

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES EN BUCARAMANGA.**

**SERGIO EDUARDO ÁLVAREZ BARRIOS
CAROLINA DUFAY PÉREZ URREA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2011**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES EN BUCARAMANGA.**

**SERGIO EDUARDO ÁLVAREZ BARRIOS
CAROLINA DUFAY PÉREZ URREA**

MONOGRAFÍA DE POSGRADO

**DIRECTOR:
ING. GUILLERMO LEÓN BUSTAMANTE ALZATE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2011**

Tabla de contenido

	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	14
ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	18
OBJETIVOS Y ALCANCE	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Alcance	21
 1. ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL Y ESPECÍFICO.....	 22
1.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL	22
1.1.1. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	22
1.1.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA	24
1.1.3. DIMENSIÓN SOCIAL, CULTURAL Y DEMOGRÁFICA.....	25
1.1.4. DIMENSIÓN INTERNACIONAL, POLÍTICA Y LEGAL	26
1.1.5. DIMENSIÓN DEL ENTORNO FÍSICO Y EL MEDIO AMBIENTE	29
1.2. ANÁLISIS DEL ENTORNO ESPECÍFICO.....	32
 2. ESTUDIO DE MERCADOS.....	 33
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ETANOL	33
2.2. MERCADO MUNDIAL	33
2.2.1. USOS:.....	33
2.2.2. OFERTA:	34
2.2.2.1. Producción.....	34
2.2.2.2. Exportaciones	36

2.2.3.	DEMANDA	39
2.2.3.1.	<i>Consumo</i>	39
2.2.3.2.	<i>Importaciones</i>	40
2.2.4.	PRECIOS	44
2.3.	MERCADO NACIONAL	45
2.3.1.	USOS	45
2.3.2.	OFERTA	45
2.3.2.1.	<i>Exportaciones</i>	50
2.3.3.	DEMANDA	54
2.3.3.1.	<i>Importaciones</i>	57
2.3.4.	PRECIOS	61
2.4.	BALANZA COMERCIAL	64
3.	ESTUDIO TÉCNICO	67
3.1.	PROCESO DE PRODUCCIÓN	67
3.1.1.	INSUMOS	67
3.1.2.	COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS BASURAS	70
3.1.3.	CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL	74
3.1.3.1.	<i>Principal aplicación del Etanol</i>	75
3.2.	TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES DE PLANTA	79
3.2.1.	PRODUCCION NORMAL	80
3.2.2.	DISPONIBILIDAD DEL ESPACIO	80
3.2.3.	ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DEL ETANOL	81
3.3.	TECNOLOGÍA DE LA PLANTA	85
3.3.1.	DISPONIBILIDAD Y COSTO DE LA TECNOLOGÍA	88
3.4.	EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	88
4.	ESTUDIO AMBIENTAL	93
4.1.	ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES SIN EL PROYECTO	93

4.1.1.	BIOCOMBUSTIBLES	93
4.1.2.	RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	95
4.2.	ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DURANTE EL PROYECTO	96
4.2.1.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	96
4.2.2.	MEJORAMIENTO	97
4.2.3.	PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR CON NORMATIVIDAD AMBIENTAL.....	98
4.3.	ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES CON EL PROYECTO	101
4.4.	VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES	101
4.4.1.	VALORACIÓN CUALITATIVA	102
4.4.2.	VALORACIÓN CUANTITATIVA	103
5.	ESTUDIO LEGAL	107
5.1.	MARCO LEGAL EN COLOMBIA	107
5.2.	MARCO LEGAL – ESTÍMULOS TRIBUTARIOS.....	109
5.3.	MARCO LEGAL – REGLAMENTACIÓN DE CALIDAD.....	111
5.4.	MARCO LEGAL – PRECIOS.....	111
5.5.	MARCO LEGAL – REGLAMENTACIÓN TÉCNICA	112
5.6.	AUTORIZACIONES	114
5.7.	ADQUISICIÓN DEL PREDIO.....	115
5.8.	CONTRATOS	116
5.9.	MERCADO	117
6.	ESTUDIO FINANCIERO	118
6.1.	INVERSIÓN TOTAL	118
6.2.	FACTORES DE PRODUCCIÓN	119
6.2.1.	RESIDUOS ORGÁNICOS (RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES).....	119
6.2.2.	ETANOL.....	120
6.2.2.1.	<i>Precio Del Mercado</i>	<i>120</i>

6.2.3. PERSONAL.....	120
6.3. EVALUACIÓN FINANCIERA	123
6.4. ANÁLISIS DE RIESGOS	125
6.4.1. ANÁLISIS DEL REPORTE DEL ANÁLISIS DE RIESGOS CON @RISK	125
6.4.2. FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA.....	126
6.4.2.1. <i>Vpn</i>	126
6.4.2.2. <i>Flujo de Caja</i>	128
6.4.3. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	129
6.4.3.1. <i>Vpn</i>	129
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
Conclusiones	133
Recomendaciones.....	136
 BIBLIOGRAFÍA.....	138

Listado de Figuras

	PAG.
Figura 1. Ley 693 del 2001.....	28
Figura 2. Clasificación Uso Etanol a Nivel Mundial (%).....	34
Figura 3. Principales Países Exportadores de Etanol a Nivel Mundial (MUS\$).....	36
Figura 4. Principales Países Exportadores de Etanol a Nivel Mundial (%)	37
Figura 5. Crecimiento de las exportaciones y participación de los países en el mercado mundial – Año 2010 (%)	38
Figura 6. Principales Países Importadores de Etanol a Nivel Mundial (MUS\$).....	40
Figura 7. Principales Países Importadores de Etanol a Nivel Mundial (%).....	41
Figura 8. Crecimiento de las importaciones y participación de los países en el mercado mundial – Año 2010 (%)	42
Figura 9. Demanda de Etanol en Estados Unidos (Miles Millones Litros).....	43
Figura 10. Precios de Etanol en Estados Unidos (\$/galón).....	44
Figura 11. Clasificación Uso Etanol – Colombia (%).....	45
Figura 12. Producción Etanol – Colombia (Litros/Año)	46
Figura 13. Variación Producción Etanol – Colombia (%)	47
Figura 14. Producción Mensual de Etanol – Colombia (Litros/Meses).....	48
Figura 15. Participación Plantas de Etanol sobre la producción nacional – Colombia (%)	50
Figura 16. Volumen Exportaciones de Etanol – Colombia (Litros/Año).....	51
Figura 17. Exportaciones Colombianas de Etanol por Países (Miles USD\$/Año).....	52
Figura 18. Variación Exportaciones de Etanol – Colombia (%).....	53
Figura 19. Precio Exportación de Etanol – Colombia (FOB USD\$/Año)	54
Figura 20. Volumen Importaciones de Etanol – Colombia (Litros/Año).....	58
Figura 21. Importaciones de Etanol por Países – Colombia (Miles CIF USD\$/Año)	59
Figura 22. Variación Importaciones de Etanol – Colombia (%)	60
Figura 23. Precio Importación de Etanol – Colombia (CIF USD\$/Año)	61
Figura 24. Precio Histórico de Etanol – Colombia (COP \$/Mes).....	63
Figura 25. Variación Precio Etanol – Colombia (%)	64
Figura 26. Superávit/Déficit Comercial – Colombia (Litros/Año)	65
Figura 27. Balanza Comercial – Colombia (Litros/Año)	65
Figura 28. Composición Física Consolidada RSM - Bucaramanga.....	70
Figura 29. Tanque de Etanol de Anhidro Cap. 5000 BLS	83

Figura 30. Esquema de Suministro de Gasolina Oxigenada - Colombia	84
Figura 31. Esquema General Simplificado de Funcionamiento del Sistema	87
Figura 32. Ubicación de las Cárcavas y del límite Municipal con El Carrasco	91
Figura 33. Ciclo de Vida de los Biocombustibles	95
Figura 34. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista.....	126
Figura 35. Análisis de Sensibilidad del Valor Presente Neto del Inversionista.....	127
Figura 36. Comportamiento de los Flujos de Caja del Inversionista	128
Figura 37. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista.....	129
Figura 38. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista.....	130
Figura 39. Comportamiento de los Flujos de Caja del Proyecto	131

Listado de Tablas

	PAG.
Tabla 1. Producción Mundial de Etanol por Países.....	35
Tabla 2. Consumo Etanol a Nivel Mundial (Billones de Litros).....	39
Tabla 3. Plantas Productoras de Etanol en Funcionamiento - Colombia	49
Tabla 4. Cobertura de Etanol – Departamentos de Colombia (%)	56
Tabla 5. Caracterización de los Residuos Sólidos - Bucaramanga.....	68
Tabla 6. Composición Química Consolidada RSM - Bucaramanga	70
Tabla 7. Análisis de laboratorio de los RSM - Bucaramanga	71
Tabla 8. Volumen de RSM dispuestos en el Relleno Sanitario el Carrasco – Bucaramanga (Kg/Mes)	73
Tabla 9. Caracterización Físico-Química de la Mezcla de Gasolina con 10% de Etanol Anhidro	78
Tabla 10. Emisión de gases y etanol a la atmósfera.....	94
Tabla 11. Normatividad Ambiental de los RSM - Colombia.....	100
Tabla 12. Rangos y Valoración de Criterios de Evaluación Ambientales	104
Tabla 13. Evaluación de Impactos Ambientales de la Construcción de una Planta Productora de Etanol a partir de RSM	106
Tabla 14. Regulaciones sobre Residuos Sólidos Municipales y Alcohol Carburante o Etanol en Colombia	108
Tabla 15. Incentivos a la Producción de Etanol en Colombia	110
Tabla 16. Marco Legal – Reglamentación de Calidad - Colombia	111
Tabla 17. Marco Legal - Regulación de Precios - Colombia	112
Tabla 18. Marco Legal – Reglamentación Técnica - Colombia	113
Tabla 19. Inversión Total Construcción Planta Etanol - Colombia	119
Tabla 20. Precio Residuos Orgánicos.....	120
Tabla 21. Precio del Etanol en el mercado - Colombia	120
Tabla 22. Personal Planta Etanol.....	122
Tabla 23. Resultados Financieros - Evaluación Proyecto Planta Etanol a partir de la Fracción Orgánica de los RSM.	124

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN BUCARAMANGA*

AUTORES: CAROLINA DUFAY PÉREZ URREA – SERGIO EDUARDO ÁLVAREZ BARRIOS**

PALABRAS CLAVES: Etanol, Residuos Orgánicos, Bucaramanga, Biocombustible, Planta, Gasolina.

CONTENIDO: Este proyecto consiste en estudiar la prefactibilidad de la construcción de una planta de etanol (biocombustible de segunda generación) en Bucaramanga-Colombia, utilizando como materia prima los residuos orgánicos que son depositados en el relleno sanitario el Carrasco que se encuentra ubicado en esta ciudad.

Los objetivos del presente proyecto son: estudiar el mercado para establecer los proveedores de las materias primas, los clientes potenciales del producto final, el volumen de producción de la planta, el precio del producto, así como determinar la calidad de la materia prima, la tecnología adecuada y la zona geográfica donde se instalará la planta productora. Una vez obtenidos los resultados de estos estudios se procederá a realizar la evaluación financiera del proyecto en todas sus fases: prelistamiento, alistamiento, construcción y montaje, puesta en marcha, producción, ventas y cierre. El proyecto tendrá una duración de 13 años, donde los 2 primeros serán de construcción y montaje, los 10 siguientes serán de producción y el último año se utilizará para liquidar y cerrar la planta realizando la respectiva venta de los equipos y/o adaptación de los mismos para su utilización en otros proyectos. Este proyecto se financiará con capital privado y público, conformando sociedades mixtas donde se integren intereses personales y colectivos.

Se concluye que el proyecto es comercialmente viable debido a que el etanol en Colombia cuenta con una demanda insatisfecha y potencialmente explotable. También se encontró que el proyecto es financieramente viable y que la variable financiera más sensible y representativa es el precio del etanol. Se sugiere que se formulen, analicen y ejecuten proyectos con el Gobierno Nacional y Entidades de I+D para producir etanol a partir de otras fuentes que no sean alimentarias, con el fin de que no se ponga en riesgo las áreas aprovechables de las regiones cañeras de Colombia.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Director: Guillermo León Bustamante Alzate

ABSTRACT

TITLE: PRE-FEASIBILITY STUDY FOR THE ESTABLISHMENT OF A PRODUCTION PLANT OF ETHANOL WHICH USES MUNICIPAL SOLID WASTE IN BUCARAMANGA CITY *

AUTHORS: CAROLINA DUFAY PÉREZ URREA – SERGIO EDUARDO ÁLVAREZ BARRIOS**

KEYWORDS: Ethanol, Organic Wastes, Bucaramanga, Biofuel, Plant, Gasoline.

DESCRIPTION: This project is about to study the pre-feasibility of building an ethanol plant (second generation biofuel) in Bucaramanga, Colombia, using organic waste material being deposited at the dump of Carrasco which is located in the city.

The objectives of this project are studying the market to establish suppliers of raw materials, potential customers of the final product, the output of the plant, the price of the product and determine the quality of raw materials, appropriate technology and the geographical area where the production plant will be installed. After obtaining the results of these studies it will proceed with the project's financial evaluation at all stages: pre-enlistment, enlistment, construction and installation, commissioning, production, sales and closing. The project will last 13 years, where the first 2 are of construction and assembly, the next 10 will be of production and the last year will be used to liquidate and close the plant by the equipment sales and/or adaptation of them to use in other projects. This project is financed by private and public capital, forming joint ventures where they integrate personal and collective interests.

It concludes the project is viable commercially because the ethanol in Colombia has an unmet demand and potentially exploitable. It also found the project is viable financially and the financial variable most sensitive and representative is the price of ethanol. It is suggested to formulate, analyze and implement projects with the national government and R & D entities to produce ethanol from sources other than food, in order not to jeopardize profitable areas of cane regions Colombia.

*Graduation Project

**Faculty of Mechanical Physical. College of Industrial and Business Studies. Specialization in Evaluating and Management of Projects. Director: Guillermo León Bustamante Alzate.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como propósito establecer la prefactibilidad para la creación de una Planta Productora de Etanol a partir del tratamiento de los residuos sólidos municipales (basuras) como materia prima, en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

El Etanol es un producto que es utilizado actualmente, en combinación con la Gasolina, para reducir el contenido de contaminantes en este último y las emisiones de CO₂ (Dióxido de carbono) a la atmósfera.

En Colombia, esta combinación es denominada E10, donde se realiza una adición del 10% de Etanol y 90% de Gasolina. El Etanol utilizado en este componente proviene especialmente del tratamiento de productos naturales como la Caña de Azúcar y la Remolacha. A mayor cantidad de Etanol contenido en la Gasolina, mayor es la disminución de contaminantes en dicho producto y las emisiones de CO₂ a la atmósfera.¹

Según estudios realizados en Colombia, los cultivos de la Caña de Azúcar especialmente, una de las materias primas usadas para producir el Etanol, no compromete terrenos para la agricultura; sin embargo para aumentar la cantidad de producción de Etanol se requiere mayor cantidad de materia prima y por lo tanto mayor terreno para cultivar la caña.

En países como Estados Unidos, Inglaterra Canadá y España, se están llevando a cabo estudios y construcciones de Plantas productoras de Etanol a partir de los residuos municipales o comúnmente llamadas basuras.

¹ Federación Nacional de Combustibles

El tratamiento de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, que sería utilizado como materia prima para la producción de Etanol, no sólo disminuiría el almacenamiento de basuras en los depósitos, en este caso en el Relleno Sanitario El Carrasco, sino que aumentaría la cantidad de producción de Etanol en el país.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La producción de combustibles fósiles no renovables presenta una tendencia decreciente en los últimos años y se estima que en un futuro de largo plazo esta se realice a niveles mínimos. Por dicha razón, se hace necesaria la creación de nuevas alternativas de producción de combustible y/o la creación de nuevas fuentes de energía.

Los biocombustibles se promocionan como una alternativa para la reposición de los combustibles fósiles. Sin embargo, actualmente su producción está representando serios problemas para la agricultura y los suelos, debido al desplazamiento de los agricultores hacia la siembra de caña de azúcar, maíz, entre otras (materias primas para la producción de etanol) y al incremento de los precios de los alimentos que conlleva esta situación.

Actualmente el planeta genera grandes volúmenes de basura y su manejo y disposición final es ineficiente. Esto ha generado la proliferación de gases y enfermedades que han perjudicado el medio ambiente y la calidad de vida de los habitantes de cada región. Más aún, si se trata de países en desarrollo, ya que la mayoría de ellos no cuentan con tecnologías adecuadas para el manejo de los residuos sólidos de sus ciudades.

Esta situación no es ajena a la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, donde igualmente se presentan grandes cantidades de basuras, las cuales no tienen el adecuado tratamiento; ya que la disposición de los Residuos Sólidos Municipales se realiza en el Relleno Sanitario El Carrasco y los procesos de separación, recuperación de material reciclable o cualquier otro proceso posterior a su disposición son ineficientes, además de la saturación a la cual está llegando dicho lugar.²

² Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB.

Otra situación presentada, se refiere al aumento de la natalidad, de las tecnologías y la construcción, donde las emisiones de gases tanto de la industria como de los vehículos han tenido un alto crecimiento.

Los biocombustibles de segunda generación tal como el etanol celulósico obtenido de los desechos urbanos procesados, pueden ser la solución para mitigar y solucionar los problemas descritos; su producción se podría obtener a partir de una fuente de energía sostenible, se le daría un manejo adecuado a las basuras y se produciría combustible, el cual reduciría las emisiones de carbón (30% y 80%), dióxido de carbono y otros contaminantes, por cada galón producido en comparación con los combustibles fósiles.³

La creación de una planta productora de etanol basada en el tratamiento de residuos sólidos municipales, aumentará el adecuado manejo de los mismos y procurará el control de la contaminación producida por su almacenamiento; y con la aplicación del etanol en casos como la mezcla con la gasolina, ayudará a la reducción de la contaminación por emisión de gases.

³ YOUSSEF Kalogo. Environmental Implications of Municipal Solid Waste – Derived Ethanol. Environmental Science & Technology. Vol. 41, No. 1, 2007, p. 35-39.

OBJETIVOS Y ALCANCE

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar un estudio de prefactibilidad para la creación de una Planta productora de Etanol, a partir de residuos sólidos municipales, en la ciudad de Bucaramanga.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estudiar la disponibilidad de los residuos sólidos municipales en Bucaramanga y su Área Metropolitana, para el suministro de la materia prima de la Planta productora de Etanol.
- ✓ Realizar un estudio de mercado donde se establezcan los proveedores de las materias primas, el mercado y los clientes potenciales del producto final.
- ✓ Establecer el volumen de producción de la planta, el precio del producto y la situación del mercado nacional.
- ✓ Determinar la tecnología adecuada que permita desarrollar los demás objetivos específicos que apliquen.
- ✓ Realizar un estudio de la zona geográfica donde se instalaría la Planta productora de Etanol, es decir un análisis de su ubicación y respectivo emplazamiento.
- ✓ Realizar la evaluación financiera de la creación de la Planta productora de Etanol en Bucaramanga.

ALCANCE

- ✓ El estudio de la planta productora de Etanol tendrá como materia prima la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales de Bucaramanga y su Área Metropolitana entre los que se encuentran: residuos domésticos, de poda, de madera, entre otros.
- ✓ El estudio de la planta productora de Etanol no utilizará aceites residuales de cocina, de vegetales, de palma de aceite, grasas animales, residuos farmacéuticos, ni ningún otro a los mencionados en el ítem anterior.
- ✓ El estudio de prefactibilidad no incluirá el análisis jurídico, químico, el impacto ambiental y social que conlleva la creación de la planta de etanol en Bucaramanga; sin embargo, se hará una breve descripción de ellos.
- ✓ Para determinar la capacidad de la planta productora de Etanol, se tendrá en cuenta que la planta producirá los volúmenes determinados por el estudio de mercado y la capacidad de producción de otras plantas piloto ubicadas en Estados Unidos, Canadá y España. También, los mercados potenciales serán establecidos por el estudio de mercado, así como el precio y la ubicación de la planta.
- ✓ No se plantearán estrategias de mercadeo, negociación y comercialización.

1. ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL Y ESPECÍFICO

1.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO GENERAL

Comprende las principales dimensiones o fuerzas externas, potencialmente relevantes al proyecto, pero que se encuentran fuera del control de éste.

1.1.1. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

En Colombia actualmente no existe tecnología aplicada a la producción de Etanol a partir del tratamiento de basuras. La producción de Etanol se realiza a través de plantas de procesamiento de productos como caña de azúcar, yuca amarga y remolacha, cuyo proceso de manera general, es el siguiente:

- ✓ Fermentación de los compuestos orgánicos, acompañada de un proceso de destilación y secado.
- ✓ Segregación molecular, proceso en el que se fragmenta la biomasa, separando las proteínas del almidón, la fibra, etc.
- ✓ Hidrólisis de celulosa, este proceso permite utilizar cualquier materia que contenga celulosa, como por ejemplo desechos o residuos agrícolas⁴.

Aunque el principio de la producción de Etanol es a partir de cualquier materia que contenga celulosa, los procesos aplicados a la obtención del Etanol a partir de residuos sólidos, es diferente, ya que esta materia prima es una mezcla de productos que no tienen las mismas propiedades y se debe realizar un proceso adicional. Sin embargo, en algunos países como España, tienen plantas piloto,

⁴ Federación Nacional de Combustibles

donde utilizan sólo la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Municipales, siendo esta una materia con contenido de celulosa.

La tecnología usada actualmente a nivel mundial para la conversión de residuos sólidos municipales en biocombustibles, se encuentra distribuida en empresas aliadas que hacen inversiones en investigación y desarrollo de plantas piloto para la generación del producto final, en este caso el Etanol; siendo ésta una de las principales razones por la que la información de su tecnología aplicada es escasa.

En países como Estados Unidos, Canadá e Inglaterra, se están destacando grandes avances en la producción de energía y biocombustibles a partir de los residuos sólidos municipales como materia prima. Algunas empresas como Fiberight USA, tienen en su proceso una separación previa de la materia orgánica e inorgánica y utilizan fracciones de mezcla de plástico para producir energía utilizada en la misma planta.⁵

Otras empresas como Fulcrum Bioenergy USA y XERICS España, preparan la materia prima, de la cual extraen productos metales y vidrios, y su remanente es llevado a los Gasificadores, convirtiéndolo en un producto llamado Síntesis de gas. El calor liberado en este proceso es recuperado y convertido en vapor para usarlo como energía en la planta. La Síntesis de gas es llevado a través de un Catalizador, cuyo producto final es el Etanol. Finalmente se realizan procesos de separación y purificación para comercializar el Etanol.⁶

Otro Proyecto en España, PERSEO, selecciona la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos FORSU, y le dan un tratamiento similar al de la materia celulosa (utilizado con caña de azúcar, maíz, sorgo, etc.), para la producción del Etanol.⁷

⁵ Tomado el 20 de Abril de: <http://www.fiberight.com/about.php>

⁶ Tomado el 20 de Abril de: <http://www.fulcrum-bioenergy.com/> y <http://www.xerics.com/biorefinerias.01.html>

⁷ Tomado el 5 de Junio de: <http://www.imecal.com/perseo/mas.html>

1.1.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

Actualmente, según la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, el Gobierno nacional ofrece varios beneficios a los proveedores de biocombustibles, a los consumidores, y a la comunidad en general, tales como:

- ✓ Exenciones de impuestos. Esto quiere decir que los consumidores no pagan los impuestos por el porcentaje de los biocombustibles mezclados que sí pagan por los combustibles fósiles. A manera de ejemplo, por el consumo de gasolinas puras el consumidor paga por impuestos el 39% del valor del combustible en la Estación de servicio. Por el 8% de mezcla de Etanol con Gasolina (E8) no paga el impuesto proporcional.
- ✓ Zonas francas especiales: la zona donde se construya una planta de biocombustibles con inversiones equivalentes a 75.000 salarios mínimos mensuales y la generación de 400 empleos en la cadena agroindustrial, podrá ser considerada para obtener del Gobierno nacional el carácter de zona franca. Este privilegio permite exonerar de arancel los equipos y materias primas, así como reducir el impuesto de renta del 36% al 15%.
- ✓ El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural otorga prioridad a las inversiones en investigaciones que permitan mejorar los rendimientos de las diferentes biomasas para su conversión en biocombustibles. En Colombia, actualmente se está financiando proyectos de investigación, en gran parte por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), donde se evalúa el desarrollo de procesos más limpios y eficientes para la generación de biocombustibles de segunda generación, que son aquellos producidos a partir de materias primas que no son fuentes alimenticias⁸.

⁸ Tomado el 1 de junio de:

<http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>

- ✓ Crecimiento en el ingreso real, mediante la generación de empleos directos e indirectos, en plantas productoras de biocombustibles. Según Fedebiocombustibles, hasta el 2010, se estimaba que 286.000 personas derivaban su sustento de la participación en las actividades propias de la producción de biocombustibles a nivel nacional.

1.1.3. DIMENSIÓN SOCIAL, CULTURAL Y DEMOGRÁFICA

Según la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, a la fecha de Mayo del 2010, el sector de los biocombustibles genera:

- ✓ Empleos directos en Cadena Agroindustrial del Biodiesel: 16.425
- ✓ Empleos directos en Cadena Agroindustrial del Etanol: 7.429
- ✓ Empleos indirectos: 47.700

Esta situación conlleva un desarrollo sostenible de las regiones colombianas, dado por el impacto social generado por empleos remunerados.

Según los estudios de la Federación Nacional de Biocombustibles, los empleos son calculados de las nóminas directas de las empresas y las de las cooperativas de trabajo que suministran personal indispensable para laborar en el campo. Para los empleos indirectos existe un factor multiplicador relacionado con la cantidad de hectáreas sembradas. Los datos de empleo se contabilizan de acuerdo con metodologías probadas.

Existe en Colombia un tema social y es el de las industrias en las zonas de conflicto en el país. Quienes han realizado los debidos estudios creen que el conflicto interno es esencialmente producido por un desequilibrio en la distribución de los medios de producción. Por esta razón, se ha considerado la producción de biocombustibles como un medio para crear empleos rurales y urbanos remunerados con acceso a la seguridad social de los grupos familiares relacionados. Según ellos, la tranquilidad pública llega donde se dan estas

condiciones, como ejemplo, manifiestan lo que ha ocurrido en las zonas azucareras y donde las plantaciones de palma existen, en las cuales se ha podido observar un crecimiento en la cantidad de empleos regionales.

Como parte del proceso de producción de Etanol, la organización de los Residuos Sólidos Municipales para su uso como materia prima, también permitiría la generación de empleo y a su vez recuperación de zonas geográficas en los Rellenos Sanitarios a largo plazo.

Con la generación de empleo, se incrementa el nivel de ingresos, la calidad de vida y se mejoran los niveles de educación.

1.1.4. DIMENSIÓN INTERNACIONAL, POLÍTICA Y LEGAL

Según algunas entidades nacionales como la Federación Nacional de Biocombustibles, el Ministerio de Agricultura y la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, manifiestan que el Gobierno Colombiano tiene dentro de su Plan de Desarrollo 2010 – 2014, desarrollar incentivos para la generación de energías alternativas, avanzar en los estudios y certificaciones para acceder y posicionar el sector de biocombustibles en los mercados internacionales y fijar esquemas para el uso de mezclas con biocombustibles y de tecnología Flex-Fuel⁹.

El Gobierno, ha venido impulsando la estrategia de biocombustibles mediante un conjunto de instrumentos de política, tales como:

- ✓ **Ley 693/2001**, por lo cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo.
- ✓ **Ley 939/2004**, por la cual se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel.

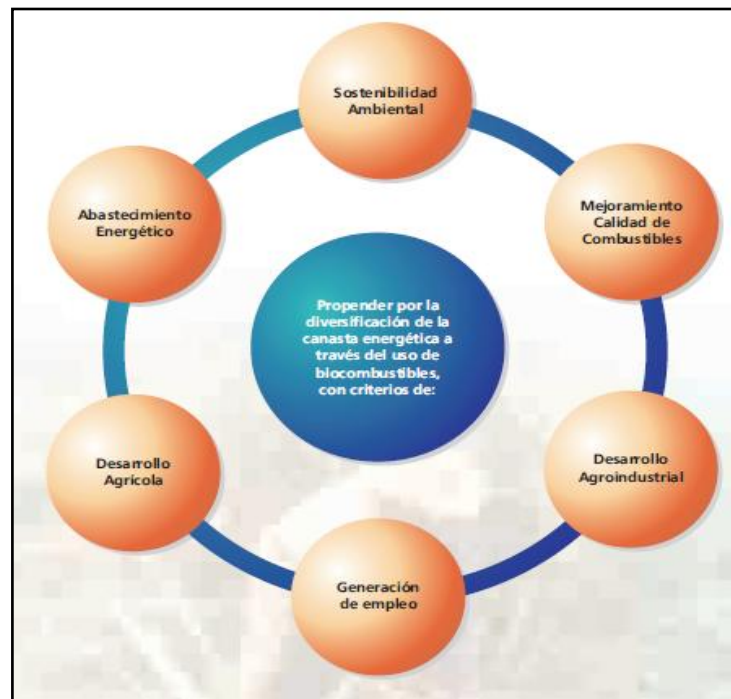
⁹ DNP: Tomado de resumen Ejecutivo Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014

- ✓ **Decreto 383/2007**, modificado parcialmente por el Decreto 4051/2007, que establece estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles.
- ✓ **Decreto 2629/2007**, por medio del cual se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.
- ✓ **Decreto 2594/2007**, por el cual se reglamenta el Art. 10 de la Ley 1133/07 (Fondo de Inversiones de Capital de Riesgo).
- ✓ **Decreto 2328/2008**, por el cual se crea la Comisión Intersectorial para Manejo de Biocombustibles.
- ✓ **Decreto 1135/2009**, por el cual se modifica el Decreto 2629/2009, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.

Según la UPME, la aprobación de la Ley 693 / 2001 permitió incluir a Colombia como uno de los países promotores del uso de los combustibles de origen vegetal, debido al atractivo económico en razón del Protocolo de Kyoto y la dinámica de precios internacionales del Petróleo.

La promulgación de la Ley, fue creada con el principal propósito de diversificar la canasta energética colombiana a través del uso de alternativas compatibles con el desarrollo sostenible en lo ambiental, económico y social. Mediante la reglamentación de la Ley se estableció un marco legal y normativo, que además de promover el uso de los biocombustibles, proporcionó los estímulos necesarios para la producción, comercialización y consumo. En la Figura 1 se muestra de manera general lo que enmarca la Ley 693/2001.

Figura 1. Ley 693 del 2001



Fuente: UPME

Posteriormente, la expedición de la Ley 939 de 2004, permitió ampliar el espectro en el uso de los biocombustibles generando las condiciones para estimular la producción y comercialización de biocombustibles no sólo de origen vegetal, sino de origen animal, para su uso en motores diesel, abarcando aquella parte del sector transporte no contemplada en la Ley 693 del 2001.

El documento **CONPES 3510** (Consejo Nacional de Política Económica y Social) del 31 de Marzo del 2008, establece los lineamientos para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. A continuación se enumeran 10 estrategias resumidas por esta entidad:

- ✓ Creación de la Comisión Intersectorial para el manejo de biocombustibles.
- ✓ Definición de un programa orientado a reducir los costos de producción de los biocombustibles en las etapas de producción y transformación, con criterios de sostenibilidad ambiental y social.
- ✓ Evaluación y definición de un plan de desarrollo de infraestructura de transporte.
- ✓ Continuar incentivando la producción eficiente de biocombustibles.
- ✓ Definición de una Plan Nacional de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles.
- ✓ Armonización de la Política Nacional de Biocombustibles con la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.
- ✓ Definición de un nuevo esquema de regulación de precios de los biocombustibles.
- ✓ Continuación de la política de mezclas de biocombustibles y combustibles fósiles.
- ✓ Desarrollo de acciones específicas para abrir nuevos mercados y diferenciar el producto colombiano en los mercados internacionales.
- ✓ Desarrollo de acciones para garantizar un desempeño ambientalmente sostenible a través de la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones de la cadena productiva de biocombustibles.

1.1.5. DIMENSIÓN DEL ENTORNO FÍSICO Y EL MEDIO AMBIENTE

Los principales beneficios de utilizar gasolina mezclada con Etanol es la disminución del efecto invernadero causada por el aumento de contaminantes como el CO₂ en la atmósfera. Además, está comprobado, que la utilización de oxigenados reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos totales de los gases de escape de los vehículos, además que eleva el octanaje del

combustible lo cual permite reemplazar compuestos aromáticos y otras sustancias tóxicas de elevado octanaje¹⁰.

También se puede mencionar, que de acuerdo a estudios realizados por entes internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el Etanol producido a base de caña de azúcar, con relación a la gasolina, reduce hasta un 50% las emisiones de gases efecto invernadero.

Dado que los biocombustibles representan fuentes renovables de energía, los gases en el proceso son reabsorbidos en el crecimiento de la zafra siguiente (cosecha de la caña de azúcar, en este caso), equilibrando de este modo, la emisión y absorción de gases de efecto invernadero. Además, los biocombustibles que contienen oxígeno en su composición, como el Etanol y el Biodiesel, ayudan a reducir las emisiones de CO₂ cuando son agregados a combustibles fósiles como la gasolina y el diesel, respectivamente.

En términos generales los impactos de los biocombustibles en el medio ambiente son los siguientes:

- ✓ Las mezclas reducen el contenido de contaminantes en las gasolinas y ACPM de aromáticos, azufre, oleofinas y poliolefinas, entre otros.
- ✓ Producen menores emisiones de contaminantes como material particulado, Monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar, óxidos de azufre y metales pesados.
- ✓ De acuerdo con la EPA, los costos incrementales para reducir el contenido de azufre en las gasolinas y el diesel están en el orden de los 10 centavos de dólar por galón. En Colombia asciende a los 18 centavos de dólar, con lo que podría afirmarse que el consumidor, podría ahorrar \$351 por galón.

¹⁰ Estudio de la Mezcla de Gasolina con 10% de Etanol Anhidro. Evaluación de Propiedades Físicoquímicas. ECOPETROL - ICP – UIS, 2002

- ✓ Dado que los biocombustibles tienen menos carbonos que los combustibles fósiles, los primeros emiten menos dióxido de carbono y menos monóxido de carbono.
- ✓ La combustión en los motores es mucho más completa, gracias a los oxígenos presentes en las moléculas de los biocombustibles.
- ✓ Los biocombustibles no tienen azufre, puesto que provienen de biomásas, por lo que las emisiones de óxidos de azufre se verán disminuidas en la proporción en que se mezclen.
- ✓ Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.

Otro factor importante es la generación de Residuos Sólidos Municipales, que está en aumento, debido a factores como el crecimiento de natalidad y el uso de las tecnologías, por lo que los Rellenos Sanitarios tienden a saturarse y se debe ubicar un nuevo lugar para disponer dichos residuos. Todo esto conlleva al aumento en la contaminación del medio ambiente, dado por las emisiones de gases, contaminación en la tierra y agua por los lixiviados y demás situaciones que conlleva el almacenamiento de las basuras.

Aunque actualmente, se están implementando actividades de reciclaje y concientización de reutilización y optimización de los recursos, no es suficiente para mínimamente mantener un nivel de contaminación, sino que todo lo contrario, los niveles de contaminación aumentan y los recursos naturales se agotan.

La implementación de un proyecto que utilice los RSM como materia prima, impactaría en gran manera la problemática de la disposición de estos desechos, pues aliviaría el dolor de cabeza que tiene cada municipio en el país, reduciendo la cantidad de basuras en los Rellenos Sanitarios, evitando la búsqueda de nuevo lugares como rellenos, disminuyendo la contaminación en agua, aire y tierra, entre muchos otros factores que se derivan de esta problemática.

1.2. ANÁLISIS DEL ENTORNO ESPECÍFICO

Los biocombustibles son un subsector en la economía Colombiana, estos no se incluyen dentro de la clasificación de los hidrocarburos, puesto que no son derivados de este.

Según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme CIIU, los biocombustibles, específicamente el Etanol, estaría clasificado dentro de las Industrias Manufactureras (D), en la Fabricación de sustancias y productos químicos (24), Fabricación de otros productos químicos (242), Fabricación de otros productos químicos NCP – Not classified product (2429).

De acuerdo al tratamiento de los Residuos Sólidos Municipales y los beneficios que conlleva su utilización en cuanto al medio ambiente, la clasificación CIIU sería la siguiente:

Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales (O), Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares (90 – 900 - 9000)¹¹.

¹¹ Código Industrial Internacional Uniforme

2. ESTUDIO DE MERCADOS

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ETANOL

El etanol ó alcohol carburante es un compuesto inflamable que se caracteriza por no tener color y contar con un olor característico de los alcoholes.

Este producto se puede producir a partir del procesamiento del maíz, la yuca, la papa, la remolacha, el sorgo y la caña de azúcar, debido a que estos contienen carbohidratos que se fermentan y se transforman en alcohol. Actualmente, en Estados Unidos, Canadá, España y Austria, además de producir etanol a partir de la caña de azúcar, también se está produciendo a partir de residuos orgánicos municipales y se espera poder replicar la tecnología de estas plantas procesadores en más países dentro de los próximos 10 años. A continuación se mostrará un informe del mercado mundial y nacional del etanol del período 2006 al 2010, donde se contemplará el uso del etanol, su demanda, producción sus precios y principales consumidores y productores:

2.2. MERCADO MUNDIAL

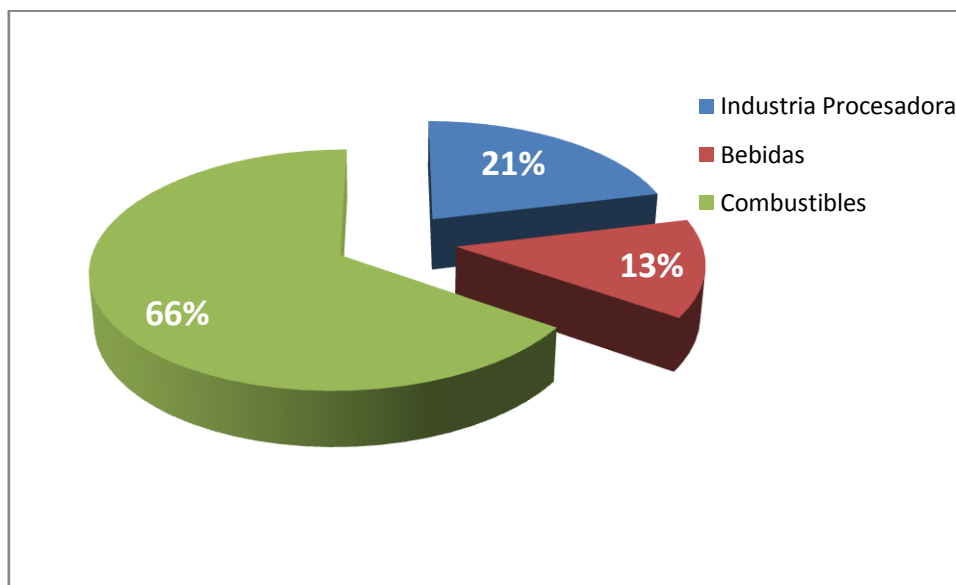
2.2.1. USOS:

El etanol es un alcohol que mundialmente es utilizado principalmente como:

- ✓ *Biocombustible:* Para esto se mezcla el etanol con los combustóleos o derivados del petróleo. El 65,4% de la producción mundial de etanol se utiliza como biocombustible.
- ✓ *Insumo en la industria procesadora:* El 21% de la producción mundial de etanol es utilizada en la producción de detergentes, pinturas, cosméticos, aerosoles, jabones, perfumes, medicinas, alimentos entre otros artículos.

- ✓ *Insumo en la producción de bebidas:* el 13% de la producción mundial de etanol se destina para la producción de bebidas gaseosas, alcohólicas, y refrescantes. (Ver Figura 2)

Figura 2. Clasificación Uso Etanol a Nivel Mundial (%)



Fuente: SE2T International

2.2.2. OFERTA:

2.2.2.1. PRODUCCIÓN

En el 2010 la producción mundial de etanol en todos los grados fue de 92.000 millones de litros, siendo Estados Unidos el principal productor con 51.000 millones de litros, seguido por Brasil con 27.000 millones de litros y China con 2.700 millones de este producto. Entre Estados Unidos y Brasil se concentra aproximadamente el 85% de la producción mundial de etanol, la producción restante se la reparten China, India, Francia, Alemania, Rusia, entre otros. En esta clasificación Colombia aparece en el lugar No. 19, con una producción de 235 millones de litros por año. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Producción Mundial de Etanol por Países

No.	País	Producción 2008(millones litros)	(%) Participación
1	Estados Unidos	50.984	55,07%
2	Brasil	26.874	29,03%
3	China	2.699	2,91%
4	India	2.375	2,57%
5	Francia	1.188	1,28%
6	Alemania	956	1,03%
7	Rusia	809	0,87%
8	Canadá	724	0,78%
9	España	577	0,62%
10	Sudáfrica	483	0,52%
11	Tailandia	440	0,48%
12	Reino Unido	350	0,38%
13	Ucrania	336	0,36%
14	Polonio	312	0,34%
15	Arabia Saudita	246	0,27%
19	Colombia	235	0,25%
Producción mundial total		92.582	100%

Fuente: Industry Statistics

En el caso de Brasil la producción de etanol (alcohol carburante) se viene realizando desde hace 25 años a través del procesamiento de caña de azúcar con el fin de utilizarlo como componente mezclador de la gasolina. En Estados Unidos existen 170 plantas procesadoras de este biocombustible y generalmente utilizan maíz y residuos sólidos municipales para la producción del etanol.

En países de Centroamérica la tendencia de producir el etanol ha empezado a crecer, iniciándose proyectos pilotos para la producción de etanol en países como República Dominicana y el Salvador.

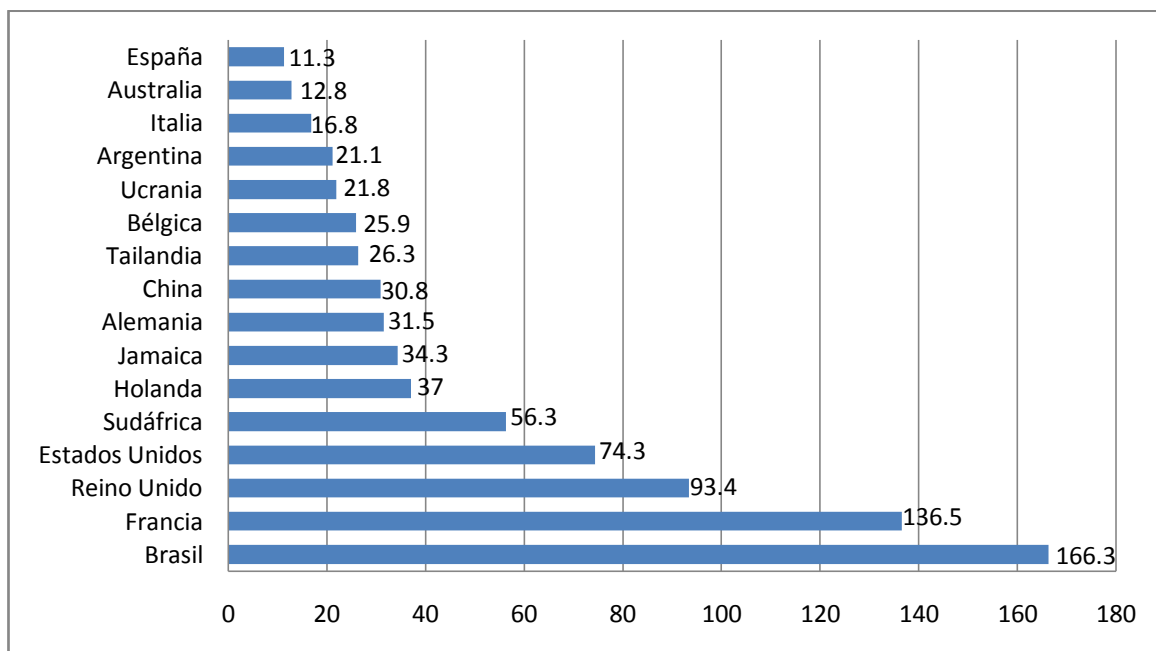
Según el Centro de Debate de Biocombustibles, se proyecta que la producción mundial de etanol alcance los 162.000 millones de litros para el 2015.

2.2.2.2. EXPORTACIONES

Brasil es el principal exportador de etanol a nivel mundial, debido a que posee el mayor número de hectáreas sembradas con caña de azúcar. Actualmente exporta alrededor de 166,4 millones de dólares al año.

Además de Brasil, los principales países exportadores de etanol a nivel mundial son Francia, Reino Unido y Estados Unidos quienes exportan anualmente 136.5, 93.4 y 74.3 millones de dólares, respectivamente. (Ver Figura 3)

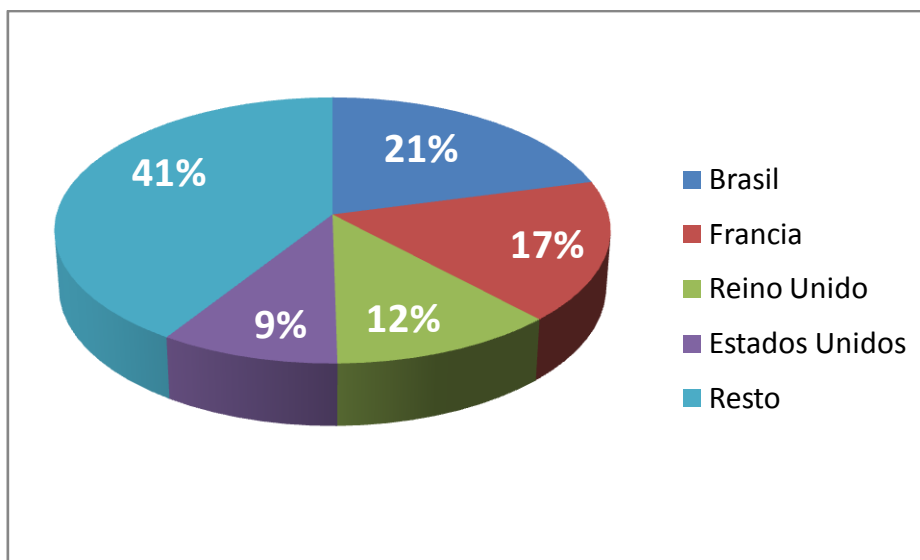
Figura 3. Principales Países Exportadores de Etanol a Nivel Mundial (MUS\$)



Fuente: COMTRADE

Brasil quien es el mayor exportador de etanol posee la mayor tradición en el uso del etanol como combustible en motores especialmente diseñados para este producto, ó mezclado en motores convencionales y concentra el 21% del total exportado mundialmente, seguido por Francia y el Reino Unido, que concentran el 17% y 12% de las exportaciones respectivamente. (Ver Figura 4).

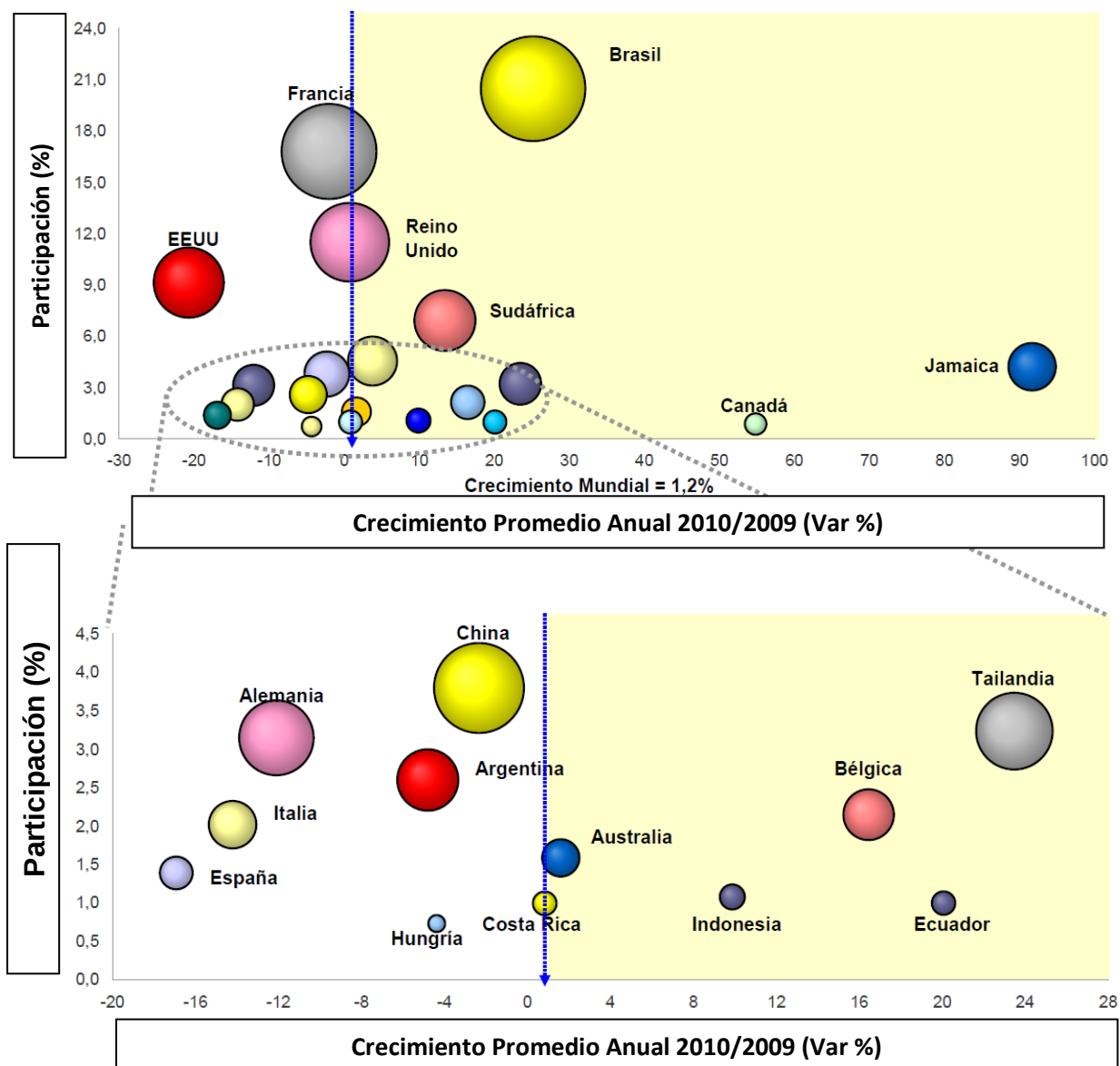
Figura 4. Principales Países Exportadores de Etanol a Nivel Mundial (%)



Fuente: COMTRADE

La Figura 5 muestra la participación y el crecimiento que han venido presentando los países productores de etanol en las exportaciones de este producto. Brasil, junto con Jamaica y Canadá son los países que presentaron el comportamiento más dinámico en el 2010, creciendo el 25%, 90% y 55% respectivamente. Estados Unidos y España mostraron las desaceleraciones más significativas, reduciendo sus exportaciones en un 25% y 20% respectivamente.

Figura 5. Crecimiento de las exportaciones y participación de los países en el mercado mundial – Año 2010 (%)



*Se utilizó la subpartida arancelaria 220710: Alcohol etílico sin desnaturalizar grado alcohólico volumétrico $\geq 80\%$ Vol.

*Tamaño de las burbujas = participación en el valor de las importaciones mundiales de etanol en el 2010 (%)

Fuente: COMTRADE

El caso de Estados Unidos es especial debido a que es el primer importador y el cuarto exportador de etanol en el mundo. Aunque la producción de etanol en este país no abastece en su totalidad la demanda del mercado nacional, los productores y comercializadores de este alcohol en algunas oportunidades prefieren venderlo en el mercado internacional porque logran realizar las ventas a un precio mayor al del mercado interno, esto explica el por qué Estados Unidos aparece en ambos lados de la balanza comercial.

2.2.3. DEMANDA

2.2.3.1. CONSUMO

Actualmente, el consumo mundial de etanol es de 34,4 billones de litros por año. Se espera que con las nuevas regulaciones para combustibles que están desarrollando los países consumidores de etanol y las adaptaciones en los motores hechas por las compañías automotrices esta cifra aumente significativamente en los próximos años tal como se mencionó anteriormente. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Consumo Etanol a Nivel Mundial (Billones de Litros)

Sector	Volumen consumido (Billones litros)
Combustibles	7,3
Industria procesadora	4,6
Bebidas	22,5
Total	34,4

Fuente: MAXIMIXE

A nivel mundial, el volumen de etanol producido en su totalidad es consumido, y los mayoritariamente involucrados son los países desarrollados y/o potencias emergentes, como es el caso de los Estados Unidos (53%), China (26%) y Brasil (21%) quienes son los principales productores de etanol a nivel mundial y a su vez

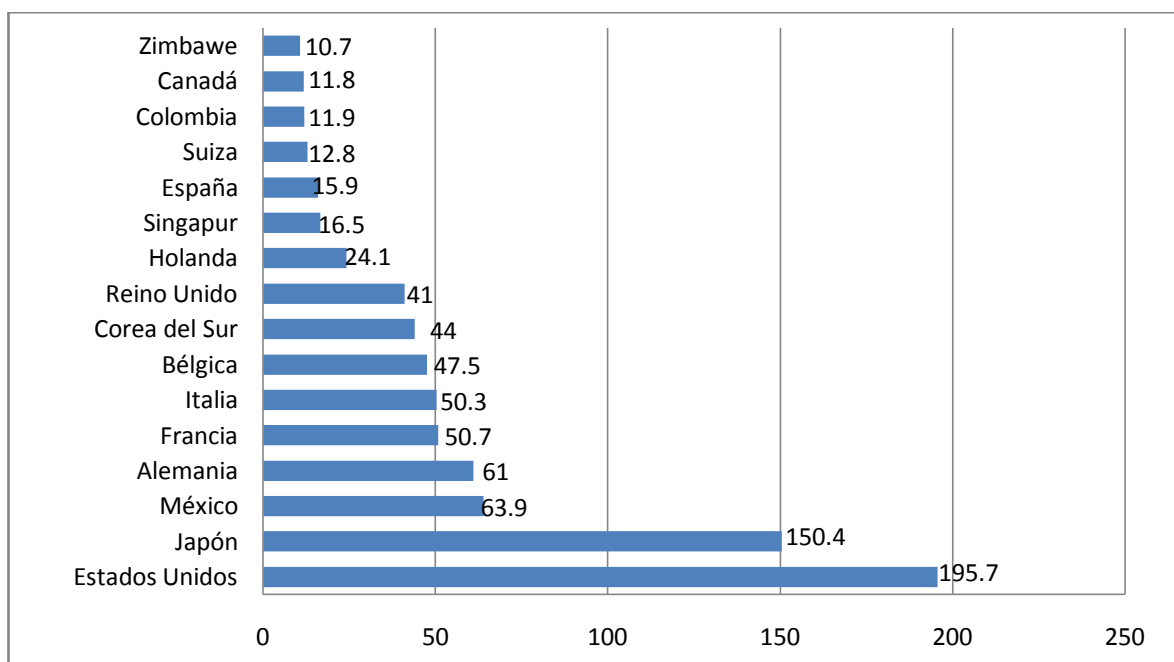
los principales consumidores debido a la gran cantidad de vehículos que transitan por sus carreteras y a los altos volúmenes de gasolina consumidos por estos.

En el caso de Brasil y China se presenta autosuficiencia en la demanda de etanol a través de su propia producción, sin embargo el caso de Estados Unidos es diferente ya que este realiza grandes importaciones anualmente. Esta situación se detalla a continuación:

2.2.3.2. IMPORTACIONES

Los principales países importadores de etanol a nivel mundial son Estados Unidos, Japón, México y Alemania quienes anualmente importan 195.7, 150.4, 63.9 y 61 millones de dólares respectivamente. (Ver Figura 6).

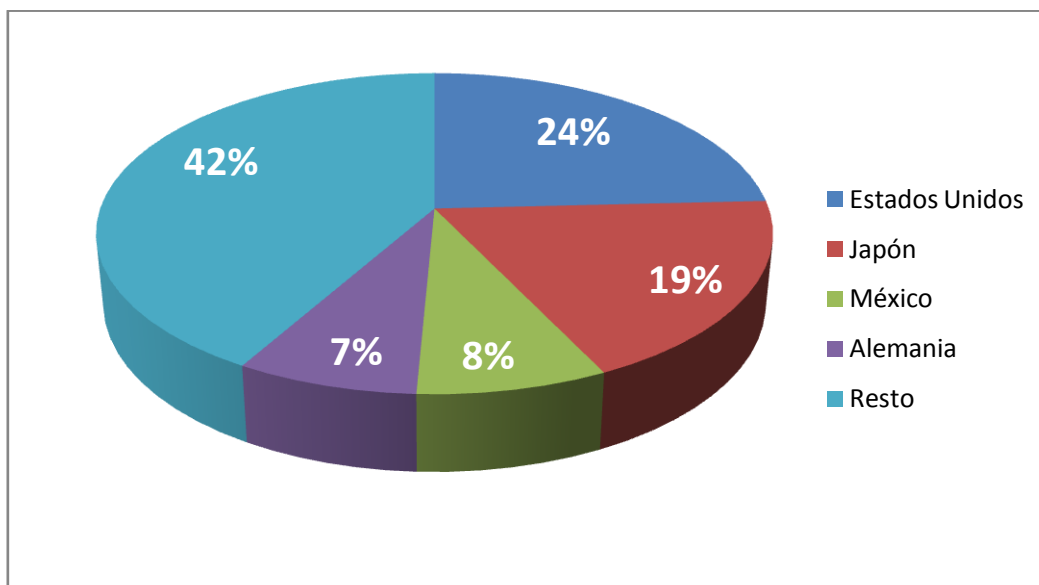
Figura 6. Principales Países Importadores de Etanol a Nivel Mundial (MUS\$)



Fuente: COMTRADE

Estados Unidos quien es el mayor mercado de destino del etanol concentra el 24% del total importado mundialmente, seguido por Japón, que concentra el 19% de las importaciones. (Ver Figura 7)

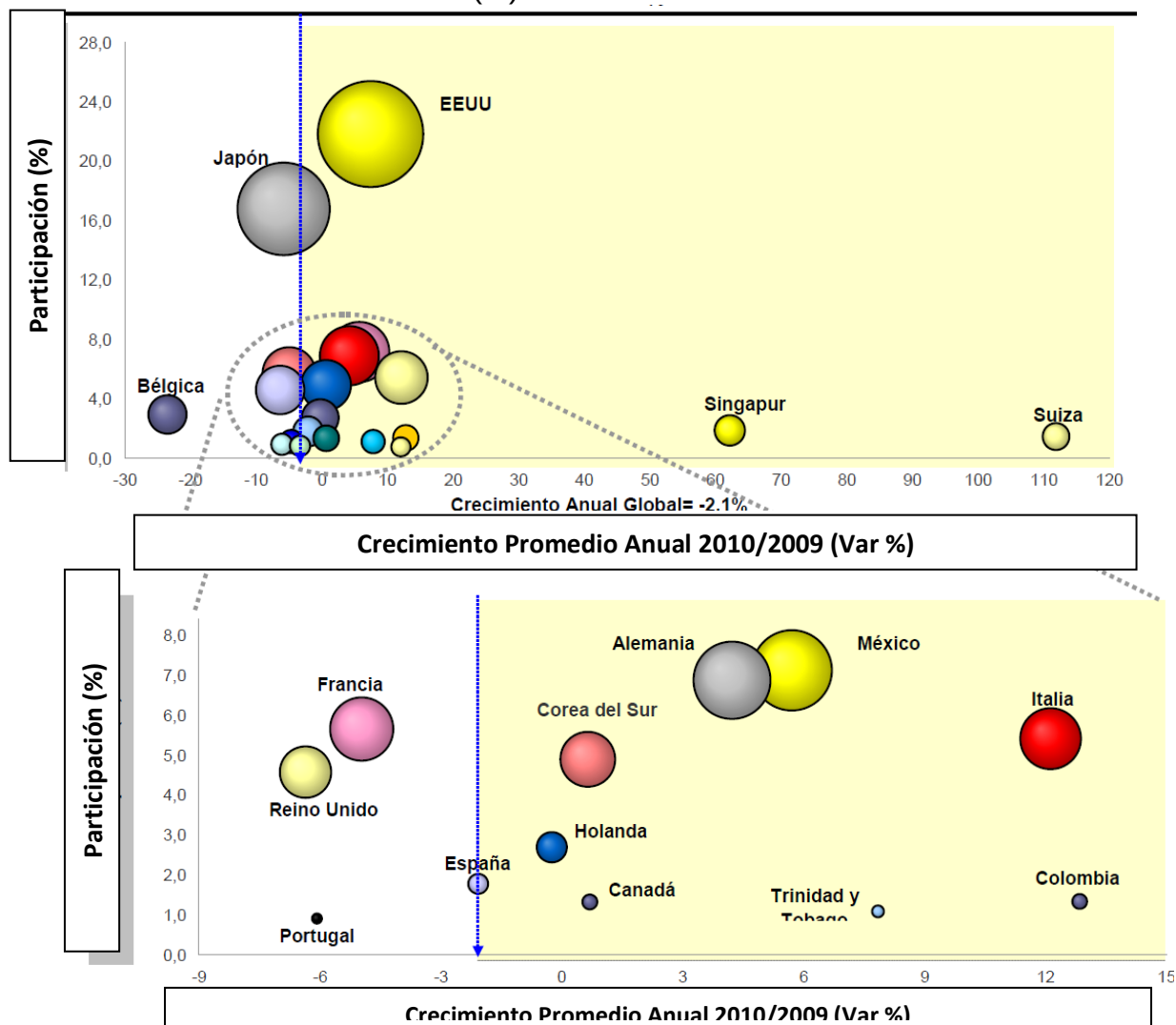
Figura 7. Principales Países Importadores de Etanol a Nivel Mundial (%)



Fuente: COMTRADE

La Figura 9 muestra la participación y el crecimiento que han venido presentando los países consumidores de etanol en las importaciones de este producto. Estados Unidos, junto con Singapur y Suiza son los países que presentaron el comportamiento más dinámico en el 2010, creciendo el 10%, 60% y 110% respectivamente. Japón y Bélgica mostraron las desaceleraciones más significativas, reduciendo sus importaciones en un 10% y 25% respectivamente. Colombia tuvo un incremento en sus importaciones del 12%, lo que le significó alcanzar un 1,5% de participación en las importaciones de etanol a nivel mundial.

Figura 8. Crecimiento de las importaciones y participación de los países en el mercado mundial – Año 2010 (%)



*Se utilizó la subpartida arancelaria 220710: Alcohol etílico sin desnaturalizar grado alcohólico volumétrico $\geq 80\%$ Vol.

*Tamaño de las burbujas = participación en el valor de las importaciones mundiales de etanol en el 2010 (%)

Fuente: COMTRADE

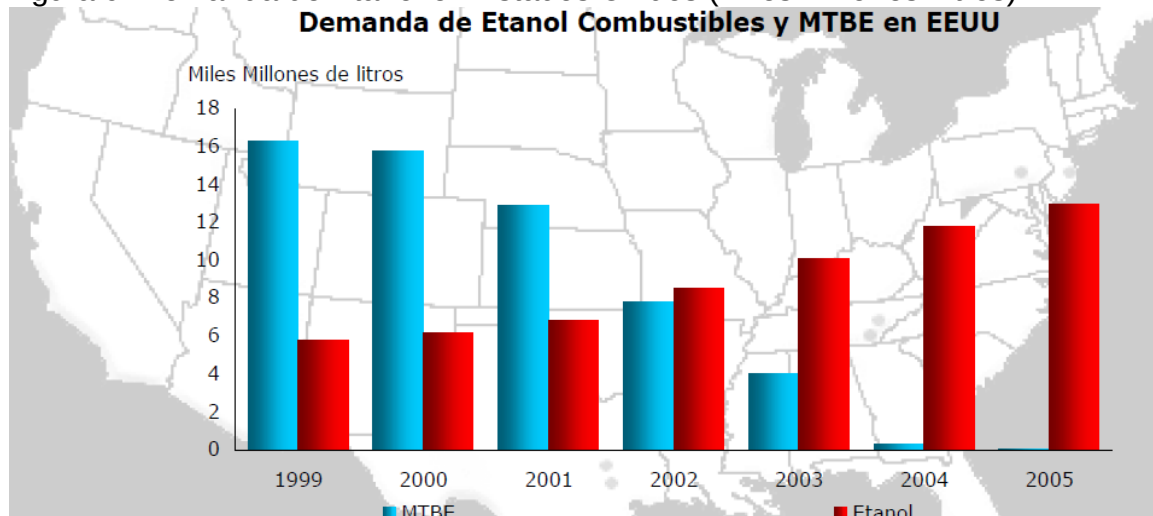
En el mercado de Estados Unidos el consumo de etanol ha venido presentando una tendencia creciente debido a los requerimientos de reemplazo de la gasolina tradicional y de aditivos oxigenantes que mejoran el octanaje y el rendimiento de la gasolina. Esta tendencia se evidencia tras el incremento del consumo presentado entre los años 2005 y 1999, ya que en el 2005 el consumo fue de 12.000 millones

de litros, mientras que en 1999 fue de 6.000 millones, traducándose en un incremento del 100% en el consumo en 6 años. Este incremento también se ha presentado tras el cumplimiento de las normas que regulan la calidad del aire, agua y subsuelo. Tanto en Estados Unidos como en la mayoría de países a nivel mundial el etanol es combinado con gasolina (E10), realizando una mezcla de 10% de etanol y 90% de gasolina.

En Estados Unidos, la principal materia prima para la producción del etanol es el maíz y con el fin de que el precio del etanol sea competitivo frente al de la gasolina, el gobierno de este país subsidia la producción de dicho grano. A través de esta medida se ha logrado subsidiar indirectamente el precio de etanol en US \$0,54 por galón, lo que es equivalente a \$0,14 por litro.

Debido a que la producción de Estados Unidos de etanol no satisface en su totalidad la demanda del mercado nacional, es necesario que sus empresas realicen las importaciones de este producto. Esta situación ocurre manera similar con los demás países importadores.

Figura 9. Demanda de Etanol en Estados Unidos (Miles Millones Litros)



Fuente: LMC International

2.2.4. PRECIOS

En la Figura 10 se evidencia que el precio por galón del etanol en Estados Unidos varía según la región en la que se comercialice. Al momento de la realización de este estudio el precio promedio de este producto era de US\$2,81 por galón, siendo equivalente en Colombia a COP\$5.060 por galón con una TRM de \$1.800. En Estados Unidos el precio del etanol presenta un incremento en la medida en que este se comercialice más cerca a la Costa Atlántica como se observa en la figura 10 debido a que el producto en esta zona tiene implícito el costo del transporte en el que se incurre para allegar el producto a sus puertos y así realizar su respectiva exportación.

Figura 10. Precios de Etanol en Estados Unidos (\$/galón)



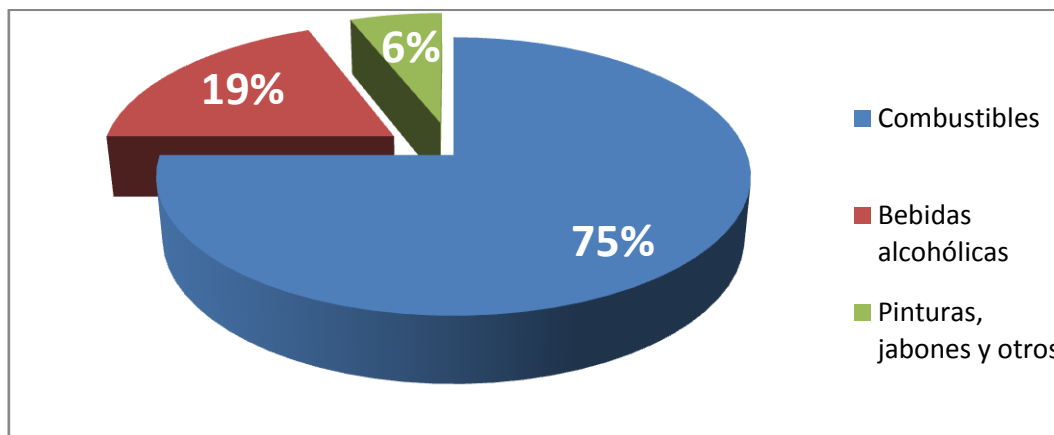
Fuente: Federación Nacional de Combustibles - Bloomberg

2.3. MERCADO NACIONAL

2.3.1. USOS

En Colombia, desde el año 2005 (año en el cual se reglamentó la mezcla de etanol con gasolina en un 8%) el etanol o alcohol carburante es usado en su gran mayoría (75%) como componente mezclador de la gasolina. El 19% del etanol que se consume en el país se utiliza para la producción de bebidas alcohólicas ó licores y el 6% restante se utiliza en el procesamiento de pinturas, jabones y otros artículos. (Ver Figura 11).

Figura 11. Clasificación Uso Etanol – Colombia (%)



Fuente: Federación Nacional de Combustibles

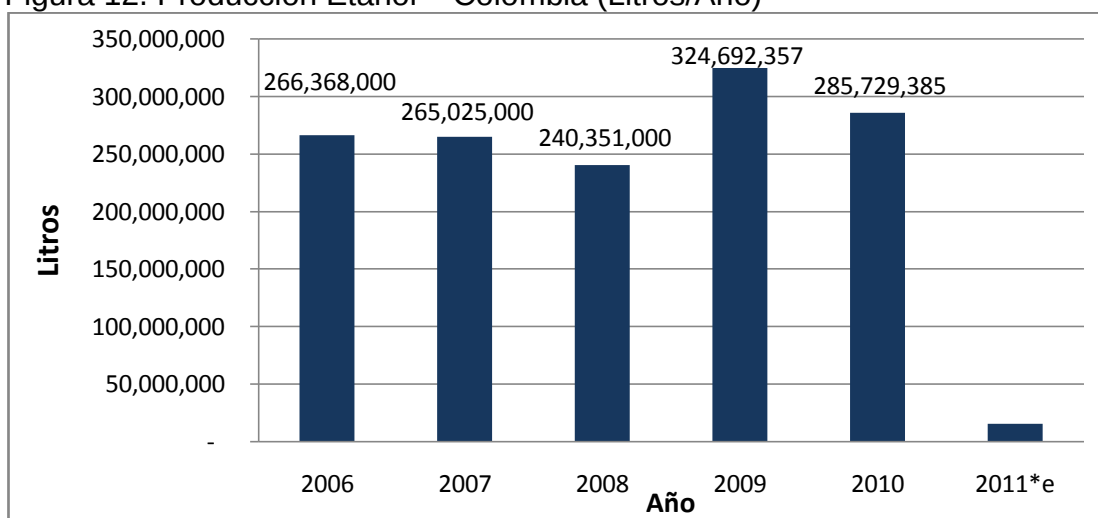
2.3.2. OFERTA

En Colombia, las tecnologías de producción del etanol se basan exclusivamente en el proceso de fermentación e hidrólisis de la caña de azúcar. Sin embargo, debido a la gran polémica que existe a nivel mundial sobre el potencial desabastecimiento de alimentos a causa de la masiva producción de biocombustibles, se están investigando y desarrollando en Estados Unidos, Canadá, España y Austria otras fuentes de producción, con mayor enfoque en la

biomasa residual de las materias orgánicas municipales, recibiendo el nombre de biocombustibles de segunda generación, lo cual aplica para el presente estudio.

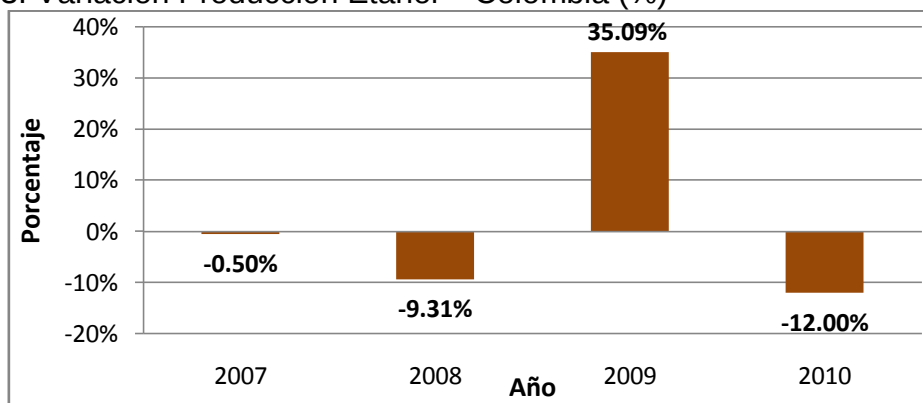
La producción promedio de etanol en Colombia durante el período del 2006 al 2010 fue equivalente a 276 millones de litros por año. Aunque en el 2009 la producción colombiana de etanol había mostrado un incremento significativo del 35% respecto al 2008, en el 2010 esta tendencia no se pudo mantener ya que en Diciembre se presentó una ola invernal en el país que afectó gravemente los cultivos de caña de azúcar en el suroccidente del país reduciendo así la producción de etanol en un 12% respecto al 2009. Para el 2010 Colombia registró un factor de producción de etanol de 70% sobre su capacidad instalada, ya que para este año la producción llegó a los 286 millones de litros aproximadamente, mientras que la capacidad instalada correspondió a 420 millones de litros. (Ver Figuras 12 y 13).

Figura 12. Producción Etanol – Colombia (Litros/Año)



Fuente: UPME

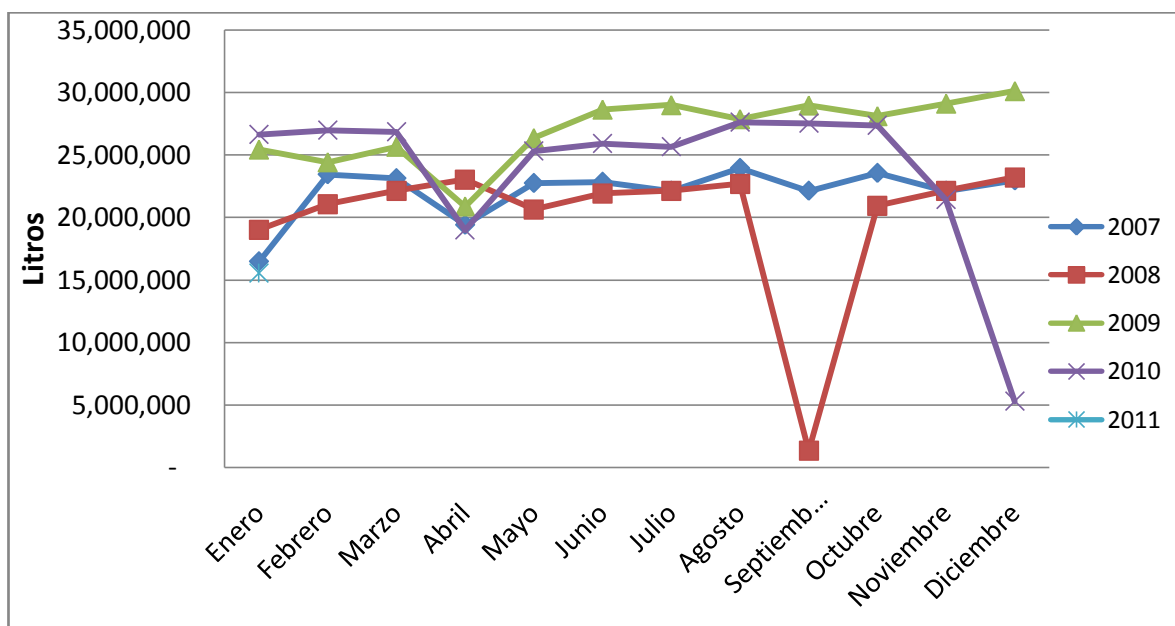
Figura 13. Variación Producción Etanol – Colombia (%)



Fuente: UPME

En la Figura 14 se evidencia que la producción en Colombia se ve afectada por las condiciones climáticas de la región suroccidental. Como se mencionó anteriormente en Diciembre de 2010 la producción decayó considerablemente debido a las lluvias que se presentaron, alcanzando uno de los niveles de producción más bajos de la historia: 5 millones de litros por mes, igual suerte corrió la producción de Enero del 2011 mostrando niveles bajos: 15 millones de litros. El mes de Abril corresponde al de más baja producción en todos los años debido a las condiciones climáticas que presenta la región y afectan los cultivos de caña de azúcar descendiendo a los 20 millones de litros. La caída más drástica del período 2006 -2010 se presentó en Septiembre del 2008 debido que cuatro de las cinco destilerías de etanol que existían en la época se paralizaron a causa del paro de corteros de caña de azúcar de la región.

Figura 14. Producción Mensual de Etanol – Colombia (Litros/Meses)



Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

En Colombia existen 6 plantas productoras de etanol, las cuales se encuentran ubicadas principalmente en la región suroccidental del país: Cauca, Valle del Cauca y Risaralda. La capacidad instalada de estas productoras asciende a 420 millones de litros al año aproximadamente, lo que es equivalente a 1,3 millones de litros diarios. (Ver Tabla 3)

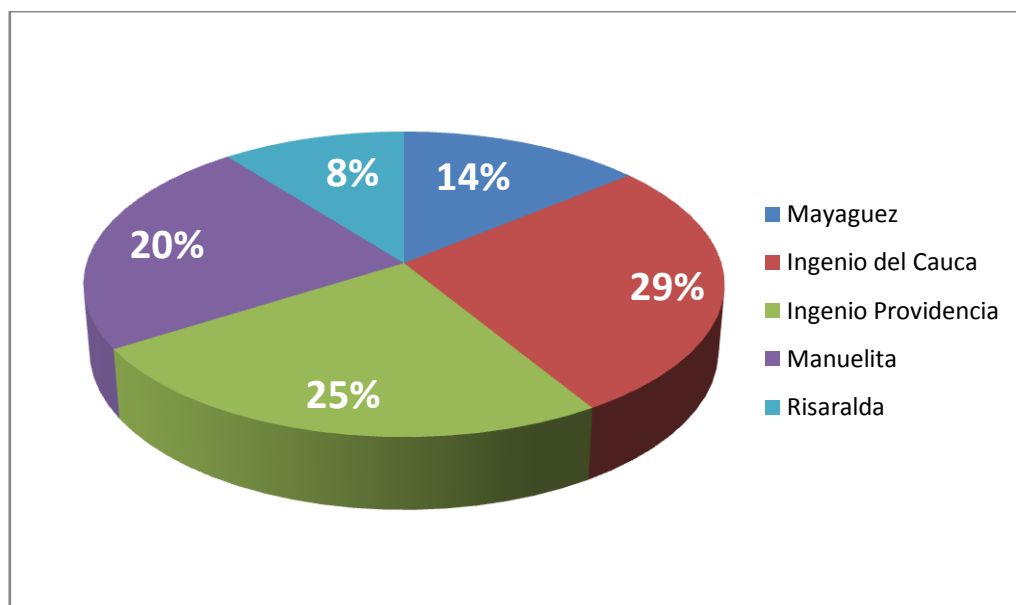
Tabla 3. Plantas Productoras de Etanol en Funcionamiento - Colombia

PLANTAS PRODUCTORAS DE ETANOL EN FUNCIONAMIENTO					
REGIÓN	INVERSIONISTA	CAPACIDAD INSTALADA (l/año)	ÁREA SEMBRADA (ha)	EMPLEOS DIRECTOS	EMPLEOS INDIRECTOS
Cauca, Miranda	Incauca	115.500.000	11.942	2.171	4.342
Valle, Palmira	Providencia	99.000.000	9.287	1.688	3.376
Valle, Palmira	Manuelita	82.500.000	8.721	1.586	3.172
Valle, Candelaria	Mayagüez	82.500.000	6.587	1.198	2.396
Risaralda, La Virginia	Risaralda	33.000.000	3.004	546	1.092
Puerto López, Canta Claro	GPC	8.250.000	1.200	240	480
TOTAL		420.750.000	40.741	7.429	14.858

Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

La compañía que presenta los más altos niveles de producción de etanol en Colombia es el Ingenio del Cauca, aportando aproximadamente el 31% del total de la producción anualmente. El Ingenio Providencia y Manuelita ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente aportando el 25% y 20% de la producción nacional de etanol. El grupo Mayagüez y Risaralda son las plantas con más baja participación en el mercado de etanol con el 16% y 8% respectivamente debido a que estas plantas procesadoras tienen pocos años de funcionamiento en el país y el número de hectáreas sembradas de caña de azúcar es menor al del resto de las otras productores (Ver Figura 15). Recientemente se construyó una planta en Puerto López, Meta con capacidad para producir 8 millones de litros de etanol al año, aunque es la procesadora más pequeña del país se considera un proyecto muy importante porque es la primera planta que procesa cultivos de Yuca Amarga como materia prima.

Figura 15. Participación Plantas de Etanol sobre la producción nacional – Colombia (%)



Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

Según la consultora estadounidense Hart Energy, especializada en temas energéticos, se considera que en el 2020 Colombia podrá triplicar su producción y oferta de etanol debido a la ejecución de nuevos proyectos y a la demanda creada por la obligación de la normatividad de mezclar etanol con gasolina, llegando a producir cerca de 600 millones de litros en el 2015 y los 1000 millones de litros en el 2020.

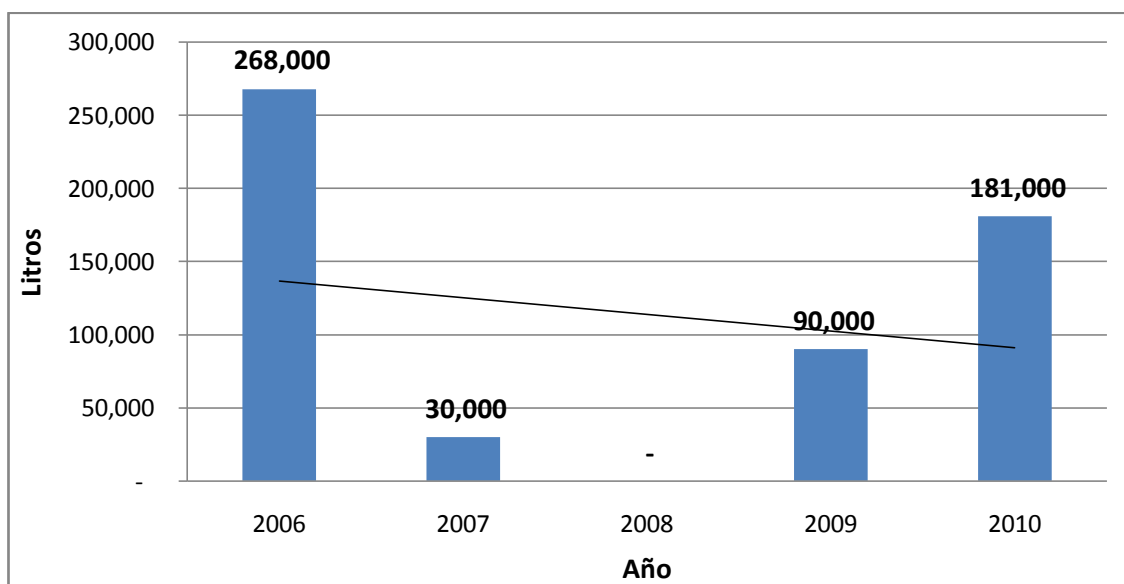
2.3.2.1. EXPORTACIONES

Las exportaciones de etanol (alcohol etílico sin desnaturalizar) se realizaron de manera interrumpida en el período comprendido entre el 2006-2010 debido a que en el 2008 no se presentaron exportaciones de este producto. (Ver Figura 16).

En el año 2010, el volumen de las exportaciones alcanzó los 181.000 litros, presentando una variación porcentual del 100% respecto al año anterior. La tendencia de las exportaciones es decreciente, evidenciándose en la reducción del 67% de la cantidad exportada durante los años 2006 a 2010, porque los excedentes exportables se han reducido considerablemente en los últimos años debido al cambio presentado por la normatividad colombiana que exigió el aumento en la mezcla del etanol y los combustibles fósiles de un 8% a un 10%.

Para el caso de las exportaciones de etanol es importante mencionar que la normatividad colombiana autoriza la exportación de etanol sí y solo sí la demanda nacional esté completamente abastecida.

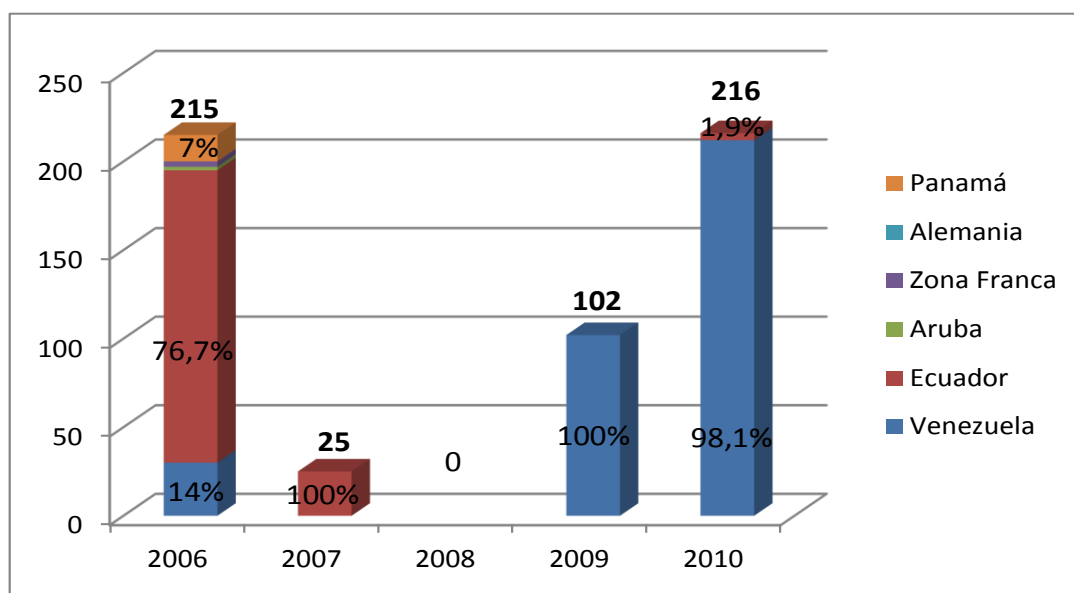
Figura 16. Volumen Exportaciones de Etanol – Colombia (Litros/Año)



Fuente: Trademap

En los dos últimos años (2009 y 2010) las exportaciones de etanol estuvieron concentradas principalmente en el mercado venezolano, con ventas aproximadas a USD\$102.000 y USD\$216.000 aproximadamente. Las ventas internacionales del año 2007 estuvieron dirigidas principalmente a Ecuador, mientras que en el 2006 se dirigieron a diversos mercados como Panamá, Ecuador y Venezuela alcanzando ventas por USD \$215.000. (Ver Figura 17).

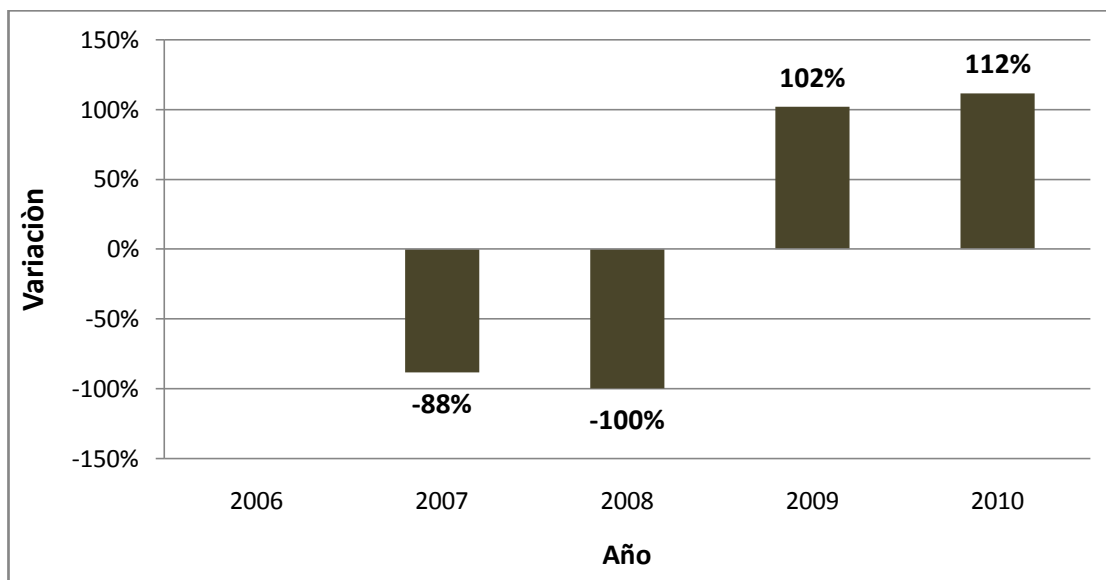
Figura 17. Exportaciones Colombianas de Etanol por Países (Miles USD\$/Año)



Fuente: Trademap

Las variaciones presentadas en los dos últimos años muestran una recuperación significativa en el valor de las exportaciones debido a que a crecieron un 102% y 112% en los años 2010 y 2009 respectivamente. (Ver Figura 18).

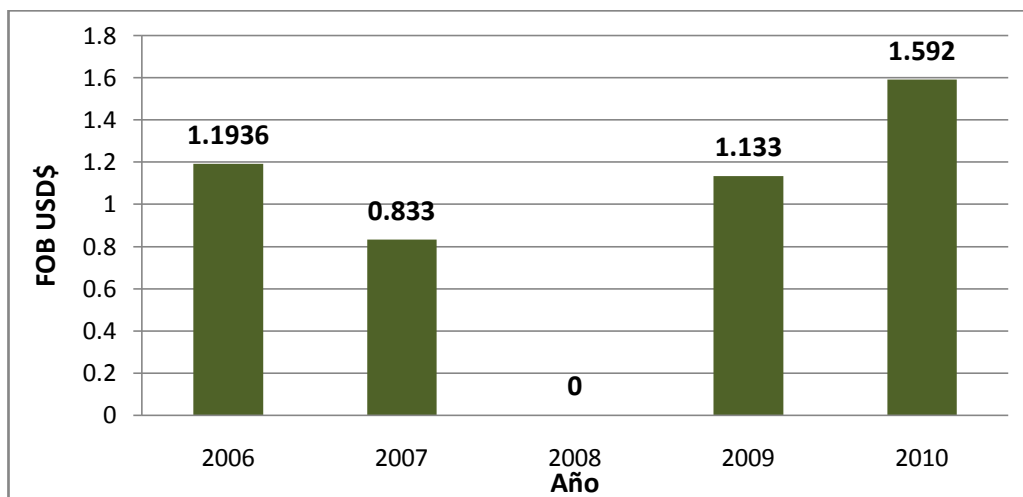
Figura 18. Variación Exportaciones de Etanol – Colombia (%)



Fuente: Trademap

Una de las razones por la cual se ha presentado en los dos últimos años el crecimiento en el valor de las exportaciones se debe al incremento en el precio promedio de las ventas realizadas al mercado internacional. Para los años 2009 y 2010 este precio ascendió a USD \$1,13 por litro y a USD \$1,592 por litro, siendo este último el más alto que se ha presentado desde que Colombia inició las exportaciones de este producto. (Ver Figura 19).

Figura 19. Precio Exportación de Etanol – Colombia (FOB USD\$/Año)



Fuente: Trademap

2.3.3. DEMANDA

En Colombia el consumo de biocombustibles está relacionado con el sector transportador, debido a que este está sujeto al comportamiento de la Gasolina y ACPM del país, donde la participación de este sector en el consumo total de estos combustibles fósiles es del 97% para gasolina y 70% para ACPM.

Los programas gubernamentales para la mezcla de biocombustibles han permitido que se obtenga una mezcla de 10% de etanol con gasolina y 5% de Biodiesel con ACPM. Sin embargo, en la actualidad no se cubre la totalidad de la demanda nacional con los porcentajes establecidos debido a que la capacidad instalada para la producción de etanol solo permite la oxigenación del 64% de la demanda de gasolina nacional con una mezcla de 10% de alcohol carburante.

La Tabla 4 muestra detalladamente los porcentajes de cobertura por departamento que se tienen en la actualidad, los cuales se han alcanzado tras 5 años de haber iniciado el programa en el costado suroccidental y central del país. Actualmente 23 de los 32 departamentos en Colombia mezclan etanol con gasolina en diferentes proporciones, tal es el caso del Magdalena que sólo cuenta con un porcentaje de cobertura del 7%, mientras que en el Valle del Cauca se tiene una cobertura del 100% sobre el total del consumo requerido por las entidades gubernamentales.

Según la Federación de Biocombustibles la causa por la cual algunos departamentos aún no cuentan con una cobertura del 100% en el consumo de etanol, se debe a que no todo el combustible que llega a las estaciones de servicio proviene de la misma planta de abasto. Esto a su vez se debe a la adquisición que realizan los distribuidores mayoristas y a la forma de transportar el etanol ya que esto se hace por carro-tanque debido a la prohibición de transportar etanol por poliductos que estableció la Resolución 180687 del 2003 por los daños que estos pueden sufrir.

Tabla 4. Cobertura de Etanol – Departamentos de Colombia (%)

No.	Departamento	Porcentaje de utilización de etanol
1	Magdalena	7%
2	Cesar	52%
3	Bolívar	18%
4	Norte de Santander	63%
5	Santander	61%
6	Arauca	57%
7	Chocó	65%
8	Caldas	89%
9	Boyacá	70%
10	Casanare	74%
11	Vichada	100%
12	Risaralda	100%
13	Quindío	100%
14	Cundinamarca	93%
15	Tolima	47%
16	Valle del Cauca	100%
17	Cauca	78%
18	Putumayo	31%
19	Caquetá	13%
20	Guaviare	100%
21	Vaupés	33%
21	Guainía	11%
23	Vichada	100%
PROMEDIO		64%

Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

En Colombia se consume el 96,5% del etanol que se produce a nivel nacional, ya que el 3,5% restante se debe reservar para satisfacer la demanda de los clientes mayoristas durante 10 días hábiles en caso de una emergencia o desabastecimiento según lo determinado por el artículo 18 de la Resolución 180687 del 2003. Por esta razón en Colombia se consumieron 276 millones de litros y se almacenaron en inventario 10 millones de litros durante el 2010.¹²

¹² Ministerio de Minas y Energía

Para Diciembre de 2008 en Colombia se contaba con un excedente de capacidad de producción de 300.000 litros por día aproximadamente y por ello se decidió abastecer de etanol a los departamentos de Huila, Tolima y se empezó a trabajar en los proyectos de abastecimiento de Antioquia, Bolívar y ampliar la cobertura en el departamento del Cesar. Esta situación muestra que en Colombia la oferta es quien establece la demanda, caso contrario a la ley keynesiana donde la demanda rige la oferta.

Se proyecta que la demanda a nivel nacional de etanol crezca significativamente a partir del 1° de enero 2012 gracias al Decreto 1135 de 2009, ya que allí se estableció que todos los vehículos automotores hasta 2000 cm³ de cilindraje que se fabriquen, ensamblen, importen, distribuyan y comercialicen en el país y que requieran para su funcionamiento gasolinas, deberán estar acondicionados para que sus motores funcionen con sistema Flex-Fuel (E85) y puedan funcionar normalmente utilizando gasolinas básicas o mezclas compuestas por gasolina de origen fósil con al menos 85% de alcohol carburante¹³. Esta situación implica de forma inmediata el aumento per sé en el consumo de etanol por gran parte del nuevo parque automotor del país.

2.3.3.1. IMPORTACIONES

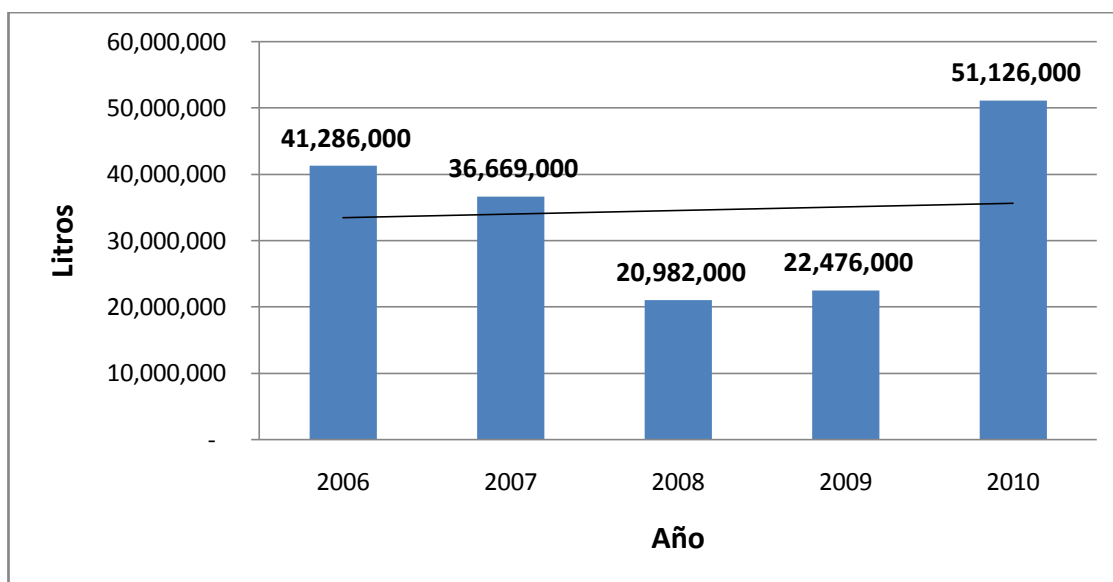
En Colombia las importaciones de etanol (alcohol etílico sin desnaturalizar) se realizaron de manera permanente a partir de 2006 como resultado del incremento de la demanda de bebidas alcohólicas en el país. (Ver Figura 20). Es importante resaltar que el alcohol etílico que entra al país no contiene gasolina, es decir es alcohol etílico sin desnaturalizar y se usa principalmente en la producción de licores, bebidas alcohólicas y aperitivos. Aunque la regulación colombiana permite la importación de etanol, no es clara respecto al libre acceso a las facilidades portuarias y a la tarifa con la que se debería manejar el descargue, cargue y

¹³ IDEM

transporte de esta producto al interior del país. También se señala que el alcohol etílico (etanol) que se produce y consume en Colombia por reglamentación debe ser desnaturalizado, es decir debe contener 2% de gasolina con el fin de evitar la producción ilegal de bebidas alcohólicas en fábricas artesanales.

En el año 2010, el volumen de las importaciones alcanzó los 51 millones de litros, presentando una variación porcentual del 125% respecto al año anterior. La tendencia de las importaciones hasta el año 2008 había sido negativa, sin embargo a partir del 2009 esta situación cambió y las importaciones recuperaron terreno mostrando una tendencia de crecimiento en el 2009 y 2010. En el período comprendido entre los años 2006 y 2010, se ha presentado un aumento total en las importaciones en un 25%, siendo el 2008 el período con menores cantidades registradas. (Ver Figura 20).

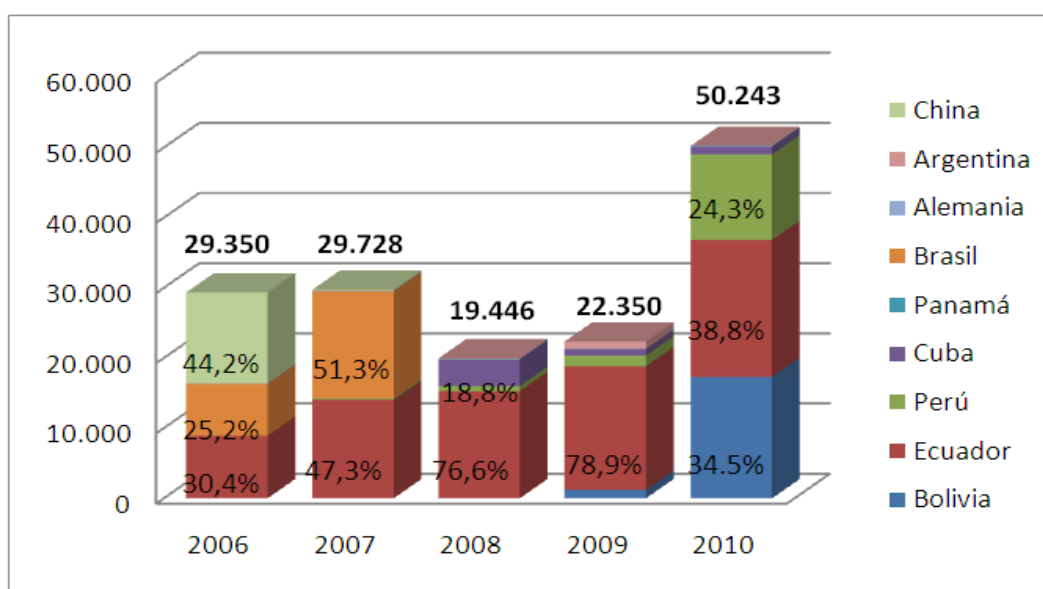
Figura 20. Volumen Importaciones de Etanol – Colombia (Litros/Año)



Fuente: Trademap

En el último año (2010) las importaciones de etanol provinieron principalmente de Ecuador (38,8%), Bolivia (34,5%) y China (24,3%), registrando compras aproximadas por USD\$50 millones. Durante el año 2006 y 2010 las compras internacionales en su mayoría tuvieron a Ecuador como el principal proveedor, llegando a participar en un 79% de las importaciones colombianas. Brasil fue partícipe de las operaciones de importación durante el 2006 y 2007 llegando a participar en este último año del 51,3% de las importaciones colombianas, sin embargo, a partir del 2008, las ventas internacionales del país carioca fueron redireccionadas a mercados más atractivos, dejando a Colombia de lado en las relaciones comerciales de este producto. (Ver Figura 21).

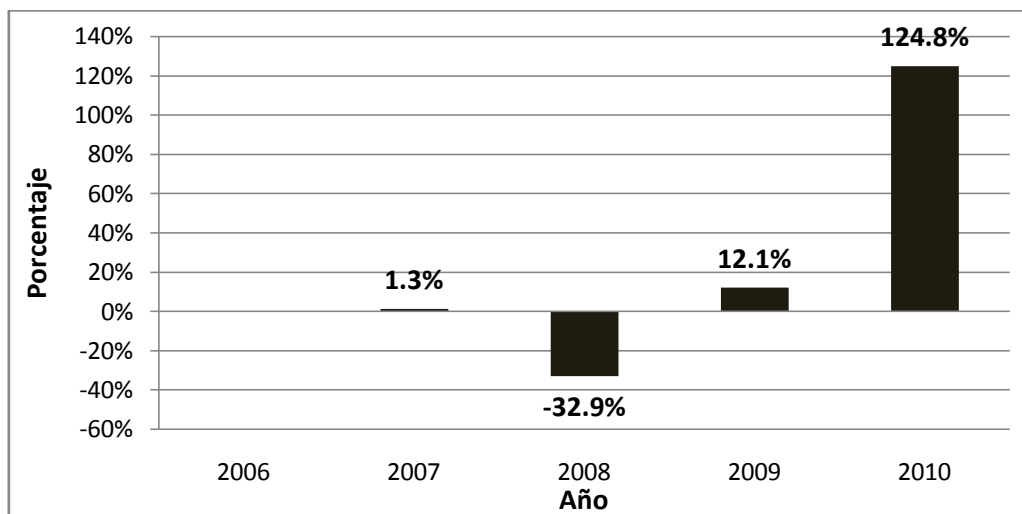
Figura 21. Importaciones de Etanol por Países – Colombia (Miles CIF USD\$/Año)



Fuente: Trademap

La variación en el valor de las importaciones presentada en el 2010 es la más significativa durante el período del 2006 al 2010, al presentar un incremento del 128,4% y 70,5% respecto al 2009 y 2006. En el 2008 se presentó una reducción del 33% siendo esta la más crítica en los últimos 5 años. (Ver Figura 22).

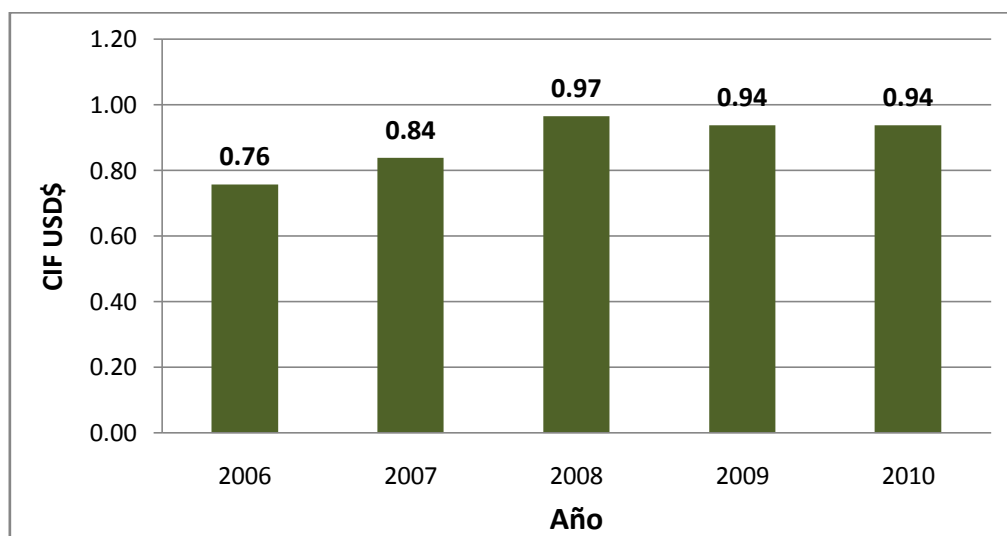
Figura 22. Variación Importaciones de Etanol – Colombia (%)



Fuente: Trademap

El precio de las importaciones ha presentado una leve tendencia positiva al pasar de US\$0,76 en el 2006 a USD\$0,97 en el 2008 y mantenerse USD\$0,94 durante los siguientes dos años. Se estima que la tendencia positiva en el precio de las importaciones se seguirá presentando debido al incremento del precio de las materias primas del etanol (caña de azúcar, maíz, entre otros cultivos) que se presenta al ser fuentes alimenticias y estar expuestas a cambios inflacionarios constantemente. (Ver Figura 23).

Figura 23. Precio Importación de Etanol – Colombia (CIF USD\$/Año)



Fuente: Trademap

2.3.4. PRECIOS

El precio del etanol en Colombia fue determinado por el gobierno mediante la Resolución 181088 de 2005, la cual fue modificada en enero de 2009 por la Resolución 180129 y dio alcance a los planteamientos del Documento CONPES 3510.

La Resolución 180129 determinó que el precio del etanol se estructura bajo 3 conceptos y/o rubros:

1. Un precio que toma como base el costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para la producción de alcohol carburante. En la actualidad colombiana esta materia prima corresponde al azúcar crudo y el precio base al de paridad de exportación.
2. Un precio que toma como referencia los precios internacionales de la gasolina, ajustados por los cambios en las propiedades de este combustible como resultado de la mezcla con el etanol, estos cambios incluye:

- i) Aumento del precio por mejoras en octanaje y la disminución en el contenido de azufre.
- ii) Disminución del precio a causa del menor poder calorífico del alcohol carburante frente a las gasolinas. Este rubro se calcula a partir del precio paridad exportación de la gasolina.
- iii) Se tendrá en cuenta la valoración y cuantificación de los beneficios ambientales y de octanaje del etanol con respecto a la gasolina.

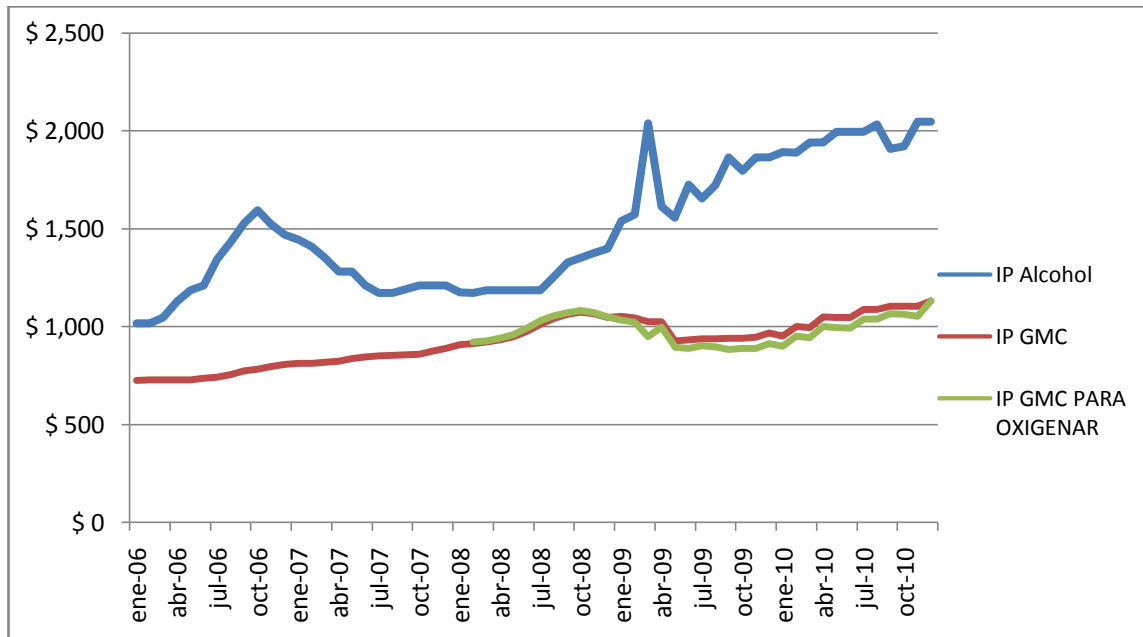
El gobierno mediante la Resolución 180129 también determinó que se debe manejar un precio mínimo para mitigar las consecuencias de grandes reducciones en los precios mencionados anteriormente. Para el 2010 este precio correspondía a \$4,496.88/galón y es actualizado de acuerdo al comportamiento del IPP (70%) y de la tasa de cambio (30%)¹⁴.

Además, a través de la ley 788 de 2002 se declaró exento de IVA al etanol que tiene como destino a la mezcla con el combustible motor y lo exoneró del pago de impuesto global y de la sobretasa que se cobra actualmente.

La Figura 24 muestra el comportamiento del precio del alcohol carburante (etanol) durante el período 2006 a 2010. Para enero de 2006; quinto mes en el cual se empezó a producir nacionalmente el etanol, el precio fue de \$1020 por litro, mientras que para diciembre de 2010 fue de \$2,049 por litro,, siendo equivalentes a \$3860 y \$7765 por galón respectivamente. De acuerdo a la Resolución 18106 del 30 de Junio de 2011, a la fecha del presente estudio el precio del etanol es de \$2.232,36 por litro equivalente a \$8.449,52 por galón: este precio incluye el transporte del líquido desde las plantas procesadoras hasta las plantas de almacenamiento donde se realiza la mezcla del 10% con gasolina.

¹⁴ Ministerio de Minas y Energía

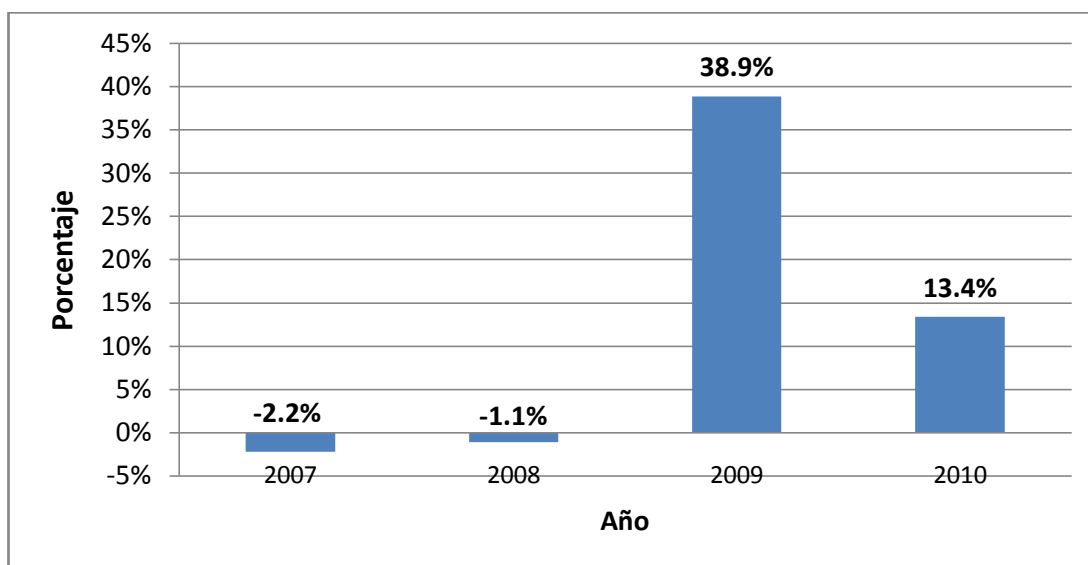
Figura 24. Precio Histórico de Etanol – Colombia (COP \$/Mes)



Fuente: UPME

Como se observa en la Figura 25, las variaciones más significativas presentadas en el precio del etanol en Colombia ocurrieron en el 2009 y 2010 donde se registraron incrementos del 39% y 13,4% alcanzando un precio promedio de \$1736 y \$1969 por litro respectivamente. Durante el período 2006 a 2010, el precio promedio de etanol presentó un crecimiento del 53% aproximadamente, siendo el precio promedio del 2006 de \$1293 por litro. Los incrementos en el precio de este producto se han originado principalmente por la constante alza en el precio del petróleo registrada desde el año 2008.

Figura 25. Variación Precio Etanol – Colombia (%)



Fuente: UPME

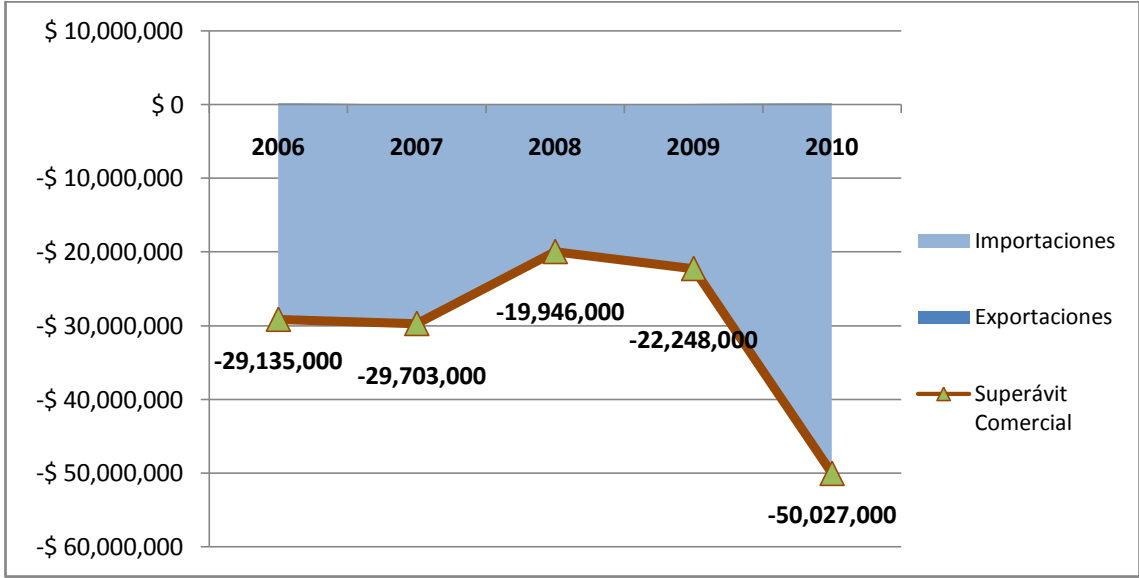
2.4. BALANZA COMERCIAL

El análisis de la balanza comercial que se realiza sobre el etanol (alcohol etílico sin desnaturalizar) mostró una tendencia negativa a lo largo del período 2006-2010. En el último año de este período se presentó el déficit más significativo por un valor de USD\$50 millones, lo que significó en volumen un déficit de 50,9 millones de litros de alcohol etílico, dado que las exportaciones alcanzaron los 180 mil litros, en tanto las importaciones se ubicaron en 51,1 millones de litros. (Ver Figuras 26 y 27).

Esto muestra que Colombia es un país importador del etanol porque la producción nacional de este alcohol no logra abastecer totalmente su demanda. Es importante resaltar que la mayor parte de las importaciones de etanol que se realizan en el país corresponden al alcohol etílico sin desnaturalizar el cual es usado mayoritariamente para la producción nacional de bebidas alcohólicas y licores, ya

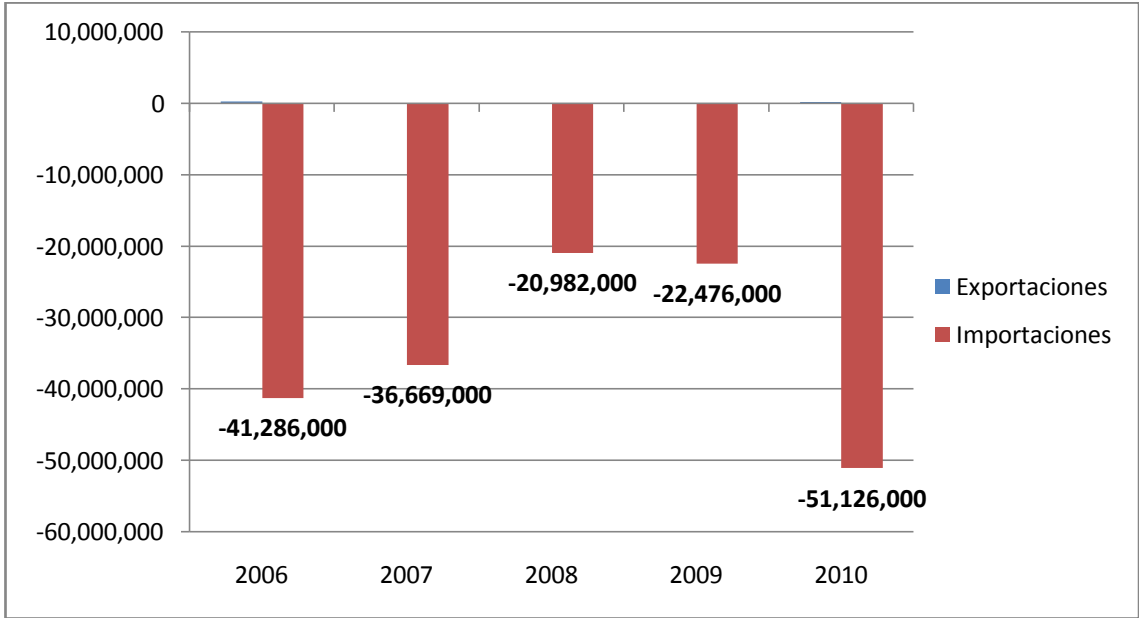
que el etanol desnaturalizado y que es demandado para realizar la mezcla con gasolina se produce en su totalidad en el país.

Figura 26. Superávit/Déficit Comercial – Colombia (Litros/Año)



Fuente: Trademap

Figura 27. Balanza Comercial – Colombia (Litros/Año)



Fuente: Trademap

Tras analizar el estudio de mercados, se concluye que el proyecto de la construcción de una planta de etanol a partir del tratamiento de la fracción orgánica de los RSM en Colombia es viable, debido a que cuenta con un mercado a nivel nacional muy atractivo y accesible para explotar, y que las unidades a producir por esta planta tendrán una venta inmediata y sin obstáculos.

El volumen demandado a nivel nacional es suficiente para que la totalidad de las ventas de la nueva planta se realicen a nivel local. Aunque en este estudio no se encuentra atractivo realizar las exportaciones del etanol producido por la planta porque el precio de venta no es competitivo a nivel internacional, en un estudio de factibilidad se podrá analizar esta alternativa con mayor nivel de detalle, debido a que se necesita profundizar acerca de la optimización de costos de la fabricación del producto y las barreras de entrada que algunos países tienen para realizar las importaciones del mismo.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN

El principal objetivo del proyecto es producir Etanol a partir del tratamiento de los Residuos Sólidos Municipales – RSM -, por lo que el proceso de la planta tendría como entrada los insumos o materia prima principal a los RSM y como salida el producto final que sería el Etanol, sustancia que puede ser usada para su combinación con productos como la gasolina, con el fin de disminuir los niveles de contaminación a la atmósfera, cuando ésta es usada en las diferentes maquinarias, tales como vehículos, motores, etc.

3.1.1. INSUMOS

El principal insumo para la producción del Etanol son los Residuos Sólidos Municipales.

Según la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB, los residuos dispuestos en el Relleno Sanitario El Carrasco tienen la siguiente caracterización, y a su vez están clasificados por estratos en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Tipos de Residuos Sólidos Municipales:

- ✓ Materia Orgánica:
 - Residuos de alimentos
 - Residuos de jardín
 - Residuos de madera
 - Plumas
- ✓ Papel
- ✓ Cartón
- ✓ Plástico
- ✓ Metales, Latas
- ✓ Vidrio
- ✓ Trapos
- ✓ Madera

La Tabla 5 corresponde a la caracterización de los Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, de acuerdo a un estudio de muestreo realizado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB¹⁵:

Tabla 5. Caracterización de los Residuos Sólidos - Bucaramanga

	ESTRATO	KG INICIALES	ESTRATO	KG INICIALES	ESTRATO	KG INICIALES
	1	231	2	226	3	240
TIPO DE DESECHO	%	KG/DESECHO	%	KG/DESECHO	%	KG/DESECHO
ORGÁNICOS	71,00	164,00	70,00	158,20	67,00	160,80
PAPEL	2,00	4,62	2,00	4,52	5,30	12,72
CARTÓN	2,00	4,62	2,00	4,52	2,70	6,48
PLÁSTICOS	12,00	27,72	13,00	29,38	17,00	40,80
TEXTILES	6,00	13,86	5,00	11,30	3,50	8,40
MADERA	1,00	2,31	2,00	4,52	1,00	2,40
VIDRIO	3,00	6,93	3,00	6,78	1,00	2,40
METALES	1,00	2,31	2,00	4,52	1,00	2,40
OTROS	2,00	4,62	1,00	2,26	1,50	3,60

	ESTRATO	KG INICIALES	ESTRATO	KG INICIALES	ESTRATO	KG INICIALES
	4	225	5	210	6	203
TIPO DE DESECHO	%	KG/DESECHO	%	KG/DESECHO	%	KG/DESECHO
ORGÁNICOS	66,00	148,50	63,93	134,00	63,70	129,50
PAPEL	6,00	13,50	6,01	12,60	6,05	12,30
CARTÓN	3,00	6,75	4,01	8,40	4,03	8,20
PLÁSTICOS	15,00	33,75	15,03	31,50	15,13	30,75
TEXTILES	4,00	9,00	4,01	8,40	4,03	8,20
MADERA	0,50	1,13	1,00	2,10	1,01	2,05
VIDRIO	2,00	4,50	2,00	4,20	2,02	4,10
METALES	2,00	4,50	2,00	4,20	2,02	4,10
OTROS	1,50	3,38	2,00	4,20	2,02	4,10

Fuente: EMAB

¹⁵ EMAB

La anterior Tabla 5 muestra los tipos de desechos que se disponen en el Rellenos Sanitario El Carrasco, clasificados por estratos, y a su vez muestra el porcentaje representativo de cada tipo de basura contenido en la cantidad de residuos totales por estrato.

Con ello se puede observar que los Residuos Orgánicos tienen un alto porcentaje de contenido comparado con los demás residuos, por lo que para el estudio se tendrá en cuenta solamente la cantidad de Fracción Orgánica representativa en los Residuos Sólidos Municipales dispuestos en el Relleno Sanitario El Carrasco.

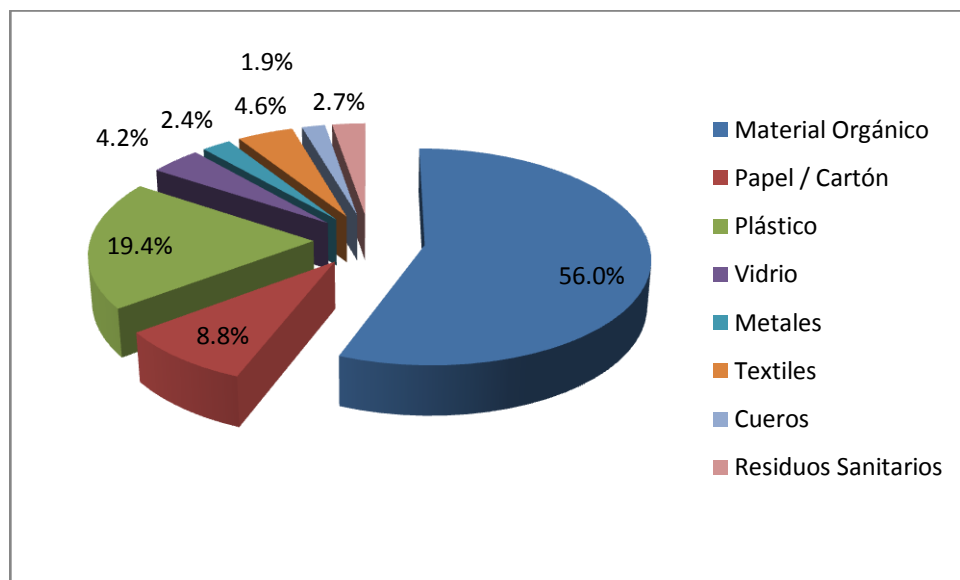
Al Relleno Sanitario El Carrasco, no solamente llegan los RSM de Bucaramanga y su Área Metropolitana, sino también la de los siguientes municipios:

- ✓ Lebrija
- ✓ Rionegro
- ✓ El Playón
- ✓ Tona
- ✓ Matanza
- ✓ California
- ✓ Vijagual
- ✓ Vetas
- ✓ Surata
- ✓ Charta
- ✓ Ruitoque
- ✓ Mesa de los Santos

Sin embargo, para efectos de la Evaluación técnica y financiera del proyecto, sólo se tendrá en cuenta la materia orgánica de los RSM dispuestos en el Relleno Sanitario El Carrasco, proveniente de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

3.1.2. COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LAS BASURAS

Figura 28. Composición Física Consolidada RSM - Bucaramanga



Fuente: EMAB

En las Tablas 6 y 7 se indica la composición química de los residuos sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga:

Tabla 6. Composición Química Consolidada RSM - Bucaramanga

PARÁMETRO	RANGO DE OSCILACIÓN	
	Mínimo	Máximo
Humedad	63,30	78,70
Nitrógeno Total	1,10	2,00
Cenizas	9,00	29,10
Carbono	39,40	50,60
Relación C/N	22,70	46,00
Fósforo	0,45	3,00
Potasio	1,20	2,00
pH Suspensión 1:2	5,40	6,00
Capacidad Calorífica	3.011,00	3.924,00

Fuente: EMAB

Tabla 7. Análisis de laboratorio de los RSM - Bucaramanga

				Composición en Kg					
Componente	Peso Húmedo Kg	Humedad %	Peso Seco Kg	C	H	O	N	S	Cenizas
	Componentes Orgánicos Rápidamente Biodegradables								
Materia Orgánica	56,00	55%	25,20	12,13	1,59	9,52	0,65	0,09	0,0
Papel y Cartón	8,80	5%	8,40	3,64	0,50	3,68	0,03	0,02	0,0
TOTAL	64,80		33,60	15,77	2,09	13,20	0,68	0,11	0,0
	Componentes Orgánicos Rápidamente Biodegradables								
Textiles	4,60	10%	4,10	2,27	0,27	1,29	0,18	0,00	0,0
Cueros	1,90	10%	1,70	1,02	0,13	0,21	0,17	0,00	0,0
Residuos Sanitarios	2,70	10%	2,40	1,33	0,16	0,75	0,11	0,00	0,0
TOTAL	9.20		8.20	4.62	0.56	2.25	0.46	0.00	0.0

Fuente: EMAB

Uno de los principales componentes químicos que se debe tener en cuenta para el procesamiento de los RSM en la Planta, para la óptima producción de Etanol, es la Humedad. Según la Planta Piloto de la empresa española XERICS, la materia prima óptima se trabaja con un 40% de Humedad; además existe la posibilidad de emplear basura acumulada o incluso enterrada durante años¹⁶.

La Humedad es significativa cuando se quiere estudiar la rapidez de descomposición que el elemento orgánico constituyente de los residuos sólidos. La alta humedad que presentan los residuos del Área Metropolitana, influye aumentando la acción de microorganismos y en el poder calorífico, que corresponde a la cantidad de energía que una unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación¹⁷.

¹⁶ Xerics

¹⁷ EMAB

Dado lo anterior se puede observar que la Materia Orgánica que se dispone en el Relleno Sanitario presenta un 55% de Humedad, concluyendo de ésta manera que la materia prima es totalmente óptima para su tratamiento en la planta.

Según estudios de otro proyecto español de una planta productora de Etanol a partir de desechos, PERSEO, la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos o Municipales, compuestos por vegetales, alimentos y madera; por su composición, se considera similar a un material Lignocelulósico; ya que posee un alto contenido de polisacáridos de origen celulósico y hemicelulósico, y una considerable proporción de ligninas.

Los residuos lignocelulósicos o celulósicos, conformados por lignina, celulosa y hemicelulosa, están compuestos en su mayor parte por dos polímeros de carbohidratos, la celulosa (35-50%) y la hemicelulosa (15-25%), y un polímero fenolito, la lignina (20-25%).

El material lignocelulósico se encuentra en cualquier materia orgánica, específicamente en residuos de vegetales, alimentos, madera y urbanos; donde el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, varía de acuerdo a la composición del mismo¹⁸.

Con lo anterior, se puede determinar que la Materia Orgánica dispuesta en el Relleno Sanitario El Carrasco, compuesta por residuos de alimentos, jardín, madera y plumas, es completamente óptima para la obtención del Etanol, tomando en cuenta que toda materia orgánica contiene celulosa.

A manera de comparación, en España, la materia orgánica está compuesta por: restos de cosechas, poda, fracción orgánica de residuos urbanos, entre otros¹⁹.

¹⁸ Tomado el 25 de Abril de 2011 de:

<http://www.sca.com.co/bajar/Etanol/Proyecto%20escala%20nacional.pdf>

¹⁹ Tomado el 25 de Abril de 2011 de: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/la-situacion-de-las-basuras-en-2.pdf>

A continuación se hace referencia al volumen de RSM que se dispone en el Relleno Sanitario El Carrasco, haciendo énfasis en las producidas por Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Tabla 8. Volumen de RSM dispuestos en el Relleno Sanitario el Carrasco – Bucaramanga (Kg/Mes)

MUNICIPIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
BUCARAMANGA	12.320.295	12.117.715	13.518.170	13.028.715	13.930.520	14.267.945
FLORIDABLANCA	4.451.365	4.056.765	4.501.155	4.203.520	4.622.205	4.706.015
GIRÓN	2.207.210	2.065.375	2.288.855	2.141.350	2.325.145	2.404.355
PIEDRECUESTA	1.643.100	1.543.135	1.667.240	1.600.610	1.682.600	1.755.245
TOTAL ÁREA METROPOLITANA (Kg / MES)	20.621.970	19.782.990	21.975.420	20.974.195	22.560.470	23.133.560

MUNICIPIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
BUCARAMANGA	16.744.140	15.213.680	14.980.025	15.734.665	16.636.280	16.836.815
FLORIDABLANCA	4.861.390	4.362.930	4.824.910	4.878.105	5.119.560	5.647.820
GIRÓN	2.494.330	2.544.280	2.507.870	2.533.155	2.728.475	2.795.395
PIEDRECUESTA	1.797.850	1.805.630	1.812.040	1.887.305	2.040.600	2.147.310
TOTAL ÁREA METROPOLITANA (Kg / MES)	25.897.710	23.926.520	24.124.845	25.033.230	26.524.915	27.427.340
TOTAL ÁREA METROPOLITANA (Kg / AÑO 2010)	281.983.165					

Fuente: EMAB

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL

El principal producto final del proceso es el Etanol Anhidro, que es un tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características²⁰.

El Etanol fue uno de los primeros combustibles usados en automóviles y actualmente está siendo usado en una mezcla con la gasolina.

Los principales beneficios de utilizar gasolina mezclada con Etanol es la disminución del efecto invernadero causada por el aumento de contaminantes como el CO₂ en la atmósfera. Está comprobado, además, que la utilización de oxigenados reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos totales (THC) de los gases de escape de los vehículos, al tiempo que eleva el octanaje del combustible lo cual permite reemplazar compuestos aromáticos y otras sustancias tóxicas de elevado octanaje²¹.

- ✓ Fórmula Química del Etanol Anhidro: CH₃CH₂OH / C₂H₆O
- ✓ Masa Molecular: 46.1

Las Propiedades Físicas del Etanol Anhidro son las siguientes²²:

- ✓ Estado físico: líquido
- ✓ Apariencia: clara sin color
- ✓ Punto de ebullición: 79° C
- ✓ Punto de fusión: -117° C
- ✓ Densidad relativa (agua = 1): 0,8
- ✓ Gravedad específica: 0.79
- ✓ Solubilidad en agua: miscible

²⁰ Ministerio de Minas y Energía

²¹ Estudio de la Mezcla de Gasolina con 10% de Etanol Anhidro. Evaluación de Propiedades Fisicoquímicas. ECOPETROL - ICP – UIS, 2002

²² International Programme on Chemical Safety, Ficha Internacional de Seguridad Química de Etanol Anhidro -Octubre 2000

- ✓ Presión de vapor, kPa a 20°C: 5,8
- ✓ Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,6
- ✓ Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,03
- ✓ Punto de inflamación: 13 °C
- ✓ Temperatura de autoignición: 363°C
- ✓ Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3 – 19
- ✓ Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32

3.1.3.1. PRINCIPAL APLICACIÓN DEL ETANOL

Como se mencionó anteriormente, la principal aplicación del etanol es en la mezcla con la gasolina. Las gasolinas son compuestos conformados por moléculas de carbonos e hidrógenos. De allí que se les identifique con la denominación genérica de hidrocarburos.

En los motores, la mezcla de la gasolina con el oxígeno del aire ocurrida en el carburador quema de manera imperfecta, lanzando al aire gases principalmente bióxido y monóxido de carbono que, junto a con otros hidrocarburos no quemados contribuyen a crear el smog y el llamado Efecto Invernadero, que está provocando un evidente cambio climático.

Para mejorar la combustión interna en los motores y reducir la producción de gases de invernadero, se le agregan a las gasolinas, compuestos oxigenantes, algunos de los cuales son de origen químico como el metil-ter-butil-eter, el cual ha sido prohibido por contaminante de las aguas del subsuelo en los Estados Unidos y Japón, y otro, como el Etanol de origen en la biomasa, en particular de la caña de azúcar, la yuca, la remolacha, el maíz, y últimamente se han realizado estudios para producir Etanol a partir de material verde de los campos así como de los desechos agrícolas y la materia orgánica de las basuras²³.

²³ Federación Nacional de Biocombustibles

En Colombia, la oxigenación de las gasolinas deberá ser con Alcohol Anhidro, que tiene un contenido de agua inferior a 0,7% en volumen. Según la Resolución 0447 del 14 de abril de 2003, que regula la calidad de las gasolinas oxigenadas, ésta proporción no debe ser superior al 0,4% en volumen de agua.

La anterior condición es exigible para que pueda ser mezclado con gasolina en cualquier proporción, y la mezcla resultante será un combustible con características bien definidas, apto para utilizarlo en motores.

De acuerdo a resultados de pruebas realizadas en los laboratorios del Instituto Colombiano del Petróleo ICP, se estableció que:

- ✓ Se registra un aumento de 2 a 3 unidades de Índice Anti Detonante (IAD) para gasolina Corriente, es decir pasaría de 81 a 84 IAD. Para el caso de la gasolina extra, se registra un incremento de 87 a 89 IAD.
- ✓ El incremento de octano se manifiesta en una mejor combustión lo que condujo a un aumento de potencia de los vehículos entre un 2% y 15%.
- ✓ Se presenta una mejora del rendimiento de combustible entre 2% y 6%, en la medida que los vehículos se puedan beneficiar del aumento de octanaje.
- ✓ No se afecta el consumo de combustible de los vehículos²⁴.

El alcohol hidratado, que contiene agua hasta en un 9% en volumen, no se debe mezclar con gasolina, porque puede presentarse separación de fases, es decir la mezcla se separaría en una fase gasolina pobre en alcohol y una fase de agua rica en alcohol. Según estudios del Instituto Colombiano de Petróleos ICP ECOPETROL SA, el máximo contenido de agua recomendado para el transporte y almacenamiento de las mezclas gasolina – etanol es de 2000 ppm, para evitar que se puedan presentar problemas de separación de fases.

²⁴ Estudio de la Mezcla de Gasolina con 10% de Etanol Anhidro. Evaluación de Propiedades Fisicoquímicas. ECOPETROL - ICP – UIS, 2002

Bajo esta condición, siendo el agua más pesada que la gasolina, ésta se iría al fondo del tanque llegando primero al motor del vehículo, causando falla en su operación.

El alcohol hidratado, sin embargo puede ser utilizado como carburante en forma pura (no mezclado), pero solo en motores que han sido diseñados para trabajar con este tipo de combustible, o en motores que habiendo sido diseñados para trabajar con gasolina, se les han introducido modificaciones técnicas para poder funcionar con alcohol hidratado²⁵.

Los motores de los vehículos diseñados para trabajar con la mezcla de etanol – gasolina, se denominan Flexibles E85 o Flex Fuel E85, los cuales tienen capacidad de utilizar tanto el 100% de gasolina o mezclada has con 85% de etanol.

En la Tabla 9 se puede apreciar los resultados de los análisis físico – químicos que se realizaron para la caracterización del etanol anhidro, los combustibles bases y las mezclas de gasolina – etanol, a las cuales se les ha ajustado el RVP (Presión de Vapor Reid) e IAD (Índice Antidetonante) con base en los resultados del estudio realizado por el ICP ECOPETROL SA, para que cumplan con los estándares de calidad exigidos a las gasolinas colombianas.

²⁵ Sociedad Colombiana de Automovilistas

Tabla 9. Caracterización Físico-Química de la Mezcla de Gasolina con 10% de Etanol Anhidro

Parámetros	Unidad	ASTM	Etanol	Gasolinas		Gasolinas + 10% EtOH	
				Regular	Extra	Regular	Extra
Densidad (15°C)	kg/l	D-4052	0,79	0,75	0,74	0,74	0,75
Gravedad API (15,6°C)		D-4052	46,55	57,51	58,10	58,20	55,60
Índice de refracción (20°C)		D-1218	1,3577	1,4282	1,4402	1,4114	1,423
Contenido de agua	ppm	D-1744	4083,6	201	320	518	565
% v/v de etanol	%	D-5845	99,96	0	0	10,28	10,16
RVP (37,8°C)	kPa	D-323	18,33	55,14	55,14	54,38	56,24
% p/p de azufre	%	D-4294	0	0,07	0,07	0,02	0,03
Corrosión en lámina de cobre (50°C)	Clasificación	D-130	1a	1a	1a	1a	1a
IAD				77,65	75,83	98,58	102,81
Poder calorífico	MJ/kg	D-240	29,62	46,1	46,55	44,61	44,2
Aromáticos	%		0	22,07	30,66	16,24	22,76

Fuente: ECOPETROL - ICP

En la tabla anterior se pueden identificar las siguientes características:

- ✓ La calidad del combustible mejora por la adición el 10% en volumen de etanol, ajustando el RVP e IAD final.
- ✓ Los contenidos de aromáticos también se reducen de 22% y 30% en volumen para las gasolinas regular y extra respectivamente, al 16% y 22% en volumen.
- ✓ El contenido de agua en las gasolinas base es menor al de las mezclas etanol – gasolina al 10% en volumen, ya que en este estudio en particular, el etanol contiene 4083,6 ppm de agua. Sin embargo, en la mezcla de etanol – gasolina al 10% en volumen, se debe controlar el contenido de agua entre 1500 y 2000 ppm, para que no se vayan a presentar problemas de separación de fases.

Dentro de los elementos producidos por la planta, se tienen los siguientes:

- ✓ **Bioetanol o Etanol Anhidro (principal componente producido en la planta):** alcohol listo para usar como aditivo en combustibles como la gasolina, con un índice de octano no menor a 120 (superior al índice octano del Etanol Puro). El octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante en las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.
- ✓ **Agua de proceso:** el proceso de la planta posee un sistema de purificación, que separa el agua de los lodos, y ésta es reutilizada en el tratamiento termoquímico.
- ✓ **Lignina:** la fase sólida, compuesta principalmente de lignina, es un potencial combustible utilizado para cogenerar energía térmica y eléctrica, utilizable en gran parte para el consumo energético de la planta.

3.2. TAMAÑO DE LAS INSTALACIONES DE PLANTA

El tamaño de la Planta productora de Etanol está definido por la capacidad de producción de dicho producto (galones) en relación con la cantidad de RSM procesados (toneladas), de la siguiente manera:

- ✓ Capacidad Planta Procesamiento Residuos Sólidos Municipales = 500 ton / día = 165.000 ton/año (tomando como referencia, operación de la planta por 330 días al año).
- ✓ Disponibilidad RSM (Bucaramanga y Área Metropolitana) = 281.983.165 Kg / Año 2010
- ✓ Cantidad Etanol Producido = 90.000 litros/día = 29.700.000 litros/año

3.2.1. PRODUCCION NORMAL

Tomando como referencia la capacidad de la planta piloto XERICS y la del Proyecto PERSEO en España, y el Estudio Financiero, se tiene que la producción normal de la planta al 90% de su capacidad total, tendría los siguientes resultados:

26

- ✓ Capacidad Planta Procesamiento Residuos Sólidos Municipales al 90% = 148.500 ton/año (tomando como referencia, operación de la planta por 330 días al año).
- ✓ Cantidad Etanol Producido = 81.000 litros/día = 26.730.000 litros/año

3.2.2. DISPONIBILIDAD DEL ESPACIO

Para la disposición del espacio de la planta productora de etanol, se debe contar con un lugar alejado de las zonas donde habita el ser humano, ya que los insumos corresponden a los Residuos Sólidos Municipales, los cuales deben tener una disposición inicial en la planta de proceso, a medida que éste transcurre para la producción del producto final. Además se debe disponer de tanques de almacenamiento para el Etanol, para luego transportar el producto por carro tanques a las zonas de mezcla con gasolina y posterior distribución.

Según la planta piloto de la empresa XERICS, la superficie necesaria para la ubicación de la planta es de siete (7) a diez (10) hectáreas, dependiendo en gran medida de la cantidad de RSM y biomasa que se tenga que almacenar.

²⁶ Tomado el 20 de Abril de: <http://www.imecal.com/perseo/mas.html> y <http://www.xerics.com/biorefinerias.01.html>

Actualmente, los RSM de Bucaramanga y su Área Metropolitana se disponen en el Relleno Sanitario El Carrasco, lugar que se encuentra relativamente alejado de las zonas pobladas. Este lugar sería el adecuado para ubicar la planta de procesamiento de RSM para producir Etanol. La descripción de la ubicación de la planta se hará de manera detallada en el ítem de *EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO*.

3.2.3. ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DEL ETANOL

En Colombia, la Resolución 180687 del 2003 estableció la prohibición de transportar Etanol por poliductos, debido a los daños técnicos que esto puede sufrir, como por ejemplo condensación de las líneas de transporte y por ende adición de agua al Etanol.

El máximo contenido de agua recomendado para el transporte y almacenamiento de las mezclas gasolina – etanol es de 2000 ppm, para evitar que se puedan presentar problemas de separación de fases y por consiguiente pérdida en las propiedades de la mezcla, donde el agua siendo más pesada que la gasolina, se iría al fondo del recipiente, sea este tanque de almacenamiento o tanque en el vehículo.

Cabe destacar, que las mezclas formuladas de gasolina con 10% en volumen de etanol reportan una corrosión en lámina de cobre 1a (igual a las gasolinas base), es decir, que las mezclas no presentarán efecto corrosivo sobre las líneas de transporte, válvulas y tanques de almacenamiento.

De acuerdo a la producción de Etanol de la planta, que es de 90.000 lt/día, el almacenamiento del Etanol se realizará en un Tanque de almacenamiento cilíndrico con membrana flotante y domo geodésico, con capacidad para 5.000 barriles. Esta capacidad deberá estar sujeta a un estudio detallado para el diseño

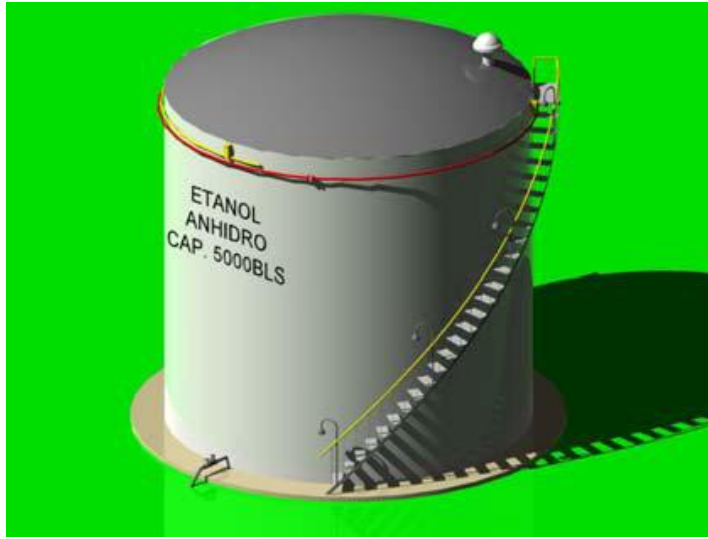
del tanque, ya que puede variar dependiendo de ampliaciones futuras del proyecto.

Para el diseño del tanque se deberán tener en cuenta aspectos como: volumen, temperatura, peso específico y características del etanol anhidro, corrosión permisible, velocidad del viento, coeficientes sísmicos de la zona, características del lugar donde se ha de instalar el tanque, material a utilizar en el tanque, entre otras.

El domo geodésico y la membrana flotante, son aspectos necesarios para obtener mayor eficiencia en almacenamiento del producto e incrementar su seguridad contra incendios.

El tanque deberá estar dotado de tecnología e instrumentación suficiente para monitorear y controlar aspectos como: nivel del producto, seguridad contra incendios y derrames, temperatura en el tanque, volumen almacenado del producto, presión tanto en el tanque como en las líneas de recibo y succión, así como el control en las mismas, entre otras. Adicionalmente, el tanque deberá cumplir con todas las especificaciones técnicas y normativa que aplique a la construcción de tanques y almacenamiento de productos, en este caso el Etanol Anhidro.

Figura 29. Tanque de Etanol de Anhidro Cap. 5000 BLS



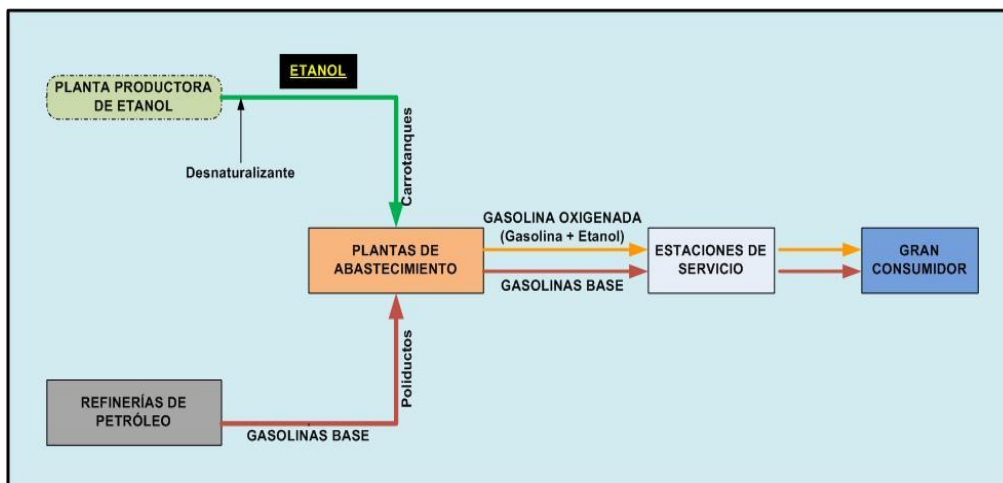
Fuente: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2385/1/4725.pdf>

Una vez determinado el almacenamiento del Etanol, este deberá ser dispuesto en las Plantas de Abastecimiento, lugar donde se realizará la mezcla de Etanol + Gasolina, para posteriormente distribuirlo en las diferentes Estaciones de Servicio.

En la Figura 30 se muestra un esquema general de la disposición del Etanol y su distribución a cliente final o gran consumidor.

Figura 30. Esquema de Suministro de Gasolina Oxigenada - Colombia



Fuente: Sociedad Colombiana de Automovilistas

Como se observa en la figura anterior, el Etanol debe salir de la planta con la adición de un desnaturalizante, es decir, un 2% de gasolina motor en volumen de etanol, con el fin de evitar su empleo como materia prima en la ilegal producción de licores.

Luego, el Etanol es transportado por carrotaques, según la Resolución 180687 del 2003, hasta las Plantas de Abastecimiento, donde se realiza la mezcla del Etanol + Gasolina.

En Colombia, ECOPETROL S.A. actúa como distribuidor mayorista, con instalaciones propias, donde refina y transporta por red de poliductos desde sus refinerías hasta las Plantas de Abastecimiento de los Distribuidores Mayoristas, que actualmente son: EXXON-MOBIL, SHELL, TERPEL y TEXACO, quienes a su vez distribuyen a la red de Estaciones de Servicio de los distribuidores minoristas que atienden la demanda del público consumidor, quienes finalmente estarán recibiendo tanto Gasolina Base como Gasolina Oxigenada²⁷.

El proyecto contempla la disposición del Etanol hasta las Plantas de Abastecimiento, donde recibirían el producto mediante carrotaques.

²⁷ Tomado el 23 de Marzo de: <http://www.sca.com.co/bajar/Etanol/Proyecto%20escala%20nacional.pdf>

3.3. TECNOLOGÍA DE LA PLANTA

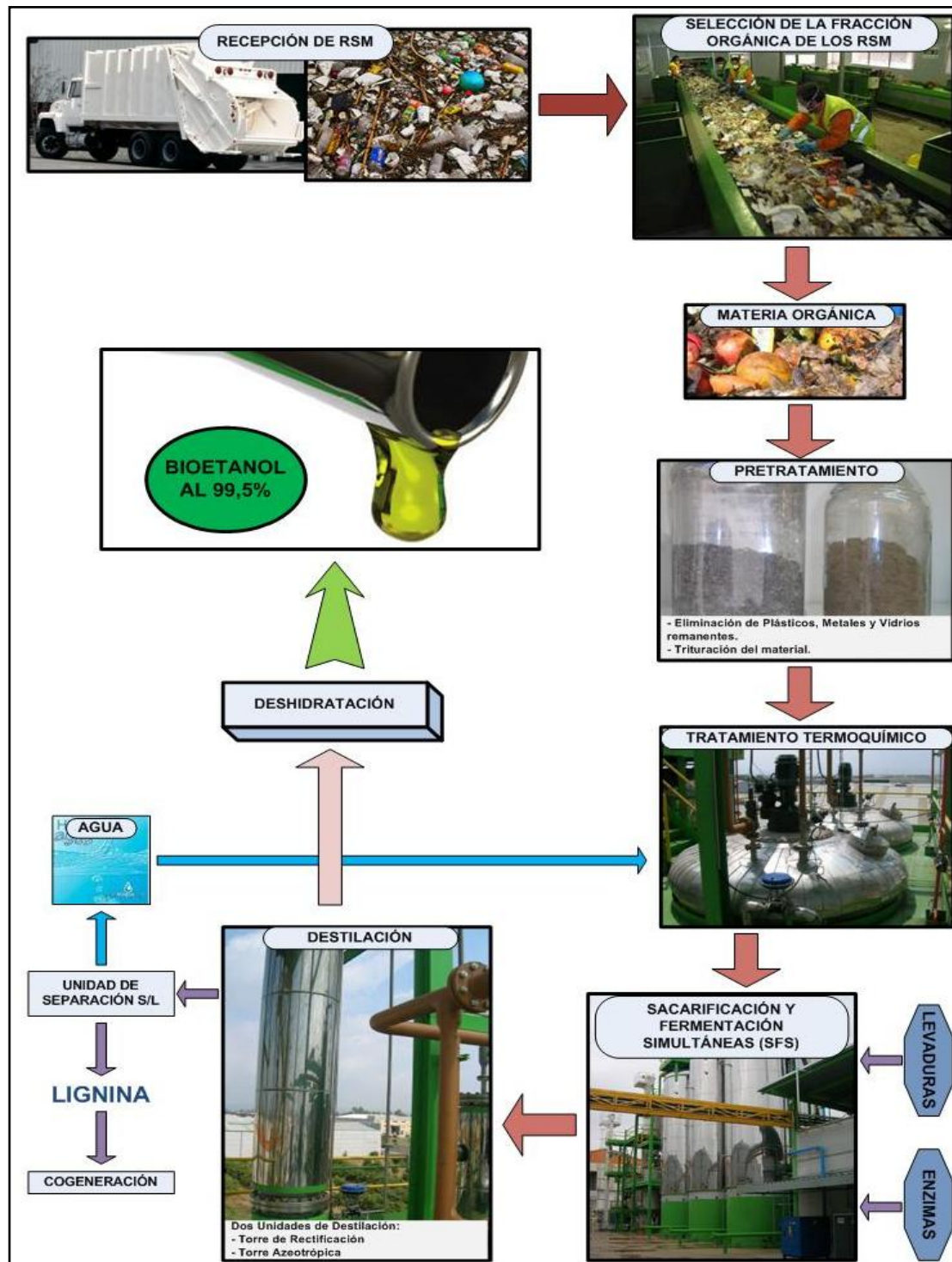
Como se puede observar en la Figura 31 la tecnología aplicada al proceso para la producción de Etanol a partir del tratamiento de la fracción orgánica de los RSM, comprende varias etapas:

- a. RECEPCIÓN: disposición de los Residuos Sólidos Municipales en el Relleno Sanitario El Carrasco en Bucaramanga, Santander.
- b. SELECCIÓN DE LA FRACCIÓN ORGANICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: proceso de separación de los residuos sólidos municipales, del cual se seleccionará solamente la fracción orgánica para el siguiente proceso.
- c. PRETRATAMIENTO: proceso donde se prepara una suspensión de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, que será sometida a un tratamiento físico-químico. El objetivo es romper o despolimerizar parcialmente las cadenas cristalinas de celulosa, facilitando posteriormente el acceso de las enzimas.
- d. SACARIFICACIÓN Y FERMENTACIÓN SIMULTÁNEAS (SSF): la mezcla obtenida en el proceso anterior se lleva a otro tanque que contiene enzimas y levaduras con sus nutrientes adecuados. Las enzimas hidrolizan la celulosa y hemicelulosa a azúcares monoméricos y en un mecanismo acoplado, las levaduras van tomando estos azúcares y generado Etanol, evitando así inhibición por producto final.
- e. DESTILACIÓN: una vez obtenida la mezcla alcohólica, esta se lleva a una torre de rectificación donde se obtiene un primer concentrado de Etanol en agua al 66%. La corriente de cabeza va a otra torre de destilación azeotrópica, donde finalmente se obtiene al 96% (v/v).

- f. DESHIDRATACIÓN Y REFINADO: la línea de Etanol se lleva a un tanque de deshidratación con tamices moleculares, donde se obtiene Etanol de pureza al 99,5%, apto para uso en motores de automoción²⁸.

²⁸ Proyecto PERSEO : http://www.retema.es/pdf/retema_2007E2.pdf

Figura 31. Esquema General Simplificado de Funcionamiento del Sistema



Fuente: Elaboración Propia

3.3.1. DISPONIBILIDAD Y COSTO DE LA TECNOLOGÍA

A nivel mundial existen, específicamente en países como Estados Unidos, Canadá y España, plantas piloto de producción de Etanol a partir de los Residuos Sólidos Municipales y varias en desarrollo o planeación. En algunas de ellas se utiliza la totalidad de estos desechos y en otras la Fracción Orgánica de los Residuos. Cabe aclarar que en ninguna de estas plantas se utiliza residuos peligrosos.

La tecnología para la producción de biocombustibles a través del tratamiento de residuos sólidos municipales, utiliza sistemas como termoquímicos, pirolíticos, gasificación de los residuos, entre otros, que transforman el material de entrada en un conjunto de cadenas carbonatadas de propiedades similares al diesel de origen fósil ($> C_{16}$), por lo que lo hacen apto para su uso en motores de combustión interna.

El costo de la tecnología se encuentra discriminado en la Estructura financiera del Estudio Financiero.

3.4. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

Como se mencionó anteriormente, el lugar propicio para instalar la planta productora de Etanol es en el Relleno Sanitario El Carrasco, dado que es en este lugar donde se dispone de primera mano la materia prima, que son los RSM. Sin embargo, cabe resaltar que actualmente el Relleno Sanitario El Carrasco, donde se disponen actualmente los RSM de Bucaramanga, su área metropolitana y diez municipios más, se encuentra en proceso de cierre, debido a la saturación del mismo, pese a las inversiones en tratamientos de la basuras, donde se resaltan las plantas de producción de abono, de tratamiento de lixiviados, chimeneas de quema de gas, entre otras.

Entidades como la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB, la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, las Alcaldías de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta, entre otras, se encuentran en un arduo proceso por determinar el nuevo sitio para disponer los RSM, sin tener aún un lugar definitivo, por lo que es de resaltar que estas entidades tendrían un alto interés en implementar proyectos que permitan la disminución de la cantidad de los RSM en el Relleno El Carrasco y adicionalmente realizar un tratamiento a las basuras antes de su disposición, y evitar de esta manera la búsqueda de nuevos terrenos para disponer los RSM, exponiéndose a problemáticas de contaminación.

29

El relleno sanitario El Carrasco, está ubicado en la parte suroccidental de la ciudad de Bucaramanga, en una depresión o cañada natural dentro de los depósitos aluviales de la terraza de Bucaramanga, en el sector central de la zona del Distrito de Manejo Integrado (DMI) de la CDMB en Malpaso, limitando con el barrio El Porvenir hacia el oriente, se tiene un acceso a la zona sobre la margen izquierda de la carretera que conduce de Bucaramanga a Girón, aproximadamente a quince minutos en automóvil, tomando el carretable al oriente de las instalaciones de Cenfer.

La zona del Carrasco está compuesta por 3 cárcavas, la denominación de cárcavas se debe a la formulación del Plan de Manejo Ambiental que se presentó a consideración de la CDMB entre 1.997 y 1.998, aprobado según resolución 0753 del 13 de Agosto de 1.998. Las cárcavas son las siguientes:

²⁹ Tomado el 01 de Junio de:

<http://www.cdm.gov.co/web/index.php/component/communicator/?task=view&id=75>

✓ **Cárcava I**

Está compuesta por la zona uno clausurada y la zona dos que es el sitio donde se dispone y opera actualmente los RSM, de acuerdo al rediseño realizado por la firma ENVIRONMENTAL SERVICES. Esta zona cuenta con un volumen de disponibilidad de 667 mil metros para disponer residuos en forma escalonada, es decir conformando una serie de terrazas de basuras y de material de cobertura de una altura promedio de 5 metros y separadas por bermas. Esta cárcava se halla ubicada en su totalidad en jurisdicción de Bucaramanga y cuenta con un área aproximada de siete (7) hectáreas.

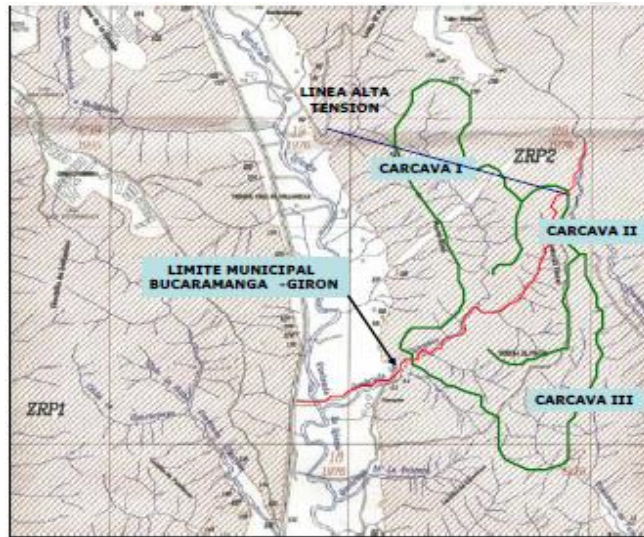
✓ **Cárcava II**

Esta cárcava fue el sitio donde se dispusieron los residuos a cielo abierto desde el año de 1.977 hasta 1.985, en ese entonces denominado como el botadero malpaso. En dicha zona se dispuso más de 500 mil toneladas de desechos provenientes de Bucaramanga y su área metropolitana. Se halla ubicada en jurisdicción de Bucaramanga y Girón.

✓ **Cárcava III**

Se encuentra localizada al sur-occidente del predio, con un área aproximada de 12 hectáreas que se extienden en sentido oriente – occidente entre las coordenadas 1'102.400 E - 1'103.000 E y 1'274.000 N – 1'274.400 N, con una altura que va desde los 770 msnm y 830 msnm con una diferencia de nivel entre el fondo de la disposición y la cota máxima de 60 m. Esta cárcava se encuentra en la margen derecha de la vía que conduce a la zona de disposición actual o Cárcava I a una distancia de 350 m. En la actualidad no se ha realizado ningún tipo de intervención encontrándose cubierta por vegetación natural. Esta cárcava se halla ubicada en su totalidad en jurisdicción de Girón.

Figura 32. Ubicación de las Cárcavas y del límite Municipal con El Carrasco



Fuente: EMAB

De acuerdo a lo anterior, se puede observar que el sitio más adecuado para ubicar la Planta de Tratamiento de RSM para la producción de Etanol sería la zona de la Cárcava III, puesto que es el único sitio que no se ha utilizado como Relleno Sanitario. Además su espacio comprende un área de 12 hectáreas, suficiente para ubicar la planta, la cual requiere un área de 7 hectáreas.

El resto de espacio sería utilizado para ubicar los tanques de almacenamiento de Etanol, y el espacio para la disposición de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Municipales.

Finalmente, de acuerdo a este estudio se considera que el proyecto es viable técnicamente debido a que todos los aspectos de este tipo así lo determinaron. El factor determinante: la calidad de las basuras del botadero el Carrasco resultó ser aceptable para la producción del etanol que se utiliza como componente carburante en la mezcla con gasolina, tras realizar la comparación de los componentes físico-químicos entre estas y las que actualmente se utilizan en las plantas procesadoras existentes a nivel mundial y encontrar que sus propiedades

físico-químicas y reactivas no difieren en más del 5% y que la tecnologías que se utiliza acepta esta diferencia en los componentes de los residuos que se utilizarán como materia prima.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1. ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES SIN EL PROYECTO

4.1.1. BIOCOMBUSTIBLES

La gasolina es un hidrocarburo derivado del petróleo, utilizado como combustible en motores de combustión interna de encendido por chispa. Estos combustibles fósiles pueden durar años para degradarse y los niveles de contaminación emitidos a la atmósfera son altos, adicionando que la cantidad de vehículos en circulación también va en aumento, al igual que la expansión demográfica.

En la actualidad se está utilizando la mezcla de alcoholes con combustibles fósiles como es el caso de la Gasolina con el Etanol, denominada en muchos casos Gasolina Oxigenada, la cual contiene en su molécula oxígeno, que mejora la combustión en los motores.

Con la mezcla de sólo el 10% de Etanol con la Gasolina, se disminuyen en 27% las emisiones de Monóxido de Carbono en carros nuevos, 45% en carros típicos colombianos de 7 – 8 años de uso y 20% de hidrocarburos no quemados en la atmósfera. En la siguiente Tabla 10 se muestra la relación entre la gasolina y el etanol, de gases contaminantes emitidos a la atmósfera, donde se observa que la combustión en los motores usando la mezcla de etanol + gasolina E10, emite menos cantidades de gases contaminantes a la atmósfera.

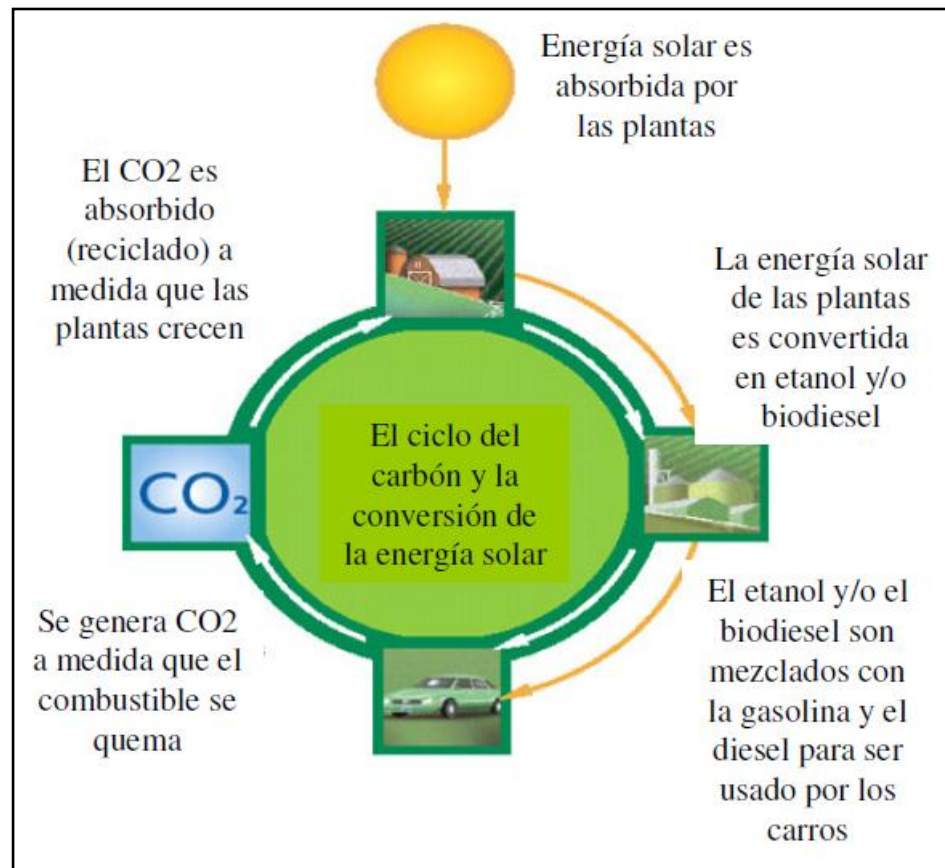
Tabla 10. Emisión de gases y etanol a la atmósfera

COMPUESTO	GASOLINA CORRIENTE (gr/Kw/hora)	E10 (gr/Kw/hora)
Monóxido de carbono (CO)	59,1	49,5
Dióxido de carbono (CO ₂)	83,7	82,6
Hidrocarburos (HC) - (Metano, Butano, Benceno, Benzopireno, Benzofluoranteno)	4,1	3,6
Óxidos de Nitrógeno (Nox)	2,5	2,2

Fuente: Estudio mezclas de gasolina con etanol anhidro – ECOPETROL S.A.

La gran diferencia entre los combustibles renovables y los fósiles es que los primeros no tienen un efecto neto en el aporte del contaminante del CO₂, porque el CO₂ que se produce por el uso del alcohol como combustible, es absorbido, en la misma cantidad, por las plantas en crecimiento. En la Figura 33 se observa el ciclo de vida de los biocombustibles en relación con el medio ambiente. El ahorro de CO₂ con el programa de alcohol al 10% en la gasolina colombiana es de 6 millones de toneladas / año.

Figura 33. Ciclo de Vida de los Biocombustibles



Fuente: Beneficios Ambientales de Biocombustibles - Ministerio de Minas y Energía – Colombia.

4.1.2. RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

La problemática que gira en torno a la disposición, manejo y tratamiento de los RSM tiende a aumentar debido a factores como: saturación de los rellenos sanitarios y búsqueda de nuevos terrenos cada vez más costosos, emergencias sanitarias, contaminaciones, enfermedades, entre otras.

La cantidad de basuras diariamente recolectadas en cada una de las ciudades del país tiende a aumentar, por lo que los intentos, cada vez mayores, por controlar la contaminación generada por los seres humanos no son suficientes para mitigar esta situación.

Esta situación no es ajena al departamento de Santander donde la saturación del Relleno Sanitario El Carrasco que alberga no sólo las basuras provenientes de Bucaramanga, sino también las basuras de otros 10 municipios donde se incluyen los pertenecientes a su Área Metropolitana es cada vez mayor, y los procesos del tratamiento de estas basuras no son suficientemente efectivos para tratar toda la cantidad de residuos dispuestos. Adicionalmente a esta problemática, se suma el cierre potencial del Relleno El Carrasco, obligando a las Autoridades Ambientales y a las Alcaldías Municipales, a buscar nuevos terrenos de disposición de basuras.

4.2. ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DURANTE EL PROYECTO

4.2.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La zona donde se realizará la construcción de la planta presenta cárcavas de erosión, corrientes superficiales y vegetación escasas, propias de un sector árido. Con la construcción del proyecto se incurrirá en variaciones en esta zona o terreno, donde se realizarán obras civiles para las edificaciones de la planta, zonas de almacenamiento de la materia prima y la construcción del tanque de almacenamiento del Etanol. Esta construcción se realizará en un área comprendida entre 7 y 10 hectáreas.

Para ello se tomarán medidas de mitigación para minimizar los impactos y efectos negativos de la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente, como:

- ✓ Reforestación
- ✓ Reubicación de fauna y flora

Esta zona no se encuentra habitada por seres humanos, debido a la cercanía con el Relleno Sanitario El Carrasco, por lo que no es necesaria la reubicación de viviendas.

Al comparar el impacto generado por la construcción de la planta y la implementación del proyecto en general, se considera que esta implementación producirá mucho mas beneficio al medio ambiente que el impacto ambiental generado por la construcción de dicha planta; sin embargo, para el primero se tomarán las medidas de mitigación respectivas, ya que la recuperación del medio ambiente tras haber modificado su estado original, no es inmediata ni se realizará a través de la construcción de una réplica exacta a este.

4.2.2. MEJORAMIENTO

Al analizar el impacto generado por la implementación del proyecto, adicional a su construcción, este no se puede clasificar como prevención, mitigación, compensación o corrección, ya que todo lo contrario, será una medida de mejoramiento y futuro control de una parte de los medios ambiente y social, en aspectos tales como:

- ✓ Reducción de cantidad de desechos en los rellenos sanitarios.
- ✓ Disminución de la contaminación por la descomposición de dichos desechos.
- ✓ Disminución de búsqueda de nuevos terrenos para la disposición de RSM.
- ✓ Disminución en la inversión para proyectos que contemplen el tratamiento y disposición de RSM. Redireccionamiento de esta inversión a proyectos que promuevan la generación de energía a partir del tratamiento de los RSM.
- ✓ Aumento en cantidad de Etanol producido en el país. Esto permitiría suministrar la mezcla E10 en mas territorio Colombiano, ya que actualmente se suministra en mayor cantidad la E8, dada la producción nacional actual.
- ✓ Reducción de contaminantes a la atmósfera por la utilización de mayor mezcla de etanol en gasolina.
- ✓ Aumento en oferta laboral.

- ✓ Mejores condiciones de vida, tanto en la sociedad como en el medio ambiente.
- ✓ Mayor acceso a combustibles oxigenados.
- ✓ Disminución de la delincuencia y problemas sociales, derivados del desempleo.

4.2.3. PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR CON NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Dado que la ubicación del proyecto es en Bucaramanga, y que el Relleno Sanitario El Carrasco recibe RSM no sólo de ésta ciudad sino también de 10 municipios más, incluidos los de su Área Metropolitana, la Autoridad Ambiental Competente que tiene dichos municipios bajo su jurisdicción es la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, quien a su vez es la encargada de emitir la debida Licencia Ambiental, la cual incluye los permisos, autorizaciones o concesiones para el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios para el desarrollo del proyecto.

De acuerdo a lo anterior, el procedimiento general para la obtención de la Licencia Ambiental para el proyecto es el siguiente:

- ✓ En la etapa de pre-factibilidad del proyecto, solicitar por escrito ante la Autoridad Ambiental Competente AAC, que en este caso sería la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, que se pronuncie sobre la necesidad o no de presentar un Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA. Este diagnóstico permite la identificación y evaluación de los efectos ambientales de un proyecto, para diferentes opciones, de tal manera que se pueda seleccionar la alternativa que menos impactos negativos cause.

- ✓ Si es necesario presentar un DAA, la CDMB debe otorgar los términos de referencia para ello. Posteriormente, presentar el DAA ante la CDMB.
- ✓ Una vez la CDMB haya analizado la solicitud, la cual debe contener la descripción y características ambientales relacionadas con el Proyecto, se determinará los términos de referencia para la elaboración y entrega del DAA y posterior Estudio de Impactos Ambientales EIA. Si no se requiere el DAA, de igual manera la CDMB deberá determinar los términos de referencia para la elaboración y entrega del EIA, ya que éste último es la herramienta propia para la toma de decisiones.
- ✓ Cuando el proyecto pasa a la etapa de la factibilidad, se debe realizar el EIA. En este punto se realizan todos los estudios pertinentes que relacionan los impactos ambientales y la normatividad vigente con el proyecto y que serán claves a la hora de otorgar la licencia.
- ✓ Entrega del EIA y recolección de información por parte de la AAC.
- ✓ Finalmente, aprobación de la Licencia Ambiental.

Cabe resaltar, que el EIA es un requisito indispensable siempre que se requiera Licencia Ambiental, de acuerdo con la Ley 99/93 y el Decreto 1220/95.

La Licencia Ambiental también requiere previamente que el Proyecto sea contemplado en el Plan de Ordenamiento Territorial POT de Bucaramanga y su Área Metropolitana, ya que el emplazamiento del proyecto se encuentra en jurisdicción de Bucaramanga y del municipio de Girón. Este requisito también es indispensable si la CDMB requiere un DAA.

En la siguiente Tabla 11 se muestra la Normatividad Ambiental que relaciona y aplica para los RSM en Colombia:

Tabla 11. Normatividad Ambiental de los RSM - Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
Decreto 1220	Licencias ambientales	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias ambientales	Abril 21/2005
Decreto 838	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Marzo 23/2005
Decreto 1505	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Junio 6/2003
Decreto 1140	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones.	Mayo 7/2003
Decreto 1713	Residuos Sólidos	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Agosto 6/2002
Resolución 1390	Rellenos Sanitarios	Por el cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma.	Septiembre 27/2005

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo

4.3. ASPECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES CON EL PROYECTO

Los aspectos ambientales sobresalientes particulares con el proyecto son los siguientes:

- ✓ Implementación del proyecto en las demás ciudades del país, donde la problemática del tratamiento y disposición de los RSM es cada vez mayor e insostenible.
- ✓ Disminución masiva de RSM en las ciudades del país.
- ✓ Concientización acerca del cuidado por el medio ambiente.
- ✓ Reducción de emisiones de CO₂ y demás contaminantes, al aumentar la cantidad de Etanol agregado a la Gasolina.
- ✓ Ahorro monetario del consumidor al utilizar gasolinas oxigenadas. Según la Federación Nacional de Biocombustibles, en Colombia, el consumidor se ahorra aproximadamente \$351 por galón.
- ✓ Impulso al uso de vehículos con motores FlexiFuel, que soportan hasta un porcentaje de 85% de etanol en la mezcla con la gasolina (E85).
- ✓ Impulso a la tecnología aplicada al tratamiento de RSM para producción de energía.
- ✓ Mejoramiento en la calidad de vida de la población y del medio ambiente en una parte.

4.4. VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES

De manera general, se realizará una Valoración de los Impactos Ambientales y Sociales generados por el proyecto.

Cabe aclarar que esta valoración es predictiva, y que en el Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA y/o en el Estudio de Impactos Ambientales EIA, se deberán profundizar en esta valoración, utilizando métodos con un grado mayor de complejidad.

4.4.1. VALORACIÓN CUALITATIVA

El método utilizado para la valoración cualitativa de los impactos ambientales es la Lista de Chequeo.

Este método consiste en la recolección de los posibles impactos que de forma general pueden derivarse de una acción concreta. Se elaboran para cada elemento ambiental afectado (medios ambiente y social, principalmente) y con diferentes tipos de acciones, como son:

- Aspectos relacionados a la construcción de la planta.
- La implementación del proyecto.
- El uso de la fracción orgánica de los RSM como materia prima.
- El uso del Etanol como oxigenante de la gasolina

A continuación se realiza una lista de los impactos potenciales del proyecto:

- ✓ Incremento niveles sonoros
- ✓ Incremento en demanda de servicio públicos (agua, energía, vapor)
- ✓ Destrucción y compactación de suelos
- ✓ Destrucción de vegetación
- ✓ Cambio en uso del suelo
- ✓ Disminución de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera
- ✓ Reducción de cantidad de RSM dispuestos en los Rellenos Sanitarios
- ✓ Disminución de contaminación por descomposición de RSM
- ✓ Disminución de búsqueda y adquisición de nuevos terrenos para disposición de RSM
- ✓ Aumento en cantidad de Etanol producido en el país
- ✓ Mayor acceso a combustibles oxigenados
- ✓ Incentivo al uso de vehículos con motores FlexiFuel
- ✓ Mejores condiciones y calidad de vida y en el medio ambiente

- ✓ Impulso al uso de tecnologías para la generación de energía a partir del tratamiento de RSM
- ✓ Generación de empleo
- ✓ Ahorro monetario del consumidor
- ✓ Disminución de problemáticas de comportamiento social

4.4.2. VALORACIÓN CUANTITATIVA

La valoración cuantitativa se realizará tomando como base la siguiente propuesta de evaluación de impactos, implementado por Empresas Públicas de Medellín. Este método analítico, mediante Ecuación de Calificación Ambiental, utiliza cinco criterios ambientales:

- a. CLASE (C): define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción.
- b. PRESENCIA (P): califica la probabilidad de que el impacto pueda darse.
- c. DURACIÓN (D): evalúa el periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo que permanece el impacto.
- d. EVOLUCIÓN (E): evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias.
- e. MAGNITUD (M): califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental, producido por una actividad o proceso constructivo y operativo. Se puede obtener comparando el valor del elemento afectado con y sin proyecto, en una determinada zona de influencia.

En la Tabla 12 se muestra los Rangos y Valoración de los Criterios de Evaluación mencionados anteriormente.

Tabla 12. Rangos y Valoración de Criterios de Evaluación Ambientales

CRITERIO	RANGO	VALOR
CLASE	Positivo (P o +) Negativo (N o -)	
PRESENCIA	Cierta Muy Probable Probable Poco Probable No Probable	1,0 0,7 0,3 0,1 0,0
DURACIÓN	Muy larga o permanente: Si > 10 años Larga: Si > 7 años Media: Si > 4 años Corta: Si > 1 año Muy corta: Si < 1 año	1,0 0,7 < 1,0 0,4 < 0,7 0,1 < 0,4 0,0 < 0,1
EVOLUCIÓN	Muy rápida: Si < 1 mes Rápida: Si < 12 meses Media: Si < 18 meses Lenta: Si < 24 meses Muy lenta: Si > 24 meses	0,8 < 1,0 0,6 < 0,8 0,4 < 0,6 0,2 < 0,4 0,0 < 0,2
MAGNITUD	Muy alta: Si Mr.(*) > 80% Alta: Si 80% > Mr. > 60% Media: Si 60% > Mr. > 40% Baja: Si 40% > Mr. > 20% Muy Baja: Si Mr. < 20%	0,8 < 1,0 0,6 < 0,8 0,4 < 0,6 0,2 < 0,4 0,0 < 0,2
IMPORTANCIA AMBIENTAL	Muy Alta: Si 1,0 > Ca (*) > 8,0 Alta: Si 8,0 > Ca > 6,0 Media: Si 6,0 > Ca > 4,0 Baja: Si 4,0 > Ca > 2,0 Muy Baja: Si 2,0 > Ca > 0,0	
CONSTANTES DE PONDERACIÓN		A = 7,0 B = 3,0

Fuente: Elaboración Propia

Las Constantes de Ponderación, son coeficientes introducidos en la ecuación para equilibrar los pesos relativos a ambos lados de la igualdad, cuya suma debe ser igual a 10.

La fórmula para hallar la Calificación Ambiental es la siguiente:

$Ca = C \cdot P \cdot (a \cdot E \cdot M + b \cdot D)$, donde el resultado de Ca es clasificado según el rango de valoración de Importancia Ambiental, mencionado en la Tabla anterior.

Después de haber realizado la Evaluación de los potenciales impactos del proyecto, en la siguiente Tabla 13 se puede observar que los de mayor Importancia son:

- ✓ Incremento en demanda de servicios públicos
- ✓ Destrucción de vegetación
- ✓ Disminución de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera
- ✓ Reducción de cantidad de RSM dispuestos en los Rellenos Sanitarios
- ✓ Generación de empleo

De los cuales se destacan los dos últimos, con una “Muy alta” Importancia en la calificación ambiental, confirmando de esta manera que la Reducción de la cantidad de RSM dispuestos en los Rellenos Sanitarios, producirá un impacto altamente positivo en el ecosistema con la implementación del proyecto; y en segundo lugar la Generación de empleo que producirá mejores condiciones de vida a los habitantes de la región.

Tabla 13. Evaluación de Impactos Ambientales de la Construcción de una Planta Productora de Etanol a partir de RSM

IMPACTO	C	P	E	D	M	Ca	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Incremento niveles sonoros	N	1,0	0,6	0,9	0,6	-5,2	Media
Incremento en demanda de servicio públicos (agua, energía, vapor)	N	1,0	0,6	0,9	0,8	-6,1	Alta
Destrucción y compactación de suelos	N	0,7	0,8	0,1	0,5	-2,2	Baja
Destrucción de vegetación	N	1,0	0,8	1,0	0,6	-6,4	Alta
Cambio en uso del suelo	N	1,0	0,8	0,1	0,5	-3,1	Baja
Disminución de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera	P	1,0	0,5	1,0	1,0	6,5	Alta
Reducción de cantidad de RSM dispuestos en los Rellenos Sanitarios	P	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	Muy Alta
Disminución de contaminación por descomposición de RSM	P	0,7	0,2	1,0	1,0	3,1	Baja
Disminución de búsqueda y adquisición de nuevos terrenos para disposición de RSM	P	0,7	0,3	1,0	1,0	3,6	Baja
Aumento en cantidad de Etanol producido en el país	P	1,0	0,4	1,0	1,0	5,8	Media
Mayor acceso a combustibles oxigenados	P	0,7	0,4	1,0	0,7	3,5	Baja
Incentivo al uso de vehículos con motores FlexiFuel	P	0,7	0,2	1,0	0,7	2,8	Baja
Mejores condiciones y calidad de vida y en el medio ambiente	P	0,7	0,2	1,0	1,0	3,1	Baja
Impulso al uso de tecnologías para la generación de energía a partir del tratamiento de RSM	P	0,3	0,1	1,0	0,8	1,1	Muy Baja
Generación de empleo	P	1,0	0,8	0,9	1,0	8,3	Muy Alta
Ahorro monetario del consumidor	P	0,7	0,6	1,0	0,8	4,5	Media
Disminución de problemáticas de comportamiento social	P	0,3	0,4	1,0	1,0	1,7	Muy Baja

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se puede concluir que el proyecto es viable ambientalmente, ya que los efectos producidos por su implementación tienen un alto impacto positivo tanto en la sociedad como en el medio ambiente y adicionalmente, el Gobierno Colombiano ofrece incentivos económicos y normativas que permiten el desarrollo y la investigación para proyectos de generación de biocombustibles, y más aún, a partir de una materia prima cuyo costo es casi nulo, por ser considerada desecho y una problemática para su tratamiento y disposición en cada una de las poblaciones del país.

5. ESTUDIO LEGAL

5.1. MARCO LEGAL EN COLOMBIA

La viabilidad legal del proyecto, depende en primera instancia de la adquisición de la debida Licencia Ambiental, cuyo procedimiento es mencionado en el Estudio Ambiental.

Adicionalmente, existen otros aspectos donde se enmarca la normatividad colombiana en cuanto a la conformación de la empresa como tal y al desarrollo de la misma. Los aspectos, de manera general, se mencionan a continuación:

El resultado de este estudio es describir la normatividad y el procedimiento a seguir para analizar y hacer viable jurídica y legalmente la construcción de una planta de producción de etanol a partir del procesamiento de la materia orgánica de los residuos sólidos municipales en Colombia.

Uno de los puntos primordiales del proyecto es la producción del Etanol para su uso como oxigenante de la gasolina, y que actualmente es producido en Colombia a partir de materias primas como la caña de azúcar, la yuca amarga y la remolacha. Y el otro punto es la reducción de la cantidad de residuos sólidos municipales dispuestos en los rellenos sanitarios, cuya fracción orgánica es la materia prima para la producción del etanol. Este proceso no se intenta desarrollar como un invento, puesto que en varios países del mundo ya hay plantas piloto en funcionamiento.

A continuación, en la Tabla 14 se menciona el marco legal que enmarca los dos puntos principales del proyecto:

Tabla 14. Regulaciones sobre Residuos Sólidos Municipales y Alcohol Carburante o Etanol en Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES			
Decreto 838	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Marzo 23/2005
Decreto 1505	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Junio 6/2003
Decreto 1140	Residuos Sólidos	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones.	Mayo 7/2003
Decreto 1713	Residuos Sólidos	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Agosto 6/2002
Resolución 1390	Rellenos Sanitarios	Por el cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma.	Septiembre 27/2005
ALCOHOL CARBURANTE O ETANOL			
Ley 693	Biocombustibles	Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones. Esta ley establece la obligatoriedad de componentes oxigenados para su uso en los combustibles en ciudades de más de 500.000 habitantes. Se define un plazo de 5 años para implementar la norma de manera progresiva. IMPULSO (ALCOHOL CARBURANTE).	Septiembre 19/2001
Ley 939	Biocombustibles	Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones.	Diciembre 31/2004

Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Federación Nacional de Biocombustibles

5.2. MARCO LEGAL – ESTÍMULOS TRIBUTARIOS

El Gobierno Colombiano ofrece garantías para el desarrollo del producto final (Etanol) contemplado en el proyecto, las cuales incentivan la producción del mismo.

Como lo muestra la Tabla 15, algunos de los incentivos incluidos dentro del marco legal colombiano, son los siguientes:

- ✓ Exenciones de impuestos: Los consumidores no pagan los impuestos por el porcentaje de los biocombustibles mezclados que sí pagan por los combustibles fósiles. A vía de ejemplo, por el consumo de gasolinas puras el consumidor paga por impuestos el 39% del valor del combustible en la estación de servicio. Por el 8% de mezcla de etanol con gasolina (E8) no paga el impuesto proporcional.
- ✓ Zonas francas Especiales: la zona donde se construya una planta de biocombustibles con inversiones equivalentes a 75.000 salarios mínimos mensuales y la generación de 400 empleos en la cadena agroindustrial, podrá ser considerada para obtener del Gobierno nacional el carácter de zona franca. Este privilegio permite exonerar de arancel los equipos y materias primas.
- ✓ La estabilidad del Decreto 2629 de 2007 sobre motores flexibles para B20 y el Decreto 1135 de 2009, sobre motores flexibles E85.
- ✓ La permanencia del Documento CONPES 3510 de 2008, para el Desarrollo Sostenible de los Biocombustibles.

Tabla 15. Incentivos a la Producción de Etanol en Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
Ley 788	Biocombustibles	(Reforma tributaria): declara exento del IVA al alcohol carburante con destino a la mezcla con gasolina para vehículos automotores y se exonera del pago del impuesto global y de la sobretasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina.	Diciembre 27/2002
Decreto 383	Zonas Francas Especiales	Por el cual se Modifica el Decreto 2685 de 1999, Zonas Francas – reglamenta el establecimiento de Zonas Francas Especiales, para proyectos de alto impacto económico y social. El requisito para acceder a los beneficios de este decreto es para proyectos industriales la inversión de 150.000 smmlv o la creación de seiscientos (600) o más empleos directos. Tratándose de proyectos agroindustriales al monto de la inversión deberá corresponder a setenta y cinco mil salarios mínimos legales mensuales vigentes (75.000 smmlv) o la vinculación de quinientos (500) o más trabajadores.	Febrero 12 /2007
Decreto 2629	Biocombustibles	Por medio de la cual se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento. Establece cronograma para ampliar la mezcla obligatoria de biocombustibles en 10% a partir del 1° de enero del año 2010, y 20% a partir de 2012, así como la obligación de que a partir del 1° de enero del año 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor deben ser flex-fuel como mínimo al 20% tanto para mezcla E-20 (80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de Alcohol Carburante) como para B-20 (80% de diesel de origen fósil con 20% de Biocombustibles). REGLAMENTO TÉCNICO (ALCOHOL CARBURANTE Y BIODIESEL).	Julio 10/2007
Decreto 1135	Biocombustibles	Por el cual se modifica el Decreto 2629 / 2009, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.	Marzo 31/2009
CONPES 3510	Biocombustibles	CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, establece los lineamientos para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia	Marzo 31/2008

Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Federación Nacional de Biocombustibles

5.3. MARCO LEGAL – REGLAMENTACIÓN DE CALIDAD

A continuación, en la Tabla 16 se menciona el marco legal colombiano aplicado a los requisitos de calidad del etanol.

Tabla 16. Marco Legal – Reglamentación de Calidad - Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
Resolución 2200	Biocombustibles	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1565 del 27 de diciembre de 2004. CALIDAD (ALCOHOL CARBURANTE).	Diciembre 29/2005
Resolución 1180	Biocombustibles	Por la cual se modifican parcialmente las resoluciones 1565 y 1289, del 27 de diciembre de 2004 y 7 de septiembre de 2005, respectivamente. CALIDAD (ALCOHOL CARBURANTE).	Junio 21/2006

Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Federación Nacional de Biocombustibles

5.4. MARCO LEGAL – PRECIOS

En la tabla 17, se muestra el marco legal colombiano aplicado a la regulación de precios para el etanol o alcohol carburante.

Tabla 17. Marco Legal - Regulación de Precios - Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
Resolución 181088	Biocombustibles	Por la cual se derogan las resoluciones 180836 y 181710 de 2003 y se adoptan otras disposiciones en relación con la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada. PRECIOS Y TRANSPORTE (ALCOHOL CARBURANTE).	Agosto 23/2005
Resolución 180222	Biocombustibles	Por la cual se modifica parcialmente el Artículo 2 de la Resolución 18 1088 de 2005, modificado por la Resolución 181760 de 2005. PRECIOS (ALCOHOL CARBURANTE).	Febrero 27/2006
Resolución 180769	Biocombustibles	Por la cual se modifican los rubros “MDM” de los artículos 6° de las resoluciones 8 2438 y 8 2439 del 23 de diciembre de 1998, modificados por los artículos 2° de las resoluciones 18 1549 del 29 de noviembre de 2004 y 18 0822 del 29 de junio de 2005, respectivamente, y se establecen disposiciones relacionadas con las estructuras de precios de la Gasolina Motor Corriente y del ACPM. MARGENES (ALCOHOL CARBURANTE Y BIODIESEL).	Mayo 29 /2007
Resolución 181142	Biocombustibles	Por la cual se modifica el Artículo 2 de la Resolución 18 0222 de 2006. PRECIOS (ALCOHOL CARBURANTE).	Julio 30/2007

Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Federación Nacional de Biocombustibles

5.5. MARCO LEGAL – REGLAMENTACIÓN TÉCNICA

En la tabla 18 se define el marco legal colombiano en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de alcoholes carburantes y su uso tanto en combustibles nacionales como importados.

Tabla 18. Marco Legal – Reglamentación Técnica - Colombia

Tipo Jurídico	Tema	Titular	Fecha
Resolución 03742	SIC. - Reglamentos Técnicos.	Por la cual se señalan los criterios y condiciones materiales y formales que deben cumplirse para la expedición de Reglamentos Técnicos.	Febrero 2/2001
Resolución 181069	Biocombustibles	Por la cual se modifica la Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 y se establecen otras disposiciones. REGLAMENTO TÉCNICO (ALCOHOL CARBURANTE).	Agosto 18/2005
Resolución 180384	Biocombustibles	TRANSPORTE (ALCOHOL CARBURANTE).	Diciembre 7/2005
Resolución 181761	Biocombustibles	Por la cual se modifica la Resolución 180687 del 17 de junio de 2003. REGLAMENTO TÉCNICO (ALCOHOL CARBURANTE).	Diciembre 26/2005
Resolución 180671	Biocombustibles	Por la cual se adicionan las resoluciones 18 0687 del 17 de junio de 2003 y 18 1088 del 23 de agosto de 2005 y se establecen otras disposiciones. REGLAMENTO TÉCNICO Y TRANSPORTE (ALCOHOL CARBURANTE).	Mayo 9 /2007
Decreto 2328	Biocombustibles	Por el cual se crea la Comisión Intersectorial para Manejo de Biocombustibles.	Junio 25/2008
Resolución 181232	Biocombustibles	Por la cual se modifica parcialmente el Artículo 2° de la Resolución 18 1088 de 2005, en relación con el ingreso al productor del alcohol carburante a distribuir en el país.	Julio 30/2008
Resolución 180120	Biocombustibles	Por la cual se modifica, el factor FC3 del Artículo 1° de la Resolución 18 1232 del 30 de julio de 2008, la cual modificó parcialmente el Artículo 2° de la Resolución 18 1088 de 2005.	Enero 28/2009
Resolución 180515	Biocombustibles	Por la cual se modifica, el numeral 2° del Artículo 1° de la Resolución 18 1232 del 30 de julio de 2008, la cual modificó parcialmente el Artículo 2° de la Resolución 18 1088 de 2005, en relación con la estructura para el cálculo del ingreso al productor del alcohol carburante.	Abril 1/2009

Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Federación Nacional de Biocombustibles

Para la producción de Etanol del proyecto es necesaria la adquisición de la maquinaria y/o tecnología adecuada, por lo que se deberá realizar la compra o su respectiva patente. Los costos asociados para la adquisición de los derechos de propiedad intelectual de la tecnología requerida, serán los relacionados con equipos y maquinaria, desarrollo de ingenierías y puesta en marcha del proyecto, es decir, todo lo que conlleve el proceso de llave en mano.

5.6. AUTORIZACIONES

La entidad que emite la autorización inicial para la ejecución del proyecto es la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, quien otorga la Licencia Ambiental, cuyo procedimiento se describe en el Estudio Ambiental. El Decreto 1220 / 2005, reglamenta el Título VIII de la Ley 99 /1993 sobre Licencias Ambientales.

Además, es necesario incluir aquellas entidades que también imponen obligaciones antes, durante y después de la ejecución del proyecto, según la normatividad que aplica al proyecto. Entidades como: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y Energía, Superintendencia de Industria y Comercio, Alcaldía de Bucaramanga y Planeación Municipal. Y finalmente se mencionan aquellas entidades que participan y sirven de apoyo para la ejecución del proyecto, como: Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. ESP, Federación Nacional de Biocombustibles en Colombia, Ecopetrol S.A., Cámara de Comercio de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander UIS.

5.7. ADQUISICIÓN DEL PREDIO

Originalmente se plantea que el proyecto se desarrolle en un lugar de adquisición propio y no arrendado (Cárcava III, ubicada en el Relleno Sanitario El Carrasco), sin embargo llegado el caso en el cual no se logre dicha adquisición, el lugar podrá tomarse en Comodato. En cualquiera de los casos anteriores, los costos de la inversión estarán a cargo de entidades como la Alcaldía de Bucaramanga y empresas de capital privado., constituyéndose una Sociedad Mixta, donde cada una de las entidades, tanto estatal como privada, tendría participación de capital.

Para el desarrollo legal del proyecto se requiere Asesoría especializada, cuyos honorarios serán asumidos por el Proyecto. De manera general se mencionan algunas especialidades: Abogados, Ingenieros Civiles, Procesistas, Químicos, Arquitectos, Consultores, entre otros.

Los costos de la gestión de documentos, la obtención de licencias, honorarios de los especialistas y de todos aquellos gastos relacionados, serán asumidos por las entidades de capital privado que conforman la sociedad mixta y por aquellas con las cuales se hagan alianzas, cuyos pagos se harán efectivos según previo acuerdo por las partes.

Para la ubicación del Proyecto, se deben adelantar estudios de títulos de propiedad, el cual estará a cargo de un especialista (Abogado), quien estudiará si es necesario incurrir en financiación mediante una entidad bancaria, para adquirir el terreno donde se ubicará la planta. De igual manera, los especialistas (Abogados, Ingenieros, Procesistas, etc.), deberán realizar un estudio de los terrenos adyacentes a la ubicación del proyecto, dado los derechos que puedan tener los propietarios o vecinos de los predios; si es necesario la inversión en movimientos de tierra y construcción de caminos o vías que puedan pasar por terrenos vecinos; o si es necesario la constitución de servidumbres y sus costos asociados.

5.8. CONTRATOS

Para el desarrollo del proyecto se hace necesario manejar los siguientes tipos de contratos: De manejo, disposición y suministro de las basuras con la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. ESP y contratos para disposición y distribución del Etanol. Los compromisos que se adquieran con cada uno de los contratos deberán estar de acuerdo a la Planeación financiera del proyecto.

La administración de los contratos estará dada por el cumplimiento y políticas de pago asociadas con: forma de pago a proveedores y trabajadores, recaudo de cartera, distribución de dividendos, asamblea de socios, ajuste de salarios, vinculación contractual con la empresa, entre otras.

Los aspectos a tener en cuenta y los costos asociados a la contratación del personal estarán definidos por: Afiliaciones a ARP, EPS, AFP, Caja de Compensación Familiar, Exámenes Médicos, Dotación, Capacitación, Inducción, Proceso de Selección, Visita Domiciliaria, Entrenamiento, Pruebas psicotécnicas, Psicológicas, entre otras.

Para el desarrollo y ejecución del proyecto se deben tener en cuenta las debidas normas de seguridad industrial vigentes, tales como: uso de los Elementos de Protección Personal EPP, Panorama de Riesgo, Análisis de Trabajo Seguro (ATS), Matriz de aspectos e impactos y todos aquellos aspectos que apliquen para cada cargo, proceso, servicio y lugar de operación.

5.9. MERCADO

Las actividades propias del proyecto requieren de autorización estatal, puesto que conlleva el tratamiento de la materia prima (Residuos Sólidos Municipales) que es un material administrado por un conjunto de entidades estatales y privadas, y el Producto final (Etanol) que es regulado por leyes y normatividades del Gobierno Colombiano.

No existen claramente deberes con los competidores para este caso específico, puesto que en Colombia no existe la producción de Etanol a partir de basuras.

Por lo tanto, se considera que para obtener la viabilidad jurídica y legal para la construcción de la planta de etanol a partir de residuos sólidos municipales se deberán tener siempre presente la normatividad y la realización de los permisos y licencias descritos en este capítulo. Estos factores son fundamentales y factores críticos del éxito a la hora de analizar la viabilidad y factibilidad de la construcción de la planta de etanol, ya que en caso de que estos factores no sean viables o se conviertan en impedimento para la realización del proyecto, el proyecto se tendrá que parar o cancelar incluso cuando el mismo sea viable financiera, técnica y ambientalmente.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. INVERSIÓN TOTAL

De acuerdo con los valores cotizados con las diferentes empresas a nivel mundial el valor estimado de los equipos principales de una planta de etanol de 500 TMD es de COP \$157.905.000.000 (+/- 20%). Este valor incluye un factor de importación, nacionalización y puesta en situ (Bucaramanga) de 45% respecto al valor base de COP \$108.000.000.000

Por otra parte, el área necesaria para construir la planta, su bodega de almacenamiento y el área administrativa más un área de futura expansión se estima entre 7-10 hectáreas. Por razones estratégicas es deseable establecer esta planta en el mismo terreno o aledaña al botadero el Carrasco con el fin de poder acceder fácilmente a los residuos sólidos depositados en este con costos mínimos de transporte. Se estima que el valor por hectárea oscila entre los COP \$ 15.000.000 a 20.000.000. Este costo deberá ser ajustado una vez se realice la adquisición definitiva de los terrenos en donde se vaya a construir la planta.

En la tabla 19 se detalla el monto total de la inversión que incluye el capital de trabajo inicial, la compra de activos fijos y diferidos. Las inversiones y el montaje de la planta se realizan en dos años y el monto total asciende a COP\$ 172.123.672.286. El capital de trabajo inicial correspondió a COP \$2.808.622.286. Además, también se tuvo en cuenta el costo de la revegetalización y reforestación del terreno donde se construirá la planta, considerándose que se mitigará el impacto causado por su construcción a través de estos procesos los cuales tienen un costo de \$200.000.000 por hectárea. El área total a reforestar será de 6 hectáreas alcanzando un costo total de \$1.200.000.000

Tabla 19. Inversión Total Construcción Planta Etanol - Colombia

INVERSIÓN:	2,012	2,013	TOTAL
Activos Fijos			
Terreno	181,500,000	0	181,500,000
Edificios	698,775,000	299,475,000	998,250,000
Maquinaria y Equipo	110,533,500,000	47,371,500,000	157,905,000,000
Muebles y Enseres	0	50,000,000	50,000,000
Equipos de oficina (comp, imp, tel, otros)	0	40,000,000	40,000,000
Subtotal Activos Fijos	111,413,775,000	47,760,975,000	159,174,750,000
Activos Diferidos			
Instalación de Servicios Industriales	0	217,800,000	217,800,000
Adecuación de Terreno	0	2,722,500,000	2,722,500,000
Reforestación y Reubicación Flora y Fauna	0	1,200,000,000	1,200,000,000
Otros G. Preop. (Int.s Preop.)	0	6,000,000,000	6,000,000,000
Subtotal Activos Diferidos	0	10,140,300,000	10,140,300,000
Subtotal Activos no corrientes	111,413,775,000	57,901,275,000	169,315,050,000
Acum Activos no corrientes	111,413,775,000	169,315,050,000	0
Capital de Trabajo Inicial	0	2,808,622,286	2,808,622,286
Inversión Total	111,413,775,000	60,709,897,286	172,123,672,286

6.2. FACTORES DE PRODUCCIÓN

6.2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS (RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES)

Para el presente estudio se ha considerado un valor de \$1000/ton de residuos sólido municipales. Este valor no incluye el transporte del botadero a la planta de procesamiento

Tabla 20. Precio Residuos Orgánicos

RSM	CONSUMO ANUAL CAP. PROD 90%. (Ton)	VALOR UNITARIO COP\$/Ton*	VALOR TOTAL COP\$/Ton
	148.500	\$ 1000	\$ 148.500.000

*Este precio incluye IVA

6.2.2. ETANOL

6.2.2.1. PRECIO DEL MERCADO

En la tabla 21 se muestra el precio en el mercado de etanol que determinó el Ministerio de Minas y Energía el 30 de Junio de 2011 según Resolución No 181076 y el valor total de los 26.730.000 litros toneladas que se necesitan para una planta que procesa 500 TMD de residuos sólidos municipales y que opera con una capacidad de producción del 90%.

Tabla 21. Precio del Etanol en el mercado - Colombia

ETANOL	CONSUMO ANUAL SEGÚN CAP. PROD 90%. (Litros)	VALOR UNITARIO COP\$/Ton*	VALOR TOTAL COP\$/Ton
	26.730.000	\$2.232,36	\$ 1478.250.000

*Este producto está exento de IVA

6.2.3. PERSONAL

El personal de la planta de etanol se divide en dos secciones: la mano de obra directa y la mano de obra indirecta. Para cada uno de ellos se calculó el salario total, el cual se compone de un salario base (número de SMLV: \$515.000 en el año 2011) y un factor salarial (60%) que se presenta por el vínculo contractual del personal con la propia empresa. En total, entre la mano de obra directa e indirecta

se necesitan 130 trabajadores, cuyos salarios ascienden a COP \$3.588.948.480 anualmente. Cabe aclarar que este número de trabajadores se calculó para una capacidad de producción del 90%. Los operarios y la mano de obra no calificada (separadores de basuras, recolectores, entre otros) trabajan en turnos de 4x4 en jornadas de 12 horas diarias. Por lo tanto 24 de ellos trabajan en la jornada diurna y 24 en la jornada nocturna y cumplidos los 4 días se realiza la rotación del personal. (Ver Tablas 22).

Tabla 22. Personal Planta Etanol

COSTOS SALARIALES DEL PERSONAL DE LA PLANTA DE ETANOL EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA								
PERSONAL PLANTA ETANOL	NUMERO DE SMLV	SALARIO MINIMO BASE	Costos Brutos	FACTOR SALARIAL	Prestaciones	COSTO SALARIAL TOTAL	CANT.	TOTAL
MANO DE OBRA INDIRECTA								
Gerente General	8	\$ 535,600	\$ 4,284,800	60%	\$ 2,570,880	\$ 6,855,680	1	\$ 6,855,680
Despachador - Secretaria General	2	\$ 535,600	\$ 1,071,200	60%	\$ 642,720	\$ 1,713,920	2	\$ 3,427,840
Departamento Financiero (Contadores)	3.5	\$ 535,600	\$ 1,874,600	60%	\$ 1,124,760	\$ 2,999,360	4	\$ 11,997,440
Vendedores Técnicos	4	\$ 535,600	\$ 2,142,400	60%	\$ 1,285,440	\$ 3,427,840	5	\$ 17,139,200
Celadores	1.5	\$ 535,600	\$ 803,400	60%	\$ 482,040	\$ 1,285,440	4	\$ 5,141,760
Personal de aseo	1.5	\$ 535,600	\$ 803,400	60%	\$ 482,040	\$ 1,285,440	2	\$ 2,570,880
Jefe de Planta - Producción	4	\$ 535,600	\$ 2,142,400	60%	\$ 1,285,440	\$ 3,427,840	4	\$ 13,711,360
Supervisores de Planta - Producción	3.5	\$ 535,600	\$ 1,874,600	60%	\$ 1,124,760	\$ 2,999,360	4	\$ 11,997,440
Laboratoristas	3	\$ 535,600	\$ 1,606,800	60%	\$ 964,080	\$ 2,570,880	4	\$ 10,283,520
Mecanicos por día	3	\$ 535,600	\$ 1,606,800	60%	\$ 964,080	\$ 2,570,880	4	\$ 10,283,520
TOTAL MES							34	\$ 93,408,640
TOTAL AÑO								\$ 1,120,903,680
MANO DE OBRA DIRECTA								
Operarios	2.5	\$ 535,600	\$ 1,339,000	60%	\$ 803,400	\$ 2,142,400	96	\$ 205,670,400
TOTAL MES							96	\$ 205,670,400
TOTAL AÑO								\$ 2,468,044,800
COSTO TOTAL MENSUAL MANO DE OBRA INDIRECTA								\$ 93,408,640
COSTO TOTAL ANUAL MANO DE OBRA DIRECTA								\$ 205,670,400

6.3. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera del proyecto contempló una duración de 10 años y se realizó para 2 diferentes alternativas con un Costo de Capital o Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del Proyecto del 12% y un Costo de Capital Promedio Ponderado del Inversionista del 10,8%. La estructura de esas alternativas es la siguiente:

- 1.** Realización del proyecto con 100% de recursos propios. Es decir sin financiación crediticia por parte de entidades financieras ó terceros y con la totalidad de recursos provenientes de los inversionistas o accionistas.
- 2.** Realización del proyecto con financiación del 28% sobre el total de la inversión. Es decir, con financiación crediticia de COP \$ 48.567.917.828 y aporte de recursos propios por parte de los inversionistas por un valor de COP \$110.606.832.171.

A continuación se muestra un resumen de los indicadores financieros para los dos diferentes escenarios.

En el archivo de Excel: “Evaluación Financiera Etanol de RSM” se encuentran los flujos de caja con todos los elementos constitutivos de la evaluación y los indicadores correspondientes (Balance y Estado de Resultado Proyectado, Flujo de Fondos, Flujo de Caja, Estructura financiera, entre otros).

Tabla 23. Resultados Financieros - Evaluación Proyecto Planta Etanol a partir de la Fracción Orgánica de los RSM.

	100% RECURSOS PROPIOS (10 Años)	28% FINANCIACION (10 Años)
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	37.718.377.201	54.63.681.044
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	14,5%	16%
PAYBACK	6,9 años	6,25 años
PUNTO DE EQUILIBRIO CON CAP. PRODUCCIÓN 90%	31,5% equivalente a 8.420.000 litros por año y a COP \$20.013.474.573	

Como se observa en la tabla 23, cuando la planta alcance una capacidad de producción del 90% se calcula que se alcanzará el punto de equilibrio con la venta de 8.420.000 litros al año, lo que es equivalente al 31,5% del valor de las ventas anuales: COP \$20.013.474.573. En esta tabla también se observa que las dos alternativas de financiación del proyecto tienen un Valor Presento Neto (VPN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor a la Tasa de Oportunidad o. El tiempo de recuperación de la inversión es de 6,9 años para el proyecto financiado con 100% de recursos propios y de 6,25 años para el proyecto financiado con 28% de recursos de terceros.

Por lo tanto, con base en estos resultados, se puede concluir que independiente a la forma de financiación y al método utilizado para el descuento de los flujos (costo de capital o WACC), el proyecto es viable y rentable y por lo tanto se recomienda su realización ó en el caso en que se requiera un mayor de detalle se sugiere avanzar con el estudio de factibilidad con el fin de determinar con mayor precisión la viabilidad de este proyecto. Cabe anotar que la alternativa que arrojó resultados más favorables correspondió a la de financiación externa (terceros) por cerca del 28% del total de la inversión del proyecto; VPN: COP \$ 54.63.681.044 y TIR: 16% y por lo tanto se recomienda realizar el proyecto bajo esta estructura de financiación.

6.4. ANÁLISIS DE RIESGOS

6.4.1. ANÁLISIS DEL REPORTE DEL ANÁLISIS DE RIESGOS CON @RISK

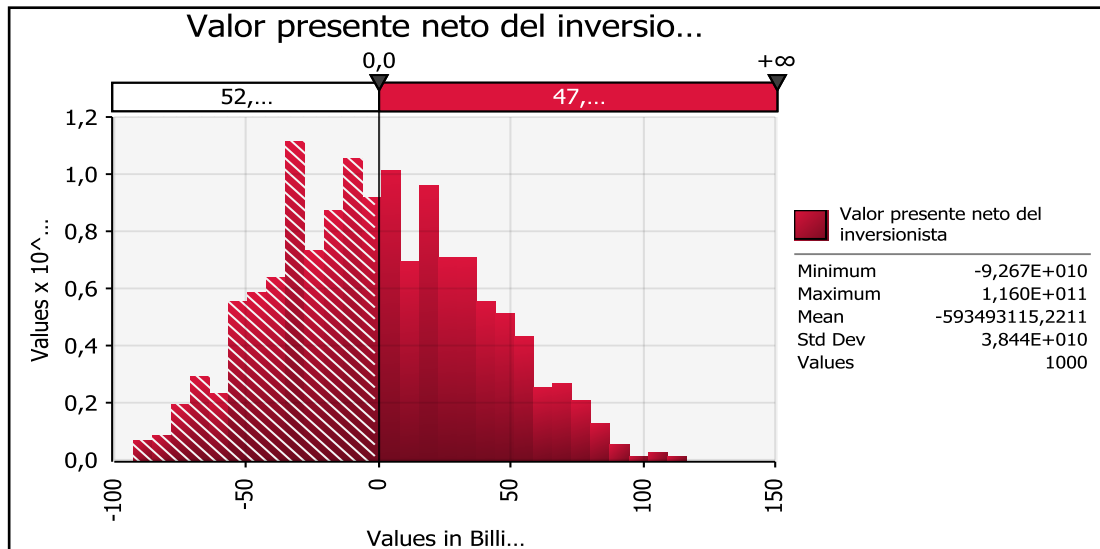
El Análisis de Riesgos se realiza en base a la simulación mediante el software @Risk. A continuación se presentan las variables de entrada:

@RISK Model					
Inputs					
Performed By: Carolina Pérez & Sergio Alvarez					
Date: lunes, 11 de julio de 2011 10:33:53 a.m.					
	Name	Worksheet	Cell	Graph	Function
Category: Litros anuales					
	Litros anuales / Gastos Generales	Costos y Gastos Operacionales	C20		RiskTriang(148,5;267,3;297;RiskStatic(330))
Category: Precio Etanol					
	Precio Etanol / Gastos Generales	Costos y Gastos Operacionales	C21		RiskTriang(1187;2373,39;3600;RiskStatic(2373,39))
Category: Precio Maquinaria y Equipo (U\$)					
	Precio Maquinaria y Equipo (U\$) / 2.012	Inversión	E26		RiskPert(50000000;60000000;80000000;RiskStatic(60000000))
Category: Precio MP					
	Precio MP / Gastos Generales	Costos y Gastos Operacionales	C22		RiskPert(0;1000;5000;RiskStatic(1000))

6.4.2. FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA

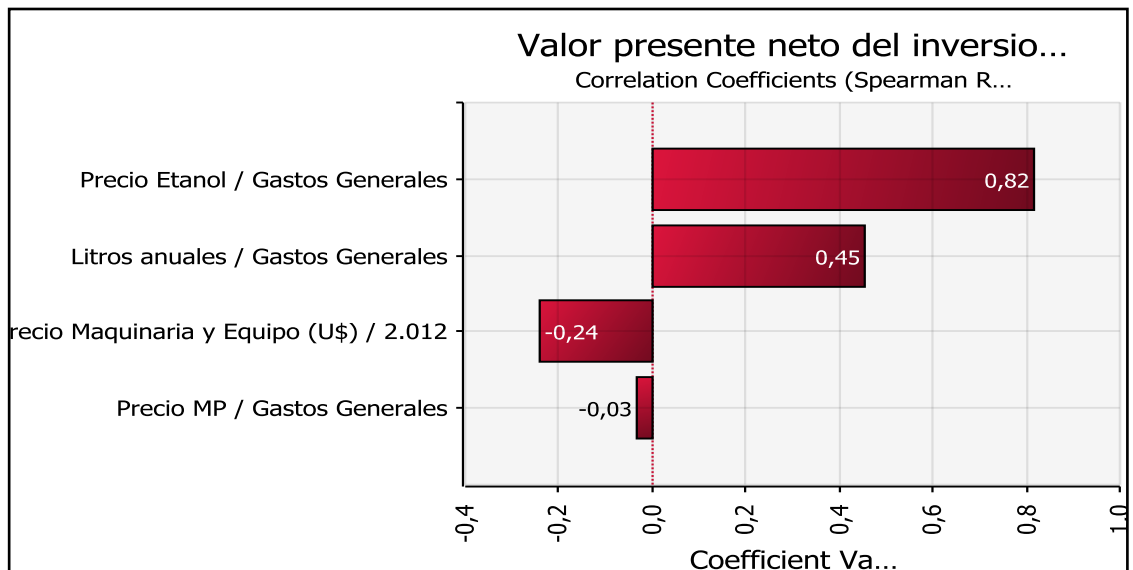
6.4.2.1. VPN

Figura 34. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista



Dados los resultados del Análisis de Riesgos del Proyecto con Financiación de la Figura 34 se puede observar que la probabilidad de que el proyecto presente pérdida es del 52,4% (límite hasta que VPN = 0), desde el punto de vista financiero. En este caso, en el estudio financiero, la TIR no se puede tomar como una variable de referencia para determinar la viabilidad del proyecto, ya que aparentemente es viable por sus resultados (TIR=16% / WACC = 10,8%)

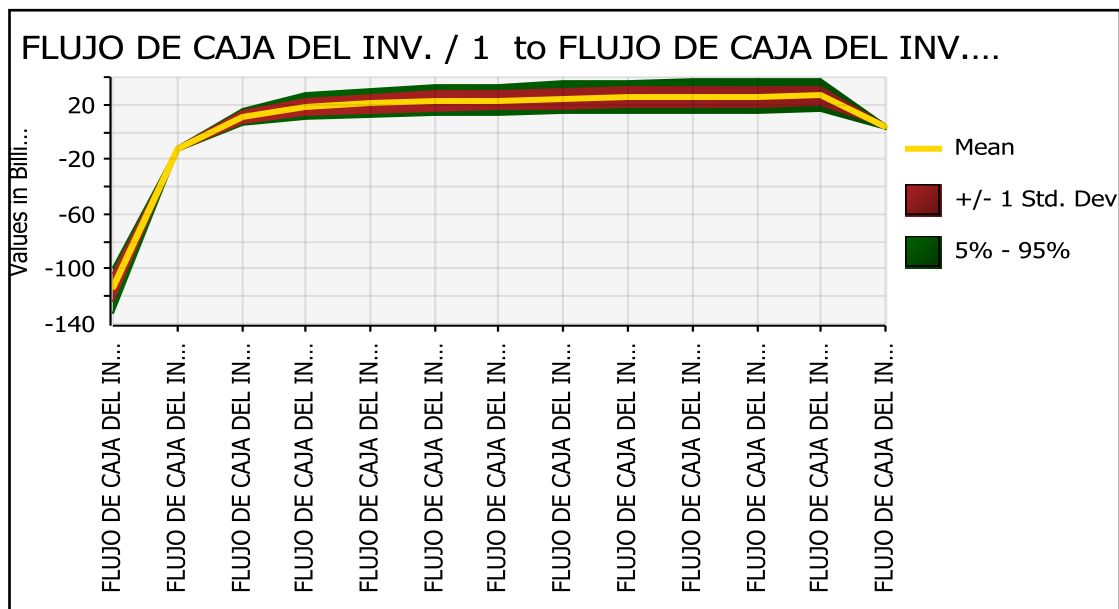
Figura 35. Análisis de Sensibilidad del Valor Presente Neto del Inversionista



En la 35 donde se realiza un análisis de correlación de las variables, se puede observar que la variable altamente influyente y sensible, en el análisis del proyecto con financiación, es el Precio del Etanol, con un índice de 0,82. Esto se debe a que el proyecto depende en gran manera de las ventas del producto final para financiar la alta inversión inicial, especialmente en maquinaria y equipo, y a su vez subsanar la financiación del proyecto.

6.4.2.2. FLUJO DE CAJA

Figura 36. Comportamiento de los Flujos de Caja del Inversionista

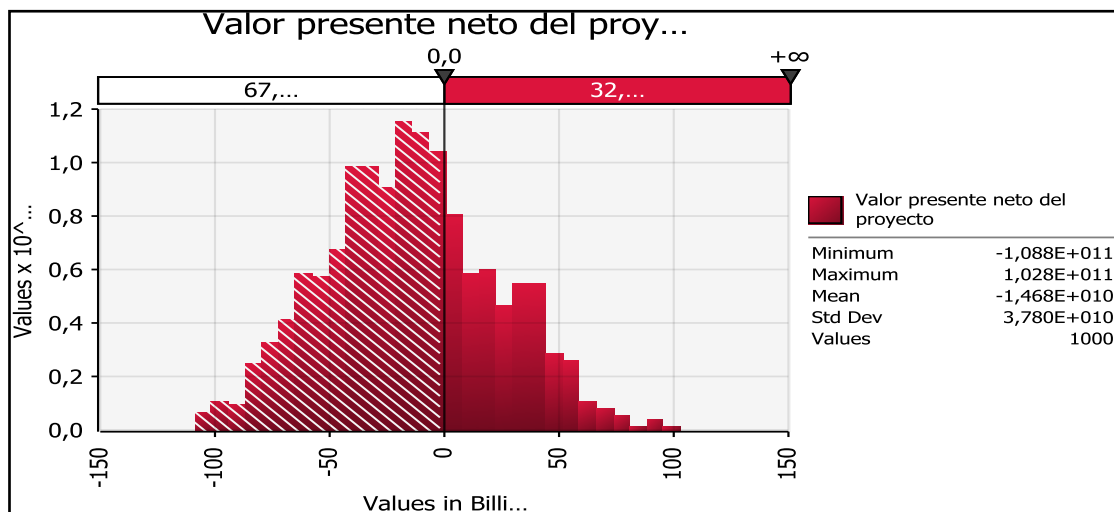


De acuerdo al análisis de flujo de caja de la 36 del proyecto con financiación, se observa que empieza a tener un crecimiento positivo en el año 3 del proyecto, tiempo en el cual empieza la producción de etanol, alcanzando una estabilidad aproximada entre los años 9 y 12, donde la planta se encuentra en su producción óptima; culminando con un decremento en los valores del flujo de caja en el año 13, que es donde se realiza el cierre del proyecto.

6.4.3. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

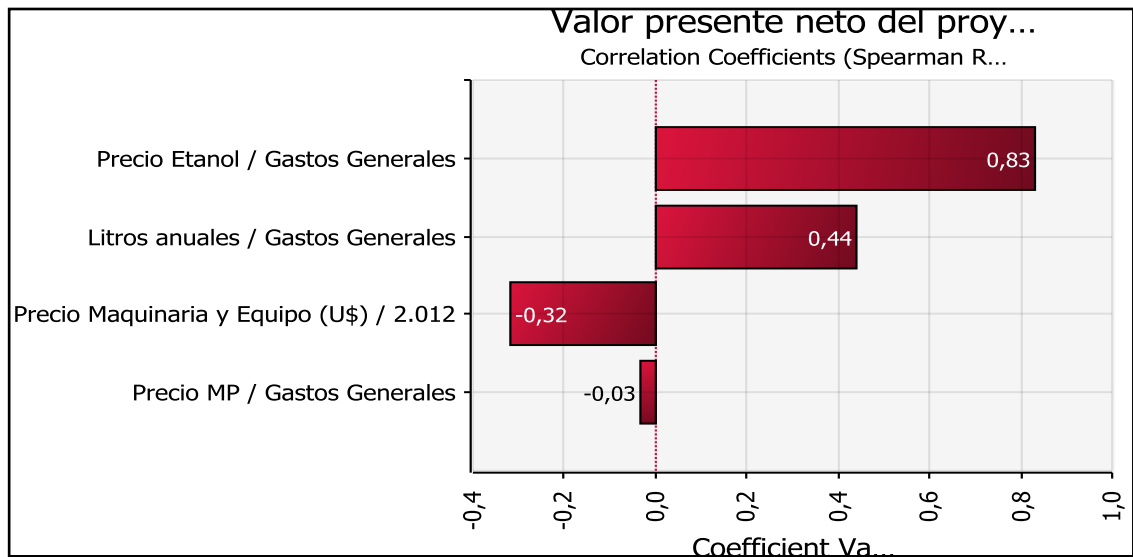
6.4.3.1. VPN

Figura 37. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista



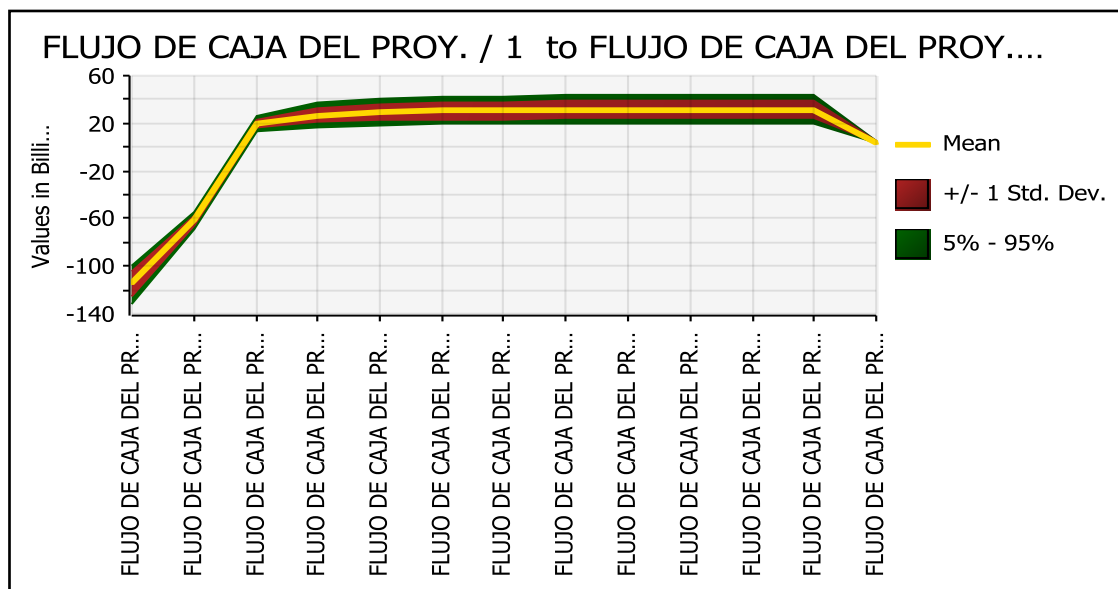
Según los resultados del Análisis de Riesgos del Proyecto SIN Financiación de la Figura 37, se puede observar que la probabilidad de que el proyecto presente pérdida es del 67,1% (límite hasta que VPN = 0), desde el punto de vista financiero. En este caso, al igual que en el estudio financiero del proyecto CON financiación, la TIR no se puede tomar como una variable de referencia para determinar la viabilidad del proyecto, ya que aparentemente es viable por sus resultados (TIR=14,5% / Costo Oportunidad = 12%)

Figura 38. Análisis Probabilístico del Valor Presente Neto del Inversionista



En la Figura 38 al igual que en el proyecto con financiación, se puede observar que la variable altamente influyente en el análisis del proyecto con financiación es el Precio del Etanol, con un índice de 0,83. Esto se debe igualmente, a que el proyecto depende en gran manera de las ventas del producto final para financiar la alta inversión inicial.

Figura 39. Comportamiento de los Flujos de Caja del Proyecto



De acuerdo al análisis de flujo de caja de la Figura 39 del proyecto SIN financiación, se observa que empieza a tener un crecimiento positivo en el año 3 del proyecto, tiempo en el cual empieza la producción de etanol, alcanzando una estabilidad entre los años 8 y 12, donde la planta se encuentra en su producción óptima; culminando con un decremento en los valores del flujo de caja en el año 13, que es donde se realiza el cierre del proyecto.

Al analizar las situaciones del proyecto CON y SIN financiación en las gráficas de análisis de VPN, se puede concluir que, aunque las dos situaciones presentan una alta probabilidad de pérdidas, en el proyecto con financiación se muestra un porcentaje de probabilidad de pérdidas menor (52,4%) que en el proyecto sin financiación (67,1%). Dado lo anterior se recomienda estudiar de una manera detallada el proyecto con financiación, realizando un análisis de sensibilidad de cada una de las variables más influyentes en el proyecto, para determinar la viabilidad del proyecto.

En el análisis de correlación de variables muestra que la más relevante en el proyecto es el Precio del Etanol, dado que se depende de ella para amortizar la deuda adquirida al inicio en las inversiones.

Los comportamientos de los flujos de caja son similares en ambas situaciones, de lo cual se puede destacar la estabilidad que se alcanza entre los años 8 y 12, dada la capacidad de producción de la planta en ese momento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ La principal oportunidad que se genera con la implementación del proyecto es el uso de la materia orgánica de los RSM como materia prima en el proceso del proyecto, disminuyendo de gran manera la cantidad dispuesta en los Rellenos Sanitarios, mitigando la problemática del tratamiento de las basuras en las ciudades del país.
- ✓ El proyecto es viable ambientalmente, ya que los impactos negativos generados por la construcción no son significativos en el medio ambiente gracias a las condiciones de la zona de construcción de la planta y a que se ejecutarán medidas de mitigación a lo largo de la vida útil de la planta. Además, se obtienen grandes beneficios debido a los altos impactos positivos generados con la implementación del proyecto como la reducción de la cantidad de los RSM y la generación de Etanol, oxigenante de la gasolina.
- ✓ Dadas las condiciones actuales del entorno en Colombia, se puede concluir que la producción de Etanol es un proyecto que tiene gran respaldo por parte del Gobierno, Entidades Privadas y Grupos de Investigación y Desarrollo, puesto que disminuye los niveles de contaminación en el ambiente y genera alta rentabilidad.
- ✓ Aunque el análisis de riesgo ofreció que el proyecto con financiación, que es el más recomendado, presenta una probabilidad de pérdidas de 52,4%, no quiere decir que el proyecto no pueda ser viable, ya que al observar variables como el precio del etanol, el cual presenta alta sensibilidad, puede variar, de tal manera que en el proyecto se pueda determinar rentabilidad con un valor mínimo en el precio del etanol.

- ✓ El proyecto es viable legalmente, dadas las condiciones y garantías que ofrece el gobierno nacional actualmente en temas relacionados con la producción de biocombustibles. Sin embargo, se debe tener en cuenta, que en el proyecto se puede asegurar la viabilidad legal, siempre y cuando cumpla con la normativa ambiental vigente, relacionada con el diligenciamiento de permisos y licencias.
- ✓ La variable financiera más sensible y representativa en este estudio es el precio del etanol. Aunque el precio de venta que se utilizó fue el dictaminado por el Ministerio de Minas y Energía se recomienda estructurar estrategias que permitan mitigar o eliminar los riesgos que generen la reducción en el precio de venta y que generen un desequilibrio económico al proyecto.
- ✓ La construcción de una planta de etanol a partir de RSM financieramente es viable. La mejor alternativa para apalancar financieramente el proyecto es a través de la obtención de una financiación mínima del 28% por parte de terceros, de esta forma se espera obtener un VPN: COP \$ 54.638.395.771 y una TIR: 16%.
- ✓ La demanda del etanol en Colombia lo rige la oferta, caso contrario a la ley keynesiana donde la demanda es quien rige la oferta. Por lo tanto se recomienda aumentar la capacidad de producción del etanol en Colombia, a través de la ejecución nuevos proyectos como el que presenta este estudio, con el fin de aumentar nivel de cobertura de la demanda que actualmente se encuentra en un 60%.
- ✓ La barrera de entrada más importante en el sector de los biocombustibles, utilizada como elemento de protección y estrategia para el proyecto, es la implementación de una materia prima que no ocasiona ninguna clase de impacto negativo al ecosistema, como lo son los Residuos Sólidos Municipales RSM. Este aporte se logra con el respaldo de grandes inversionistas como el Gobierno Nacional, Universidades, Centros de Investigación y de aquellas Empresas que vean en este proyecto una

oportunidad de producir Etanol a partir de la implementación de Alta Tecnología y Grupos de I + D, para estudiar, tratar y utilizar los RSM como materia prima.

- ✓ Otra barrera de entrada, es realizar un convenio exclusivo con las empresas que suministran la Materia prima (Materia orgánica de los RSM), en este caso la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB, quien adicionalmente administra EL Relleno Sanitario El Carrasco (Cárcavas I, II y III).
- ✓ La capacidad instalada de producción de etanol en Colombia es de 1.100.000 litros diarios aproximadamente. Con la construcción de la planta de etanol a partir de residuos sólidos en Bucaramanga, esta capacidad ascendería a 1.190.000 litros diarios siendo equivalente a un incremento del 9%. Este incremento en la oferta, causaría un efecto similar en la demanda, ya que como se explicó anteriormente la demanda de etanol en Colombia es determinada por la oferta. Por lo tanto se considera que los 90.000 litros de la nueva planta se venderían, una vez estos sean producidos sin ningún inconveniente.
- ✓ El proyecto de la construcción de una planta de etanol en Colombia cuenta con un mercado a nivel nacional muy atractivo y accesible para explotar, y que las unidades a producir por esta planta tendrán una venta inmediata y sin obstáculos. El volumen demandado a nivel nacional es suficiente para que la totalidad de las ventas de la nueva planta se realicen a nivel local. Aunque en este estudio no se encuentra atractivo realizar las exportaciones del etanol producido por la planta porque el precio de venta no es competitivo a nivel internacional, en un estudio de factibilidad se podrá analizar esta alternativa con mayor nivel de detalle, debido a que se necesita profundizar acerca de la optimización de costos de la fabricación del producto y las barreras de entrada que algunos países tienen para realizar las importaciones del mismo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Convocar y promover un Proyecto o Estudio de Factibilidad donde se desarrolle y analice los componentes, calidad y /o características de los Residuos Sólidos Municipales y de su Fracción Orgánica, que sirvan como materia prima para la producción de Etanol y de cualquier clase de energía. Esto se recomienda realizar con entidades como Colciencias, Universidades y Centros de Investigación y Desarrollo I +D en Colombia, cuyo propósito es llevar a ejecución cada uno de aquellos proyectos que no solamente produzcan rentabilidad, sino que también generen altos impactos positivos en el ambiente y en la sociedad.
- ✓ En vista que la información técnica para la construcción de una planta de etanol proviene de fuente primaria, se recomienda realizar un estudio de factibilidad concerniente al tema con patrocinio económico de entidades públicas y privadas, como por ejemplo: Colciencias, Gobernación de Santander, Universidades, Centros de Investigación y Desarrollo I+D, entre otras.
- ✓ Se recomienda realizar un estudio de sensibilidad detallado de la variable más importante, en este caso el Precio del Etanol, según el análisis de correlación identificado en la gestión de riesgos del estudio financiero, ya que esta influye en gran manera en la viabilidad del proyecto.
- ✓ Se propone que el Gobierno Nacional realice la implementación del etanol en los vehículos de forma gradual a través de jornadas de sensibilización y capacitación con el fin de no causar traumatismos en el uso de este componente y generar obstáculos hacia su uso que podrían hacer pasar por inadvertidas las ventajas de este producto.
- ✓ Se sugiere que se formulen, analicen y ejecuten proyectos, con el Gobierno Nacional y Entidades de I+D, para la producción de etanol a partir de otras fuentes que no sean alimentarias, con el fin de no obtener un retraso tecnológico en cuanto a este proceso y a desarrollar el producto de una

forma sostenible y limpia que no ponga en riesgo las áreas aprovechables de las regiones cañeras de Colombia.

- ✓ Se estima que en Colombia la demanda total de etanol es de 2.500.000 litros por día, y que solamente se encuentra cubierta en un 60%. Con la normatividad establecida por el gobierno colombiano que entrará en vigencia en el año 2012, se considera que esta demanda exigirá un nivel de cobertura de por lo menos el 80%. Por lo tanto se recomienda al gobierno colombiano impulsar programas de desarrollo de nuevas plantas procesadoras de etanol a nivel nacional con el fin de satisfacer esta demanda futura y no recurrir a la realización de compras del producto en el mercado internacional, sino desarrollar la industria nacional a través de incentivos y subsidios que motiven a los empresarios colombianos a desarrollar este tipo de proyectos.
- ✓ Dado que el Relleno Sanitario El Carrasco, actualmente se encuentra en un proceso de cierre debido a la saturación que sufre por la cantidad de basuras dispuestas en ese lugar, se recomienda realizar convenios con entidades como la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB, Alcaldías de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta, la Gobernación de Santander, las Autoridades Ambientales como la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB y la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, entre otras, para promover Proyectos donde se contemple la construcción de una Planta productora de Etanol en las cercanías del Relleno El Carrasco, para el tratamiento de los RSM, y de ésta manera mitigar en gran manera la problemática que gira en torno a ello, no sólo con la disminución de la cantidad de basuras dispuestas, sino evitando la búsqueda de nuevos terrenos para albergar los RSM, exponiéndolos a altos niveles de contaminación, tanto del medio ambiente como de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Biocarburantes de segunda generación. Obtención de Bioetanol a partir de RSU y de Residuos Cítricos. IMECAL. Proyecto PERSEO. [Online] 2010. [Citado: Mayo 25, 2011]. http://www.imecal.com/pdfs/Presentacion_EGETICA_ES.pdf
- ✓ Biocombustibles en Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Ministerio de Minas y Energía. [Online] 2009. [Citado: Mayo 25, 2011] http://www.upme.gov.co/Docs/Biocombustibles_Colombia.pdf
- ✓ Cifras Informativas del Sector Biocombustibles, Etanol Anhidro de Caña. Federación Nacional de Biocombustibles. [Online] 2011. [Citado: Mayo 25, 2011] [http://www.fedebiocombustibles.com/files/Cifras%20Informativas%20del%20Sector%20Biocombustibles%20-%20BIODIESEL\(18\).pdf](http://www.fedebiocombustibles.com/files/Cifras%20Informativas%20del%20Sector%20Biocombustibles%20-%20BIODIESEL(18).pdf)
- ✓ Diseño de tanque de almacenamiento de Etanol Anhidro. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador . [Online] 2008. [Citado: Junio 10, 2011] <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2385/1/4725.pdf>
- ✓ Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales en Bucaramanga. Historia del Relleno Sanitario El Carrasco. Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. ESP. [Online] 07 – 2004. [Citado: Mayo 30, 2011] <http://www.emab-esp.com/descargas/Disposicionfinal.pdf>
- ✓ Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. ESP. Subgerencia técnica y Operativa EMAB S.A ESP. (2010). Estudio de la caracterización de los Residuos Sólidos del Municipio de Bucaramanga, depositados en el sitio de Disposición Final “El Carrasco”. (págs. 7-20). Bucaramanga.

- ✓ Empresa de Aseo de Bucaramanga. EMAB S.A. ESP. (2008). Informe Báscula RSM Relleno Sanitario El Carrasco Bucaramanga.(Archivo excel).
- ✓ Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de Etanol Anhidro. Evaluación de Propiedades Físicoquímicas. Ecopetrol – ICP. [Online] 11 – 2002. [Citado: Junio 07, 2011] http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE04_200612.pdf
- ✓ Etanol a partir de Residuos Sólidos Urbanos RSU. Proyecto PERSEO. España. [Online] 2008. [Citado: Junio 07, 2011]. <http://www.usc.es/congresos/xiirem/pdf/86.pdf>
- ✓ Ficha Internacional de Seguridad Química, Etanol Anhidro. ICSC:0044. International Programme on Chemical Safety. [Online] 10 – 2000. [Citado: Junio 07, 2011]<http://www.grupoprevenir.es/fichas-seguridad-sustancias-quimicas/0044.htm>
- ✓ Gascohol – Procesado de Residuos y Biomasa. Alcohol a partir de Basuras. XERICS Canario Africana de Biocombustibles C.A.B. España. [Online] 2009. [Citado: Mayo 25, 2011] <http://www.xerics.com/biorefinerias.01.html>
- ✓ Inversión privada Gran Canaria – Tenerife. Planta de producción de Biocombustibles a partir de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales. XERICS CAB. España. . [Online] 2009. [Citado: Mayo 25, 2011]. <http://www.xerics.com/documentosgascohol01.doc>

- ✓ La situación de las basuras en España. Greenpeace España. [Online] 2006. [Citado: Junio 07, 2011]. <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/la-situacion-de-las-basuras-en-2.pdf>

- ✓ Mitos y realidades de los Biocombustibles en Colombia. Federación Nacional de Biocombustibles. [Online] 2010. [Citado: Mayo 25, 2011] <http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>

- ✓ Política Estatal sobre Biocombustibles. Ministerio de Minas y Energía. [Online] 2010. [Citado: Mayo 25, 2011] www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/5283.ppt

- ✓ Programa de Alcohol Carburante en Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética UPME. [Online] 2010. [Citado: Junio 10, 2011] <http://www.upme.gov.co/Docs/cartilla=alcohol.pdf>

- ✓ Programa de Biocombustibles en Colombia. Ministerio de Minas y Energía. [Online] 2007. [Citado: Mayo 25, 2011] <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/hidrocarburos/Programa.pdf>

- ✓ Proyecto de oxigenación de las gasolinas a escala nacional. [Online] 10 – 2003. [Citado: Junio 07, 2011] <http://www.sca.com.co/bajar/Etanol/Proyecto%20escala%20nacional.pdf>

- ✓ Proyecto PERSEO. Innovación tecnológica para el bioetanol de segunda generación. RETEMA. [Online] 2007. [Citado: Junio 07, 2011]. http://www.retema.es/pdf/retema_2007E2.pdf

- ✓ Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2011). Balance Sector Azucarero 2.000 – 2.010, Colombia.(Archivo excel).
- ✓ Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2011). Histórico de precios de Etanol, Colombia.(Archivo excel).
- ✓ Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Ministerio de Minas y Energía Colombia (2010). Proyección de demanda de combustibles líquidos y GNV en Colombia. (págs. 4-25). Bogotá D.C.