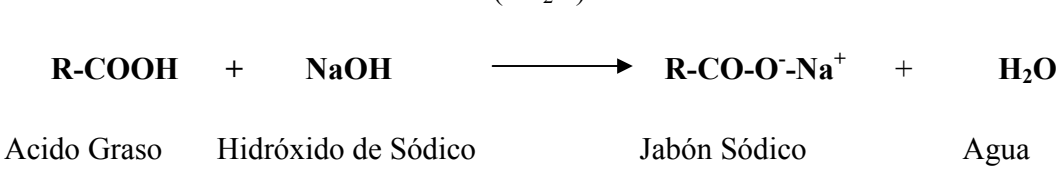


Figura 2.5 Reacción de Saponificación

2.2.- Procesos en la Producción Industrial de Biodiesel[37]

A continuación se describe los diferentes procesos para la producción de biodiesel entre los que se incluyen el proceso de transesterificación y de esterificación, aunque este último habitualmente se utiliza en combinación con el de transesterificación a partir de los ácidos grasos, subproductos de este proceso, para la producción de biodiesel y finalizar con el proceso en condiciones supercríticas donde no es necesario añadir catalizadores. El proceso se elige en función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad, recuperación del alcohol y del catalizador.

2.2.1.- Proceso de Transesterificación

Es el proceso más usado en la actualidad para la producción de biodiesel debido a su factibilidad en el proceso de producción. Los reactivos como el aceite vegetal, el

[36] GERMEN Jon Van 2006, The Biodiesel Handbook,EEUU P.46
[37] GARCÍA Camus, GARCÍA.2007, Biocarburantes Líquidos Biodiesel y Etanol, México p. 49

catalizador y el etanol son vertidos en el reactor en donde son sometidos a temperaturas alrededor de 50ºC a 70 ºC con agitación constante por alrededor de 3 a 4 horas, para luego proceder a decantar, en donde se divide el biodiesel y la glicerina, el alcohol en exceso puede ser reutilizado para otro proceso o si es desechado debe ser tratado para eliminar la acidez adquirida por el catalizador.

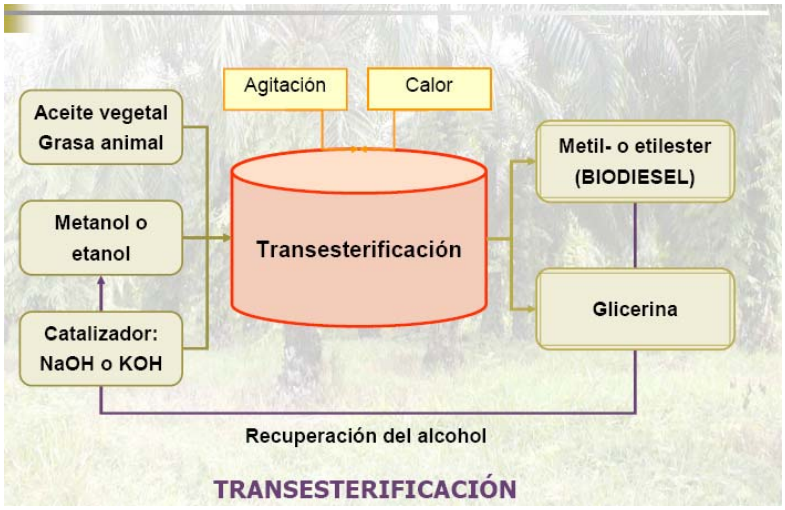


Figura 2.6 Proceso de Transesterificación
Fuente: PAREJA Paul,2006 Producción de Biodiesel, México. Pag .5

2.2.2.-Proceso Discontinuo

Es el método más simple para la producción de Biodiesel. Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo, las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65ºC. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0,3% al 1,5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase Ester. Cuando se utilizan catalizadores ácidos se requiere temperaturas elevadas y tiempos largos de reacción.

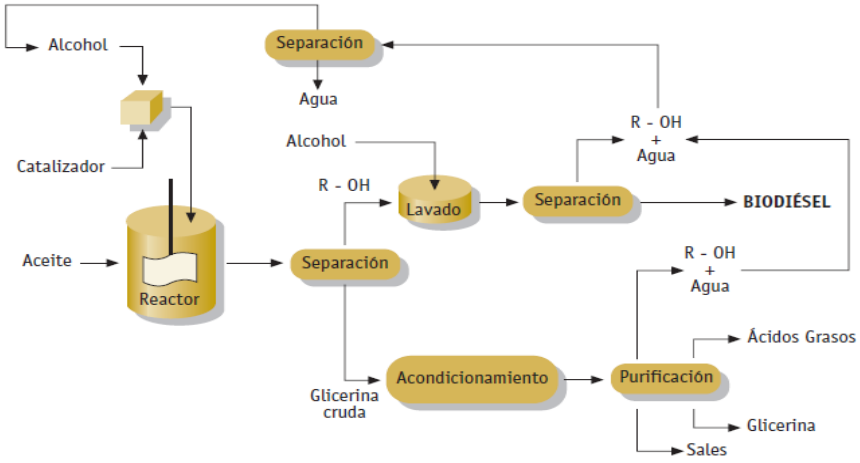


Figura 2.7 Diagrama de Bloques de un Proceso de Transesterificación en Discontinuo
Fuente: GARCÍA Camus,2007. Biocarburantes Líquidos: Biodiesel y Etanol,Mexico pag.50

2.2.3.- Proceso Continuo

Una variación del proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR, *Continuous Stirred Tank Reactor*. Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr aumentar los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de glicerol en el decantador la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida, con un porcentaje del 98% de producto de reacción.

Un elemento esencial en el diseño de los reactores CSTR es asegurarse que la mezcla se realiza convenientemente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante. Esto tiene el efecto de aumentar la dispersión del glicerol en la fase éster.

Existen diversos procesos que utilizan la mezcla intensa para favorecer la reacción de esterificación. El reactor que se utiliza en este caso es de tipo tubular. La mezcla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, *Plug Flow Reactor (PFR)*, se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie. El resultado es un sistema continuo que requiere tiempos de residencia menores (del orden de 6 a 10 minutos) con el consiguiente ahorro, al ser los reactores menores para la realización de la reacción.

Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión.

En la figura 2.8 se presenta un diagrama de bloques de un proceso de Transesterificación mediante reactores de flujo pistón.

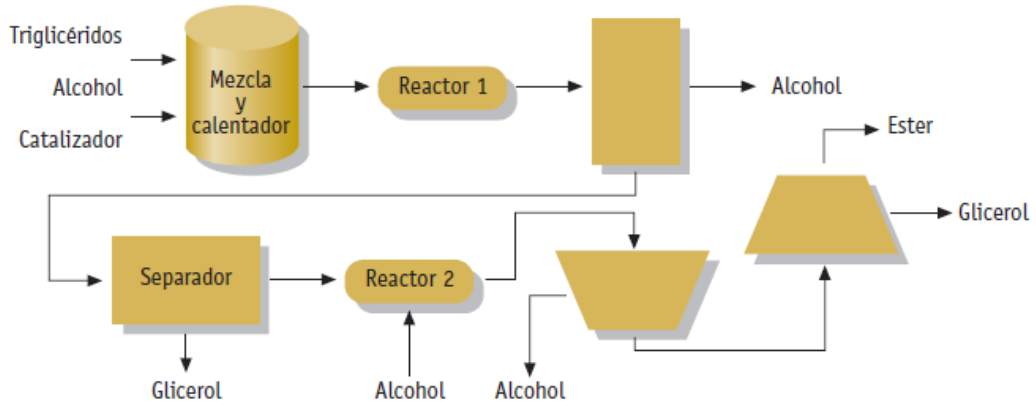


Figura 2.8 Diagrama de Bloques de un Proceso de Transesterificación en Continuo .
Fuente: GARCÍA Camus,2007, Biocarburantes Líquidos Biodiesel y Etanol,mexico pag.50

2.2.4.-Proceso de Esterificación

El más común consiste en el calentamiento de una mezcla del alcohol y del ácido correspondiente, en los procesos de esterificación se suelen utilizar catalizadores ácidos con ácido sulfúrico, utilizando el reactivo más económico en exceso para aumentar el rendimiento. El ácido sulfúrico sirve en este caso tanto de catalizador como de sustancia higroscópica que absorbe el agua formada en la reacción. A veces es sustituido por ácido fosfórico concentrado.

En la práctica este procedimiento tiene varios inconvenientes. El alcohol puede sufrir reacciones de eliminación formando olefinas, esterificación con el propio ácido sulfúrico o deformación del éter y el ácido orgánico puede sufrir decarboxilación.

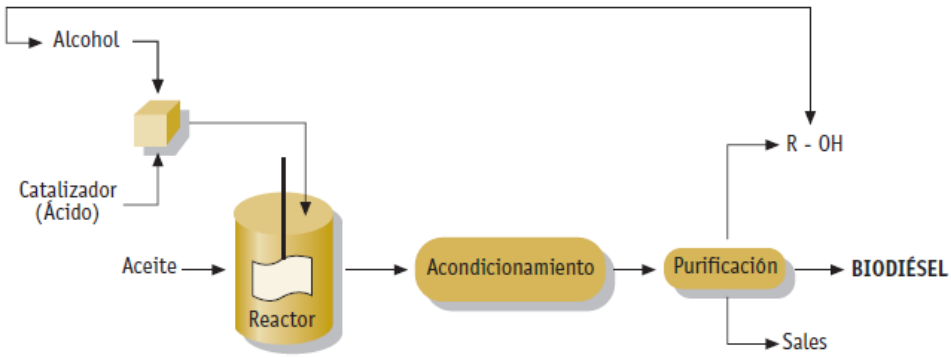


Figura 2.9 Proceso de Esterificación
Fuente: GARCÍA Camus, 2007, Biocarburantes Líquidos Biodiesel y Etanol, Mexico p. 52

2.2.5.- Proceso en Condiciones Supercríticas

Cuando un fluido o gas es sometido a temperaturas y presiones que exceden su punto crítico, aparecen una serie de propiedades inusuales. Desaparece la diferencia entre la fase líquida y vapor, existiendo sólo una fase de fluido presente además, los disolventes que contienen grupos OH como el agua o alcoholes primarios, toman las propiedades de súper ácidos. Un ejemplo del sistema sin catalizadores es el que utiliza una elevada relación de alcohol: aceité (42:1). Bajo condiciones supercríticas (350 a 400ºC y P>80 atm) la reacción se completa en 4 minutos. Los costos de instalación, operación son más altos y la energía consumida mayor, por lo que aunque los resultados mediante este proceso son muy interesantes, el escalado de estas instalaciones a nivel industrial puede ser difícil.

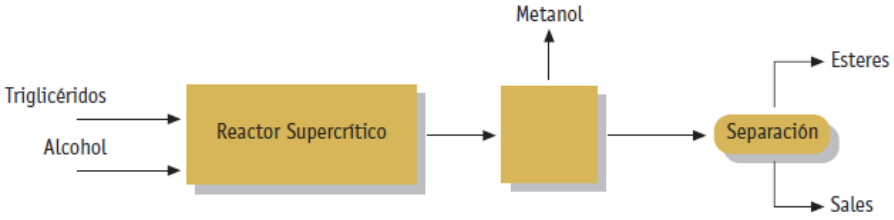


Figura 2.10 Proceso en Condiciones Supercríticas
Fuente: GARCÍA Camus, Biocarburantes Líquidos Biodiesel y Etanol, México Pag 53

2.3.-Materia Prima.

2.3.1.-Aceite de Cocción Usado

El aceite de cocina usado se viene utilizando desde hace algún tiempo atrás como materia prima en la industria farmacéutica (elaboración de jabones, ambientales entre otros productos) y un porcentaje menor es vertido a las alcantarillas contaminando al medio ambiente. En la actualidad a este tipo de aceite tiene una aplicación muy importante en el campo energético, ya que el mismo es procesado para luego ser convertido en Biodiesel, un combustible de similares características al Diesel pero de menor contaminación.

El aceite de cocción usado contiene grandes porcentajes de triglicéridos, ácidos grasos, agua e impurezas, para poder ser reutilizado tiene que ser filtrado, calentado para eliminar el agua y utilizar catalizadores más costosos como el Sodio(Na)y de esta manera evitar reacciones de saponificación (formación de jabones), que disminuyen el rendimiento y la calidad del Biodiesel.

Figura 2.11 Aceite de Cocción usado

2.3.2.-Sodio (Na)[38]

El sodio es un elemento químico de símbolo Na número atómico 11, a causa de su gran actividad química no se encuentra libre sino combinado, entre sus compuestos mas importantes son la sal gema o cloruro de sodio, la sosa sódica y muchos silicatos. Es un metal blando y maleable cuando se lo corta presenta una superficie blanca con brillo metálico, pero expuesto al aire, sobre todo húmedo se oxida rápidamente y se recubre de una capa blanca constituida por una mezcla de hidróxido y carbonato sódico por ello para la conservación en el laboratorio es sumergido en gasolina. Arde con llama de color amarilla, es un reductor energético y se descompone violentamente en el agua desprendiendo hidrogeno y formando NaOH (Hidróxido de sodio). Actualmente se obtiene por electrólisis del NaOH (Hidróxido de sodio) y también del NaCl(cloruro de sodio).

Figura 2.12 Sodio(Na)

Sinónimos :	Sodio - Sodio Elemental - Sodio Metal.
Fórmula Química :	Na
Concentración :	99.0%
Peso molecular :	22.99
Grupo Químico :	Sodio Elemental.
Estado Físico :	Sólido.
Color	Blanco

[38] PUIGSERVER Sebastian,2006 Metales Alcalinos, Argentina.p. 201

Apariencia :	Metal color plateado
Olor :	Sin olor.
pH :	Alcalino.
Temperatura de Ebullición :	881.4°C
Temperatura de Fusión :	97.8°C
Densidad (Agua1) :	0.968 kg/L a 20°C
Presión de Vapor :	1.2 mmHg a 400°C-0-0
Densidad de Vapor (Aire1) :	0.003 a 900°C
Solubilidad :	Se descompone violentamente con el Agua.

Tabla 2.1: Propiedades Físicas y Químicas del Sodio (Na)
Fuente: [En Línea]: http:// www.sesma.com/sodio/es/ .Acceso: 06 de Mayo 2010

2.3.3.-Etanol

Llamado también alcohol etílico o etanol es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Es transparente con un olor agradable característico. Se obtiene sintéticamente a partir del etileno por hidratación catalítica o por una reacción de adición de Ácido Sulfúrico e Hidrólisis posterior. El etanol también se produce por fermentación de productos naturales ricos en Hidratos de Carbono tales como caña de azúcar, papa, yuca, maíz, arroz, trigo, banano, cereales y productos con altos contenidos de almidón. Los cultivos microbianos tales como los de levaduras operando en circunstancias anaeróbicas (ausencia de aire) convierten los carbohidratos en una mezcla de etanol y CO2.

Figura 2.13 Etanol(C_2H_5OH)

Propiedades Físicas del Etanol (C_2H_5OH)	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	789 kg/m^3; 0,789 g/cm^3
Masa molar	46,07 g/mol
Punto de fusion	158.9 K (-114.3 °C)
Punto de ebullición	351.6 K (78.4 °C)
Temperatura crítica	514 K (°C)
Viscosidad	1.074 mPa·s a 20 °C.
Propiedades Químicas	
Acidez (pK_a)	15,9
Solubilidad en agua	Miscible
Compuestos relacionados	
Alcohols	Metanol, Propanol
Termoquímica	

$\Delta_f H^0_{gas}$	-235,3 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{líquido}$	-277,6 kJ/mol
$S^0_{líquido,\ 1\ bar}$	161,21 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
Peligrosidad	
Punto de inflamabilidad	286 K (13 °C)

Tabla 2.2: Propiedades Físicas y Químicas del Etanol
Fuente: [En Línea]: http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol ,Acceso: 16 de mayo 2010

2.4.-Diseño Factorial

2.4.1.-Introducción

El Diseño factorial Completo 2^k se utiliza para optimizar los procesos de fabricación, en condiciones de reacción y métodos de análisis entre otros, es necesario conocer qué variables influyen significativamente en el sistema y cómo afectan. A menudo esta información no está disponible y se generan experimentando. Por lo que primero se recogen en una lista todas las variables que podrían influir en la respuesta, a continuación, se realizan una serie de experimentos en los cuales se fijan las variables que no interesan, se anota el valor de las que no se pueden controlar y se varían las restantes. Finalmente, se obtiene la información comparando la variación de la respuesta entre experimentos.

2.4.2.-Planteamiento del Problema.-

Para la elaboración de biodiesel se utilizan, 4 factores el tiempo de transterificacion, la cantidad de litros de etanol, el aceite, y la cantidad de gr de sodio(Na), se realizaran 16

experimentos para encontrar cual es el factor mas ponderante al momento de elaborar Biodiesel, también deberemos encontrar cuales son las cantidades idóneas de cada factor para obtener un biocombustible con similares características al Diesel.

2.4.3.-Factores del Dominio Experimental.-

El dominio experimental es un factor continuo se expresa como los valores mínimo y máximo que puede tomar, se asigna la notación codificada –1 al nivel inferior y +1 al superior. El dominio experimental de un factor son los dos valores que se utilizaran para realizar los experimentos. Para conocer el efecto de un factor es suficiente con hacerlo variar entre dos valores. Además esta variación se debe realizar para cada posible combinación de los valores de los demás factores. Esto nos permite descubrir si el efecto depende, de qué valor tomen los otros factores.

FACTORES	DOMINIO EXPERIMENTAL	
	Nivel(-1)	**Nivel(+1)**
X_1=Tiempo de reflujo (horas)	12h	18h
X_2=Sodio (Na) gr	1gr	5gr
X_3=Aceite Usado en litros (L)	0.70L	1L
X_4= Alcohol (L)	1.0L	2.0L

Tabla 2.3: Factores Experimentales

2.4.4.- Matriz de Experimentos.-

Se realizara 2^8=16 experimentos en la que los factores tomaran valores tanto negativos como positivos teniendo una matriz de 16 posibles combinaciones

# Exp.	X1	X2	X3	X4
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1
3	-1	1	-1	-1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	-1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	-1
9	-1	-1	-1	1
10	1	-1	-1	1
11	-1	1	-1	1
12	1	1	-1	1
13	-1	-1	1	1
14	1	-1	1	1
15	-1	1	1	1
16	1	1	1	1

Tabla 2.4: Matriz Experimental

2.5.-Procesos de Elaboración del Biodiesel

2.5.1.-Construcción del Reactor

Para la elaboración del reactor se utilizó una olla de acero inoxidable en la cual se procedió a realizar las siguientes modificaciones;

I.-Se reforzó las manijas de sujeción colocando puntos de suelda de acero.

Figura 2.14 Refuerzo con Suelda

II.-Luego construimos un soporte de hierro con un espesor de 7 mm, de forma circular que sostendrá la tapa de la olla.

Figura 2.15 Soporte espesor 7mm

Figura 2.16 Soporte Circular

III.- Realizamos un agujero de 50 mm de diámetro para la inserción de un acople de goma del tipo cónico, donde se alojara un extremo del condensador de flujo.

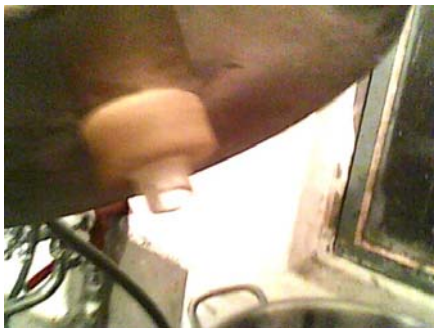


Figura 2.17 Acople de goma

IV.-Para evitar pérdidas de etanol se coloco un o-ring (anillo de caucho) alrededor de toda la tapa.

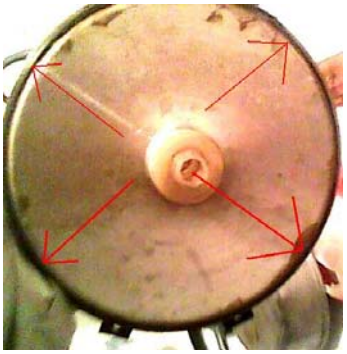


Figura 2.18 O-ring Circular

V.- El soporte circular de la tapa se sujeta a la olla por medio de 4 pernos.

Figura 2.19 Sujeción de la tapa

Figura 2.20 Sujeción con pernos y tuerca

VI.-Por ultimo colocamos 2 condensadores de flujo uno sobre el otro con el fin de no perder etanol al momento de la transterificación.

Figura 2.21 Reactor Terminado

2.5.2.-Destilación del Etanol

Para la elaboración de Biodiesel se necesita que el Etanol tenga una pureza del 95% se realizo una prueba mediante el Espectrómetro para determinar el nivel de pureza del mismo, comprobándose que el Etanol utilizado, tenía un gran porcentaje de agua; para la eliminación del mismo se realizo una destilación a una temperatura de 75C que es la temperatura en la que el Etanol se evapora, el vapor es dirigido hacia el condensador de

agua en donde se condensa para luego ser recogido en forma líquida como se observa en la figura.

Figura 2.22 Sistema de Destilación de Etanol

Se debe tener cuidado el no llenar demasiado el balón de destilación, debido a que el alcohol se dilata y produce una contra compresión al momento de ser sometido al calor, rebozando líquido y produciendo inflamación del mismo.

Figura 2.23 Nivel máximo de llenado del balón.

2.5.3-Prefiltrado del Aceite

Se realizó un primer filtrado en la cual se utilizó una malla filtrante de a fin de eliminar partículas grandes como resto de comida entre otras.

Figura 2.24 Eliminación de Impurezas del Aceite
Fuente:[En línea]: www.greasecar.com/article,Acceso: 06 Mayo 2010)

Posteriormente se procedió a calentar el aceite a una temperatura de 35ºC para disminuir la viscosidad del aceite y poder utilizar un elemento filtrante de 200 micrones.

2.5.4.-Medición de Acidez

Utilizamos laminas de Ph para medir la acidez del aceite y determinar la cantidad de Na(sodio) que se debe utilizar para el proceso de elaboración del Biodiesel.
Sumergimos las laminas en el aceite, esperamos 3 minutos y comparamos su coloración con la tabla de acides, el mismo tiene una acidez de 7 que indica que tiene pocos ácidos grasos.

2.5.5.-Mediciones de Reactivos

a).- Utilizando un vaso de precipitación medimos 1L de Etanol y 1L de Aceite dependiendo de la muestra a elaborar.

Figura 2.25 Medición de Aceite y Etanol

b).-Utilizamos la balanza electrónica para pesar el Sodio, el peso es 5 gr.

Figura 2.26 Sodio pesado en balanza Electrónica

Luego vertimos el Sodio en el Etanol hasta que se disuelva completamente, esta reacción desprende calor por lo que debemos tener cuidado para evitar quemaduras.

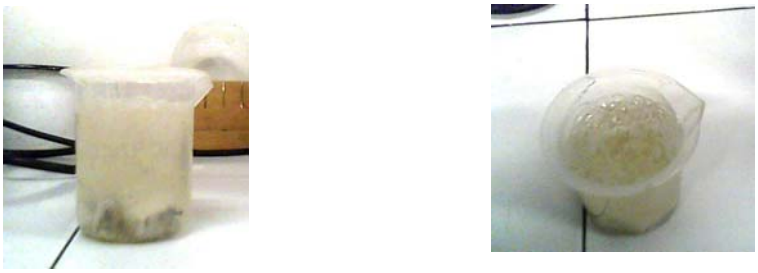


Figura 2.27 Mezcla de Sodio con Etanol

2.5.6.-Etapa de Transesterificación

En la olla procedemos a verter el etanol con el sodio diluido anteriormente y mezclarlo con el aceite, luego colocamos la tapa y verificamos el cierre hermético para evitar fugas de Etanol. La mezcla es sometida a temperatura de 85ºC por alrededor de 12 horas dependiendo de la muestra a elaborar.

2.5.7.-Proceso de Depuración

Después de haber terminado el proceso de cocción la muestra es vertida en el balón, a la cual se agrega agua destilada con acido sulfúrico y se procede agitar para luego dejar reposar durante un tiempo determinado (6 a 8 horas) a fin de que el etanol , el agua y la glicerina se ubican en la parte inferior del balón mientras que el biodiesel se ubica en la parte superior.

Figura 2.28 Muestra de Biodiesel

Luego de haber transcurrido dicho tiempo se procede a decantar la mezcla obteniendo subproductos como agua, etanol, glicerina, los cuales serán desechados obteniendo solo biodiesel el mismo se debe mantener en el balón a fin de realizar otro lavado y poder obtener un combustible de mayor calidad.

Figura 2.29 Separación del Biodiesel

2.5.8.-Proceso de Filtrado

Colocamos algodón en los embudos y vertimos el biodiesel, hasta que se filtre toda la muestra, posteriormente realizamos una inspección visual con el fin de garantizar que no existan impurezas, caso contrario se procede a filtrar nuevamente.

Figura 2.30 Filtrado de la muestras

2.6.-Mediciones

Una vez realizadas los 16 experimentos procedemos a medir la densidad, viscosidad y rendimiento.

2.6.1-Medición de Viscosidad

Una vez terminado las 16 muestras, procedemos a medir su densidad y viscosidad para la cual utilizamos el viscosímetro. En donde colocamos la muestra y medidos el tiempo que se demora en vaciar toda la muestra, realizamos 3 mediciones con la muestra para obtener la media resultante.

Figura 2.31 Viscosímetro

Figura 2.32 Medición del tiempo

2.6.2.-Pesar el Volumen de Biodiesel

Procedemos a verter el biodiesel en la tara(recipiente metálico con capacidad de 100 cc) para luego proceder a colocarlo en la balanza electrónica y poder tomar su peso.

Figura 2.33 Pesado de la muestra de Biodiesel

2.6.3.-Calculo de densidad y viscosidad

Una vez terminado los 16 experimentos se procedió con la tabulación de los 16 experimentos.

Con las siguientes fórmulas calculamos la densidad y viscosidad.

DENSIDAD:

D=Densidad m=masa en gr v= cm³

D=m/v

VISCOSIDAD:

Tm=Tiempo medio ∫=Densidad η=Viscosidad

T_{H2O}=Tiempo del Agua

$$\eta = \frac{T_m(\int x100)}{T_{H2O}}$$

En la siguiente tabla se tabulan el rendimiento en volumen, la densidad y viscosidad de todos los 16 experimentos obtenidos de la tabla 2.4 y 2.3 utilizando las variables (+1,-1)

# Exp.	Biodiesel (ml)	d (gr/cm³)	η (cts)
1	180	0.92	206.6
2	200	0.92	202.5
3	190	0.905	135.66
4	220	0.875	91.73
5	120	0.206	49.76
6	155	0.934	219.67
7	470	0.876	95.56
8	700	0.875	96.30
9	165	0.916	185.37

10	230	0.845	86.67
11	480	0.831	83.68
12	350	0.856	86.82
13	150	0.886	94.76
14	130	0.953	234.19
15	520	0.846	84.27
16	700	0.85	86.56

Tabla 2.5: Valores de Volumen, Densidad, Viscosidad

2.6.4.-Calculo de probabilidades

Para calcular los resultados multiplicamos cada respuesta por cada efecto y la suma se divide para el número de experimentos realizados en este caso 16

Respuestas	Densidad
$Y_{1=}$	0.92
$Y_{2=}$	0.92
$Y_{3=}$	0.905
$Y_{4=}$	0.875
$Y_{5=}$	0.206
$Y_{6=}$	0.934
$Y_{7=}$	0.876
$Y_{8=}$	0.876
$Y_{9=}$	0.916
$Y_{10=}$	0.912
$Y_{11=}$	0.831
$Y_{12=}$	0.856
$Y_{13=}$	0.886
$Y_{14=}$	0.953
$Y_{15=}$	0.846
$Y_{16=}$	0.85

Tabla 2.6: Tabla de Respúestas

$$\mathbf{X1,X3} = (1)y_1 + (-1)y_2 + (1)y_3 + (-1)y_4 + (-1)y_5 + (1)y_6 + (-1)y_7 + (1)y_8 + (1)y_9 + (-1)y_{10} + (1)y_{11} + (-1)y_{12} + (-1)y_{13} + (1)y_{14} + (-1)y_{15} + y_{16}\,(1) / 16$$

X1,X3=-0.04548

Repetimos la misma operación por cada efecto obteniendo como resultado la siguiente.

Factor	Coef	Prob
x1x3	-0.04548	0.066667
x1x4	-0.04543	0.133333
x1x3x4	-0.03656	0.2
x2x4	-0.03525	0.266667
x2x3x4	-0.02606	0.333333
x1	-0.00634	0.4
x3	-0.00316	0.466667
x3x4	0.009931	0.533333
x1x2x3	0.021698	0.6
x2x3	0.023677	0.666667
x1x2x4	0.026421	0.733333
x1x2	0.031089	0.8
x1x2x3x4	0.057838	0.866667
x4	0.062108	0.933333
x2	0.185642	1

Tabla: 2.6 Valores de Coeficiente y Probabilidad

El conjunto de datos son presentados en un diagrama de dispersión versus la probabilidad.

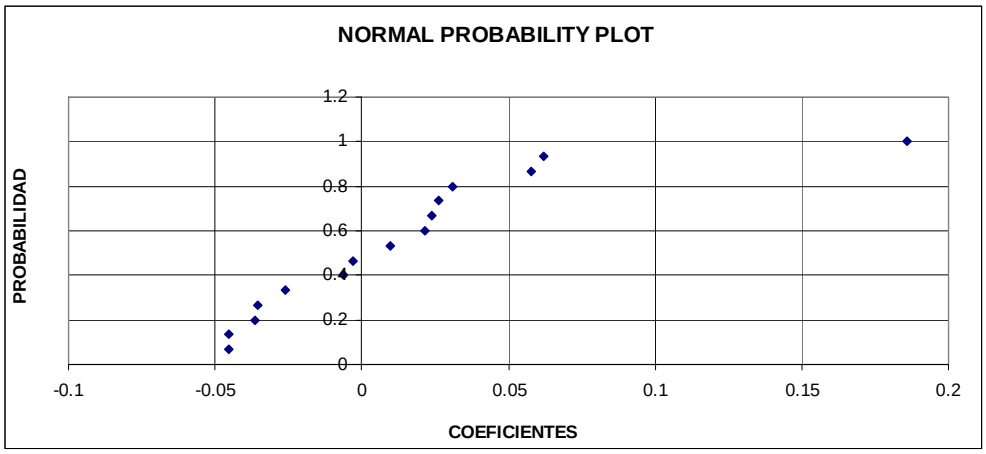


Figura 2.34. Diagrama de Dispersión en Excel

2.6.5.-Análisis de resultados

Se determino que la variable más determinante fue X2 = Sodio (gr), como se puede observar en la grafica el punto más lejos es el punto: (0.185642 , 1).

Por lo que esto nos indica que la variable más influyente en la elaboración de biodiesel es X_2 que corresponde a la cantidad de Sodio.

El experimento #15 tiene la mayor similitud al diesel cuyas características son las siguientes:

Densidad Diesel	Viscosidad Diesel	Densidad Experimento #15	Viscosidad Experimento #15
0.847gr/cm^3	90.62	0.846gr/cm^3	84.27

Tabla 2.7: Características entre el Diesel y el Experimento 15

Luego de esto procedemos a realizar 2 experimentos mas con el fin de poder determinar, si la muestra 15 es el punto máximo de la experimentación para la cual las variables tomaran los siguientes valores:

Experimento # 17		Experimento # 18	
$X_{1=Tiempo}$	6H	$X_{1=Tiempo}$	6H
X_2=Sodio	7	X_2=Sodio	8
X_3=Alcohol	0.50L	X_3=Alcohol	0.50L
X_4= Aceite	1L	X_4= Aceite	1L

Tabla 2.8: Experimentos adicionales N°17,N°18

Después de haber realizado los 2 experimentos se obtuvieron las siguientes respuestas:

# Exp.	% Rend. (ml)	d (gr/cm³)	η (cts)
17	650	0.835	85.6
18	800	0.82	79.5

Tabla 2.9 Resultados del Experimento Nª-17 y Nª-18
Fuente: Los Autores

En estos 2 experimentos se coloco cantidades de sodio entre 7gr y 8 gr en las cuales se puede observar que el aceite baja la viscosidad y la densidad del alcohol, además el alcohol se une con todas las moléculas del aceite y se produce poca glicerina.

2.7.-Conclusiones

- La mejor muestra elaborada fue la N-15 que para su elaboración se utilizó 5gr de sodio, 1L de aceite, 2L de alcohol y tiempo de transterificacion igual a 12 horas.
- Para elaborar Biodiesel se utilizó Etanol que no es tóxico, evitando que en su elaboración produzca gases contaminantes que perjudiquen a la salud de las personas que lo elaboran.

- Con esta investigación se pudo conocer cuales son los procesos para la elaboración de Biodiesel con Etanol, dando un aporte científico para el desarrollo de combustibles renovables.

- Mediante la estadística observamos que la variable X_2 igual a catalizador(Na) se encuentra distante de la recta, esto nos indica que es el factor principal para la elaboración de Biodiesel, además el tiempo que se utilizó en los experimentos fue de 12 y 18 horas, sin embargo X_1 es un factor que no es determinante, por estar dentro de la recta de regresión, lo que un tiempo de transterificacion 6 horas será suficiente.

- Como uno de los efectos negativos del uso del etanol para la producción de Biodiesel es que para su transformación se necesita altas temperaturas por periodos largos de tiempo sin embargo esto puede ser compensado por que se utiliza un elemento renovable en la naturaleza.

- Para finalizar podemos decir que si bien el costo del galón de Biodiesel es elevado frente al Diesel, el beneficio medio ambiental es alto debido a que se produjo un combustible alterno a partir de un desecho, también en su producción se utilizó un producto renovable como el Etanol y a su vez este combustible alterno disminuirá las emisiones y partículas contaminantes.

CAPITULO 3

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, OPACIDAD Y DIAGNOSTICO DE COMPONENTES

3.1.-Características del Motor de Pruebas.

El motor en el cual se realizan las diversas pruebas es un motor marca NISSAN DIESEL SD-23; propiedad de la Universidad del Azuay con las siguientes características:

Motor Nissan Diesel SD-23	
Tipo	4 en línea
Cilindraje	2289 cm^3
Orden de Encendido	1-3-4-2
Sistema de Inyección	Indirecta
Tipo de Bomba	Rotativa (Bosch kiki Tipo VE 104 740)
Relación de Compresión.	20.5 a 1
Tipo de Alimentación	Atmosférica
Potencia	50 kw a 4000rpm
Torque	102ft-lbs torque @1800rpm

Tabla 3.1: Características del Motor de Pruebas

3.2.- Mediciones con el Opacímetro.

Las mediciones de Opacidad se realizaron con el Equipo MAHA-MDO 2 Export perteneciente a la EMOV, departamento de la Municipalidad de Cuenca.

Figura 3.1 Opacímetro

El Equipo se compone de 2 elementos principales: el opacímetro (instrumento de medición) y un terminal de mano con la impresora para la representación gráfica y numérica de los resultados tomados.

El programa de medición está redactado de manera que se pueden realizar mediciones en aceleración libre; así como continúas bajo carga.

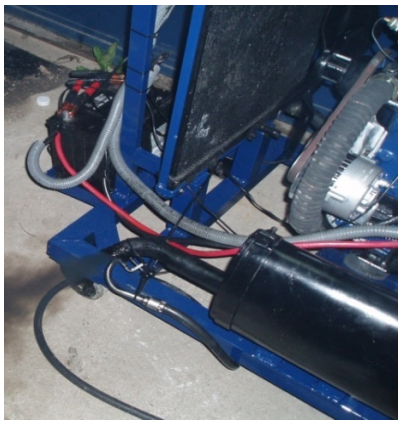


Figura 3.2: Colocación de la Sonda al Opacímetro y al Final del Escape

Figura 3.3: Calibración del Opacímetro

Antes de proceder a medir el porcentaje de opacidad, tomamos algunos parámetros con respecto al estado que se encuentra actualmente el motor, ya que de encontrarse una avería u otro problema, la prueba no tendría validez.

Compresión del Cilindro	**Valor (psi)**
1	220
2	220
3	220
4	220

Tabla 3.2: Compresión del Motor Nissan SD-23

En cuanto a los combustibles a utilizarse en la prueba de opacidad los enunciamos a continuación en la Tabla 3.3.

Denominación	Característica
Diesel Premium	100% Diesel Premium
B5	95% Diesel Premium y 5% Biodiesel
B20	80% Diesel Premium y 20 % Biodiesel
B50	50% Diesel Premium y 50% Biodiesel
B100	100% Biodiesel

Tabla 3.3. Combustibles de Prueba

En cuanto al proceso a seguir con cada combustible para la medida de opacidad nos regimos en la NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 2202:2007 (ANEXO 9), en la cual se indica la forma de medición. Cabe recalcar que cada valor de entubamiento (Medición de opacidad con la sonda) es respectivamente promediado en base a la sumatoria de las 5 muestras obtenidas, además en base a los valores de estas muestras obtenemos la desviación.

3.2.1.- Medición de Opacidad con Diesel Premium:

Muestra de Opacidad # 1 con Diesel Premium	
#	Entubamiento
1	67
2	69
3	63
4	67
5	66
Desviación Max.	$4\%^{-1}$
Valor Promedio	$65\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 2 con Diesel Premium	
#	Entubamiento
1	75
2	66
3	62
4	64

Desviación Max.	$4\%^{-1}$
Valor Promedio	$64\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 3 con Diesel Premium	
#	Entubamiento
1	65
2	65
3	62
Desviación Max.	$3\%^{-1}$
Valor Promedio	$64\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 4 con Diesel Premium	
#	Entubamiento
1	61
2	64
3	62
Desviación Max.	$3\%^{-1}$
Valor Promedio	$62\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 5 con Diesel Premium	
#	Entubamiento
1	57
2	62
3	63
Desviación Max.	$6\%^{-1}$
Valor Promedio	$61\%^{-1}$

Tabla 3.4: Cuadro de Entubamiento Diesel Premiun

- ✓ Valor Medio de las 5 mediciones obtenemos sumando todos los valores promedios y dividiendo para 5

$$\%\ Opacidad = \frac{\sum Valores\ Promedio\ de\ cada\ muestra}{5}$$

$$\%\ Opacidad = \frac{65 + 64 + 64 + 62 + 61}{5}$$

Valor de Opacidad con Diesel Premiun=63.2% Opacidad

3.2.2.- Medición de Opacidad con Biodiesel B5:

Muestra de Opacidad # 1 con B5	
#	Entubamiento
1	60
2	31
3	62
4	60
5	60
Desviación Max.	$2\%^{-1}$
Valor Promedio	$61\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 2 con B5	
#	Entubamiento
1	64
2	60
3	65
Desviación Max.	$5\%^{-1}$
Valor Promedio	$63\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 3 con B5	
#	Entubamiento
1	59
2	63
3	61
Desviación Max.	$4\%^{-1}$
Valor Promedio	$61\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 4 con B5	
#	Entubamiento
1	58
2	55
3	58
Desviación Max.	$3\%^{-1}$
Valor Promedio	$57\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 5 con B5	
#	Entubamiento
1	59
2	56
3	55
Desviación Max.	$4\%^{-1}$
Valor Promedio	$57\%^{-1}$

Tabla 3.5: Cuadro de Entubamiento B5 (Anexo 3)

✓ Valor Medio de las Muestras Obtenidas con B5:

$$B5 = \frac{B5.1 + B5.2 + B5.3 + B5.4 + B55}{5}.$$

$$B5 = \frac{61 + 63 + 61 + 57 + 57}{5}$$

B5=59.8%

✓ Reducción de Opacidad con B5

63.2% de opacidad es =100%

$$\frac{63.2}{59.8} = \frac{100\%\ de\ Opacidad}{x}$$

X_{B5} = 94.62%

Reducción de Opacidad = Opacidad del B5 – 100% de Opacidad con diesel premiun

Reducción de Opacidad= 94.62-100

Reducción de Opacidad con B5 = 5.32%

En esta medición con un combustible B5 obtenemos una reducción de opacidad de un 5.32% en relación al Diesel Premium, este valor es ventajoso porque se puede utilizar como un aditivo del Diesel, y además de ser usado para bajar el nivel de emisiones

contaminantes; no genera ningún tipo de avería al motor tanto en su funcionamiento como en el desarrollo del mismo.

3.2.3 Medición de Opacidad con Biodiesel B20:

Muestra de Opacidad # 1 con B20	
#	Entubamiento
1	55
2	40
3	53
4	51
5	51
Desviación Max.	$2\%^{-1}$
Valor Promedio	$52\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 2 con B20	
1	30
2	24
3	54
4	60
5	50
6	58
Desviación Max.	$10\%^{-1}$
Valor Promedio	$56\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 3 con B20	
#	Entubamiento
1	56
2	40
3	54
4	54
5	57
Desviación Max.	$3\%^{-1}$
Valor Promedio	$55\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 4 con B20	
#	Entubamiento
1	54
2	47
3	55
Desviación Max.	$8\%^{-1}$
Valor Promedio	$52\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 5 con B20	
#	Entubamiento
1	58

2	53
3	43
4	59
5	54
6	52
Desviación Max.	$7\%^{-1}$
Valor Promedio	$55\%^{-1}$

Tabla 3.6: Cuadro de Entubamiento B20 (Anexo 4)

✓ Valor Promedio de las Muestras Obtenidas con B20:

$$B20 = \frac{B20.1 + B20.2 + B20.3 + B20.4 + B20.5}{5}$$

$$B20 = \frac{52 + 56 + 55 + 52 + 55}{5}$$

B20 = 54%

✓ Reducción de Opacidad con B20 (ROB20)

$$\frac{63.2}{54} = \frac{100\%\ de\ Opacidad}{x}$$

X_{B20}=85.4%

ROB20 = Opacidad del B20 - Opacidad del Diesel Premium

ROB20 = 85.4-100

Reducción de opacidad con B20= 14.6%

La segunda medición se realizó con B20 reduciendo un 14.6% de Opacidad en referencia al Diesel Premium, que en niveles de emisión es un valor alto por el volumén de vehículos que utilizarían este combustible.

3.2.4.- Medición de Opacidad con Biodiesel B50:

Muestra de Opacidad # 1 con B50	
#	Entubamiento
1	46
2	48
3	52
Desviación Max.	$6\%^{-1}$
Valor Promedio	$49\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 2 con B50	
#	Entubamiento
1	54
2	45
3	32
4	47
5	47
6	49
Desviación Max.	$2\%^{-1}$
Valor Promedio	$48\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 3 con B50	
#	Entubamiento
1	31
2	52
3	49
4	52
Desviación Max.	$3\%^{-1}$
Valor Promedio	$51\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 4 con B50	
#	Entubamiento
1	60
2	40
3	45
4	49
Desviación Max.	$9\%^{-1}$

Valor Promedio	$45\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 5 con B50	
#	Entubamiento
1	47
2	53
3	46
Desviación Max.	$7\%^{-1}$
Valor Promedio	$49\%^{-1}$

Tabla 3.7: Cuadro de Entubamiento B50 (Anexo 5)

✓ Valor Medio de las Muestras Obtenidas con B50:

$$B50 = \frac{B50.1 + B50.2 + B50.3 + B50.4 + B50.5}{5}$$

$$B50 = \frac{49 + 48 + 51 + 45 + 49}{5}$$

B50 = 48.4%

✓ Reducción de Opacidad con B50 (ROB50)

$$\frac{63.2}{48.4} = \frac{100\% \ de \ Opacidad}{x}$$

X_{B50} =76.58%

ROB50 = Opacidad del B50 - Opacidad del Diesel Premium

ROB50 = 76.58 -100

Reducción de Opacidad con B50= 23.42%

Utilizando un combustible B50 la reducción de emisiones contaminantes se disminuye en un 23.42%, el limitante para su uso es la cantidad de materia prima y las modificaciones que se deben realizar en el motor.

3.2.5.- Medición de Opacidad con Biodiesel B100:

Muestra de Opacidad # con B100	
#	Entubamiento
1	34
2	53
3	35
4	48
5	43
6	37
Desviación Max.	$11\%^{-1}$
Valor Promedio	$43\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 2 con B100	
#	Entubamiento
1	41
2	45
3	50
Desviación Max.	$9\%^{-1}$
Valor Promedio	$45\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 3 con B100	
#	Entubamiento
1	41
2	37
3	32
Desviación Max.	$9\%^{-1}$
Valor Promedio	$37\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 4 con B100	
#	Entubamiento
1	42
2	32
3	28
Desviación Max.	$14\%^{-1}$
Valor Promedio	$34\%^{-1}$
Muestra de Opacidad # 5 con B100	
#	Entubamiento
1	40

2	39
3	34
Desviación Max.	$6\%^{-1}$
Valor Promedio	$38\%^{-1}$

Tabla 3.8: Cuadro de Entubamiento B100 (Anexo 6)

✓ Valor Medio de las Muestras Obtenidas con B100:

$$\Sigma B100 = \frac{B100.1 + B100.2 + B100.3 + B100.4 + B100.5}{5}$$

$$\Sigma B100 = \frac{43 + 45 + 37 + 34 + 38}{5}$$

ΣB100 = 39.4%

✓ Reducción de Opacidad con B100 (ROB100)

$$\frac{63.2}{39.4} = \frac{100\ \%\ de\ Opacidad}{x}$$

X_{B100} = 62.34%

ROB100 = Opacidad del B100 - Opacidad del Diesel Premium

ROB100 = 62.34 -100

Reducción de opacidad con B100 = 37.66%

Al utilizar B100 como un combustible alterno del Diesel, se reduce las partículas contaminantes en un 37.66% en relación al Diesel Premium el mismo es un valor altamente benéfico para el medio ambiente. Pero no se podría aplicar masivamente debido a la gran cantidad de biodiesel puro necesario para abastecer la demanda interna en el Ecuador.

3.2.6.- Análisis Comparativo en Base a Porcentajes de Opacidad Entre Diesel Premium y Mezclas de Biodiesel.

En la siguiente tabla se muestran tabulados los diferentes porcentajes de opacidad dependiendo del combustible a utilizarse:

Tipo de Combustible	% de Opacidad	Disminución Porcentual de Biocombustible en Relación al Diesel Premium
Diesel Premium	63.2	00
B5	59.8	3.4
B20	54	9.2
B50	48.4	14.8
B100	39.4	23.8

Tabla 3.9: Cuadro de Medición de Opacidad con Diferentes Mezclas

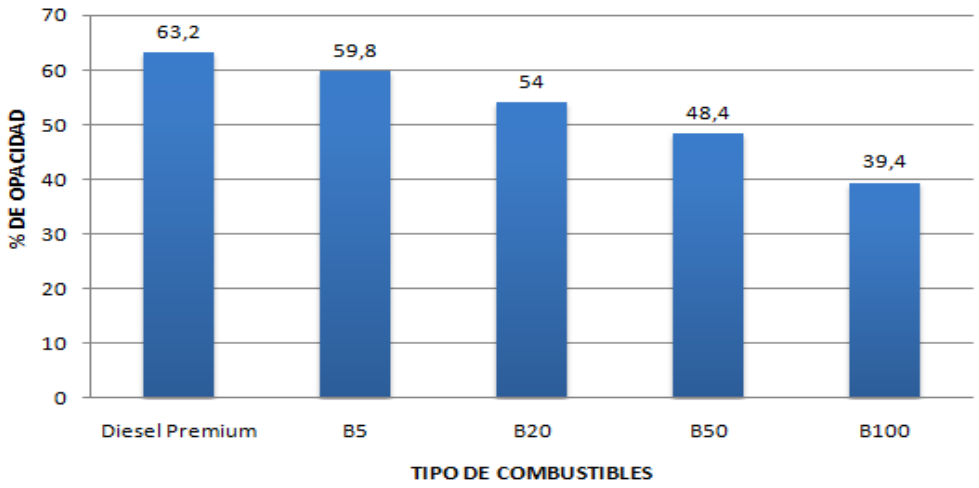


Figura 3.4 Gráfico Comparativo entre diferentes tipos de Combustibles.

En base a los resultados obtenidos, concluimos que los combustibles que presentan un menor porcentaje de opacidad es el B100 con un 39.4 % y B50 con un 48.4%, el limitante de los mismos para su producción y uso en serie es la cantidad de materia prima que se necesita para su elaboración, y las modificaciones en el sistema de inyección como son; instalar sistemas de precalentamiento del biocombustible para arranques en frio, reemplazar elementos internos de la bomba que contenga caucho natural por materiales sintéticos o de teflón.

Al utilizar combustible B20 el porcentaje de opacidad es de 54% el mismo es un valor significativamente bajo con respecto al del Diesel Premium; dicho combustible además de beneficiar al medio ambiente es de factible aplicación debido a que la cantidad de materia prima no es tan elevada y no se necesita realizar ningún tipo de modificación en el motor. Con el combustible B5 el índice de opacidad es de 59.8%, este valor es menor al índice de opacidad del Diesel Premium pero no alcanza una reducción significativa de emisiones.

El combustible a utilizarse en las pruebas de funcionamiento es el B20 por sus características similares a las del Diesel Premium y su bajo porcentaje de contaminación; además con este combustible procederemos a mantener el motor encendido durante 200 horas sometiéndolos a diferentes régimen de rpm para seguidamente realizar sus despiece y observar las anomalías presentadas por el uso del Biocombustible.

3.3.- Diagnóstico de Componentes.-

Previamente al funcionamiento del motor por 200 horas, el mismo fue reparado en su totalidad con el fin de empezar las pruebas de funcionamiento con elementos que no tengan ningún tipo de anomalía y así poder determinar si algún elemento del motor sufrió algún daño por causa del Biodiesel este análisis fue realizado al sistema de inyección, los filtros, el aceite que trabajo el motor, las cámaras y precámaras de combustión.

3.3.1.-Análisis de Elementos en el Sistema de Alimentación.-

3.3.1.1.- **Filtro de Combustible**:

Al momento de utilizar biodiesel, el elemento filtrante sufre un mayor deterioro debido a que el alcohol existente lo disuelve desprendiendo pequeñas partículas del mismo; por lo que se recomienda periodos más cortos de mantenimiento y utilizar filtros con mayor área filtrante.

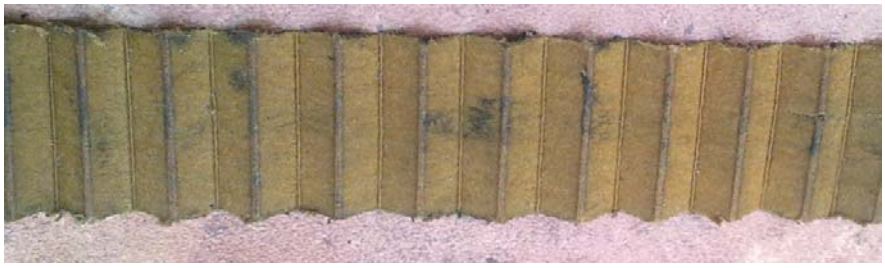


Figura 3.5 Elemento Filtrante

3.3.1.2.- **Bomba de Alimentación:**

Antes del despiece de la bomba de inyección, esta fue subida al banco de pruebas para determinar su caudal y saber la cantidad de combustible que envía la misma; además de comprobar si está dentro de los parámetros recomendados por el fabricante.

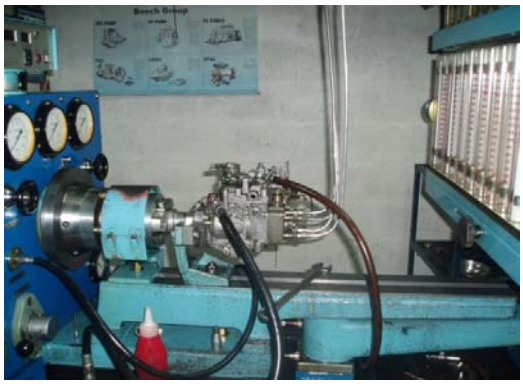


Figura 3.6 Medición del Caudal en la Bomba

Designación	RPM de la Bomba	Caudal (cm^3)
Caudal de Arranque	100	10
Ralentí	400	7
Plena Carga	1100	62

Tabla 3.10 Valores de Caudal de la Bomba

Una vez obtenido los valores de caudal, procedemos analizar con tablas de calibración proporcionadas por el fabricante el estado de la bomba de inyección observando que el caudal de arranque esta aumentado en $4cm^3$, este tipo de bomba trabajo normalmente con B5, B20,B50, B100 y no se realizo ningún ajuste adicional para su funcionamiento.Seguidamente procedemos al despiece de la misma retirando primero el mando de aceleración, y los pernos del cabezal distribuidor.

Figura 3.7 Despiece de la Bomba de Inyección

Luego procedemos retirar el cabezal distribuidor, retiramos el piñón de arrastre del regulador y el mando del acelerador.

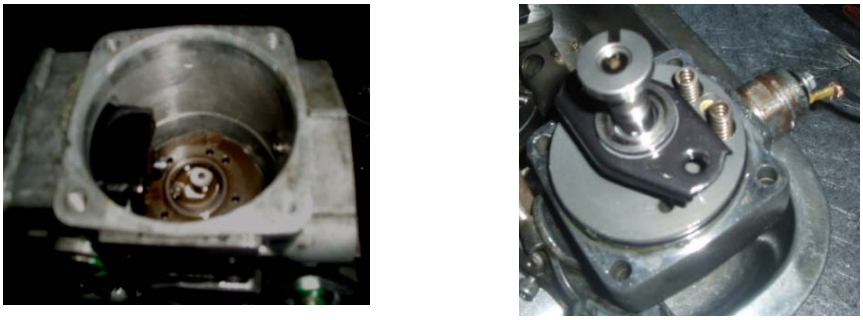


Figura 3.8 Despiece de la Bomba de Inyección

Seguidamente procedemos al desarme de sus elementos internos para su respectivo análisis.

Figura 3.9 Carcasa de la Bomba de Inyección

Al realizar el análisis en el elemento distribuidor, este se encontraba con ralladuras leves en la superficie, como se puede observar en la fotografía, la superficie se encuentra con un normal desgaste por el uso. Se verifico el anillo regulador de caudal, el cual presentaba ralladuras por su uso respectivo y tiempo de funcionamiento.

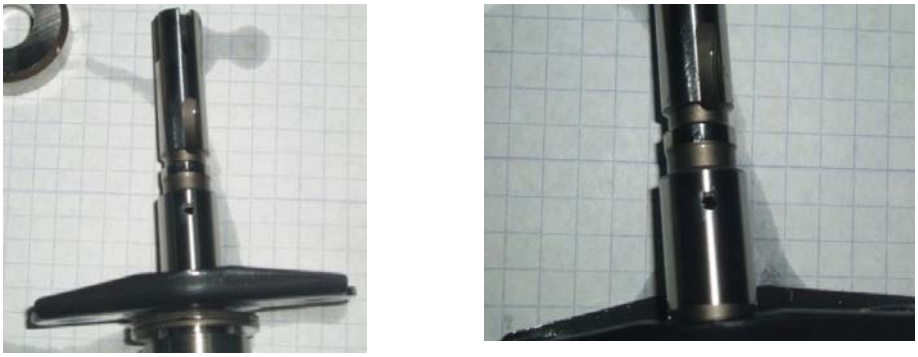


Figura 3.10 Elemento Distribuidor

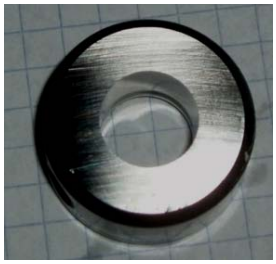


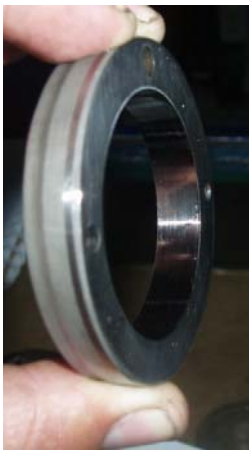
Figura 3.11 Anillo Regulador

El porta rodillos y el disco de levas no presentaban ninguna anomalía en sus elementos, que muestren un desgaste anormal tampoco se encontró la existencia de ningún residuo.

Figura 3.12 Porta-rodíllos

Figura 3.13 Disco de Levas

La bomba de transferencia tiene un desgaste en la pared interior de la misma en donde las paletas se deslizan, si bien esta avería no fue producida por el uso del biodiesel el motor tardaba mayor tiempo en encenderse por lo que se coloco bombas eléctricas de combustible para un rápido encendido.



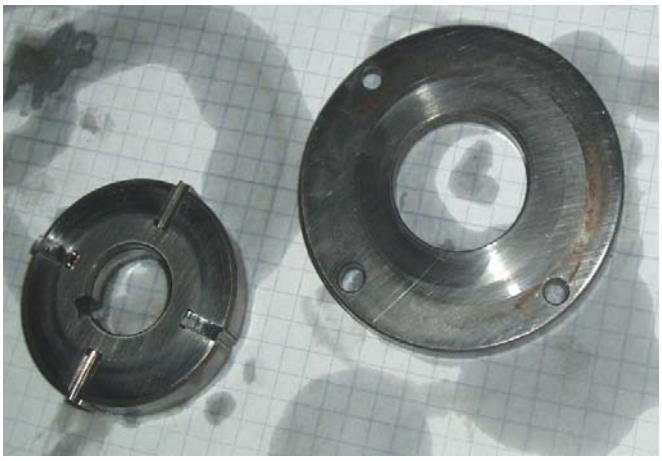


Figura 3.14 Despiece de la Bomba de Transferencia

Con respecto a los cauchos y o-rings que van dentro de la bomba como es el caso del retén del eje de la bomba, el anillo elástico del regulador de avance, cauchos de amortiguación del eje central y anillos de las válvulas de sobrepresión de la bomba de transferencia se encontraron dilatados y resecos debido a la presencia de alcohol en el Biodiesel.

Figura 3.15 Retén del Eje de la Bomba

Figura 3.16 Eje central Regulador

Figura 3.17 Válvula de Sobre Presión

Figura 3.18 Cauchos del Eje Central

3.3.1.3.- Revisión de Inyectores:

Antes de proceder a desarmar los inyectores se comprueba si estos se encuentran pulverizando correctamente y tienen la presión adecuada para el cierre-apertura de la aguja; en esta prueba se observó que un inyector no pulverizaba correctamente debido a

que en la tobera donde se asienta la aguja presentaba depósitos de carbón debido a un exceso de combustible enviado por la bomba.

Figura 3.19 Despiece del Inyector

Figura 3.20 Tobera del Inyector con Residuos Carbonosos

3.3.2.- Análisis del Cabezote y Elementos Anexos.

3.3.2.1.- Revisión del Cabezote:

Procedemos a desmontar el cabezote para observar el comportamiento del biodiesel dentro de las cámaras, precámaras, cilindros, válvulas y ductos de admisión-escape.

Figura 3.21 Presencia de gomas

Figura 3.22 Estado del Cabezote

Figura 3.23 Gomas adheridas a las pre-cámaras de Combustión

Al trabajar con Biodiesel este contiene glicerina que al ser sometido a altas temperaturas produce la aparición de gomas, en las cámaras y pre cámaras de combustión.

3.3.2.2.- Revisión de Válvulas y Ductos Admisión-Escape:

Las válvulas tanto de admisión como de escape se encuentran recubiertas por una capa de hollín, causado por un exceso de combustible debido a una bomba descalibrada.

Figura 3.24 Válvulas de Admisión y Escape

Figura 3.25 Presencia de gomas al final del Escape

En los ductos de Escape existe la presencia de gomas, estas provienen del Biodiesel que cierta cantidad contiene glicerina que en condiciones de altas temperaturas forma estas gomas.

3.3.3.- Revisión de los Cilindros del Bloque:

En los cilindros existe una concentración de gomas que provienen del Biodiesel y forman estos residuos y barnices en las pre-cámaras de combustión como también en la parte superior de los cilindros y pistones.

Figura 3.26 Cilindro con presencia de Gomas

Figura 3.27: Gomas en la cabeza del Pistón

3.3.4.- Revisión del Filtro de Aceite.-

El filtro de aceite fue desarmado para su análisis observando que el papel filtrante presenta dureza y resequedad en su estructura debido al contacto del lubricante con el alcohol que posee el Biodiesel además se constato dilución en sus pliegues lo que demostraba la alteración del mismo con el uso de Biocombustibles; lo cual no ocurre en un filtro al utilizar un combustible normal.

Figura 3.28Análisis del Elemento Filtrante

3.3.5.- Análisis del Lubricante Utilizado en el Motor:

Con respecto al aceite que se uso en el motor para su funcionamiento, se procedió analizar el estado final del lubricante según las normas ASTM establecidas en el Laboratorio de CEPSA S.A. División Lubricantes.

Propiedad	Valores del Aceite que trabajo con Biodiesel	Valores Típicos del Aceite Castrol	NORMAS
Viscosidad 40°C	102.73	113.4	ASTM-D- 445
Viscosidad 100°C	14.16	15.04	ASTM-D- 445
Índice de Viscosidad	140	138	ASTM-D- 445
Contenido De Agua (% Vol.)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2	ASTM-D-407

Tabla 3.11: Cuadro Comparativo del aceite Castrol 20w 40

Como se observa en el cuadro TBN (*Total Based Number*) es la medida que tiene el aceite para neutralizar ácidos que se encuentran con una ligera disminución, en la medición de viscosidad a 40°C y 100°C también aparece una disminución; producto del uso normal en el motor. En esta muestra de aceite no existe la presencia de agua; esto nos indica que el biodiesel elaborado combustiona eficazmente y la cantidad de agua en el combustible es mínima evitando con esto tener averías causadas por la corrosión.

3.4.-CONCLUSIONES.-

- El utilizar en nuestro país un combustible de la serie B100 o B50 traería grandes beneficios ambientales ya que disminuye en un alto porcentaje las emisiones contaminantes, su limitante es la gran cantidad de materia prima a utilizarse lo que trae consigo el incremento de precios y escases en determinados productos agrícolas como la soya, girasol, maíz, entre otros; ya que como es de conocimiento el biodiesel se origina del aceite vegetal.
- Una consecuencia más que se adhiere a no utilizar mezclas altas de biocombustible en serie son las diversas modificaciones que se deben realizar en

el motor como mantenimientos mas periódicos, sistemas de precalentamiento para el combustible al trabajar en bajas temperaturas cambio en determinados o-rings de la bomba de inyección entre otros, ya que al no realizarlos se presentan problemas como por ejemplo resistencia al arranque en frio, resequedad de cauchos, mala combustión y demás.

- El combustible B20 es el que mejores beneficios presenta al trabajar en un motor, debido a que además de disminuir considerablemente los niveles de opacidad; no requiere de una gran cantidad de materia prima para su elaboración y mantiene similares características de funcionamiento con respecto al Diesel, siendo una gran opción para nuestro país el uso de dicho combustible

- Para un mejor análisis del uso de un biocombustible se debe trabajar mayor tiempo con el combustible y de preferencia en un vehículo para así adoptar las diferentes características de funcionamiento como son: tipos de carga, altas temperaturas de trabajo con el fin de ir analizando el comportamiento del motor, y estado de los elementos cada cierto kilometraje.

- El Biocombustible a utilizarse debe estar dentro de las especificaciones de la norma ASTM para así evitar futuros inconvenientes en el funcionamiento y rendimiento de los motores.

CAPITULO 4

FACTIBILIDAD DE APLIACION DEL BIODIESEL EN EL ECUADOR

4.1.-Factibilidad de Aplicación.-

La producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en el Ecuador en el mediano plazo, se debe realizar acciones integrales que incluyan factibilidad técnica, económica y medioambiental. Los principales cuellos de botella para la introducción del Biodiesel en el Ecuador están en el sector agrícola. Por esta razón se tiene que establecer un amplio plan de apoyo a la agricultura para lograr el suministro nacional de los insumos. Los estímulos para una economía rural más dinámica que procure que el agricultor tenga facilidad para el cultivo de plantas que sirvan de materia prima para la elaboración de Biodiesel.

A nivel económico el agotamiento de reservas mundiales de petróleo del mundo abre la posibilidad de crear un nuevo recurso económico para el país. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es la principal causa que motiva a los países industrializados el encontrar nuevas fuentes de energía menos contaminantes que las actuales, el éxito del uso de combustibles alternos, está en que su costo sea menor que el Diesel.

El biodiesel puede ser procesado de diferentes cultivos, también de aceites de cocción usados que muchos de los cuales son desechados a las alcantarillas.

Estableciendo normas y políticas de reciclado de aceites usados en el Ecuador se puede reunir una cierta cantidad de aceite que mediante un tratamiento de refinación puede ser utilizado como materia primara para la elaboración de Biodiesel.

4.2.-Factibilidad Técnica.-

-En las pruebas realizadas con Diesel Premium, B5, B20, B50 y B100 funciona correctamente, no obstante en este tipo de mezclas con mayor cantidad de biodiesel como el B50, se incrementa el consumo y presenta dificultades al momento del arranque.

-Existe problemas en la pulverización, producto de un ligero aumento de la viscosidad que posee los aceites usados para la elaboración de biodiesel, esto provoca que la pulverización no sea óptima y se genere humos.

-Una ventaja de utilizar Biodiesel es que puede ser utilizado en casi todos los motores Diesel sin realizar grandes modificaciones en el mismo.

-En presencia de bajas temperaturas el Biodiesel, se puede congelar en las cañerías, para resolver este problema se debe utilizar aditivos que evitan el congelamiento y taponamiento de las cañerías de combustible.

-La molécula del Biodiesel, tiene mayor cantidad de oxígeno lo que permite mejorar la combustión, debido a que se eliminan partículas de carbón disminuyendo la generación de humos.

-Ciertos materiales derivados del caucho natural que se encuentran presentes en las bombas de inyección tienen que ser sustituidos por caucho sintético también llamado (viton) para tener una mayor durabilidad.

-Su transporte es menos peligroso ya que no produce emanaciones toxicas, además en caso de que se produzca un derrame de combustible al medio ambiente, este tendrá un mínimo impacto ambiental debido a que el biodiesel es biodegradable.

-El Biodiesel al no tener azufre permite que se pueda añadir catalizadores que mejoran la combustión reduciendo los gases de escape y conservan el motor.

-El usar Biodiesel de mala calidad, trae como consecuencias que en los filtros, de combustible se acumulen restos de glicerina, pudiendo llegar a producir un taponamiento que corte el suministro de combustible.

4.3.-Impacto Ambiental.-

En muchas ciudades del Ecuador una de las principales fuentes de contaminación se produce por la continua circulación de buses, por zonas altamente pobladas como es el caso del centro histórico de la ciudad de Cuenca. Esto debido a que el diesel genera, una gran cantidad de partículas sólidas conocidas como PM10(Partículas Sólidas) que son partículas menores a 10 μm, que generan enfermedades al ser humano tales como problemas respiratorios, estas partículas puede entrar al tracto pulmonar, donde interfiere con el sistema de defensa del árbol bronquial, y puede causar inflamación crónica y enfermedades cardiovasculares. Estas partículas son las que se han definido como un indicador de contaminación y que cuenta con una fuerte evidencia epidemiológica.

El uso de una mezcla con el Diesel Premiun, como puede ser un B20 permitirá una reducción de gases contaminantes y una mejoramiento de la calidad de vida para estas zonas muy contaminadas. El biodiesel se puede obtener de alrededor de 300 especies vegetales de diferentes cultivos, una ventaja es el poder utilizar el aceite de cocina usado que muchas veces va a la alcantarilla, provocando contaminación de los ríos, este aceite sirve de materia prima para la elaboración de Biodiesel, teniendo un beneficio ambiental alto debido a que se realiza un biocombustible a partir de un desecho.

Sin embargo la cantidad recolectada no sería suficiente para poder abastecer la demanda de combustible de Diesel en el Ecuador y resulta necesario encontrar otra fuente de obtención de la materia prima para la elaboración de Biodiesel. El desarrollar este tipo de cultivos para la obtención de materia prima, permite evitar la erosión y la degradación de suelos, ciertos cultivos pueden desarrollarse con el mínimo de fertilizantes disminuyendo el riesgo de contaminación por exceso de fertilizantes.

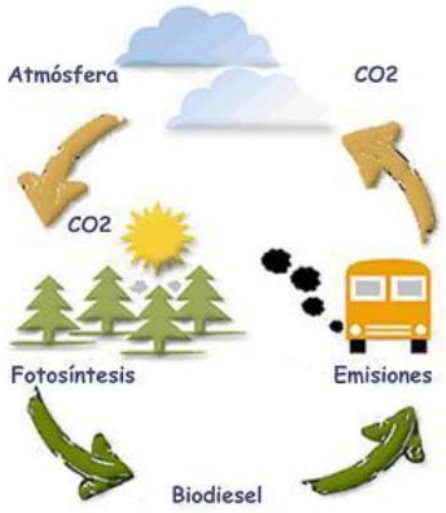


Figura 4.1 Ciclo Cerrado del Co2
Fuente:[En linea]: www.biodieseldelplata.com.ar/imagines Acesso:20 de Enero 2010

[39]"Los cultivos que se utilizan para la obtención de aceite vegetal, al momento de crecer absorben aproximadamente 1.5 T de CO_2 por hectárea" . Esto permite cultivar grandes extensiones aumentando así el consumo de CO_2, una vez obtenido el aceite y convertido en Biodiesel, sirve como combustible y producto de la combustión se expulsa la misma cantidad de CO2 que las plantas usan para su crecimiento teniendo como resultado que teóricamente el ciclo es cerrado, y recirculando el monóxido de carbono.

Se puede decir que se sustituye el CO_2 fósil, por otro de origen renovable en la generación de energía, a esto se suma el beneficio ambiental que se generaría por utilizar terrenos no cultivados o en descanso, que en el Ecuador según datos de la INEC Anexo (6) el número de hectáreas no cultivadas es de 235.095 hectáreas. Para que el Ecuador pueda llegar usar el Biodiesel como un combustible alterno se deberán crear políticas para la protección de parques y bosques que eviten que estos terrenos sean utilizados para el cultivo de plantas para la obtención de Biodiesel".

Este es el principal problema que podría resultar de realizar cultivos industriales para la obtención de materia prima para la elaboración de biodiesel, si bien por una parte las emisiones contaminantes son disminuidas , podría tener un efecto negativo debido a que se destruirían zonas ricas en biodiversidad, para dar paso a zonas agroindustriales.

[39] GUZMÁN Jorge. 2006 Políticas de Biocombustibles , Bolivia. p 208

4.4.-Impacto Económico.-

La producción de Biodiesel en el Ecuador traería como consecuencia el desarrollo del sector agrario del país y la reducción de las importaciones de diesel, con un importante ahorro de divisas para el Ecuador. En lo económico el uso de mezclas B20 en el Ecuador permitirá la creación de nuevas fuentes de trabajo la activación de la producción agroindustrial en zonas poco productivas. Sin embargo el costo del Biodiesel depende mucho de la capacidad de producción de la planta por lo que a mayor cantidad procesada menor costo, como ocurre en países como Alemania y Australia donde el precio es levemente mayor que el Diesel convencional.

En este proyecto se realizo el proceso de obtención de Biodiesel de una manera artesanal con los siguientes costos;

COSTOS DE PRODUCCION DEL BIODIESEL		
Materia Prima	Cantidad	Precio
Etanol	2000ml	4 $
Sodio	5gr	1.50 $
Aceite Usado	1000ml	0.25 $
		Total =5.75

Tabla 4.1: Costos de producción Biodiesel

El costo para la elaboración de 1lt de biodiesel es de 5.75 aunque este valor se puede disminuir si el etanol se reutiliza para otros procesos. Además se debe tomar en cuenta que para este cálculo no se aumento el costo de la energía eléctrica.

La elaboración de Biodiesel produce diferentes subproductos con valor comercial como la glicerina y las harinas sirviendo estas últimas como abono y fertilizantes así el precio del biodiesel podría bajar utilizando estos ingresos adicionales para disminuir los costos de fabricación. Para que el Ecuador pueda poner a la venta combustibles biodegradables, en las gasolineras a nivel nacional se necesitara tener una estrategia

económica viable que permita competir con los precios actuales del diesel, para que el consumidor final se vea interesado en utilizar este combustible alterno.

En los últimos años el parque automotor ha tenido un rápido crecimiento tanto en vehículos livianos, algunos de estos equipados con motores diesel produciendo una demanda mayor de Diesel en el Ecuador, añadiéndole a esto el consumo que se genera por las centrales termoeléctricas provocando una mayor demanda de Diesel.

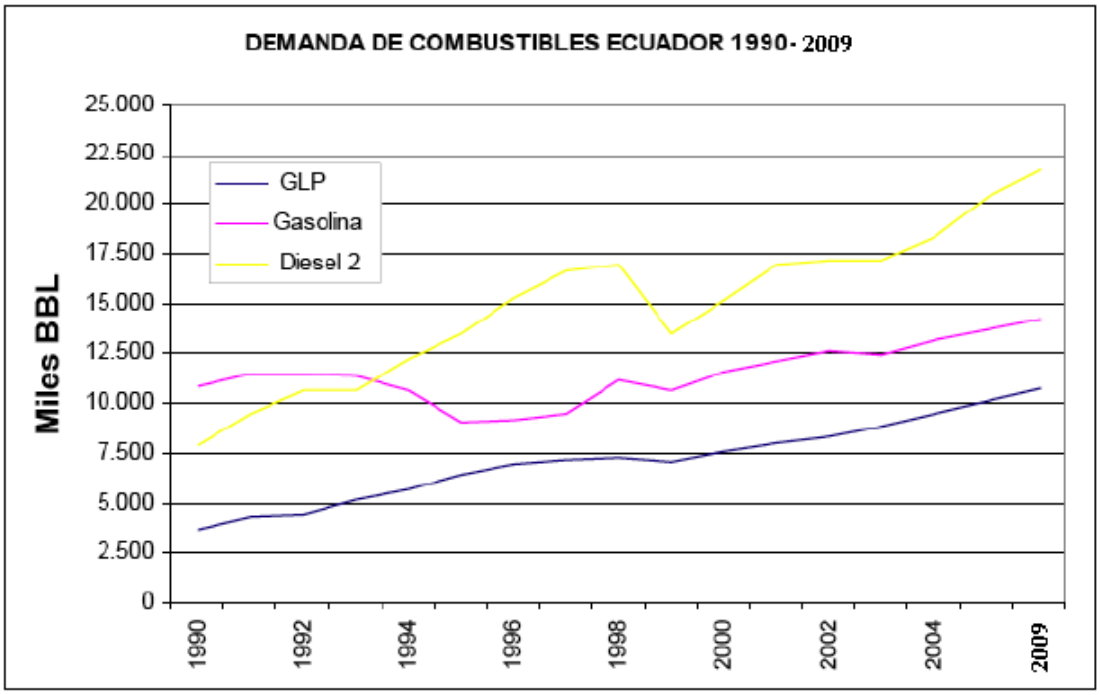


Figura 4.2 Demanda de Combustibles en el Ecuador
Fuente: [En línea]: Petrocomercial.ec /imágenes Acceso 10 mayo del 2011.

Si bien el principal problema de la elaboración de Biodiesel son los costos de producción, para poder disminuirlos se tiene que instalar plantas industriales grandes con una inversión de millones de dólares. En el Ecuador la única empresa en procesar Biodiesel a nivel industrial es La Fabril que elabora diferentes productos, a partir del aceite del fruto de la palma africana. Esta industria genera aproximadamente 43,5 mil nuevos empleos y 24,2 miles de empleos indirectos en alrededor de 1.5 millones de hectáreas cultivadas en las provincias Esmeraldas, Santo Domingo y Pichincha,

Los costos de producción disminuyen al procesar grandes cantidades, La Fabril puede procesar alrededor de 1 tonelada métrica de Biodiesel con un precio de aproximadamente 1407 dólares.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD	COSTOS
Aceite vegetal *(Palma Africana)*	900 L	$ 805
Metanol	200L	$400
Catalizador	20Kg	$ 22
Varios		$180
Costo total	1000litros	$1407

Tabla 4.2: Costos de producción 1000L de Biodiesel
Fuente; Datos obtenidos de La Fabril

El costo de un litro de biodiesel es 1.4 dólares aunque este sigue siendo un precio elevado frente al diesel, el costo del aceite puede ser disminuido al usar otro tipo de cultivos. El Ecuador es el segundo país productor de aceite de palma en América Latina después de Colombia y 6to en el mundo.

País	2007	2008	Porcentaje de Participación
Malasia	15800Tm3	17424Tm3	45%
Indonesia	16900Tm3	18360.Tm3	41.5%
Tailandia	1020Tm3	1123.Tm3	2.4%
Nigeria	835Tm3	850Tm3	2.4%
Colombia	396Tm3	832Tm3	2.0%

Ecuador	384Tm3	406Tm3	1%
Costa de Marfil	320Tm3	400Tm3	0.5%
Otros	1665Tm3	1700tm3	7.3%

Tabla 4.3 Producción de Aceite de Palma a Nivel Mundial en miles de toneladas/año
Fuente; Editorial Dewey ,Atlas de la Agroenergia y los Biocombustibles, p181

Se puede decir que la producción de Biodiesel en el Ecuador, se ha desarrollado , por una empresa privada como La Fabril a pesar que no ha tenido el apoyo suficiente del Estado Ecuatoriano esta industria ha tenido la capacidad para poder competir internacionalmente, en la importación de Biodiesel para abastecer la demanda externa de Biocombustibles.

4.5.-Impacto Social.-

La ejecución de un proyecto a gran escala en la producción de Biodiesel trae beneficios tanto económicos como sociales permitiendo que familias residentes en zonas rurales, puede cultivar varias hectáreas, teniendo ingresos adicionales y mejorando su nivel de vida más aun si muchas de estas zonas de cultivo son terrenos desérticos y no productivos.

Muchos terrenos del Ecuador tienen zonas no cultivadas, que podrían servir para cultivo de nuevas especias de plantas y así poder obtener la materia prima, para la elaboración de Biodiesel.

Figura 4.3 Terrenos Desérticos
Fuente: RUTZ Garcia,2007 Agrofuels in the America, EEUU. p. 61

Es posible aprovechar los suelos que se encuentran abandonados para destinarlos al cultivo de plantas cuyas semillas sirven de materia prima para la elaboración de Biodiesel con estos cultivos se evitaría la erosión de los suelos, además al cultivar estas plantas como la Jatropa que no necesita demasiados fertilizantes ni tampoco gran cantidad de agua se reducirían los costos de producción. Los mismos que podrán ser invertidos en ampliar las zonas cultivadas y así poder aumentar el volumén de producción.

Figura 4.4: Planta de Jatropa
Fuente: RUTZ Garcia,2007 Agrofuels in the America.EEUU p. 65

La Jatropa es una planta que se puede cultivar en zonas desérticas, debido a la poca agua que necesita para su crecimiento es ideal para ser cultivada en zonas donde son escasas las lluvias en el Ecuador existen varias zonas principalmente en la provincia del

Guayas que tiene 60.176 hectáreas (Anexo7) de suelos no cultivados en donde este tipo de cultivos sería factible para la siembra. Estos cultivos pueden permanecer por alrededor de 30años sin necesidad de ser plantados nuevamente, en países como Egipto este tipo de cultivo genera alrededor de 0.5 a 12 Toneladas de aceite por hectárea cultivada, además las sustancias toxicas pueden ser removidas y sus desechos servir de ingredientes para la comida de animales[40].

Figura 4.5 Cultivo de Jatropa en Egipto
Fuente: RUTZ Garcia,2007 Agrofuels in the America.EEUU. p. 65

El cultivo de Jatropa permite que en muchas zonas que se encuentran abandonadas por la dificultad que representa el desarrollo de la agricultura esto principalmente por la falta de agua, y la poca rentabilidad que representa provoque, que las personas se vean obligadas a emigrar a hacia las ciudades generando más desempleo y pobreza.

4.6.-Análisis de Consumo de Combustible Diesel en el Azuay

Como se puede ver en la tabla 4.4, en la provincia del Azuay cada año se incrementa el consumo de combustible Diesel en un 10% anual generado, por el aumento del parque automotor, el consumo en las termoeléctricas y el uso en la industria.

[40] MAXIS Efren,2007,Biodiesel y Cooperación para el Desarrollo.Bolivia. p62

	2008	2009	2010
Diesel	96.785,5 T/año	118.120,7 T/año	128.836 T/año
Incremento Anual		%22	%33,1

Tabla 4.4; Consumo de combustible Diesel en la Provincia del Azuay.
Fuente; Datos obtenidos por el Ministerio de minas y petróleo Región Azuay

4.7.-Análisis de Capacidad Productiva de Biodiesel en el Ecuador

En el Ecuador la única empresa que podría suministrar la materia prima para la elaboración de Biodiesel es la FABRIL, sin embargo el aceite de palma es procesado para obtener diferentes productos como aceites, grasa, chocolates, suplementos alimenticios, jabones detergentes entre otros. En la actualidad su capacidad de producción está en los 382.000 Toneladas/año son utilizadas 200.000 Toneladas/año para la elaboración de sus productos teniendo un excedente de 182.000 Toneladas/año[41]. Solo debe ser usado el excedente para la elaboración de biocombustibles con el fin de evitar la disminución de productos comestibles y que puedan llegar a generar una escases y alza de los precios.

	2008	2009	2010
Aceite de Palma Para la Elaboración de Biodiesel	138.694 T/año	148.061 T/año	182.000 T/año

Tabla 4.5; Excedentes en la producción de Aceite de palma en el Ecuador
Fuente; FIGUEROA Francisco.2007. Tablero de comando para la promoción de biocombustibles, p 90

4.8.-Factibilidad de Aplicación de la Mezcla B20 en la Provincia del Azuay

Si a futuro en la provincia del Azuay se realizaría un proyecto que implique el uso de biocombustibles con una mezcla B20 se podría estimar la cantidad necesaria de biodiesel, en función de la cantidad de Diesel que consume la provincia del Azuay, para

[41] FIGUEROA.Francisco.2007. Tablero de Comando para la Promoción de Biocombustibles, p 90

realizar esta mezcla necesitamos el 20% del consumo anual de diesel el valor necesario para realizar esta mezcla es de 25.767,6 T/año.

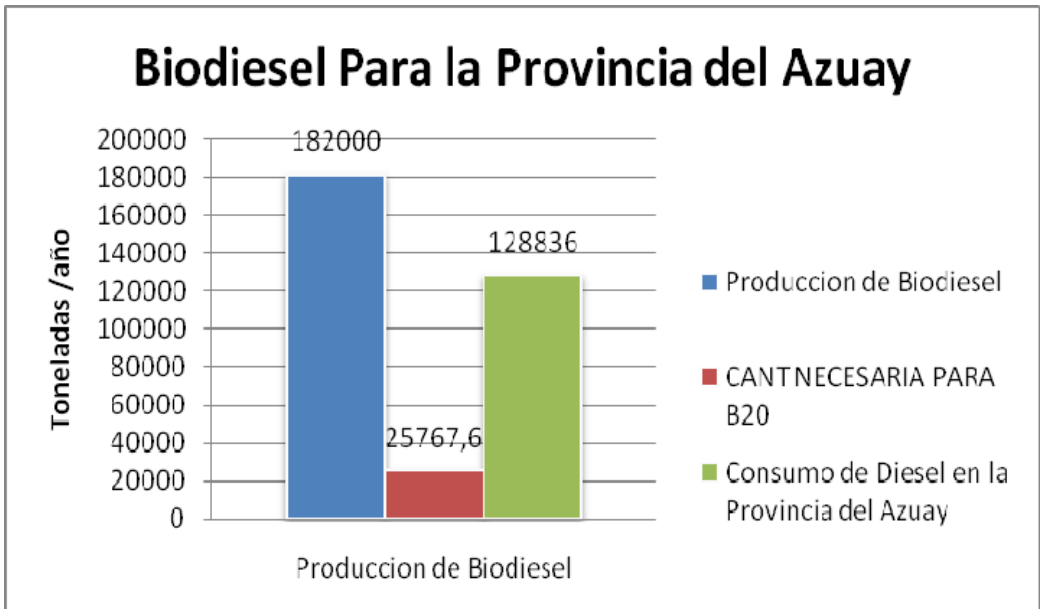


Figura 4.6 Toneladas anuales de biodiesel para la provincia del Azuay

En la provincia del Azuay podría arrancar con un proyecto de biocombustible, con lo expuesto anteriormente existe la materia prima para poder abastecer la demanda anual de biodiesel solo para la provincia del Azuay.

4.9.-Factibilidad de Aplicación de la Mezcla B20 a nivel Nacional

A continuación realizaremos un análisis para saber si el Ecuador podría en la actualidad arrancar con un proyecto de biocombustibles.

El Ecuador anualmente consume 2´521.713 Toneladas de Diesel/año para utilizar una mezcla B20 es necesaria la cantidad de 504.342,5 Toneladas de biodiesel/año este valor revela que para poder aplicar esta mezcla a nivel nacional debemos duplicar la producción de Biodiesel para abastecer la cantidad faltante de biodiesel cuyo valor es de

322.343 Toneladas de biodiesel/año para llegar a alcanzar estos valores se debe optar por nuevos cultivos como la Jatropa.

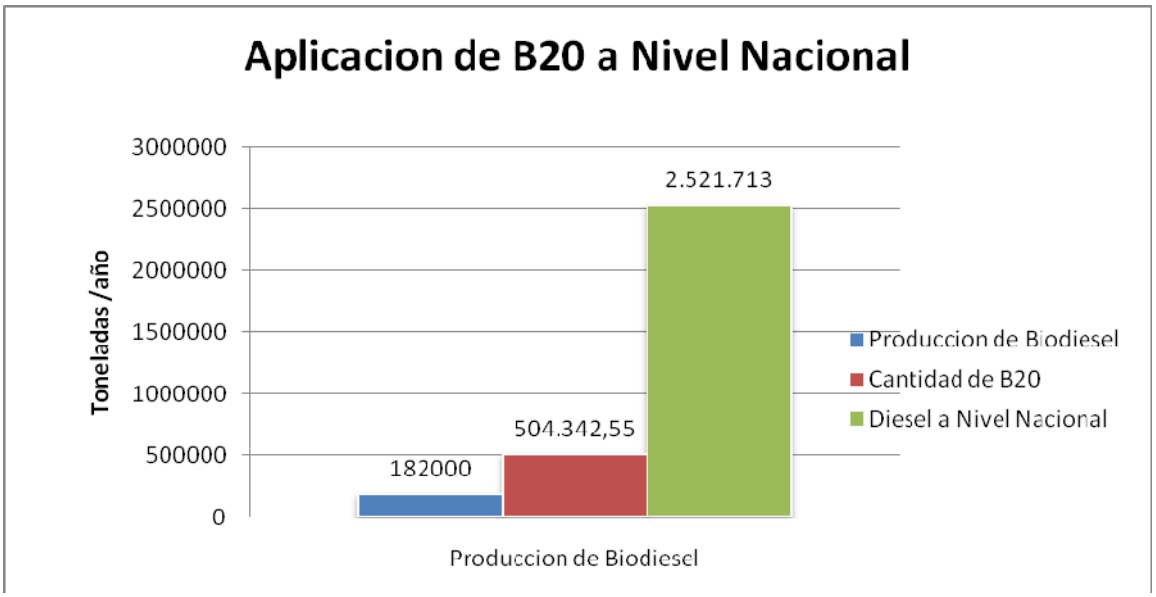


Figura 4.7 Toneladas de Biodiesel a Nivel nacional

En la actualidad la producción de Biodiesel a nivel nacional no puede abastecer la demanda de biocombustibles, aunque se podría aplicar una Mezcla de B5 o utilizar la misma para disminuir los costos por importación del Diesel.

4.10.-Conclusiones.-

- En el Ecuador existen grandes extensiones alrededor de 235.095 (h) que no tienen ningún cultivo agrícola estos terrenos no son utilizados debido a las condiciones climáticas extremas que hacen que ninguna planta pueda desarrollarse, si tomamos en cuenta que estos terrenos podrían ser utilizados para el cultivo de plantas como la Jatropa que resiste las bajas temperaturas y cambios bruscos de temperatura seria una planta ideal para ser cultivada y aprovechar sus frutos.

- Para que un proyecto de biocombustibles se apliqué a nivel nacional se puede aprovechar estos suelos no cultivados para cultivar Jatropa, este tipo de cultivos puede proveer alrededor de 0.75T por hectárea en zonas con pocas precipitaciones, si se cultivan en las 235.095 (h) tendríamos un aproximado de 177.321Toneladas/año que sumarian a la producción de biodiesel reduciendo el valor faltante, para cubrir la demanda de aceite, se necesita un valor de 176.000Toneladas/año que se puede aumentar si los cultivos de Jatropa se realizan en zonas con mayor cantidad de precipitaciones llegando a producir hasta 12 Toneladas /año.

- La mayoría de países desarrollados en la actualidad producen biocombustibles en gran escala, su principal objetivo es la disminución de gases contaminantes que se liberan a la atmósfera y provocan el efecto invernadero. Logrando también crear nuevas fuentes de trabajo y mejorando su economía de ahí que el Ecuador obtendría muchos benéficos al ser un país productor de Biocombustibles.

- Podremos decir que el principal problema de producir biocombustibles esta, en que los productos agrícolas de primera necesidad, tendrían altos precios, debido a que la producción de los mismos disminuiría. Si bien se disminuyen los gases contaminantes tendríamos a su vez otro problema en nuestra sociedad de ahí que nuestros gobernantes tendrán que elaboran nuevas leyes para evitar que esto ocurra.

- El uso de biodiesel en el Ecuador podría si bien mejorar la calidad de aire de ser utilizado, podrá acarrear nuevos problemas debido a que en la actualidad hay muchos estudios realizados sobre el comportamiento del biodiesel en el motor, el uso del Diesel tiene varios años en el mercado logrando tener un gran desarrollo como un combustible apto para funcionar en diversas marcas automotrices del mundo sin ocasionar ningún problema mecánico. Debido a esto en el Ecuador su uso es prácticamente nulo.

Conclusiones Generales

- En el Ecuador la aplicación de B20 a nivel nacional en la actualidad no se puede aplicar incluso si toda la producción de la FABRIL que es de 380.000 toneladas/año, se utilizara para una mezcla de B20, para que un proyecto de Biocombustibles en el Ecuador arranque se necesita una planta industrial exclusiva para la producción de biodiesel además esta tendrá que tener un aumento de producción anual y poder producir 700.000T/año, esto debido a que el consumo de Diesel crece aproximadamente en un 10% anual.

- El Ecuador gasta anualmente 882 millones de dólares en importar 7.590 Toneladas/año esta cantidad puede ser reemplazada usando Biodiesel cuyo precio es aproximadamente $1.4 el litro mientras que el Diesel cuesta $1 los 4L, debemos considerar que el valor del Diesel sin subsidió es de 4 dólares/galón teniendo como resultado que el Biodiesel tiene un precio levemente mayor al Diesel, el Ecuador podría tener un ahorro al usar biodiesel para suplir la demanda del mismo y utilizar este dinero para la ejecución de obras sociales que mejoren la vida de los Ecuatorianos.

- El uso de mezcla B20 en motor Diesel genera resequedad en varios componentes de la bomba de inyección que son construidos de caucho como; el reten del eje de la bomba, los o-rings del eje central del regulador, los retenes de la válvula de presión de transferencia y los cauchos amortiguadores del eje central , mientras que en los demás elementos no se evidencio ninguna anomalía por el uso del Biodiesel, se recomienda para el uso de B20 reemplazar todos los elementos de caucho natural por cauchos sintético llamado viton para evitar fugas de combustible y garantizar un correcto funcionamiento a un mayor número de horas.

- En las cámaras y precámaras de combustión existe gomas que se encuentran adheridas a los cilindros, pistones e inyectores estas gomas son subproducto de

la combustión de esteres etílicos(Biodiesel) las mismas se encuentran en mayor cantidad al final del tubo de escape ya que son arrastradas por los gases de escape estos subproductos pueden llegar con el tiempo; a taponar catalizadores, debido a esto no se recomienda el uso de B20 para sistemas Common Riel, ya que no están fabricados para este tipo de combustible.

- Se recomienda en caso de que algún lector desee continuar con el estudio de los biocombustibles investigar la factibilidad de realizar un proyecto de uso de biocombustibles en el transporte urbano de la ciudad de Cuenca, medir el consumo con B20, los costos necesarios para implementación del mismo y la cantidad emisiones disminuidas al utilizar B20.

BIBLIOGRAFIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boletín de Acción Ecológica, 2008, Biocombustibles.

DEMIRBAS Ayhan, 2008 Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines, Editorial Springer, London.

GERHARD Jon Van JURGEN,2005 The Biodiesel Handbook, Editorial AOC Press, Champaign Illinois.

Ing. Sin fronteras,2007, Biodiesel y Cooperación para el Desarrollo.

JANSEN Rainer,2007, Biofuel Technology Handbook,1ra Edición, Editorial. Sylvesintenstr.

JONASSE Richard, 2009, Agrofuels in the Americas, Editorial Institute for Food and Development Policy, Oakland CA.

GARCÍA Camus, 2007. Biocarburantes Liquidos: Biodiesel y Etanol, 1ra Edición, Editorial, Elece.

FOX James K, 2009, Química Orgánica, Segunda Edición, Editorial Prentice Hall, México.

National Renewable Energy Laboratory 2008, Biodiesel Handling and use guide, Cuarta Edición, Editorial National Technical Information Service, USA.

PETRUCCI Geoffrey 2003, Química General, Octava Edición, Editorial Prentice Hall, Madrid.

RALBOUSKY, E, 2000, Motores Diesel, Editorial Paraninfo, Madrid.

RUTZ Jansen, 2007 Biofuel Technology Handbook, Editorial WIP, Primera Edición, Germany.

REFERENCIA ELECTRÓNICAS.

HECTOR H ZORRILLA. 2010.Biodiesel Combustible Alternativo. Argentina [EnLínea]:http://www.deautomoviles.com.ar/articulos/combustibles/biodiesel.html ,Acceso: 29 de Julio de 2010.

CARLOS PADILLA . 2010 . Exportación de Biodiesel a Nivel Industrial. Ecuador [EnLínea]:http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com_content&task=view &id=27&Itemid=28&tit=Palma%20Af.Acceso:25 de Julio del 2010.

EFREN ARMIJOS ROJAS 2010. Cultivos de algodón en el Ecuador. Ecuador. : [EnLínea]:http://www.sica.gov.ec/cadenas/algodon//PANORAMA%20DE%20LA%20CADENA1.htm.Accesso: 28 Julio del 2010.

EFRAIN VERA . Mostaza un producto con fuerte mercado potencial. 2010. . España. [EnLínea]:http://www.cipca.org.pe/cipca/frontera/proyectos/ProyecMan%ED.htm.Acceso:28 Julio del 2010.

ALEX VAZQUEZ CARRILLO. 2010. Calidad del Maíz en el Ecuador. 2010. Ecuador. [EnLínea]:http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/panorama_cadena2002.html.Acceso:30 Agosto del 2010.

JULIO SERRANO. 2010. Propiedades del Sodio. México [En Línea]: http:// www.sesma.com/sodio/es/ .Acceso: 06 de Mayo 2010.

ENCICLOPEDIA EN LINEA. 2011. Propiedades del Etanol. España. [En Línea]: http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol ,Acceso: 16 de mayo 2010.

FILTRATION OVERVIEW. 2011. Sistema de prefiltrado. EEUU [En línea]: www.greasecar.com/article,Acceso: 06 Mayo 2010.

CARLOS MARTINEZ. 2010. Recirculación del Co2 en la Tierra. Argentina [En línea]: www.biodieseldelplata.com.ar/imagines Acceso: 20 de Enero 2010.

PETROCOMERCIAL. 2011. Demanda de Combustible Diesel en el Ecuador. Ecuador.[En línea]: Petrocomercial.ec /imágenes Acceso: 10 mayo del 2011.

ANEXO 1

Resultados de la medición de opacidad con Diesel Premium

MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES
RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332
17:59 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAP2**	18:05 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAP3**	18:13 HORA 12.05.11 MATRICULA UDAP5	18:17 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAP7**	18:19 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAP8**
TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.60 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.40 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.55 m-1
Nº ENTU 1 67 2 69 3 63 4 67 5 66	Nº ENTU 1 75 2 66 3 62 4 64	Nº ENTU 1 65 2 65 3 62	Nº ENTU 1 61 2 64 3 62	Nº ENTU 1 57 2 62 3 63
DESVIACION MAX. 4%-1 VALOR MEDIO 65%-1 RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	DESVIACION MAX. 4%-1 VALOR MEDIO 64%-1 RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	DESVIACION MAX. 3%-1 VALOR MEDIO 64%-1 RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	DESVIACION MAX. 3%-1 VALOR MEDIO 62%-1 RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	DESVIACION MAX. 6%-1 VALOR MEDIO 61%-1 RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO

ANEXO 2

Resultados de la medición de opacidad con B5

MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES
RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA
2842023-EXT 152	2842023-EXT 152	2842023-EXT 152	2842023-EXT 152	2842023-EXT 152
Tel. 2833332	Tel. 2833332	Tel. 2833332	Tel. 2833332	Tel. 2833332
18:41 HORA 12.05.11	18:44 HORA 12.05.11	18:46 HORA 12.05.11	18:48 HORA 12.05.11	18:53 HORA 12.05.11
MATRICULA	MATRICULA	MATRICULA	MATRICULA	MATRICULA
UDAB5-1	**UDAB5-2**	**UDAB5-3**	**UDAB5-4**	**UDAB5-6**
TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1
Nº ENTU	Nº ENTU	Nº ENTU	Nº ENTU	Nº ENTU
1 60	1 64	1 59	1 58	1 59
2 31	2 60	2 63	2 55	2 56
3 62	3 65	3 61	3 58	3 55
4 60				
5 60				
DESVIACION MAX. 2%-1 VALOR MEDIO 61%-1	DESVIACION MAX. 5%-1 VALOR MEDIO 63%-1	DESVIACION MAX. 4%-1 VALOR MEDIO 61%-1	DESVIACION MAX. 3%-1 VALOR MEDIO 57%-1	DESVIACION MAX. 4%-1 VALOR MEDIO 57%-1
RESULTADOS:	RESULTADOS:	RESULTADOS:	RESULTADOS:	RESULTADOS:
PASADO	**PASADO**	**PASADO**	**PASADO**	**PASADO**
PROBADOR:	PROBADOR:	PROBADOR:	PROBADOR:	PROBADOR:
OTINOCO	OTINOCO	OTINOCO	OTINOCO	OTINOCO

ANEXO 3

Resultados de la medición de opacidad con B20

MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES
RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332
19:05 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAB20-1**	19:14 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAB20-2**	19:17 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAB20-3**	19:20 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDAB20-4**	19:24 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B20-5**
TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.60 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1
Nº ENTU 1 55 2 40 3 53 4 51 5 51	Nº ENTU 1 30 2 24 3 54 4 60 5 50 6 58	Nº ENTU 1 56 2 40 3 54 4 54 5 57	Nº ENTU 1 54 2 47 3 55	Nº ENTU 1 58 2 53 3 43 4 59 5 54 6 52
DESVIACION MAX. 2%-1 VALOR MEDIO 52%-1	DESVIACION MAX. 10%-1 VALOR MEDIO 56%-1	DESVIACION MAX. 3%-1 VALOR MEDIO 55%-1	DESVIACION MAX. 8%-1 VALOR MEDIO 52%-1	DESVIACION MAX. 7%-1 VALOR MEDIO 55%-1
RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **NO PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**
PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO

ANEXOS 4

Resultados de la medición de opacidad con B50

MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES
RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332
20:05 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B50-1**	20:09 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B50-2**	20:13 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B50-3**	20:21 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B50-4**	20:24 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B50-5**
TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1
Nº ENTU 1 46 2 48 3 52	Nº ENTU 1 54 2 45 3 32 4 47 5 47 6 49	Nº ENTU 1 31 2 52 3 49 4 52	Nº ENTU 1 60 2 40 3 45 4 49	Nº ENTU 1 47 2 53 3 46
DESVIACION MAX. 6%-1 VALOR MEDIO 49%-1	DESVIACION MAX. 2%-1 VALOR MEDIO 48%-1	DESVIACION MAX. 3%-1 VALOR MEDIO 51%-1	DESVIACION MAX. 9%-1 VALOR MEDIO 45%-1	DESVIACION MAX. 7%-1 VALOR MEDIO 49%-1
RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**	RESULTADOS: **PASADO**
PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO	PROBADOR: OTINOCO

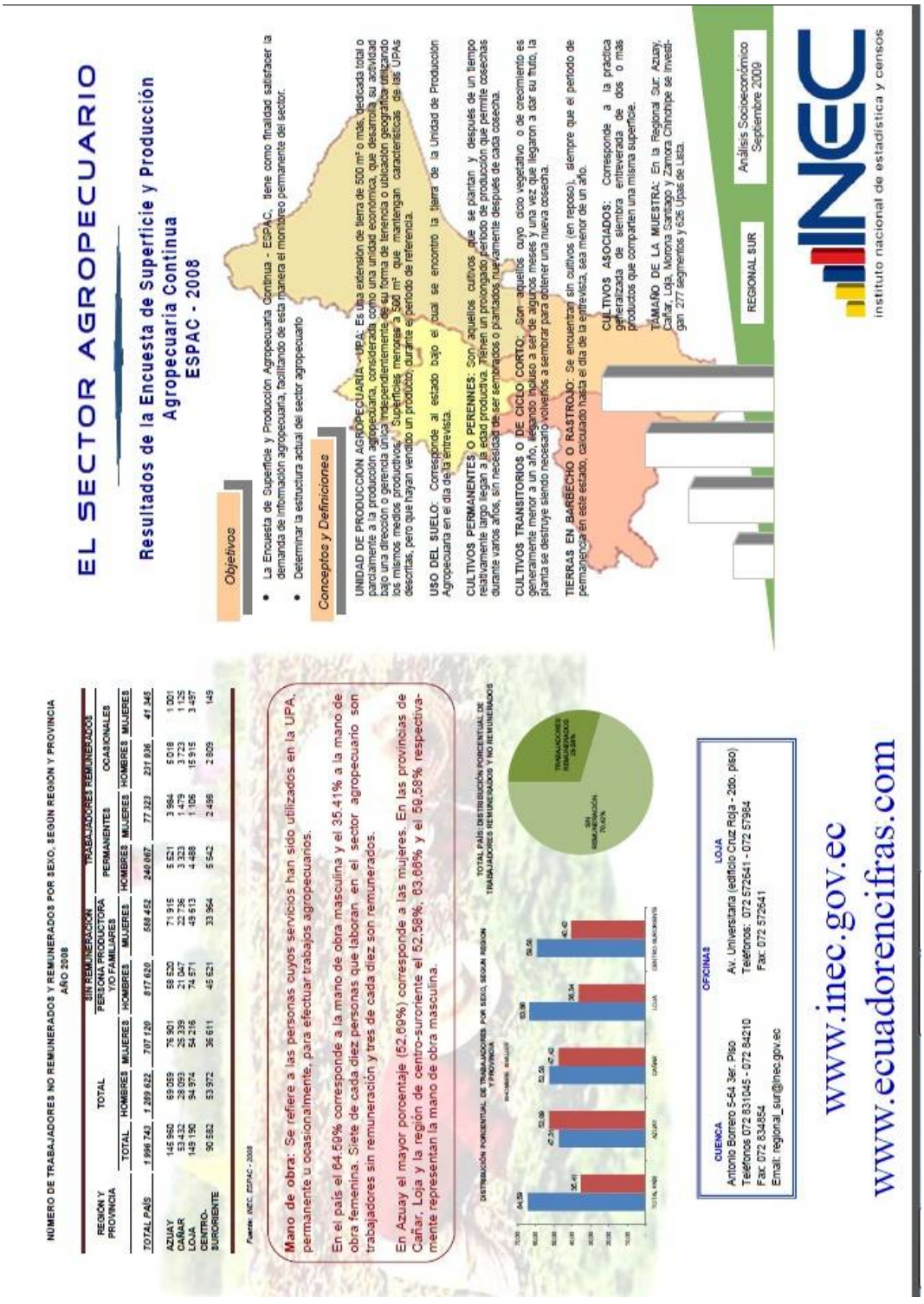
ANEXOS 5

Resultados de la medición de opacidad con B100

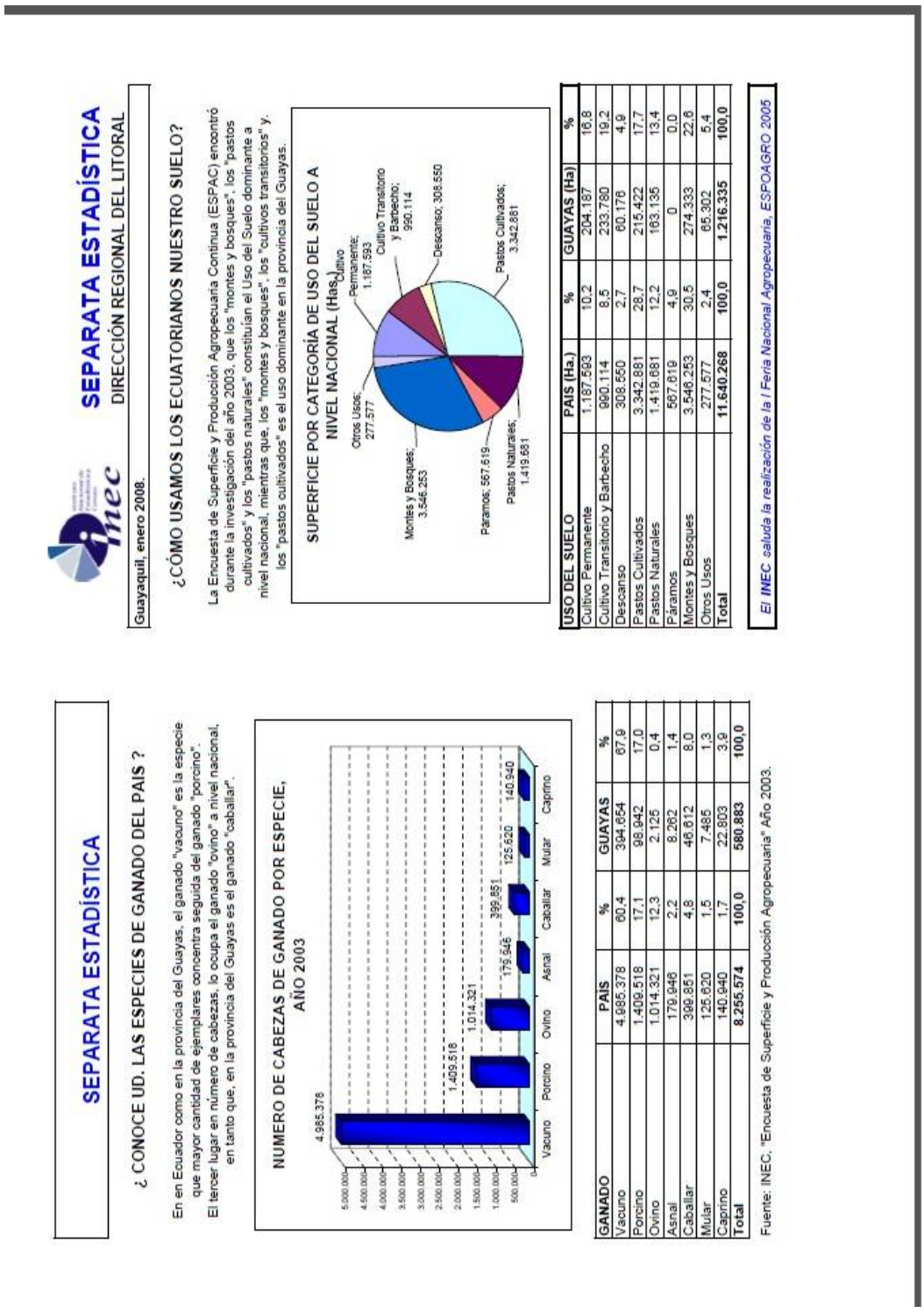
MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES	MEDICION DE GASES
RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332	RTV EMOV-EP BOLIVAR Y V MACHUCA 2842023-EXT 152 Tel. 2833332
20:51 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B100-1**	21:43 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B100-2**	21:31 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B100-3**	21:14 HORA 12.05.11 MATRICULA **UDA B100-5**	21:41 HORA 12.05.11 MATRICULA **UA B100-5**
TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1	TURBO: VALOR-K MAX. 2.50 m-1
Nº ENTU 1 34 2 53 3 35 4 48 5 43 6 37	Nº ENTU 1 41 2 45 3 50	Nº ENTU 1 41 2 37 3 38	Nº ENTU 1 42 2 32 3 28	Nº ENTU 1 40 2 39 3 34
DESVIACION MAX. 11%-1 VALOR MEDIO 43%-1	DESVIACION MAX. 9%-1 VALOR MEDIO 45%-1	DESVIACION MAX. 9%-1 VALOR MEDIO 37%-1	DESVIACION MAX 14%-1 VALOR MEDIO 34%-1	DESVIACION MAX. 6%-1 VALOR MEDIO 38%-1
RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO	RESULTADOS: **PASADO** PROBADOR: OTINOCO

ANEXO 6

Resultado De Encuestas De Superficie De Producción Agraria Continua Región Sur



Resultado De Encuestas De Superficie De Producción Agraria Continua Región Litoral



SEPARATA ESTADÍSTICA

DIRECCIÓN REGIONAL DEL LITORAL

Guayaquil, enero 2008.

¿CÓMO USAMOS LOS ECUATORIANOS NUESTRO SUELO?

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) encontró durante la investigación del año 2003, que los "montes y bosques", los "pastos cultivados" y los "pastos naturales" constituían el Uso del Suelo dominante a nivel nacional, mientras que, los "montes y bosques", los "cultivos transitorios" y los "pastos cultivados" es el uso dominante en la provincia del Guayas.

SUPERFICIE POR CATEGORÍA DE USO DEL SUELO A NIVEL NACIONAL (Has.)

USO DEL SUELO	PAIS (Ha.)	%	GUAYAS (Ha)	%
Cultivo Permanente	1.187.593	10,2	204.187	16,8
Cultivo Transitorio y Barbecho	990.114	8,5	233.780	19,2
Descanso	308.550	2,7	60.176	4,9
Pastos Cultivados	3.342.881	28,7	215.422	17,7
Pastos Naturales	1.419.681	12,2	163.135	13,4
Páramos	567.619	4,9	0	0,0
Montes y Bosques	3.546.253	30,5	274.333	22,6
Otros Usos	277.577	2,4	65.302	5,4
Total	11.640.268	100,0	1.216.335	100,0

El INEC saluda la realización de la I Feria Nacional Agropecuaria, ESPOAGRO 2005

SEPARATA ESTADÍSTICA

¿ CONOCE UD. LAS ESPECIES DE GANADO DEL PAIS ?

En en Ecuador como en la provincia del Guayas, el ganado "vacuno" es la especie que mayor cantidad de ejemplares concentra seguida del ganado "porcino". El tercer lugar en número de cabezas, lo ocupa el ganado "ovino" a nivel nacional, en tanto que, en la provincia del Guayas es el ganado "caballar".

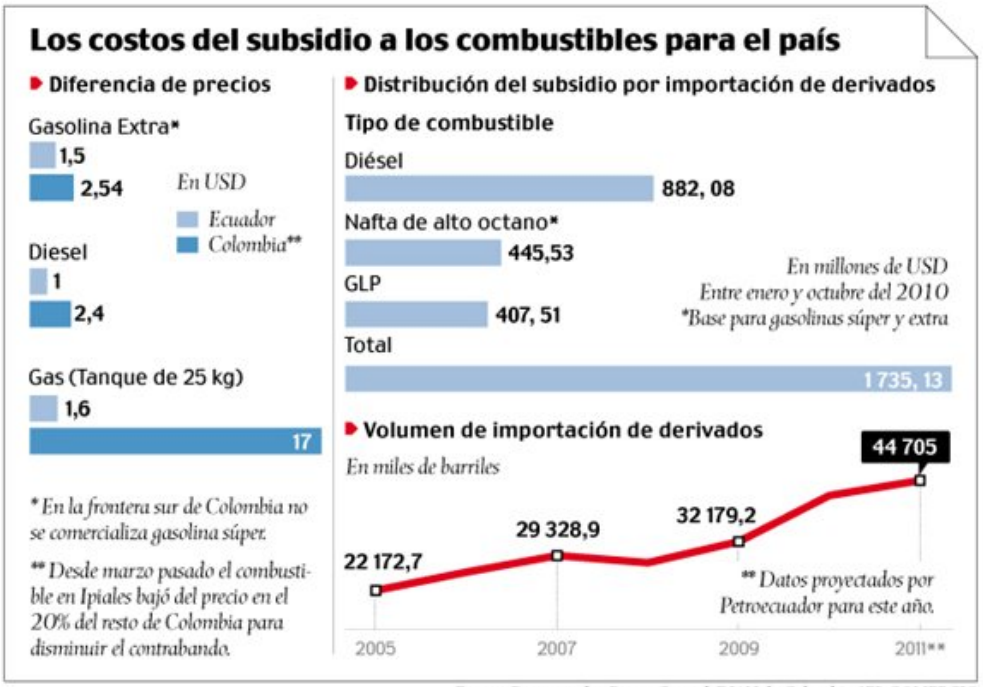
NUMERO DE CABEZAS DE GANADO POR ESPECIE, AÑO 2003

GANADO	PAIS	%	GUAYAS	%
Vacuno	4.985.378	60,4	394.654	67,9
Porcino	1.409.518	17,1	98.942	17,0
Ovino	1.014.321	12,3	2.125	0,4
Asnal	179.946	2,2	8.262	1,4
Caballar	399.851	4,8	46.612	8,0
Mular	125.620	1,5	7.485	1,3
Caprino	140.940	1,7	22.803	3,9
Total	8.255.574	100,0	580.883	100,0

Fuente: INEC, "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria" Año 2003.

ANEXO 8

COSTOS DEL SUBSIDIO PARA LOS COMBUSTIBLES EN EL ECUADOR



Fuente: Petroecuador, Banco Central, DIAN de Colombia / EL COMERCIO

ANEXO 9

Propiedades Técnicas del Biodiesel

Nombre Común	Biodiesel (bio-diesel)
Nombre del Químico Común	Acido Graso (metilester)
Rango de la Fórmula Química	C_{14}-C_{24} metilesteres o C_{15-25} H_{28-48} O_2
Rango de Viscosidad Cinem. (mm^2/s) a 313°K	3.3-5.2
Rango de Densidad (kg/m^3 a 288°K)	860-894
Rango del Punto de Ebullición (°K)	>475
Rango del Punto de Inflamación (°K)	430-455
Rango de Destilación (°K)	470-600
Presión de Vapor (mm Hg a 295°K)	<5
Solubilidad en Agua	Insoluble en Agua
Apariencia Física	Encendido en la oscuridad, líquido amarilloclaro
Olor	Jabonoso ligero
Biodegrabilidad	Mas biodegradable que el Diesel fósil
Reactividad	Estable, pero evita fuertes agentes oxidantes

Fuente: DEMIRBAS Ayhan, 2005.Fuel Alternative For Diesel Engines. EEUU. P 144.

ANEXO 10

Características del Biodiesel

Propiedad	Norma ASTM	Límites	Unidades
Punto de Inflamación	D-93	130.0 mín	°C
Agua y Sedimentos	D-2709	0.050 máx.	% volume
Viscosidad Cinemática a 40°C	D-445	1.9-6.0	mm^2/s
Cenizas Sulfatadas	D-874	0.020 máx.	% peso
Sulfuros	D-5453	0.0015 máx.	% peso
Corrosión a la Lamina de Cobre	D-130	Nro. 3 máx.	----
Número de Cetáno	D-613	47 mín	----
Punto Nube	D-2500	Informe	°C
Residuo de Carbón	D-4530	0.050 máx.	% peso
Número Acido	D-664	0.80 máx.	mg KOH/g
Glicerina Libre	D-6584	0.020max	% peso
Glicerina Total	D-6584	0.240 máx.	% peso
Contenido de Fosforo	D-4951	0.001 máx.	% peso
Temperatura de destilación 90% rec.	D-1160	360 máx.	°C

Fuente: National Renewable Energy 2005. Biodiesel Handling and use guide. Canada. p12

ANEXO 11

Especificaciones para Combustible Diesel ASTM D-975

Propiedad	Método ASTM	Límites	Unidades
Punto de Inflamación	D-93	52 mín	°C
Agua y Sedimentos	D-2709	0.05 máx	% vol.
Viscosidad Cinemática a 40°C	D-445	1.9-4.1	mm^2/s
Contenido de Cenizas	D-482	0.01 máx	% masa
Contenido de azufre total	D-129	0.50 máx	% masa
Corrosión a la lamina de cobre	D-130	N°. 3 máx	
Número de Cetáno	D-613	40 mín	
Punto de escurrimiento	D-97	reportar	°C
Punto Nube	D-2500	-35 a 5	°C
Densidad a 15.5 °C	D-1298	7.1	lb/gal
Gravedad API a 15.56°C	D-287	0.85	Kg/l
Residuo de Carbón Ramsbottom	D-524	0.13 máx	% masa
Aromáticos	D-1319	35 máx	% vol.

Fuente: National Renewable Energy 2005, Biodiesel Handling And Use Guide.Canada p.11

ANEXO 12

Especificaciones ASTM D-7467 para Biodiesel (B6-B20)

Propiedad	Método ASTM	Límites	Unidades
Combinación de calcio y magnesio	EN 14538	5 máx	ppm (ug/g)
Punto de Inflamación	D-93	52 mín	°C
Agua y sedimentos	D-2709	0.05 máx	% vol.
Viscosidad cinemática a 40°C	D-445	1.9 – 4.1	mm^2/s
Contenido de Ceniza	D-482	0.01 máx	% masa
Azufre Grado S15	D-5453	0.0015 max. (15)	% masa (ppm)
Grado S500	D-5453	0.05 max. (500)	% masa (ppm)
Corrosión a la lamina de cobre	D-130	N°.3 máx	
Punto Nube	D-2500	reporte	°C
Número de Cetáno	D-613	40 mín	
Residuos de carbon en 100% de muestra	D-4530*	0.05 máx	% masa
Número de Acido	D-664	0.30 máx	mg KOH/g
Glicerina libre	D-6584	0.020 máx	% masa
Glicerina total	D-6584	0.240 máx	% masa
Contenido de fosforo	D-4951	0.001 máx	% masa
Destilación, T90 AET	D-86	343 máx	°C
Combinación de sodio y potasio	EN-14538	5 máx	Ppm
Estabilidad de oxidación	EN-14112	6 mín	Horas
Para el uso a temperaturas -12°C	Anexo D-6751	200 máx	

Fuente: National Renewable Energy. 2006, Biodiesel Handling And Use Guide,.Canada

ANEXO 13

INEN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA **NTE INEN 2 202:2000**

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGENIMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF OPACITY OF EXHAUST EMISSIONS OF DIESEL MOTORS BY STATIC TEST. METHOD OF FREE ACCELERATION.

First Edition

CDU: 662.75
ICS: 13.040.50

INEN

CIIU: 3530
MC 08.06-301

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.	NTE INEN 2 202:2000 2000-07

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 464 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de opacidad de las emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diesel mediante el método de aceleración libre.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es diesel.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2207, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Aceleración libre*. Es el aumento de revoluciones del motor de la fuente móvil, llevado rápidamente desde marcha mínima a máxima revoluciones, sin carga y en neutro (para transmisiones manuales) y en parqueo (para transmisiones automáticas).

3.1.2 *Autocalibración*. Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante.

3.1.3 *Calibración de un equipo de medición*. Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.

3.1.4 *Exactitud*. Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.1.5 *Opacidad*. Grado de reducción de la intensidad de la luz visible que ocasiona una sustancia al pasar aquella a través de ésta.

3.1.6 *Opacímetro*. Instrumento de medición que opera sobre el principio de reducción de la intensidad de la luz que se utiliza para determinar el porcentaje de opacidad.

3.1.7 *Porcentaje de opacidad*. Unidad de medición que determina el grado de opacidad de las emisiones de escape de una fuente móvil a diesel.

3.1.8 *Repetibilidad*. Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.

3.1.9 *Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo*. Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.

3.1.10 *Tiempo de respuesta del equipo de medición*. Es el período en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.

3.1.11 *Sonda de prueba*. Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.

(Continúa)

DESCRIPTORES. Emisión de gases. Protección del medio ambiente. Calidad del aire. Método de ensayo

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los importadores y distribuidores de opacímetros deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los opacímetros a ser utilizados debe cumplir con la Norma ISO 11614.

4.2 Los importadores y distribuidores, están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los opacímetros.

4.3 La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para medir la opacidad en aceleración libre.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Fundamento.

5.1.1 Este método de ensayo se basa en la determinación del porcentaje de luz visible que se absorbe y refleja cuando un haz de ésta atraviesa la corriente de las emisiones provenientes del sistema de escape.

5.2 Equipos

5.2.1 Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

5.2.2 *Capacidad de autocalibración.* Los opacímetros deben tener incorporada esta función propia, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el opacímetro es encendido, o manualmente, cada vez que el usuario lo requiera.

5.2.3 Los opacímetros deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

5.2.4 El equipo debe disponer de las características de seguridad que garanticen la protección del operador.

5.3 Calibración

5.3.1 *Calibración del 0 %.* El circuito eléctrico de la fuente de luz y del receptor deben ser ajustados de tal manera que la lectura de salida marque cero cuando el flujo de luz pase a través de la zona de medición en ausencia de emisiones de escape.

5.3.2 *Calibración del 100 %.* Utilizar un filtro de densidad óptica neutral y colocar éste perpendicularmente al haz de luz, con un valor que corresponda al 100 % de opacidad, o una pantalla que permita bloquear completamente la fuente de luz, en ausencia de emisiones de escape.

5.3.3 *Calibración intermedia.* Utilizar por lo menos tres filtros calibrados de densidad neutra, con valores representativos en el rango de 0 a 100 %, en ausencia de emisiones de escape.

5.3.3.1 Insertar los filtros en la trayectoria de la luz, perpendicularmente al haz emitido.

5.3.3.2 El error de lectura no deberá superar a ± 1 % del valor conocido.

5.3.4 La calibración del opacímetro se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo.

(Continúa)

5.3.4.1 En el caso de que esas especificaciones no estén disponibles, la calibración se debe realizar por lo menos cada tres meses.

5.3.4.2 Adicionalmente, calibrar el equipo luego de cada mantenimiento correctivo. Esta calibración es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

5.4 Procedimiento de medición

5.4.1 *Antes de la prueba.*

5.4.1.1 Verificar que el sistema de escape del vehículo se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño, que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

5.4.1.2 Verificar que el nivel de aceite en el cárter del motor del vehículo esté entre el mínimo y el máximo recomendado por el fabricante del vehículo, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

5.4.1.3 Verificar que el motor del vehículo se encuentre en la temperatura normal de operación.

5.4.1.4 Verificar que la transmisión del vehículo se encuentre en neutro (transmisión manual) o en parqueo (transmisión automática).

5.4.1.5 Si el vehículo no cumple con las condiciones determinadas anteriormente, la prueba no se debe realizar, hasta que se corrijan las fallas correspondientes.

5.4.1.6 Someter al equipo de medición a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

5.4.1.7 Verificar que se haya realizado el proceso de autocalibración en el equipo.

5.4.1.8 Verificar que el opacímetro marque cero en la lectura.

5.4.2 *Medición*

5.4.2.1 Verificar que no exista ningún impedimento físico para el libre movimiento del acelerador.

5.4.2.2 Con el motor funcionando en " ralentí", realizar por lo menos tres aceleraciones consecutivas, desde la posición de "ralentí" hasta la posición de máximas revoluciones, con el fin de limpiar el tubo de escape.

5.4.2.3 Conectar la sonda de prueba a la salida del sistema de escape del vehículo.

5.4.2.4 Aplicar aceleración libre al vehículo y permitir que el motor regrese a condición de "ralentí".

5.4.2.5 Repetir lo indicado en el numeral 5.4.2.4, por lo menos seis veces, consecutivamente.

5.4.2.6 En cada ciclo, registrar el valor del porcentaje de opacidad máximo obtenido. No se deben tener en cuenta los valores leídos mientras el motor está en marcha mínima, después de cada aceleración.

5.4.2.7 Para el resultado final, considerar como mínimo tres lecturas tomadas en estado estable, es decir, cuando al menos estas tres lecturas consecutivas se sitúen dentro de un rango del 10 %, y no formen una secuencia decreciente.

(Continúa)

5.5 Informe de resultados

5.5.1 El resultado final será la media aritmética de los valores de las tres lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.7

5.5.2 La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del opacímetro.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207:1998	*Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel.*
Norma ISO 11614	*Reciprocating internal combustion compression-ignition engines. Apparatus for measurement of the opacity and for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas.*

Z. 2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica colombiana ICONTEC 4231. *Gestión ambiental. Aire. Método para determinar la opacidad de gases de motores diesel mediante la prueba estática en libre aceleración.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 202	TITULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.	Código: MC 08.06-301

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:

Fechas de consulta pública: de a

Comité Interno del INEN:
Fecha de iniciación: 1998-06-12 Fecha de aprobación: 1998-06-17
Integrantes del Comité Interno del INEN:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)	SUBDIRECTOR TÉCNICO
Ing. Enrique Troya	DIRECTOR DE PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR
Sr. Guido Reyes	DIRECTOR DE DESARROLLO Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD
Sr. Arturo Arévalo	DIRECTOR DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO
Ing. Marco Narváez	DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Subcomité Técnico: GESTIÓN AMBIENTAL
Fecha de iniciación: 1998-09-24 Fecha de aprobación: 1999-02-04
Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Jorge Jurado (Presidente)	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO
Ing. Pablo Ubidia	CINAE - AEADI
Ing. Jorge Medina	CONUEP/ING. QUÍMICA (U.C.)
Ing. Julio Salazar C.	PETROINDUSTRIAL
Ing. Eduardo Espín	MIDUVI/SSA
Ing. Jorge Mantilla	CNNT
Ing. Ritha Burbano	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS
Tlgo. Mauricio Barros B.	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (CUENCA)
Ing. Klever Chávez	MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Ing. Jorge Álvarez	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO
Myr. Henry Aulestia C.	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS
Myr. Carlos Navarda	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS
Ing. Marco Oleas	GENERAL MOTORS - OMNIBUS BB
Ing. Lucía Montenegro	FACULTAD DE ING. QUÍMICA (E.P.N)
Ing. Mauro González	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS
Sr. Yuichi Sato	AUTOMOTORES HINO
Ing. Pablo Durango	COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE PICHINCHA
Ing. Edwin Tamayo	COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS DE PICHINCHA
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites: #[6] Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2000-03-23

Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 2000372 de 2000-07-03
Registro Oficial No. 115 de 2000-07-07

Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Direccion General: E-Mail:furresta@inen.gov.ec
Área Tecnica de Normalizacion: E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec
Área Tecnica de Certificacion: E-Mail:certificacion@inen.gov.ec
Área Tecnica de Verificacion: E-Mail:verificacion@inen.gov.ec
Área Tecnica de Servicios Tecnologicos: E-Mail:inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec
URL:www.inen.gov.ec