

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio Politécnico

**Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de
gasolina a Etanol.**

Israel Sebastián Garzón Guerrero

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Baccalaureus en
Electromecánica Automotriz.

Quito, 2012

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de
gasolina a Etanol.**

Israel Sebastián Garzón Guerrero

Eddy Villalobos, Ing

.....

Director de la Tesis

Gonzalo Tayupanta Noroña, M.S.c

.....

Miembro del Comité de Tesis

Santiago Gangotena González, Ph.D.

.....

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Israel Sebastián Garzón Guerrero

C. I.: 1003113014

Fecha: 10 de Octubre de 2012

Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida, por haberme dado salud para lograr mis objetivos y el privilegio de tener una familia que me ha brindado su apoyo.

A mi madre Myriam.

Por el amor incondicional, por sus consejos, sus valores; por ser el pilar fundamental en todo lo que soy.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ella.

Sebastián Garzón

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que han tomado parte en la realización de este proyecto. A mis profesores que han sabido enseñarme. A mi madre por apoyarme económicamente con mis estudios; principal soporte y motivación para la culminación de esta etapa estudiantil. Por otro lado quiero agradecer a mi tía, Lucia Guerrero, quien me ha acogido en su casa durante estos años y quien ha estado a mi lado dándome fuerzas para poder alcanzar la realización del proyecto.

Gracias a todos por creer en mí.

Sebastián Garzón

Resumen

Nuestro país se proyecta al futuro y empieza la era de los biocombustibles, pero, ¿Qué son los biocombustibles? Desde hace tiempo el tema del uso intensivo de combustibles fósiles (petróleo), ha llevado al hombre a la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables que sean menos contaminantes, ya que estos son los causantes del calentamiento global y del efecto invernadero que actualmente afecta a la sociedad. De ahí la necesidad de producir nuevas fuentes de energía limpia, como es el caso del *etanol a partir de caña*, que ha sido considerada como una buena opción para disminuir los efectos que la industria automotriz genera en el medio ambiente.

El análisis central del proyecto se basa en ensayos de funcionamiento del motor convencional. Tal motor ha sido adaptado para su funcionamiento con etanol. En el estudio se analizarán las prestaciones, rendimientos y el impacto ambiental del etanol como combustible. A fin de contar con un trabajo experimental que permita conocer sus beneficios como carburante, alcance y limitaciones.

Palabras clave: sistemas flexibles, gases contaminantes, etanol, gasolina.

Abstract

Ecuador looks to future and the era of biofuels begins, but what are biofuels?. Since long time the intensive use of fossil fuels have led human to search for new sources of renewable energy which are cleaner, as these are the cause of global warning and greenhouse effect that affecting society. Hence the necessity to produce new clean energy sources, such as ethanol from sugarcane, which has been considered as a good option to reduce the effects that the Automotive Industry produces in the environment.

The main analysis of project is based on tests of conventional engine operation. This engine has been adjusted to work with ethanol. This study will analyze the benefits, performance and the environment impact of ethanol as fuel. In order to have an experimental project that gives us to know its scope and limitations.

Key words: Flex-Fuel, emissions, Ethanol, Gasoline. . .

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	3
Tabla de Imágenes	5
INTRODUCCION.....	2
Objetivos:	3
Objetivos específicos:.....	3
ANTECEDENTES:	3
Justificación del proyecto.....	3
CAPITULO I	5
1. LA CAÑA DE AZÚCAR	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Producción de caña azúcar.....	5
1.3 Características de la caña de azúcar.....	6
1.4 Usos de la caña.....	6
Consumo humano	6
1.5 Alcoholes de caña.....	7
1.6 Selección de la caña de azúcar como materia prima en la producción de alcohol.....	7
CAPITULO II	10
2. EL ETANOL COMO COMBUSTIBLE	10
2.1. DEFINICIÓN.....	10
2.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS	11
2.2.1. Volatilidad	11
2.2.2. Octanaje	12
2.2.3. Calor de Vaporización.....	13
2.2.4. Velocidad de la llama.	13
2.2.5. Temperatura de la llama	13
2.2.6. Contenido de energía	14
2.2.7. Propiedades corrosivas	14
2.2.8. Otras propiedades.....	15
2.3. BIOCOMBUSTIBLE EN AMÉRICA.....	15
2.3.1. BRASIL.....	16
2.3.2. COLOMBIA.....	17
2.3.3. ECUADOR.....	18

2.4.	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL	20
2.4.1.	PRE-TRATAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	22
2.4.2.	FERMENTACIÓN	22
2.4.3.	DESTILACIÓN	22
2.4.4.	DESHIDRATACIÓN.....	24
CAPITULO III		25
3.	EMISION DE GASES.....	25
3.1.	Octano	25
3.2.	Gases de escape	26
3.3.	Relación aire-combustible teórica	26
3.4.	Gas Monóxido de Carbono (CO).....	27
3.5.	Gas Hidrocarbano (HC).....	27
3.6.	Óxidos de Nitrógeno (NOx)	28
3.7.	MEZCLA DE ETANOL	29
3.8.	SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI.....	30
3.8.1.	Unidad de control de electrónica (ECU).....	30
3.8.2.	Sensor de oxígeno o Sonda lambda	31
3.9.	Conector de enlace de datos (DLC)	32
3.10.	Conexión OBD-II	32
3.11.	PLX Device Wi-fi.....	32
3.12.	BIOKit –Conversor Bioetanol.....	33
3.12.1.	Funcionamiento	33
CAPITULO IV		35
4.	ESTUDIO DEL PROYECTO	35
4.1.	PRESUPUESTO	36
4.2.	METODOLOGÍA:.....	36
	Fase 1.....	36
	Fase 2.....	37
4.3.	Selección del vehículo	37
4.3.1.	Característica del vehículo	38
4.4.	Instalación del BioKit.....	39
4.5.	Pruebas de emisión de gases	40
4.6.	Pruebas de ruta.....	41

4.6.1.	Condiciones de prueba.....	42
4.6.2.	Preparación del vehículo.....	42
4.6.3.	Desarrollo de la prueba.....	43
4.7.	Pruebas en el dinamómetro.....	43
4.7.1.	Variables.....	44
4.8.	Análisis de combustión: prestaciones y emisiones.....	46
4.8.1.	Pruebas de emisión de gases.....	46
4.8.2.	Pruebas de ruta.....	47
4.8.3.	Pruebas dinamómetro.....	48
CAPITULO V	.....	51
CONCLUSIONES.	.....	51
RECOMENDACIONES	.....	52
REFERENCIAS.....	.....	53
ANEXOS.....	.....	54

Tabla de Imágenes

Ilustración 1	Proceso de Etanol Deshidratado.....	21
Ilustración 2	Gases del Vehículo.....	25
Ilustración 3	Concentración de CO.....	27
Ilustración 4	Concentración de HC.....	28
Ilustración 5	Concentración de NOx.....	28
Ilustración 6	Relación Estequiometria del Etanol.....	29
Ilustración 7	ECU del BioKit E85.....	33
Ilustración 8	Diagrama de Conexión.....	34
Ilustración 9	Revisión de Vehículo, Ibarra.....	38
Ilustración 10	Proceso de Instalación, Ibarra.....	40
Ilustración 11	Analizador de Gases.....	41
Ilustración 12	Prueba de Ruta - GPS, Yahuarcocha.....	43
Ilustración 13	Pruebas, Quito Campus IUDE.....	45
Ilustración 14	Curvas de potencia, torque.....	49
Ilustración 15	Ingresos Y Egresos de Petroleo.....	54
Ilustración 16	Proceso de Obtención de Etanol.....	54
Ilustración 17	Etanol Presentación 2,5L.....	55
Ilustración 18	Prueba de Ruta - E40 -Yahuarcocha.....	55
Ilustración 19	Sistema OBD II.....	56
Ilustración 20	Instalación del Sistema E85.....	56
Ilustración 21	Instalacion del Sistema E85.....	57
Ilustración 22	Sistema de Alimentación.....	57

Ilustración 23 Prueba de Ruta – Yahuarcocha	58
Ilustración 24 Analizador de Gases	58

INTRODUCCION.

La industria automotriz es una de las responsables del efecto invernadero, deterioro de la atmósfera, causado en parte por el aumento del parque automotor, el uso intensivo de combustibles fósiles que ha dado como resultado la contaminación del aire. Es un gran problema ambiental que exige que todos tomemos conciencia. Dicha necesidad ha llevado a buscar energías amigables con el medio ambiente que disminuyan la dependencia en los derivados del petróleo.

La idea de este proyecto de conversión de sistema de alimentación de un motor de gasolina a etanol, nació de la experiencia en biocombustible de otros países, y de la innovación tecnológica de la Industria Automotriz. Ecuador empezó el plan piloto denominado “Ecopais” en la ciudad de Guayaquil (5% de etanol). Las ventajas ambientales, mecánicas y socioeconómicas hacen necesario evaluar la utilidad de caña de azúcar como cultivo energético.

Este proyecto mostrará las posibilidades de instalación de un kit de conversión E85, 85 por ciento de etanol; en primer lugar, se describen las características básicas de la caña de azúcar del cual proviene el etanol. También se compara el etanol como combustible y mencionan algunas de sus propiedades físicas, químicas y energéticas. A continuación, siguiendo el mismo método teórico-exploratorio, se analizan los resultados de ensayos de funcionamiento del motor.

Objetivos:

Realizar la “Conversión de sistema de alimentación de un motor de gasolina a biocombustible”, a fin de establecer los potenciales beneficios de la utilización de etanol a base de caña así como los aspectos negativos de su conversión.

Objetivos específicos:

- Descubrir las características del proyecto de conversión y uso de gasolina con alcohol anhidro (etanol).
- Identificar aspectos mecánicos de interés
- Determinar y evaluar los potenciales beneficios ambientales.
- Analizar la situación actual del etanol en el mercado nacional.
- Establecer las respectivas conclusiones y recomendaciones para el óptimo uso de etanol.

ANTECEDENTES:**Justificación del proyecto**

1. Como carburante reduce las emisiones contaminantes como: monóxido de carbono e hidrocarburos, siendo estos lo principales causantes de los gases de invernadero.
2. El etanol es un recurso renovable, lo que disminuye la dependencia del petróleo en los países no productores de naftas de alto octano que deben importarlo.

3. En el país existen alrededor de 75.000 hectáreas para la producción de azúcar, además de ser energéticamente eficiente, porque produce un tercio más de energía que la que requiere su elaboración.
4. Limpia el sistema de alimentación, debido a que el etanol contiene alcohol, el cual es mejor disolvente que la gasolina normal. Usando etanol se mantiene el sistema de inyección de combustible más limpio, aumenta la potencia del vehículo y también la vida útil de los inyectores de combustible.

CAPITULO I

1. LA CAÑA DE AZÚCAR

1.1 Antecedentes

La caña de azúcar es una gramínea tropical proveniente del sureste asiático del grupo Saccharum. En Ecuador aparece a inicios de los años 60's, con la creciente producción destinada a la elaboración de azúcar, panela y aguardiente. Actualmente se ha promovido a la caña de azúcar como un cultivo energético para la producción de etanol.

1.2 Producción de caña azúcar

La superficie actual sembrada de la caña de azúcar en el Ecuador es de 135.000 ha destinadas para la producción de azúcar, panela y etanol. La mayoría son pequeños cañicultores y solo el 5% son grandes ingenios azucareros como: “La Troncal” y “San Carlos” en la Región Costa y en la Sierra el ingenio IANCEM.

El Centro de Investigación para la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) espera cosechar este año cerca de 80t/ha de caña. Estas proyecciones desde luego están ligadas a las condiciones climáticas (lluvia) que limita la producción azucarera en la Costa (en donde se realiza la mayor producción ecuatoriana), contrario a la Sierra que la zafra dura 320 días aproximadamente, pero su producción es pequeña.

1.3 Características de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta muy noble ya que captura el dióxido de carbono del ambiente y procesa los azúcares y bagazo, que con ingeniería aporta la producción de biocombustibles y energía.

Su tallo esta formado por tejidos fibrosos que contienen altas cantidades de líquidos ricos en sacarosa, compuesto que al ser extraído y refinado forma azúcar.

Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo etc. Sin embargo los valores de referencia general son:

- Agua 73-76%
- Sacarosa 8-15%
- Fibra 11-16%

1.4 Usos de la caña

Consumo humano

La caña de azúcar es utilizada para el consumo humano en diversas maneras, ya sea en azúcar o en bebidas alcohólicas.

Existen varios tipos de azúcares de caña, los que dependen de los modos de fabricación y grados de pureza en sacarosa; estos pueden ser: azúcar industrial y azúcar de fábrica (azúcar rubio, azúcar blanca y azúcar refinada). De acuerdo a los datos de Fenazúcar, el consumo en el país es de 34 kilos de azúcar /habitante /año.

1.5 Alcoholes de caña

Uno de los principales subproductos de la caña de azúcar es el etanol, que se consigue por medio de la fermentación del jugo de la caña. Dependiendo del proceso se puede obtener alcohol para consumo humano, como es el aguardiente o en Ecuador el conocido “puntas”.

También se puede obtener alcohol para uso en vehículos como combustible. Este alcohol puede ser de dos tipos: el hidratado que se usa en vehículos que utilizan E100 (100% alcohol), y el anhidro que se utiliza en la mezcla con gasolina convencional.

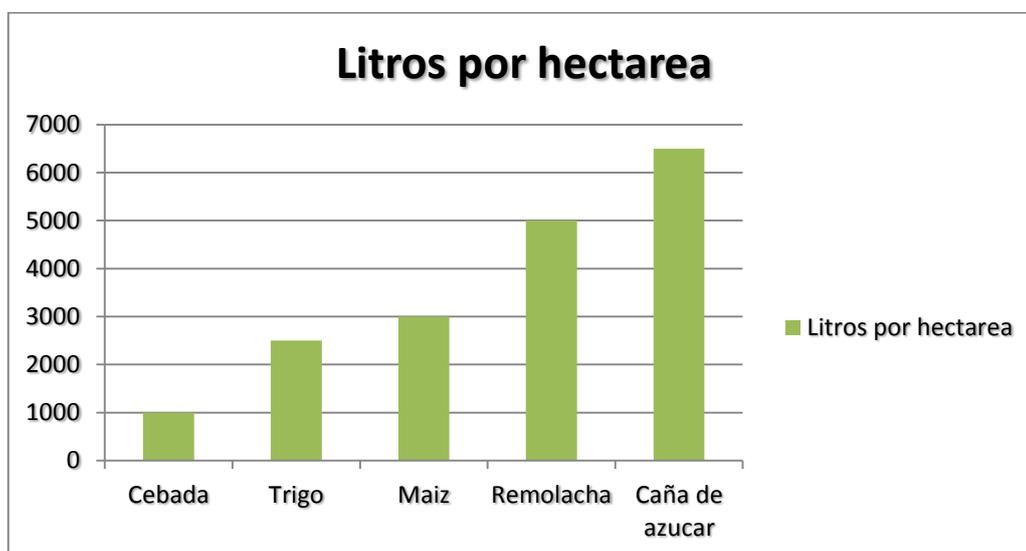
1.6 Selección de la caña de azúcar como materia prima en la producción de alcohol

La caña de azúcar es la materia prima adecuada para producir alcohol anhidro por los siguientes criterios:

Rendimiento

Por cada tonelada métrica de caña de azúcar se obtiene entre 85 y 90 litros de alcohol anhidro. En Ecuador el rendimiento es de 70 litros por tonelada equivalente a 5.400 litros por hectárea.

Tabla 1

Rendimiento de Caña de Azúcar

Existen otras materias primas para producir alcohol, pero no existe mejor proceso más sencillo y menos costoso que transformar jugo de caña en alcohol, ya que se compone de azúcares en forma más simple, lo cual le hace más rentable que otros.

a) Costo de la caña de azúcar

Mediante INFORME: SC— DET — 2012, de 02 de julio de 2012 se anunció el precio recomendado para la zafra 2012-2013 en 29,75 dólares por tonelada de caña de azúcar.

b) Disponibilidad de tierras para el cultivo

Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en el año 2006, Ecuador cuenta con 675.900 hectáreas potenciales para el cultivo de caña.

c) Disponibilidad de tecnología para producir etanol

Las áreas identificadas como potenciales para el cultivo son áreas aptas para la mecanización (irrigación) ya que cuentan con topografía adecuada. Existen centros de investigación CINCAE en busca de mejorar el proceso de producción de caña de azúcar y etanol.

CAPITULO II

2. EL ETANOL COMO COMBUSTIBLE

2.1. DEFINICIÓN

El Etanol también conocido como alcohol etílico anhidro o alcohol carburante tiene como base el alcohol, el cual es un líquido incoloro con un olor característico, mismo que contienen los licores y productos químicos.

El alcohol es purificado y es obtenido mediante proceso de fermentación de azucars, este tiene un grado alcoholímetro de 95 grados Gay-Lussac (°GL), lo cual le hace inapropiado para mezclarlo con la gasolina. El alcohol anhidro (etanol) contiene un grado alcoholímetro de 99.5 G.L como mínimo, apto como combustible. En Ecuador este alcohol es difícil de adquirir; sin embargo, lo podemos encontrar en pinturas, tintas, solventes y medicinas.

2.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Tabla 2

Propiedades de Etanol

Propiedades	Gasolina	Etanol
Fórmula química	C_8H_{16}	$C_2H_5(OH)$
Masa molecular	114	46
Composición gravimétrica C/H/O _e	0,855/0,145/0	0,52/0,13/0,35
Relación estequiométrica (kg/kg)	14,7	9,0
Densidad (20°C), (kg/L)	0,71-0,76	0,79
Poder calorífico inferior (MJ/kg)	42,5-44,0	26,8
Poder calorífico inferior (MJ/L)	30,75	21,17
Temperatura de ebullición (°C)	25-215	78,3
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	315	904
Presión de vapor Reid (PVR), (kPa)	≤69	17
Nº de Octano (RON)	84-98	107
Temperatura de autoencendido (°C)	300-400	420
Límites de inflamabilidad (% en volumen)	0,6-8	3,5-15

2.2.1. Volatilidad

Entendemos por la capacidad de los combustibles para evaporarse bajo diferentes temperaturas y presiones. Característica esencial en el encendido del automóvil siendo esta una de las principales fuentes de emisiones de CO en los vehículos a gasolina.

El Etanol es menos volátil que la gasolina, lo cual dificulta el encendido en frío, incluso a temperaturas moderadas, es decir el etanol necesita ayuda para inflamarse a bajas temperaturas.

2.2.2. Octanaje

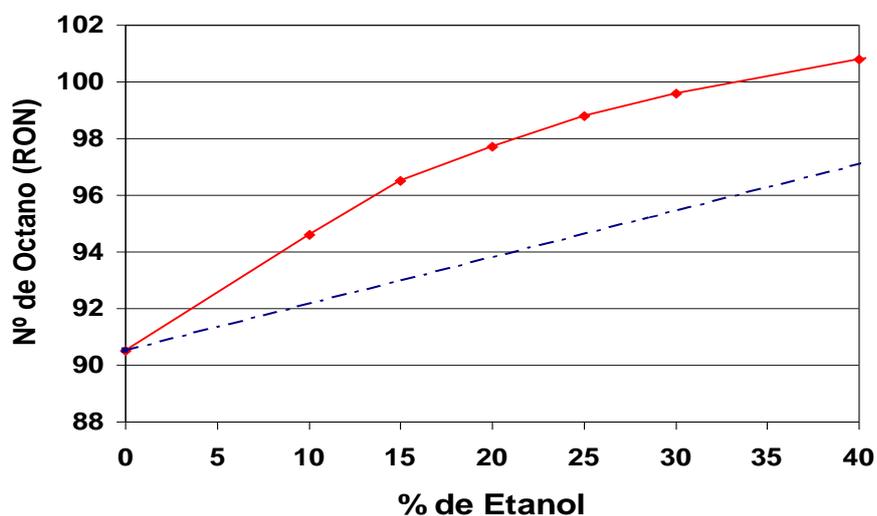
El octanaje es la resistencia a la detonación de un carburante cuando se lo expone al calor y a presión en el motor, dicha habilidad permite quemar los gases de forma uniforme y evitar la detonación prematura.

Actualmente, en Ecuador el octanaje de la gasolina “extra” es de 87 octanos, y la “súper” es de 92 octanos.

El etanol tiene mayor número de octanaje que la gasolina, siendo este de 115 a 120 octanos. Experimentos muestran que el octanaje aumenta significativamente en relación directa con el aumento porcentual de alcohol.

Tabla 3

Octanaje del Etanol



Nota. Curva en base a 40 por ciento de etanol. Fuente: Guillermo, J. (2010). “Determinación de curvas características de velocidad y carga de un motor de combustión interna” [diapositivas de PowerPoint].

2.2.3. Calor de Vaporización

Es la cantidad de calor que se debe agregar a un gramo de del líquido para que pase al estado de vapor a temperatura constante. El calor de vaporización es 3 veces mayor que la gasolina, mientras mayor sea el calor de vaporización mejor es la habilidad de enfriamiento lo cual facilita una mezcla más densa y mejora el rendimiento volumétrico; así mayor cantidad de mezcla alcanza los cilindros y por consiguiente su potencia aumenta. A pesar de estos beneficios, el inconveniente del alto calor de vaporización son los arranques en frío.

2.2.4. Velocidad de la llama.

La velocidad a la cual se propaga la llama a través de la mezcla estequiometrica, puede afectar el correcto funcionamiento y la cantidad de emisiones. Es así que a altas velocidades de la llama permiten una combustión completa. Sin embargo, los motores de pistón no son capaces de crear las condiciones de homogeneidad entre aire y gasolina para quemarla el ciento por ciento, lo que causa emisiones de monóxido de carbono.

2.2.5. Temperatura de la llama

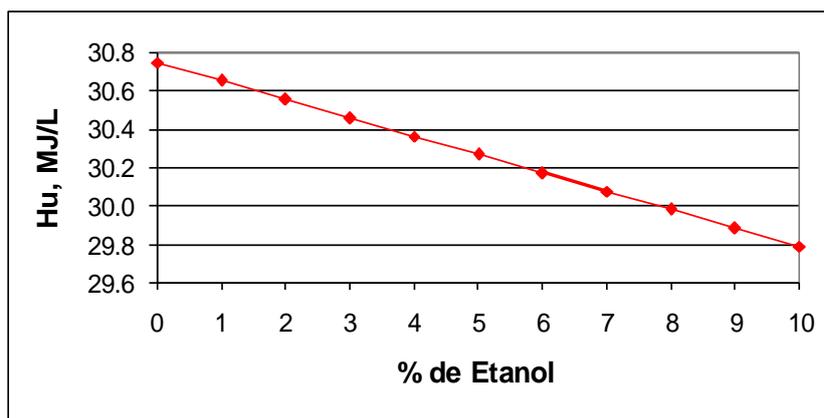
Una baja temperatura contribuye a reducir los niveles de oxido de nitrógeno, y el etanol tiene la temperatura menor que la de la gasolina.

2.2.6. Contenido de energía

El contenido energético del etanol es menor que el de la gasolina a fin de lograr la misma eficiencia, el motor tiene que consumir mayor cantidad de etanol. Se requiere aproximadamente 1.5 galones de etanol para hacer funcionar un auto, comparados con lo que puede hacer un galón de gasolina. Esta diferencia es importante cuando se compara precio del etanol vs. precio de gasolina.

Tabla 4

Poder Calorífico



Nota. Estudio en base a 10 por ciento de etanol. Fuente: Guillermo, J. (2010). "Determinación de curvas características de velocidad y carga de un motor de combustión interna" [diapositivas de PowerPoint].

2.2.7. Propiedades corrosivas

El alcohol es más corrosivo que la gasolina, esto podría significar una disminución en la vida útil de las juntas y piezas de caucho debido a que el etanol tiene una tendencia a contener y atraer el agua.

2.2.8. Otras propiedades.

Debido al hecho de que el bioetanol contiene alcohol, es mejor disolvente que la gasolina, por esta razón mantiene el sistema de inyección de combustible más limpio.

2.3. BIOCOMBUSTIBLE EN AMÉRICA

Desde el punto de vista de los altos precios del petróleo y la independencia energética, ha conllevado al desarrollo de Biocombustibles, muchos de los cuales presentan potencial para la producción de etanol.

Según informes del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura ((IICA), 2007) el consumo de gasolina en la región es de 635,7 millones de metros cúbicos de gasolina, por otra parte se extrae 8 millones de hectáreas de caña de azúcar las cuales producen 33,6 millones de metros cúbicos de etanol, insuficientes para satisfacer la demanda.

La región cuenta con una área de 585 millones de hectáreas potenciales para el cultivo de caña de azúcar y la producción de etanol. Esto significa que de fomentar parte de estas áreas agrícolas, se cubriría las necesidades de E10 en todos los países.

Otro aspecto importante para la producción de etanol a base de caña de azúcar son las políticas públicas, reglas que establezcan un papel protagónico por parte del Gobierno en el incentivo de la utilización de esta fuente renovable y en la promoción de una

actividad rentable para cañicultores, contribuyendo de forma directa al mejoramiento de empleo y condiciones de vida del sector rural.

Los países que lideran la producción de etanol son: EE.UU, Brasil, Colombia, Argentina y México; los cuales cuentan con un marco regulador para la producción, uso y manejo del etanol.

A continuación un breve estudio de la situación actual y perspectivas, de países con producción de etanol a base de caña de azúcar.

2.3.1. BRASIL

Con la revaloración de los aspectos ambientales y la necesidad de optar por sistemas energéticos sostenibles. Brasil pionero en el tema empezó sus investigaciones sobre el uso de aceites vegetales como combustible desde 1975.

Brasil líder mundial en el mercado de energías renovables, ha probado que la producción de etanol es competitiva, pues se estima que el costo de elaborar etanol con caña de azúcar, es siete dólares por cada giga joule (una unidad de energía), frente a 14 dólares por un giga joule de gasolina.

Su área agrícola es cerca de 150 millones de hectáreas. Posee ventajas comparativas como es la de incorporar nuevas alternativas a la agricultura energética sin competir con la agricultura de alimentos y por encontrarse en la zona ecuatorial maximiza su producción con múltiples cosechas al año.

30 años de productividad lo convierten en el principal productor y exportador de Latinoamérica, cuenta con capacidad industrial para producir etanol a partir de la caña de azúcar de 18 billones de litros, teniendo un excedente de 4,5 billones para el mercado internacional.

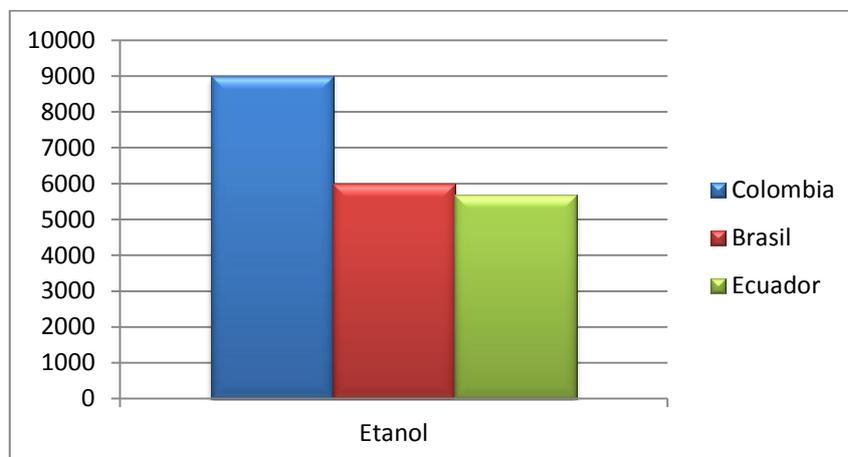
2.3.2. COLOMBIA

El desarrollo de la industria de los biocombustibles en Colombia es una política de estado impulsada por los grandes ingenios azucareros. Factor que hacen de Colombia llevado el segundo productor de biocombustibles en América Latina, después de Brasil.

Colombia ha concentrado su producción de etanol en los insumos agrícolas con mas alta eficiencia energética del mercado, con una área cultivada de caña de azúcar de 400.000 ha. Según la FAO, organismo internacional para la alimentación y la agricultura, cataloga a Colombia entre los mayores productores de etanol, 9000Lt/ha, superando a Brasil y Ecuador en un 50% y 55% respectivamente.

Tabla 5

Rendimiento de Producción de Etanol (Lt/ha)



Nota. Ecuador produce 5700 litros de etanol por hectárea. Fuente. UPME – “Desarrollo y Consolidación del Mercado de Biocombustibles en Colombia”

Estudio realizado por The Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology- de Suiza (EMPA) y CNMPL el demostró que el etanol de la caña de azúcar colombiana reduce en un 74% las emisiones de gases de efecto invernadero, evidenciado una alta productividad y eficiencia de los recursos. (CUE, 2012). Ver Anexos

Actualmente, el gobierno colombiano evalúa la posibilidad de crear una segunda mezcla flexible entre 25% y 85% para vehículos con tecnología Flex Fuel.

2.3.3. ECUADOR

El Ecuador, inscrito dentro del Protocolo de Kyoto, acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global; ha incorporado políticas de manejo de Biocombustibles (Decreto No 2332).

2.3.3.1. Políticas y estrategias

Art 15.- El Estado Promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. Y con el Decreto Ejecutivo 146, se creó el Consejo Nacional de Biocombustibles.

El Ecuador, por ser un país agrícola y por su geografía esta muy calificado para el desarrollo de etanol. Para el Ecuador tal vez la principal motivación no sea la reducción de los gases nocivos sino:

- a) El incesante incremento de las importaciones de Naftas de alto Octanaje, a pesar de ser un país petrolero, Ecuador tiene un déficit de producción de gasolinas de alto octano, por lo cual cada año se gastan cantidades significativas de divisas en la importación de este producto. Según cifras del sector petrolero ecuatoriano n° 68 son aproximadamente \$ 450 millones de dólares anuales que invierte para las gasolinas que se producen en las plantas de refinamiento del país. (Ver anexos).
- b) Creación de trabajo rural. En promedio se utiliza dos hombres por hectárea de caña de azúcar. Ecuador dispone de 90.000 hectáreas de caña, por lo cual se emplea a 140.000 personas, las mismas que trabajan en labores agrícolas.

El aguardiente: materia prima para la producción de etanol, es el plan en ejecución que impulsa el Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca (MAGAP) junto con el plan piloto “Ecopais”; se realizó un convenio con cerca de 800 pequeños agricultores quienes entregaran alcohol de 60 grados (aguardiente) a 70 centavos de dólar por litro, como materia prima para la producción de etanol anhidro carburante.

2.3.3.2. ECOPAIS

Actualmente, existe en el país el proyecto piloto “Ecopais”, en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se lanzó el 12 de enero de 2011 y su objetivo es comercializar un combustible renovable, mezcla de 95% gasolina extra y 5% de etanol anhidro obtenido de la caña de azúcar.

El plan piloto ya demostró su viabilidad produciendo alrededor de 80 000 galones diarios de E5 (20 000 litros de etanol) que le provee Producargo, Sideral S.A y Codona. El costo promedio de etanol anhidro por litro en estas fábricas es de 0,55 centavos de dólar.

Capacidad actual de producción

Según las cifras del sector petrolero ecuatoriano (nº 67 -2012) la producción nacional de derivados de petróleo, es de 115.543 barriles/día. La producción de Etanol Anhidro ofertada a PETROECUADOR es de 60,000litros/día y se ira incrementando.

2.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL

Para obtener etanol cuya formula química es C_2H_5OH se obtiene de cultivos agrícolas que contienen azúcares (caña de azúcar), o aquellos que pueden convertirse en azúcares como almidones (maíz, papas...) o de celulosa (madera).

Dependiendo del tipo de biomasa es necesario analizar el rendimiento de los procesos de conversión para evaluar ventajas. Así comparamos dos de los mayores

productores de etanol; por un lado EE.UU., con etanol a partir de maíz, y Brasil con caña de azúcar.

La obtención de etanol a partir de almidón (maíz) es más complejo, por lo cual EE.UU necesita el doble del área que Brasil para la obtención de etanol. Entonces el rendimiento a partir de sustancias con alto contenido de azúcares (caña de azúcar) es mayor, *produciendo un tercio más de energía de la que requiere su elaboración.*

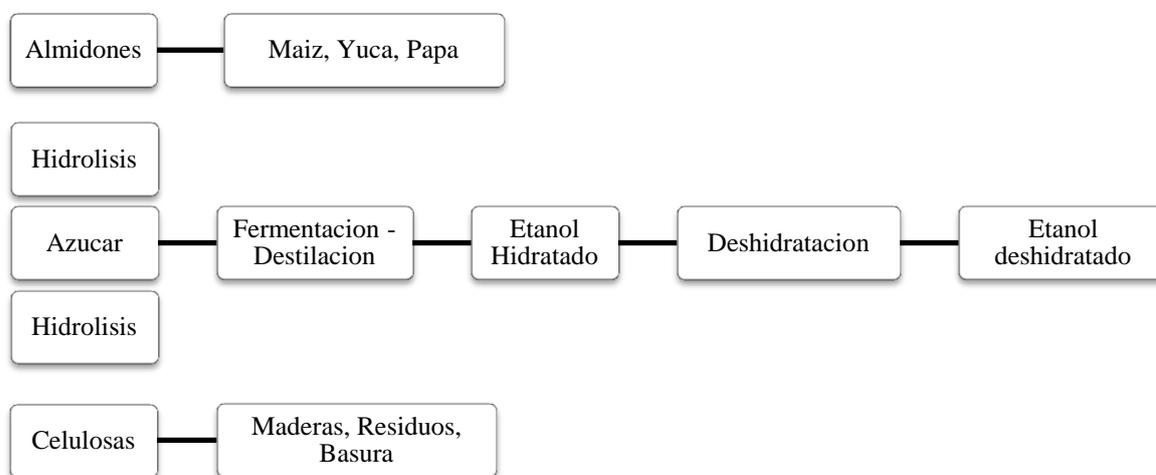


Ilustración 1 Proceso de Etanol Deshidratado

Mediante una revisión bibliográfica, se puede dividir el proceso en fases para deshidratar mezclas. A continuación, se procede a describirlas

- Pre-tratamiento de la caña de azúcar
- Fermentación
- Destilación
- Deshidratación

2.4.1. PRE-TRATAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El objetivo es transformar la biomasa, esta puede ser: trituración, molienda. Se extrae el jugo que contiene la sacarosa y se envía al proceso de elaboración de azúcar, el cual es recolectado en tanques de almacenamiento para luego ir a la fase de fermentación.

2.4.2. FERMENTACIÓN

Aquí se realiza la conversión de los azúcares en alcohol por la acción de levaduras bajo condiciones controladas, entre los que destaca la temperatura, el pH y la concentración de azúcares. El mosto fermentado o vino que sale del fermentado final, contiene alcohol diluido en agua y levadura; este líquido es enviado al proceso de destilación.

2.4.3. DESTILACIÓN

Definiendo la destilación como el proceso por el cual se logra separar dos líquidos mediante vaporización y condensación, se separa el alcohol de las impurezas (agua). Los vapores obtenidos en la primera columna de destilación contienen aproximadamente 45% de alcohol y son enviados a una segunda columna rectificadora, de la cual, por la parte superior, se obtiene alcohol de 95% y por el fondo, sale los residuos de agua conocido como flemaza. Es necesario que se realice otro proceso con el fin de obtener alcohol anhidro 99,7%

2.4.3.1. Tipos de procesos de destilación (Alcohol Anhidro)

Actualmente, existen diversas tecnologías con mayor eficiencia para deshidratar.

1. Destilación al Vacío

La destilación a bajas presiones o a vacío hace posible la obtención de alcohol en altas concentraciones. Para obtener un producto de alta pureza es necesario utilizar torres de deshidratación con un elevado número de etapas (por encima de 40), además de altas relaciones de reflujo. Estas condiciones implican altos costos energéticos debido al mantenimiento de condiciones de vacío en torres de destilación con gran cantidad de platos.

2. Destilación Azeotrópica

Esta tecnología consiste en la adición de un solvente orgánico (benceno) a la mezcla etanol-agua. Este es utilizado en grandes plantas para producir alcohol industrial puro 99.9%.

Aunque es una tecnología disponible comercialmente para cualquier escala y con suficiente información para ser fácilmente modelada y simulada. Su proceso es difícil de operar y controlar, ya que las columnas azeotrópicas frecuentemente se comportan erráticamente dentro de ciertos rangos de operación.

3. Pervaporación

Este tipo de adsorción es otra de las operaciones unitarias ampliamente usadas en la industria para la deshidratación del etanol. En esta operación el alcohol a 96 G.L pasa a las columnas rectificadoras las cuales contienen un material absorbente (filtros moleculares). Debido a la diferencia de afinidad de las moléculas del etanol y del agua con respecto al adsorbente, esta última queda atrapada mientras el etanol pasa a través del permeado aumentando su concentración.

2.4.4. DESHIDRATACIÓN

La deshidratación de etanol juega un papel importante en el proceso de separación y rectificado de la destilación que contiene 95% de alcohol y 5% de agua. Para que este alcohol pueda ser utilizado como combustible, es necesario retirar por completo el agua, esto se logra utilizando un tamiz molecular, que por medio de una resina sintética retiene el agua contenida en el alcohol rectificado. De esta manera se obtiene un alcohol de 99,5%.

CAPITULO III

3. EMISION DE GASES

La contaminación producida por los automóviles es creada por la evaporación del combustible (gasolina o etanol). Estos pueden ser divididos en 3 sustancias básicas: Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Oxidos Nitrosos (NO_x).

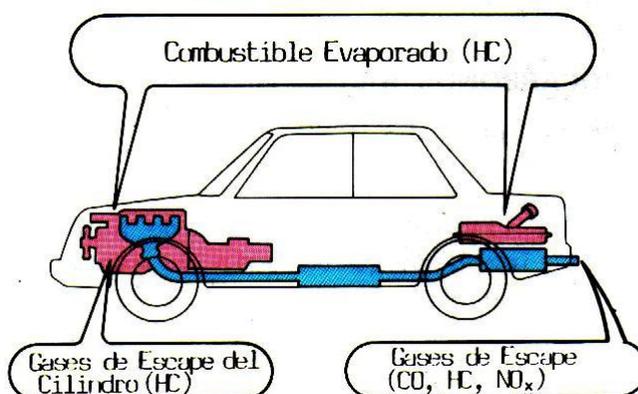


Ilustración 2 Gases del Vehículo

Fuente: Compendio de Control de Gases, p. 6

3.1. Octano

El octano (C_8H_{18}) es una sustancia consistente de átomos de hidrogeno (H) y carbono (C); llamada hidrocarbano, el cual es usado como combustible (gasolina).

3.2. Gases de escape

El calor producido (energía) por el proceso de combustión es lo que permite el funcionamiento del motor. Para ello es necesario de una mezcla homogénea (aire y gasolina) la cual es pulverizada y repartida uniformemente a todos los cilindros.



3.3. Relación aire-combustible teórica

La relación aire-combustible teórica es la proporción de aire a combustible conteniendo suficiente oxígeno para permitir que se quemara el combustible completamente. En el caso de octano puro, la proporción es de 14,7:1 respectivamente. Sin embargo, los motores de pistón no son capaces de crear las condiciones de homogeneidad entre aire y gasolina para quemarla el ciento por ciento.

La mezcla estequiometria (14,7:1) tiene importancia en la combustión, pues si la relación aire-combatible es menor que la relación estequiometrica para gasolina (por ejemplo, si es 10:1) la mezcla será muy rica y habrá insuficiente oxígeno en la mezcla para la combustión de todo el combustible. Por otro lado, si la relación are-combustible es mayor que la estequiometrica para gasolina (por ejemplo, 20:1), la mezcla será muy pobre y habrá demasiado oxígeno para que la combustión ocurra.

3.4. Gas Monóxido de Carbono (CO)

El gas CO es producido por una combustión incompleta de combustible debido a un insuficiente suministro de oxígeno a la cámara de combustión (mezcla rica).

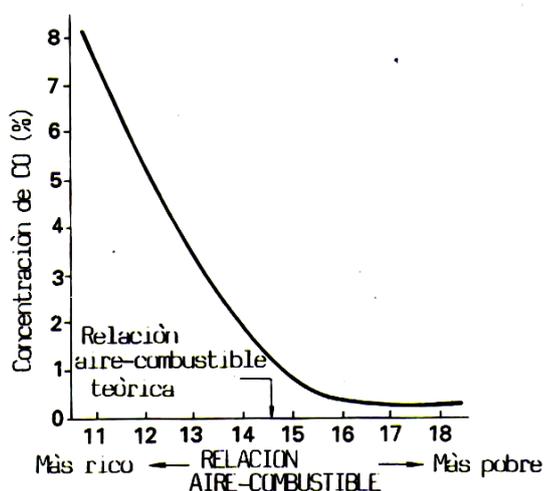


Ilustración 3 Concentración de CO

Fuente: Compendio de Control de Gases, p. 23

3.5. Gas Hidrocarburo (HC)

Cuando el vapor de gasolina es calentado a altas temperaturas, se oxida muy rápidamente, pero resulta una combustión incompleta y a veces no ocurre combustión, y la gasolina no combustionada deja la cámara de combustión y llega a la atmósfera en la forma de gas HC crudo. Hasta un cierto punto, la cantidad de gas HC en el escape aumenta a medida que la mezcla aire-combustible enriquece.

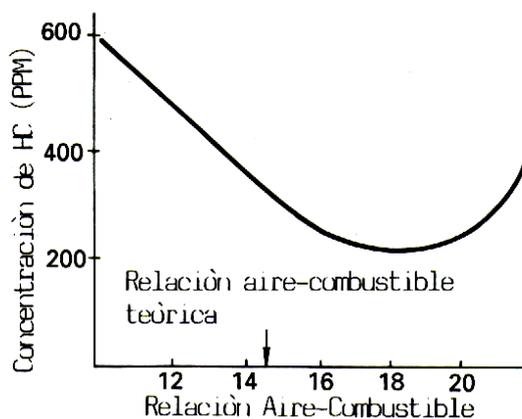


Ilustración 4 Concentración de HC

Fuente: Compendio de Control de Gases, p. 24

3.6. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

El 95% del NOx encontrado en el gas de escape es óxido nítrico (NO), que se forma en la cámara de combustión. La mayor concentración de NOx es producida en una relación aire-combustible de 16:1. La razón por la cual la concentración de NOx baja en mezcla rica es porque la concentración de oxígeno es baja.

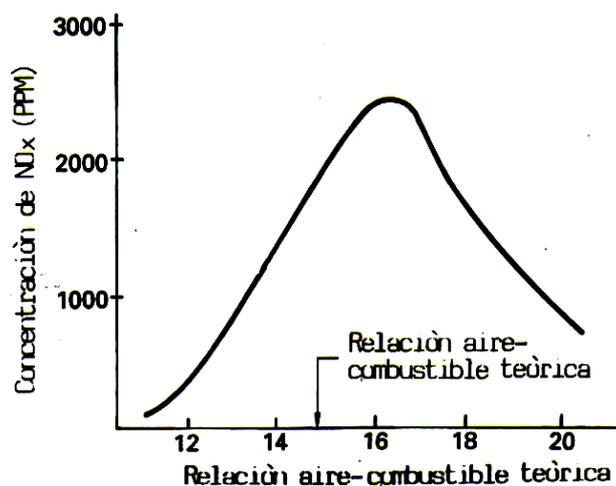


Ilustración 5 Concentración de NOx

Fuente: Compendio de Control de Gases, p. 27

3.7. MEZCLA DE ETANOL

En el caso del etanol, la relación estequiometrica es 9:1. El oxigeno que contienen el etanol reduce su poder calorífico, por eso se necesita más Etanol para la misma cantidad de aire. Al añadir pequeñas cantidades de etanol a la gasolina, como con E10, la unidad de control del motor (ECU) realiza ajustes positivos de compensación para corregir la mezcla aire-etanol. Entonces a mayores concentraciones de etanol, mayores serán los niveles de ajuste de mezcla positiva adicional que será requerida.

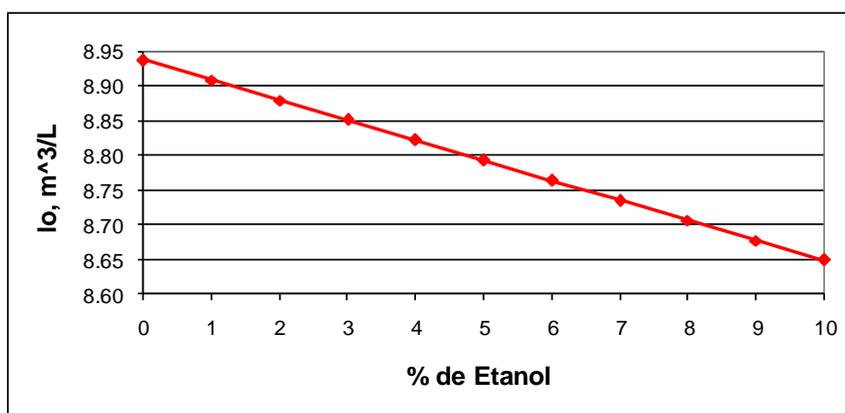


Ilustración 6 Relación Estequiometria del Etanol

Nota. Estudio en base a 10 por ciento de etanol. Fuente: Guillermo, J. (2010). “Determinación de curvas características de velocidad y carga de un motor de combustión interna” [diapositivas de PowerPoint].^a

Los vehículos no modificados generalmente alcanzan su capacidad para ajuste positivo con una concentración de aproximadamente 10% de etanol. Por el contrario, un vehículo Flex-Fuel de fábrica tendrá una ECU que tiene la capacidad necesaria para el ajuste positivo, para dosificar correctamente el combustible con altas concentraciones de etanol.

E5 y E10 se puede utilizar en cualquier tipo de vehículo de gasolina, en cambio E25 y E85 no puede garantizarse en cualquier vehículo de gasolina sin antes adaptarlo para tolerar el calor específico (21,7MJ/L) siendo este menor al de la gasolina (30,75MJ/l).

3.8. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI

Debido a un aumento en las exigencias de los organismos de control ambiental para disminuir las emisiones de los vehículos, se introdujo este sistema que reemplazó al carburador en los motores a gasolina. Su mejora radica en la capacidad para dosificar combustible aire-combustible, muy cercana a la estequiométrica.

Esta conformado por sensores, una unidad electrónica de control (ECU) y actuadores. El funcionamiento se basa en la medición de ciertos parámetros de funcionamiento del motor a fin de obtener una combustión mejorada.

3.8.1. Unidad de control de electrónica (ECU)

También conocida como ECM, la “computadora” monitorea las señales provenientes de los sensores como: sensor MAF, señal que envía la masa de flujo de aire de admisión; sensor IAT, detecta la temperatura del aire en el conducto de admisión; sensor TPS, registra la posición de la mariposa; el sensor lambda, envía la cantidad de oxígeno en los gases de escape, entre otros., estos datos son procesados por la ECU dando como resultado señales que se transmiten a los inyectores (actuadores) que controlan la inyección de combustible para calcular la regulación de la chispa de ignición.

3.8.2. Sensor de oxígeno o Sonda lambda

El sensor de O₂ esta instalada en el tubo de escape del vehículo, en una posición donde logra la temperatura ideal para su funcionamiento en todos los regímenes de trabajo del motor.

En los vehículos OBD II requieren dos sensores de oxígeno: uno primario en contacto con los gases de escape, y otro secundario ubicado después del convertidor catalítico.

Estos sensores proporcionan información sobre el contenido de oxígeno. Si la cantidad de oxígeno en los dos lados no es igual una señal eléctrica que será enviada a la ECU. Por medio de esta señal la unidad de control electrónico podrá variar el volumen de combustible pulverizado.

Coefficiente de aire (Lambda φ)

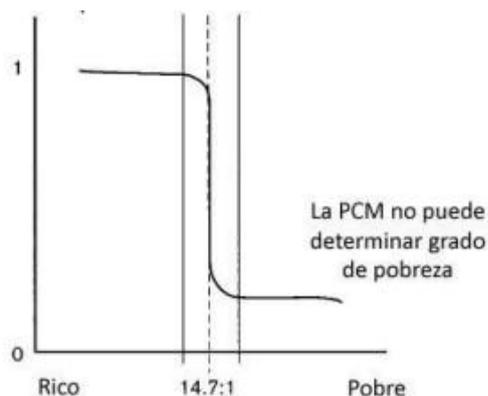
$$\varphi = \frac{\text{Masa de aire aportado}}{\text{Masa de aire necesario para combustion estequiométrica}}$$

Entendemos que entre menos oxígeno haya en los gases de escape, la señal de voltaje que el sensor enviará será cada vez más alto. Esto puede verse fácilmente en la pantalla de un osciloscopio o en un escáner.

Si $\varphi = 1$ La mezcla es estequiometrica

Si $\varphi < 1$ la mezcla es rica

Si $\varphi > 1$ la mezcla es pobre



3.9. Conector de enlace de datos (DLC)

El conector del vínculo de datos estandarizado (DLC) proporciona al técnico un medio de obtener acceso a los datos seriales para ayuda de diagnóstico.

3.10. Conexión OBD-II

El OBD-II por sus siglas en Inglés “On Board Diagnostic Second Generation”, es un sistema que permite gestionar los parámetros principales. En caso de que alguno de los parámetros se salga de los rangos marcados, el sistema OBD II, es el encargado de almacenar esta información, y avisar al conductor de que algo sufre un mal funcionamiento, señalizando con un indicador luminoso (Luz MIL).

3.11. PLX Device Wi-fi

Kiwi Wifi es una herramienta que se conecta a través del puerto de diagnóstico a bordo (OBD-II), permitiendo controlar eficientemente la ECU del vehículo, guardar el

registro, diagnosticar los códigos de fallas y monitorear el desempeño del motor en tiempo real.

3.12. BIOKit –Convertor Bioetanol

El BIOkit es un dispositivo electrónico que permite el empleo de etanol en mezclas de proporciones de hasta 85% etanol, 15% gasolina (E85) como combustible alternativo en vehículos de gasolina con inyección. Se compone de una unidad de control, cableado y conectores, un sensor de temperatura y un interruptor (foto).



Ilustración 7 ECU del BioKit E85

3.12.1. Funcionamiento

Este convertidor trabajara en conjunto con el sistema de inyección electrónica del vehículo. La gran ventaja de la inyección electrónica es que los inyectores de combustible están controlados por una señal electrónica. Este BIOkit modifica los tiempos de inyección, la cantidad de combustible que calcula la ECU del vehículo, a través de la

unidad de control del dispositivo, el sensor de oxígeno y el sensor de temperatura del vehículo.

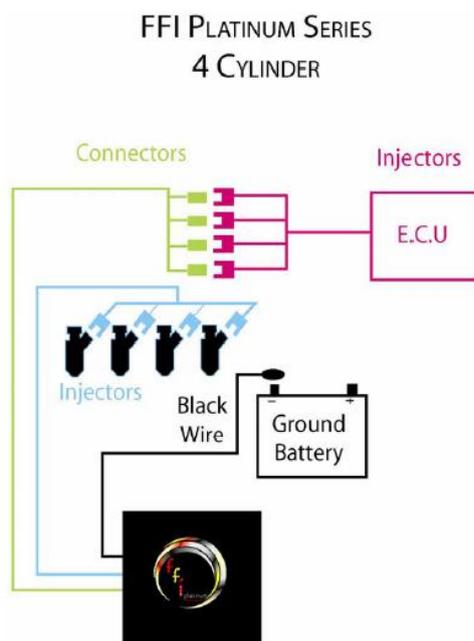


Ilustración 8 Diagrama de Conexión

CAPITULO IV

4. ESTUDIO DEL PROYECTO

Este proyecto consiste específicamente en la conversión de un motor de gasolina a etanol a través de la modificación e instalación de un BIOkit-Convertor Etanol. Se enfocara en la disminución de los gases de efecto invernadero de los motores a combustión interna movidos por gasolina.

Las pruebas comprenden las mediciones de concentración de gases contaminantes emitidos por el motor a ralentí y altas revoluciones. También se analizaran aspectos relacionados al encendido y al mejoramiento de la estabilidad del motor.

Es necesario poner a consideración la implementación de un sistema electrónico OBD-II que monitoree en tiempo real los procesos de las pruebas de dinamómetro y de ruta, a fin de tener un parámetro del rendimiento del vehículo como son: torque y potencia del motor, consumo específico de combustible.

El porcentaje de la mezcla a utilizar en este proyecto, es de 85% de alcohol anhidro, y 15% gasolina súper. Cabe señalar que no se ha realizado una prueba con tal grado de alcohol en el país, por lo que es totalmente experimental.

4.1. PRESUPUESTO

El proyecto se desarrollara utilizando un capital destinado para la compra de todos dispositivos necesarios, programas de diagnostico; además para los repuestos a ser remplazados, fabricación del etanol y recursos extras que requiera su realización. A continuación se detalla brevemente los principales gastos.

Tabla 6

Presupuesto del proyecto

DETALLE	VALOR EN DÓLARES
BIOkit E85	\$ 380,00
OBD-II Sytem	\$ 150,00
Etanol (25l)	\$ 200,00
Probeta (1000ml)	\$ 84,00
Pruebas UIDE	\$ 70,00
TOTAL	884,00

4.2. METODOLOGÍA:

Las fases que ayudaran al estudio de los efectos ambientales y mecánicos causados por el uso de la gasolina oxigenada con etanol se detallan a continuación:

Fase 1

- Selección del vehículo
- Instalación de BioKit
- Pruebas de emisión de gases
- Prueba de dinamómetro
- Prueba de ruta (Race Track)

Fase 2

OBD-II y los resultados de las diferentes pruebas nos servirán como un aporte para el análisis del rendimiento del motor comparando curvas de torque y potencia, consumo de combustible, así como las emisiones contaminantes.

4.3. Selección del vehículo

El vehículo que formara parte del proyecto es un Chevrolet SPARK GT del año 2011

Tabla 7

Especificaciones Técnicas

Tipo	DOCH
No. Cilindros	4 en línea
Desplazamiento (cc)	1206
Potencia (Hp /RPM)	80,5 / 6,200
Torque (Nm/RPM)	110 / 3,800
Sistema de combustible	Inyección Electrónica (MPFI)
Combustible	Gasolina
Relación Compresión	9.3:1
Peso Vehicular (kg)	1818
Tanque de combustible (Itrs)	35

Fuente: Manual de Usuario Spark GT - Chevrolet



Ilustración 9 Revisión de Vehículo, Ibarra

4.3.1. Característica del vehículo

Para efectuar las pruebas con naftas y con mezclas con etanol, se determinara el estado mecánico, a fin de garantizar el correcto y normal funcionamiento del vehículo. Para lo cual se realizó un completo análisis.

- Verificación general de los sistemas mecánicos

Con la finalidad que el vehículo brinde todas las seguridades, ya que el buen funcionamiento garantizara datos fiable durante la realización de las pruebas.

- Verificación del sistema de encendido

El sistema de encendido deberá estar en óptima condiciones a fin de permitir que el motor cuente con una buena chispa para la ignición de la mezcla E85.

- Verificación del sistema de alimentación de combustible

Sera necesario verificar los componentes del sistema de alimentación de combustible como son: el tanque de combustible, la presión de las líneas de

alimentación, filtros, etc., como requisito para establecer relaciones de mezcla apropiadas.

- Verificación del estado del motor.

Un parámetro fundamental que permitirá saber el estado mecánico del motor es mediante la prueba de compresión, así se conocerá las condiciones mecánicas en las que se encuentra el vehículo

4.4. Instalación del BioKit

El dispositivo de conversión E85 es un producto especialmente desarrollado para vehículos con inyección multipunto, el cual transformara el vehículo en Flex-Fuel permitiendo el uso de gasolina y etanol o cualquier mezcla de ambos.

- a) Localizar e identificar el tipo de inyector del vehículo (Bosch EV1).
- b) Desconectar y medir con un multímetro la señal y masa del conector, a fin de saber la polaridad del vehículo. (Standard)
- c) Unir los conectores macho y hembra con los del equipo Flex.
- d) Conectar el cable de dispositivo a tierra (terminal negativo de la batería)
- e) Verificar todas las conexiones.

Después de la instalación se recorrerá algunos kilómetros (10 km), a fin de verificar el funcionamiento normal del vehículo para lo cual se chequeara las condiciones con el OBD II para luego repostar el vehículo con E40. Esto permitirá al sistema crear un proceso de adaptabilidad.



Ilustración 10 Proceso de Instalación, Ibarra

4.5. Pruebas de emisión de gases

El control de emisiones contaminantes (NO_x, H) se efectuara de acuerdo a normas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 2 204:2002, mismas que se realizaran a diferentes velocidades del motor: ralentí, velocidad normal sin carga; y la otra a altas revoluciones por minuto (2500rpm).

Procedimiento.

En base a la norma NTE INEN 2204:2002 se efectuaran los siguientes pasos:

- Someter al equipo a la prueba de fugas correctamente
- Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua que se haya acumulado en la sonda de prueba y que pueda alterar las lecturas de la muestra.
- Sistema de escape este en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Revisar que la transmisión del vehículo este en neutro.

- Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación y que los accesorios del vehículo (luces, A/C, etc), estén apagados.
- Verificar que el motor se encuentre a la temperatura normal de operación.
- Conectar el medidor de RPM en los casos que se estime necesario
- Limpiar el tubo de escape (purgar al menos tres veces)
- Introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo.
- Espera el tiempo de respuesta del equipo, aprox. 20 seg. para que se estabilice
- Este procedimiento de aplica a ralentí y a 2500 rpm.



Ilustración 11 Analizador de Gases

4.6. Pruebas de ruta.

Se realizara una prueba de ruta siguiendo un ciclo de conducción. Se necesita una carretera en buenas condiciones, con un tramo recto con la longitud necesaria y sin cruces peligrosos, a fin de permitir las mediciones. A lo cual fue oportuna la utilización del Autódromo Internacional de Yahuarcocha, José Tobar Tobar, ubicado a 5 kilómetros en la

Capital de la Provincia de Imbabura, Ibarra, con una altitud de 2.200 metros sobre el nivel del mar.

Además se selecciono un ciclo de 3,2km de conducción urbana, para permitir medir el consumo de combustible en ciudad.

4.6.1. Condiciones de prueba.

- Temperatura ambiente: 18 grados C (64F)
- Velocidad del viento: 3km/h
- Ráfagas de viento: 14 km/h
- Humedad relativa: 61%
- Presión atmosférica: -0,34 Km/h
- Condiciones de pista: asfalto, seco, limpio.

4.6.2. Preparación del vehículo

Utilización del vehículo:

- El vehículo debe tener al menos 3,200 km (2000 millas) de operación.
- Las llantas en buen estado y deben tener aproximadamente 161 km (100 millas) de recorrido.
- Peso del vehículo: el peso del vehículo sin carga debe ser mayor a 136kg.
- Presión de las llantas frías debe ser la recomendada por el fabricante (28PSI).

Pre calentamiento:

- El vehículo debe ser conducido al menos 5 min antes del comienzo de la prueba.

Accesorios:

- Todos los accesorios que consuman potencia deben estar apagados.
- Ventanas cerradas durante la prueba.

4.6.3. Desarrollo de la prueba

En la pista se utilizara el GPS para trazar el curso de la prueba y distancias. Además se obtendrá códigos de color, siendo el verde (aceleración), el amarillo (normal), y el rojo (frenado).



Ilustración 12 Prueba de Ruta - GPS, Yahuarcocha

4.7. Pruebas en el dinamómetro

Se desarrollara pruebas de comparación torque y potencia del vehículo, empleando gasolina Súper y con mezcla E85 (85% etanol, y 15% Gasolina Súper).

Para esta fase se ha utilizado el Banco de Pruebas de la Universidad Internacional (UIDE); quienes cuentan con un dinamómetro que dependiendo de los requerimientos permite determinar curvas de potencia, trabajo, etc., consiguiendo simular condiciones de trabajo del vehículo.

4.7.1. Variables

El dinamómetro permite obtener curvas en las cuales se puede mantener constante la velocidad, registrar y medir de manera precisa la potencia de salida de un motor. Además, como complemento la de conectara mediante el puerto OBD-II a fin de extraer datos directamente de la ECU del vehículo.

Potencia

La potencia se expresará en diagramas que cuantifiquen la rapidez con que trabaja un motor en un lapso de tiempo. Mientras más rápido se realice el trabajo la potencia que se desarrolla será mayor. El equipo determinará curvas con respecto al tiempo (en segundos) y la velocidad (en rpm), en diferentes condiciones.

Torque o par

El torque que es la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer el motor será graficada en función del tiempo (en segundos) y la velocidad (en rpm).

Temperaturas/Presión.

Mediante los diferentes sensores del vehículo (MAF, MAP) se medirá la temperatura de aire de admisión, refrigerante, presión atmosférica. También se puede observar el comportamiento en las curvas en determinado tiempo.

Posición del acelerador

Esta ligado directamente con la velocidad del motor, el cual trabaja mediante el sensor TPS.

Consumo porcentual de combustible

Se cuantificara la cantidad de combustible (gasolina o etanol) que el motor consuma.

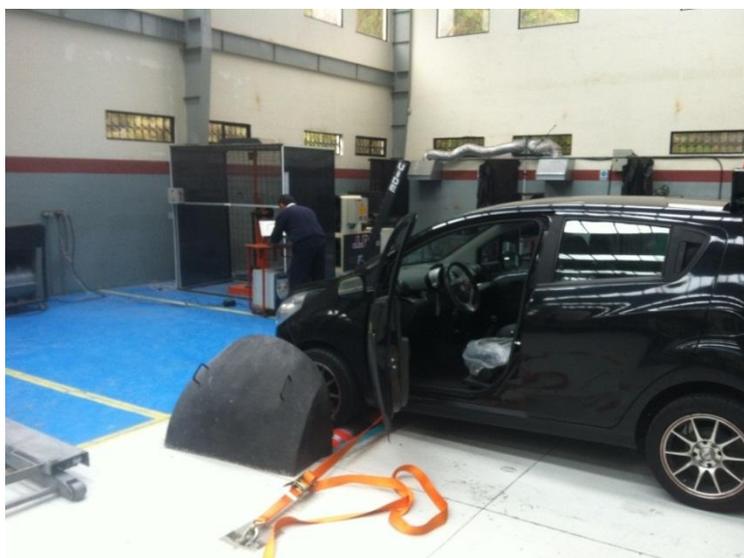


Ilustración 13 Pruebas, Quito Campus IUDE

Tabla 8

Características Técnicas de los Equipos

EQUIPO	CRACTERISTICAS
OBD II Plug	Marca: PLX Device, Wifi, Voltaje de funcionamiento: 10 -18 V
Analizador de gases	GlobalPRO EGA-688

4.8. Análisis de combustión: prestaciones y emisiones

A continuación se analiza el funcionamiento del motor cuando usa etanol como combustible. Los análisis se fundamentan en pruebas experimentales realizadas. Se varía la mezcla (E5, E40 y E85) para obtener un análisis mas detallado.

El ajuste de las mezclas E40 y E85 salieron de los parámetros del fabricante (enriquecía sobre el valor de referencia) como resultado hizo que se encendiera la luz de aviso, generándose un código de error en el OBD.

La temperatura de explosión genera menor cantidad de calor que al quemar gasolina, por lo tanto la temperatura de los gases de escape también son inferiores. El catalizador funciona más frío (a unos 600°C), lo que puede ser favorable para su durabilidad.

Presenta un olor característico que desprende del tubo de escape, un gas templado con un gran contenido de humedad. Esto es debido a que el Etanol tiene un gran contenido de Oxígeno e Hidrógeno, por lo que su combustión produce pocos HC y gran cantidad de vapor de agua (H₂O).

4.8.1. Pruebas de emisión de gases

Los resultados obtenidos permitieron determinar la cantidad de emisiones contaminantes (hidrocarburos, monóxido de carbono y dióxido de carbono).

Tabla 9**Comparación de datos Promedio Obtenidos en Pruebas de Emisión de Gases con gasolina Súper.**

PARAMETRO	GASOLINA SUPER	E5 (Ecopais)	E85
CO (% vol)	0,04	0,00	0,01
CO2 (% vol)	14,98	14,8	14,7
HC (ppm)	11	9,00	30
RPM	Ralenti	2573	

En general se tiene reducciones en las emisiones de CO y HC, mientras que las emisiones de NOx se ven incrementadas en mezclas de bajo contenido de etanol, es decir E5 (ecopais). En mezcla de E85, la tendencia es un aumento de las emisiones HC y una disminución de NOx, aunque cabe mencionar que los valores de E85 son de tipo de investigación exploratoria ya que el objetivo es examinar un tema poco estudiado o que ha sido probado antes.

4.8.2. Pruebas de ruta

En cuanto a las pruebas de ruta, se utilizó el equipo KIWI 2 Wifi PLX Device, herramienta automotriz que se conectará al puerto de diagnóstico a bordo (OBDII), mismo que a través de Dash Command y GPS permitió medir aspectos indicadores que muestran datos en tiempo real.

Se presentará la variación porcentual de Consumo de combustible en cada prueba de ruta efectuada con cada tipo de combustible.

A continuación el consumo según el fabricante:

Tabla 10**Consumo Específico del vehículo.**

Consumo	L/100Km
Ciudad (baja velocidad)	6,6
Carretera (alta velocidad)	4,2
Promedio	5,1

Fuente: Manual de Usuario Spark GT - Chevrolet

En Yahuarcocha se hizo con “E40” (mitad gasolina y mitad E85). En esta prueba de ruta los consumos son similares a los obtenidos con gasolina. Se espera un 7% de incremento de consumo.

Se observa a bajas revoluciones del motor (1500 RPM), el consumo específico de combustible descende; mientras que a altas RPM es mayor al utilizar la mezcla E85 (aprox. 24% más de consumo).

4.8.3. Pruebas dinamómetro

Las pruebas realizadas en el dinamómetro con gasolina súper y con mezcla E85, permitió determinar el comportamiento de los del motor en relación a los parámetros como: máx. potencia rueda, torque

Con el objetivo de determinar el comportamiento de las curvas de torque y potencia del motor utilizando E85 se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Preparación del dinamómetro
2. Asegurar el vehículo con correas de seguridad
3. Conexión del OBD II (Parámetros del motor)
4. Poner la caja de cambios en cuarta marcha para obtener la relación 1 a 1
5. Acelerar el motor hasta la velocidad de 2500 r.p.m.
6. Recopilación de datos de torque y potencia que son visualizados en el equipo.
7. Desacelerar el motor
8. Repetir procedimiento

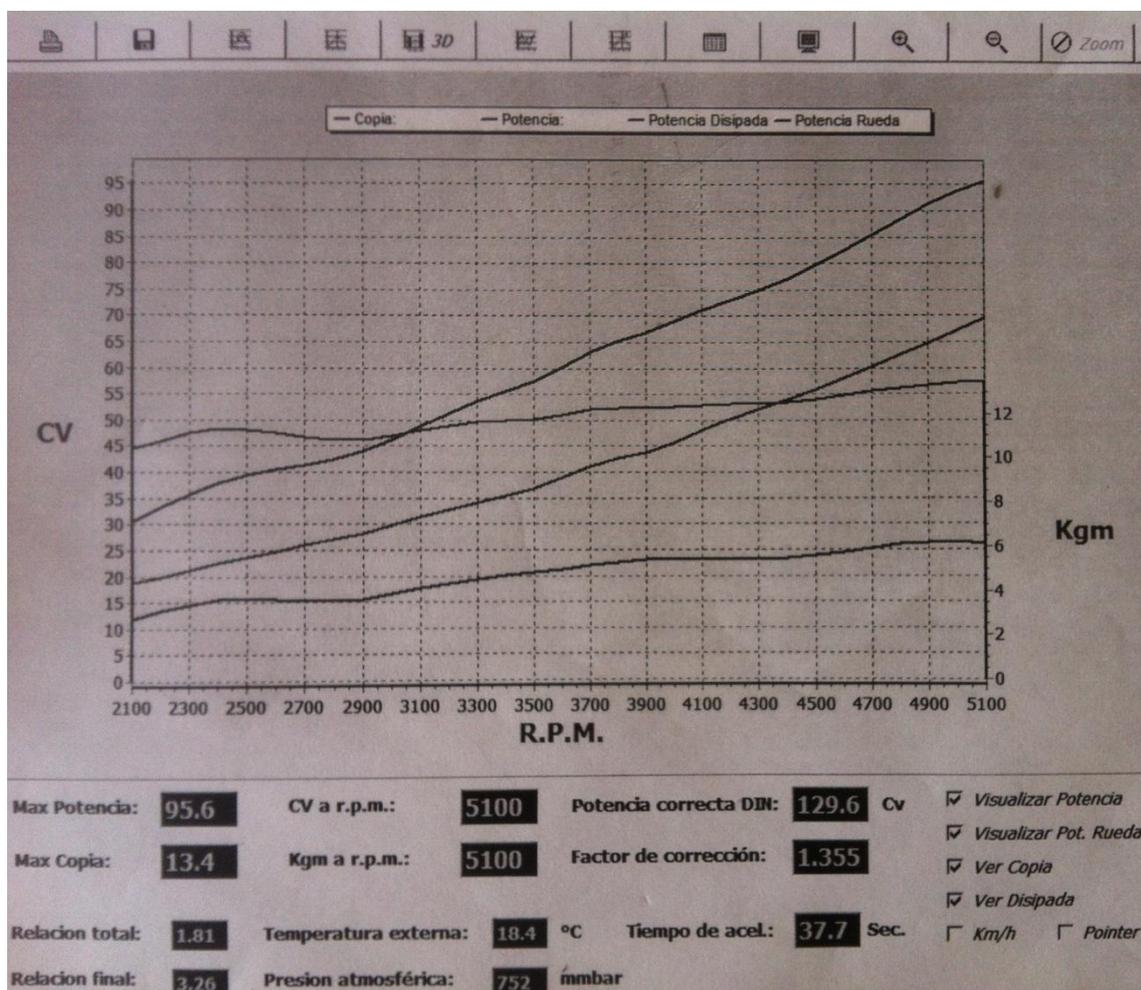


Ilustración 14 Curvas de potencia, torque

Nota. Diagrama obtenido a través de sistema de dinamómetro - UIDE

Se noto un mejor desarrollo del vehículo. Un incremento de potencia en la rueda, yendo 80,5 HP nominales del manual de usuario a 94, 2 HP en el dinamómetro; siendo el 17% más de potencia, permitiendo al vehículo acelerar con mayor suavidad y rapidez hasta una velocidad máx. 209 km/h. El mayor par es debido al mejor octanaje del E85 ya que la ECU de BIOKit optimiza mejor el tiempo de encendido.

Mediante el OBD II se obtuvo el ángulo de encendido aproximadamente 20° antes del PMS con mezclas E85, muy superior a la gasolina que se obtiene a 8°.

Las rpm son más bajas, esto puede deberse a que mayor potencia supone mayor par en toda la gama de revoluciones. El motor funciona muy suave aunque ahora si que se nota un gran enfriamiento del colector de admisión, debido a la nebulización del alcohol.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

- El proyecto BioSpark –USFQ cumple el objetivo de incentivar a los estudiantes a dar soluciones a problemas del sector automotriz, comprender las dificultades técnicas y sus implicaciones socio-ambientales.
- El desarrollo del presente trabajo de “Conversión del Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol” concluyo con éxito, es decir que el automotor adaptado a sistema flex-fuel Etanol E85 ha funcionado conforme lo planificado.
- El estudio en cuanto a la parte mecánica y ecológica sobre el uso de etanol y la conversión de los autos a un sistema flex- fuel mostró que esta conversión es viable para mezclas no superiores a la E85 de vehículos de gasolina. Por otra parte, son evidentes las ventajas del uso de las mezclas etanol-gasolina frente al uso de la gasolina súper.
 - Renovable
 - Disminuye la emisión de gases contaminantes.
 - Menor dependencia de importación de naftas
 - Aumenta el octanaje
 - Aumenta la potencia y torque del motor (eficiencia térmica)
 - Limpia el sistema de alimentación
 - Da trabajo a pequeños cañicultores.
- El software OBD II, es una útil herramienta de diagnostico. Permite una visualización mas clara del proyecto, obteniendo parámetros del motor en tiempo real.

- El desconocimiento y la falta de investigación sobre biocombustibles en el país, constituye un limitante para el desarrollo de este tipo de proyectos, por lo que, un mayor estudio del uso de etanol que profundice ventajas vs. desventajas, permitiría tener datos sobre ensayos que ayuden a futuros proyectos.
- La adquisición de etanol absoluto es escaso, constituye una traba para el desarrollo de las diferentes mezclas del proyecto.
- Es importante recalcar que no se han experimentado mezclas E85 en un motor convencional, por lo que el proyecto es viable e innovador en el campo automotriz.
- El plan piloto ecopais (5% etanol) demostró su viabilidad en cuanto a la existencia del mercado y la aceptación del producto.

RECOMENDACIONES

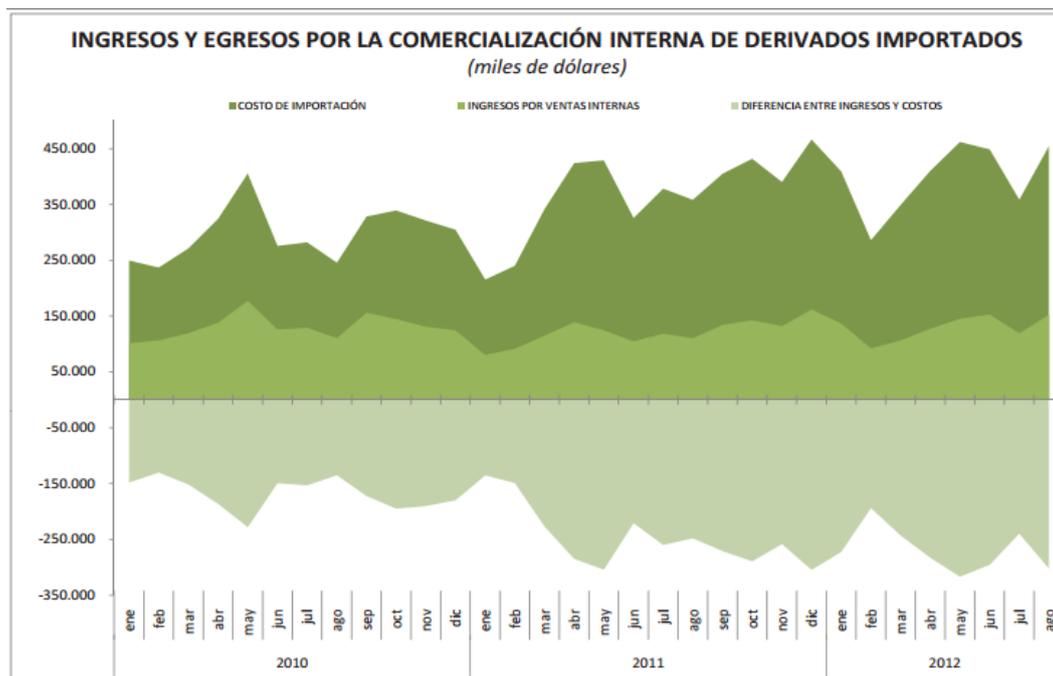
El reto global a futuro será mantener esta reducción de gases de efecto invernadero a través de energías amigables con el medio ambiente. Ecuador parece estar por buen camino, debería incluir leyes que fomenten la investigación de biocombustibles, a fin de aprovechar todas las fuentes disponibles, permitiéndole ser uno de los países con mayor extensión de tierras destinadas a producir etanol.

REFERENCIAS

Bibliografía

- (IICA), I. I. (2007). *Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas*. San José, Costa Rica: Sede Central IICA.
- Bravo, E., & Bonilla, N. (2011). *Las nuevas políticas de agrocombustibles en el Ecuador*.
- Castro, M. (2012). *Reflexiones en torno al desarrollo de los biocombustibles en ECUADOR*. CEDA.
- CUE, C. (2012). *Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia*. Medellín.
- Escuela Superior Politécnica de Litoral FIMCP- CEMA. (Noviembre de 2008). Estudio de Impacto Ambiental del Plan Piloto de formulación y uso de gasolina extra con etanol anhidro en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil.
- Mosquera, J. D., Ortiz, C. D., Fernández, S. A., & Mosquera, J. C. (2011). *Viabilidad económica y mecánica para la conversión de motores de combustión interna a sistemas flex fuel*.
- Toala, G., Austidillo, J. I., & Constantino, T. (s.f.). Proyecto de Implementación de una Planta Productora de Etanol en Base a caña de azúcar, en la península de Santa Elena. Guayas.

ANEXOS

**Ilustración 15 Ingresos Y Egresos de Petroleo**

Notas Fuente. Datos tomados de la Información Estadística Mensual del BCE

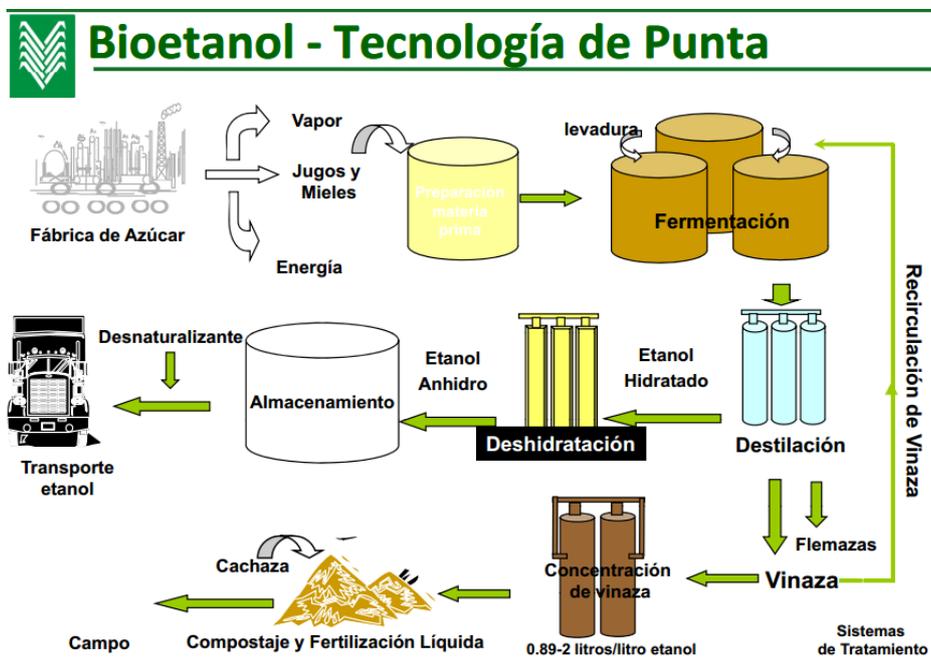
**Ilustración 16 Proceso de Obtención de Etanol**



Ilustración 17 Etanol Presentación 2,5L

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012.



Ilustración 18 Prueba de Ruta - E40 -Yahuarcocha

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012



Ilustración 19 Sistema OBD II

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012



Ilustración 20 Instalación del Sistema E85

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012



Ilustración 21 Instalacion del Sistema E85

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012

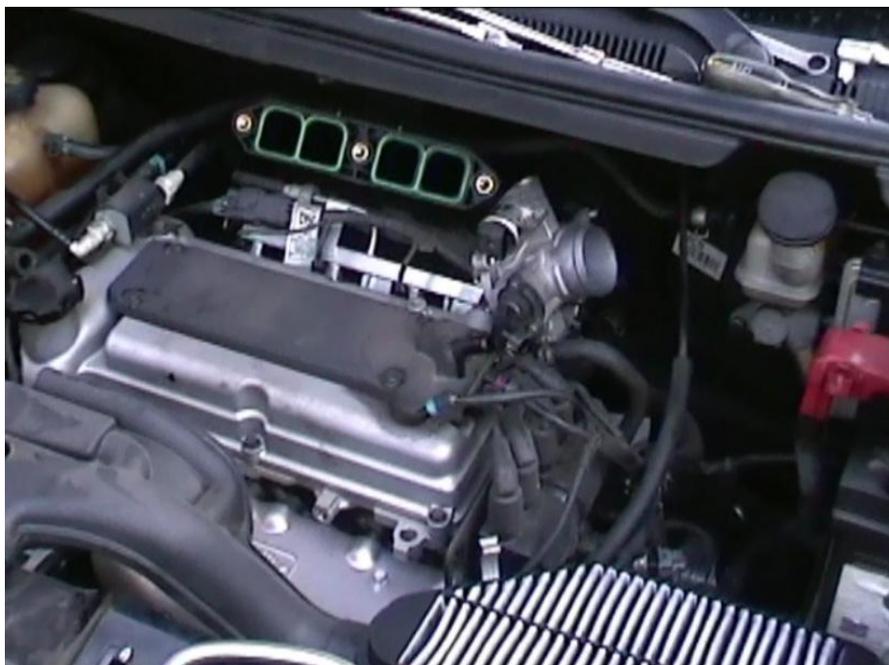


Ilustración 22 Sistema de Alimentación

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012

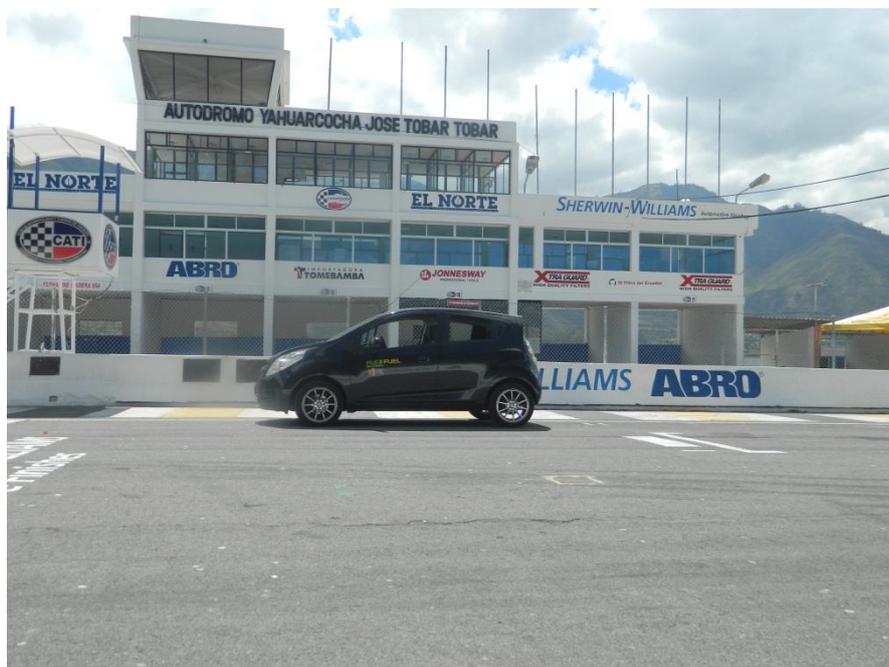


Ilustración 23 Prueba de Ruta – Yahuarcocha

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012

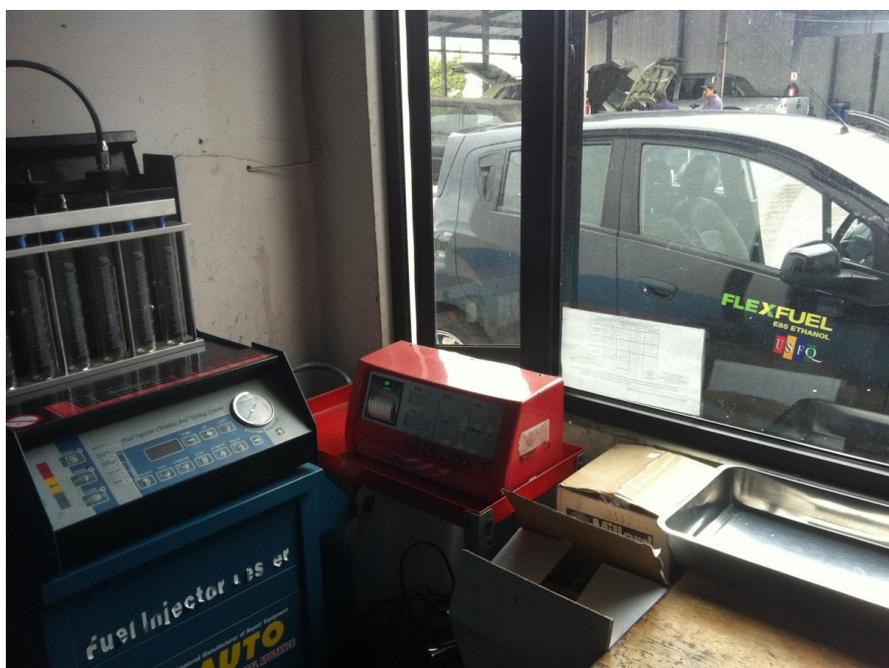


Ilustración 24 Analizador de Gases

“Conversión de Sistema de Alimentación de Gasolina a Etanol”, por Sebastián Garzón, 2012