

# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA

## Facultad de Ciencias y Tecnología Escuela de Química



“Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana”.

### Trabajo de grado presentado por:

Fior Alfonsina Montás Roa

Yohanka María Muñoz Mejía

### Para la Obtención del Grado de

Ingeniero Químico

Santo Domingo,  
Distrito Nacional  
República Dominicana

2022

## **AGRADECIMIENTOS**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la voluntad y fuerza para poder realizar este trayecto de mi vida y por permitirme alcanzar mis objetivos en esta carrera.

A mis padres, Facundo Muñoz Jiménez y Yohanna Mejía Encarnación por su motivación, comprensión y sacrificio, por enseñarme a ser una persona, responsable y dispuesta para estudiar esta carrera. A mis hermanos Jonathan Muñoz y Yovana Muñoz por apoyarme, en especial a mi hermana Yovana Muñoz por su disposición al brindar sus conocimientos en este proyecto. A mi abuela Nelly Encarnación por su motivación durante el transcurso de la carrera.

A mi compañera de tesis y amiga Fior Montás, porque gracias a ella pudimos llevar esta investigación con éxito, por su ayuda incondicional, no solo en lo académico sino también en lo personal.

A mis docentes, en especial a nuestro asesor Ramón Alonso, por la disposición y paciencia y tiempo dedicado durante este recorrido, por brindarnos su experiencia y conocimiento para poder realizar esta investigación académica. Asimismo, agradezco a la decana Doris Peña por ser un ejemplo a seguir de profesionalismo y la directora Maribel Espinosa por su apoyo.

A mis amigos y compañeros de carrera: Zaordis, Enauris, Luis, Leandro, Kevin, Francarlos, Irely y Nayely, por acompañarme durante este proceso. Y algunos que de alguna manera aportaron en la realización de este proyecto.

**Yohanka M. Muñoz Mejía**

En primer lugar, quiero darle gracias a Dios, por la bendición de haber sido acompañada por el durante este proceso, por su apoyo y por brindarme la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres, Gamalier Montás y Vanessa Roa por ser los principales promotores de mis metas, su apoyo incondicional me ha acompañado todos los días de mi vida, por su sabiduría y consejos en momentos difíciles. En especial a mi padre que formó parte importante de la realización de este proyecto con sus aportes profesionales. A mis hermanas, Estrella, Katherine y Anny por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite y por acompañarme cuando mis horas de trabajo se hacían confusas.

A mi amiga y compañera de tesis, Yohanka Muñoz por su apoyo incondicional durante la realización de este proyecto, por su dedicación y compromiso siempre, hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso juntas y no puedo dejar de agradecer tu apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir largas horas de estudio, gracias.

Agradezco a todos los docentes que me enriquecieron con sus conocimientos, pero en especial a nuestro asesor Ramón Alonso, por habernos ayudado y guiado en este largo proceso, gracias por haber compartido sus conocimientos y tiempo con nosotras.

Agradezco a todos los compañeros que hice durante este viaje, pero en especial a aquellos que se convirtieron en amigos; Enauris Mateo, Kevin Holguin, Luis Luna, Leandro Alcántara, Zaordys Guerrero.

**Fior A. Montás Roa**

## **INDICE**

## **INDICE**

AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	12
ALCANCE.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
JUSTIFICACIÓN .....	19
OBJETIVOS .....	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
PRIMERA PARTE .....	22
MARCO TEORICO.....	22
CAPITULO I ANTECEDENTES .....	23
I.1 Antecedentes Teóricos.....	23
I.2 Antecedentes Históricos .....	25
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL .....	27
II. 1 Propiedades del Etanol.....	27
II. 2 Combustibles.....	28
II.2.1 Etanol como combustible.....	29

II. 3 Biomasa.....	30
II. 4 Materias primas para producir Etanol .....	31
II. 5 Principales mezclas de Etanol.....	32
II.6 Ventajas del etanol .....	33
II.7 Desventajas del Etanol .....	34
II.8 Densidad energética .....	35
II.8.1 Densidad energética del combustible.....	35
II.9 Comparación de etanol con Combustibles Fósiles y Alternativos.....	36
II.9.1 Hidrógeno.....	36
II.9.2 Biodiesel.....	36
II.9.3 Gas natural.....	37
II.9.4 Petróleo.....	37
II. 10 Métodos de producción .....	39
II. 10.1 Proceso de producción de etanol a partir de la caña de azúcar .....	39
II.10.2 Proceso de producción de etanol a partir de la yuca .....	41
II.10.3 Proceso de producción de etanol a partir del maíz.....	43
II.10.3.1 Molienda en húmedo .....	43
II.10.3.2 Molienda en seco.....	46
II.10.4 Proceso De Producción De Etanol A Partir De La Remolacha.....	47
SEGUNDA PARTE.....	49

MARCO METODOLÓGICO.....	49
CAPITULO III METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....	50
III.1 Tipo y diseño de investigación .....	50
III.2 Procedimiento .....	51
III.2.1 Estudio de Mercado .....	52
III.2.2 Estudio Técnico .....	52
III.2.3 Estudio Financiero .....	53
III.2.4 Estudio Organizacional.....	53
TERCERA PARTE.....	54
PRESENTACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	54
CAPITULO IV EVALUACION DE MATERIAS PRIMAS.....	55
CAPÍTULO V ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	58
V.1 Objetivo.....	58
V.2 Alcance.....	58
V.3.1 Mercado Internacional .....	59
V.3.2 Mercado Nacional .....	67
V.3.3 Definición comercial del producto.....	70
V.3.4 Determinación del área geográfica que abarcara el estudio.....	72
V.3.5 Materia Prima.....	72
V.3.6 Segmentación del mercado .....	78

V.3.7 Análisis de la demanda .....	92
V.3.7 Análisis de Oferta.....	100
V.3.7.1 Comercialización .....	100
V.4 Estudio Técnico.....	103
V.4.1 Localización de la planta.....	103
V.4.2 Tamaño de la planta .....	106
V.4.3 Proceso de producción .....	110
V.4.4 Selección de la maquinaria .....	112
V.4.5 Capacidad instalada.....	112
V.5 Estudio impacto ambiental.....	115
V.5.1 Marco legal .....	115
V.5.2 Diagnostico ambiental.....	116
V.5.3 Manejo de residuos, efluentes y emisiones.....	117
V.5.4 Análisis de los beneficios ambientales.....	118
V.6 Estudio Organizacional .....	122
V.6.2 Organización empresarial .....	122
V.6.2 Descripción de puestos.....	124
V.7 Estudio Financiero .....	129
V.7.1 Inversiones .....	129
V.7.2 Capital de trabajo .....	135

V.7.2.3 Costo servicios generales .....	143
V.7.3 Cronograma de inversión .....	146
V.7.4 Presupuesto de ingresos .....	149
V.7.7 Presupuesto financiero .....	152
CAPITULO VI EVALUACION DEL PROYECTO .....	155
VI.1 Determinación de los indicadores de rentabilidad.....	155
V.1.1 Valor Presente Neto (VAN).....	155
V.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	156
V.1.3 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) .....	157
CUARTA PARTE .....	158
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	158
CAPITULO VIII RECOMENDACIONES .....	161
QUINTA PARTE.....	162
REFERENCIAS Y ANEXOS.....	162
REFERENCIAS.....	163
ANEXOS .....	174
GLOSARIO .....	196

## **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años el Estado Dominicano ha reconocido la necesidad de propiciar el uso de las energías renovables como una herramienta alternativa para el desarrollo económico del país. La dependencia de combustibles fósiles y la variabilidad en los precios de los mismos son factores que propician la inestabilidad de la matriz y, por tanto, motivos fundamentales para la creación de instrumentos normativos que promuevan la entrada de fuentes de energías alternativas al sistema (Comisión Nacional de Energía, 2012).

El impacto ambiental que el uso de combustibles fósiles genera motiva al desarrollo de fuentes de energía alternativa, que contribuyen a disminuir la emisión de gases contaminantes y compensan la dependencia petrolera en República Dominicana.

El etanol se produce a partir de la biomasa, la cual se origina de los cultivos energéticos como caña de azúcar, remolacha, maíz, yuca, entre otros. Estos procesos se dan por microorganismos, de los cuales la fermentación alcohólica es la más antigua conocida por el hombre, el etanol se produce anaeróbicamente por la acción de la levadura sobre los diversos azúcares (Vázquez & Dacosta, 2007).

El uso de los biocombustibles en el mercado internacional está impulsado por las ventajas que éstos ofrecen en la reducción de la dependencia energética de combustibles fósiles, además del interés de disminuir la contaminación ambiental.

En República Dominicana, se intenta impulsar la producción de biocombustibles con políticas de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que hagan viable este reto, es así como la dependencia nacional del petróleo en el país descende.

Por consiguiente, se promulga la Ley Número 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales y su Reglamento de Aplicación, con el objetivo de impulsar a la República Dominicana hacia una matriz energética más sostenible y limpia (Comisión Nacional de Energía, 2012).

Este proyecto se centra en identificar la viabilidad de la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana, a partir de cultivos agrícolas de producción nacional, que se puedan utilizar como materia prima con el propósito de producir etanol y poder mitigar el impacto ambiental de los combustibles fósiles en nuestro país.

La estructura de la investigación se divide en capítulos. La introducción, alcance, planteamiento del problema, justificación y objetivos sirven para establecer las bases de esta. La primera parte del marco teórico está dividida en tres subtemas: Los antecedentes teóricos que abarcan la teoría que existe sobre las variables de la investigación, es decir, todo aquello que se ha escrito sobre tales variables a nivel nacional e internacional que preceden a este y que sirven para el desarrollo de trabajos académicos, y antecedentes históricos sobre hechos ocurridos en el pasado que tienen relevancia en nuestra investigación, el marco conceptual que puntualiza todas las nociones significativas del tema. La segunda parte está compuesta por el marco metodológico que es la metodología utilizada, en la tercera se presentan los resultados y sus análisis. En la cuarta parte se resume toda la información en conclusiones y recomendaciones. La quinta parte recoge las fuentes bibliográficas consultadas, los anexos y el glosario.

**ALCANCE**

## ALCANCE

Esta investigación identifica los efectos del etanol en el medio ambiente como fuente de energía alternativa con el fin de proponer implementar una planta de producción de etanol en el país. De igual forma se identifican las ventajas y desventajas de otras fuentes de energía a partir de combustibles fósiles.

Este trabajo ayuda a futuras investigaciones y se enfoca en estudiar los efectos que tiene el etanol como fuente de energía alternativa en el medioambiente y cómo disminuye en gran forma las cantidades utilizadas de nafta, también evalúa cuáles materias primas como caña de azúcar, maíz, yuca y remolacha son más efectivas para su producción y la disponibilidad de las mismas en el país, evaluando si es propicio la implementación de una planta de etanol en el país.

La finalidad de este proyecto es analizar el impacto ambiental que actualmente generan las fuentes de energías a partir de combustibles fósiles, evaluando la viabilidad de implementar una planta de producción de etanol como fuente de energía para reducir las emisiones de dióxido de carbono y preservar los combustibles fósiles para futuras generaciones.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años, la crisis de los hidrocarburos por disminución de las reservas mundiales es una situación latente, las fuentes de combustibles que consume República Dominicana se encuentran cada vez menos diversificadas y dependen más de Estados Unidos, según precisan los datos publicados por la Dirección General de Aduanas (Tejero Puentes, 2021).

La situación provocada por la pandemia del COVID-19 también incide en el panorama petrolero. Los precios del crudo de referencia en EE. UU, se mantienen inestables y al alza, y han empujado el precio de los combustibles en América Latina y el Caribe, incluyendo a la República Dominicana (Tejero Puentes, 2021).

Las alternativas energéticas distintas a las ya convencionales obtenidas principalmente de la explotación del petróleo, conllevan al uso de materias primas naturales dando lugar a los llamados biocombustibles dentro de los cuales se destaca el etanol. Esto surge a raíz de preservar los recursos tanto renovables como no renovables y maximizar el potencial de uso de productos agrícolas, y en especial de los subproductos que estos generan al someterlos a distintos procesos agroindustriales, cuya disposición final es un gran problema ambiental (Carriazo & Tarras, 2012).

Debido a que el petróleo es un recurso no renovable, el biocombustible es una nueva alternativa, que se incorpora en este sector, por lo que es necesario la incursión en un nuevo mercado, se ha optado por evaluar la prefactibilidad como propuesta de una nueva planta de etanol que pueda contrarrestar la dependencia de combustibles fósiles, diversificar las fuentes de energía y contribuir a disminuir el cambio climático.

## **JUSTIFICACIÓN**

## **JUSTIFICACIÓN**

El consumo de combustibles fósiles, entre ellos el petróleo, el carbón y el gas natural, da lugar a emisiones de dióxido de carbono que contribuyen al calentamiento gradual del planeta. Las repercusiones previstas del cambio climático incluyen la elevación del nivel del mar, la mayor frecuencia de las tormentas, la extinción de diversas especies, el agravamiento de las sequías y las malas cosechas afectan a todas las naciones del mundo. Ante el aumento continuo del total de emisiones, la mayoría de los países industrializados a los que pertenece República Dominicana aprueban el Protocolo de Kyoto, primer esfuerzo mundial por controlar las emisiones. Lo que demuestra que existe una necesidad mundial de buscar alternativas distintas a las convencionales que se conviertan en fuentes de producción de energía y lograr mitigar estos impactos ambientales (Carriazo & Tarras, 2012).

Las energías y combustibles renovables representan un potencial para contribuir y propiciar, en gran medida, el impulso del desarrollo económico regional, rural y agroindustrial del país; y es deber del Estado fomentar el desarrollo de fuentes de energías renovables, para la consolidación del desarrollo y el crecimiento macroeconómico, así como la estabilidad y seguridad estratégica de la República Dominicana; constituyendo una opción de menor costo para el país en el largo plazo por lo que debe ser apoyado e incentivado por el Estado. La Ley de Hidrocarburos No.112-00, y su Reglamento, instituye un fondo proveniente del diferencial impositivo a los combustibles fósiles, que se mantiene en el 5% desde el año 2005, para programas de incentivo al desarrollo de fuentes de energía renovables. La República Dominicana cuenta con abundantes fuentes primarias de materia prima, las cuales pueden contribuir a producción de etanol con un alto valor estratégico para el abastecimiento del país y/o su exportación (Comisión Nacional de Energía, 2012).

## **OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar las diferentes fuentes de materias primas (caña de azúcar, maíz, yuca y remolacha) para la producción de etanol en el país, con el fin de definir la más factible para el estudio.
- Establecer diferencias con otras fuentes de energía a partir de combustibles fósiles y alternativos (Hidrógeno, biodiesel, gas natural y petróleo): ventajas y desventajas.
- Establecer la viabilidad de mercado, tecnológica, organizacional, económica y financiera para la instalación de una planta productora de etanol para el uso en mezclas con gasolina como fuente de energía renovable, obtenido a partir de materia prima de producción nacional.
- Evaluar los posibles impactos ambientales de una planta de producción de etanol como combustible, con el fin de establecer la incidencia en el entorno y la calidad de vida de los seres humanos por la ejecución de las actividades del proyecto.

**PRIMERA PARTE**

**MARCO TEORICO**

## **CAPITULO I ANTECEDENTES**

En este capítulo se citan algunas investigaciones que preceden a esta y que sirven para el desarrollo del trabajo de grado, toda la información recopilada sobre estudios previos relacionados con nuestra investigación nos permite asumir una perspectiva particular y novedosa que genera nuevos aportes al tema. Se toman en cuenta estudios desarrollados en el ámbito nacional e internacional. Por otra parte, se investiga todos los hechos históricos que se han producido en el pasado y que tienen relevancia con el desarrollo de nuestra investigación.

### **I.1 Antecedentes Teóricos**

Monsalve G. (2006), en su trabajo de investigación titulado “Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca” evalúa la hidrólisis ácida del almidón presente en yuca y de la celulosa presente en cáscara de banano y su posterior fermentación a etanol, se ajustan los medios de fermentación para los microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis*.

Mg. Pedro Barrientos Felipa (2006) publica en la revista pensamiento crítico un artículo titulado “Los biocombustibles y la producción de etanol”, en resumen, sus investigaciones destacan que el grave problema de las economías nacionales es el grado de dependencia hacia el petróleo, lo que en los actuales momentos los lleva a exponer su fragilidad ante determinado combustible. De ahí la necesidad de buscar alternativas que se distinguen, por su menor precio relativo, así como por su fácil acceso, e incluso la incidencia en el medio ambiente. En este caso aparecen los biocombustibles, y dentro de ellos el etanol, el cual, en nuestro país, tiene la posibilidad de producirse en gran volumen y convertirse a largo plazo en un producto exportable.

La Comisión Nacional de Energía (CNE) en República Dominicana promulga en 2012 la Ley número 57-07, Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales, la misma tiene como objetivo fomentar el desarrollo de fuentes de energías renovables, para la consolidación del desarrollo y el crecimiento macroeconómico, así como la estabilidad y seguridad estratégica de la República Dominicana.

Christian M. Bombón Lasluisa (2015) en su trabajo de grado titulado “Estudio de factibilidad para la implementación de una planta de alcohol industrial (Etanol) en la ciudad de Ambato” para optar el Título de Ingeniero Comercial en Ecuador, el cual determina la viabilidad del proyecto para su puesta en marcha y analiza los indicadores positivos para su aceptación en el mercado.

La Comisión Nacional de Energía (2017) publica un artículo titulado “Energías renovables en República Dominicana” donde presenta todos los programas como REmap (Renewable Energy Roadmaps) de IRENA, cuya Agencia Internacional de Energías Renovables destaca el potencial que tiene la República Dominicana para aumentar la cuota de generación de energías renovables hasta un 44% para 2030, en energía solar fotovoltaica (FV), energía eólica y bioenergía. En general, la cuota de energías renovables modernas en la matriz energética final del país puede triplicarse desde el 9% actual hasta un 27% en 2030. A fin de aprovechar este potencial, la República Dominicana tiene que superar desafíos institucionales, económicos y técnicos. Tal y como destacan los resultados, el uso de energía renovable ha de darse cuenta más allá del sector eléctrico, concretamente en el transporte, para generación de calor en la industria y para refrigeración residencial y comercial. En este programa se ofrecen soluciones para cada uno de estos sectores, junto con sugerencias específicas sobre cómo crear un mercado de bioenergía asequible, fiable y sostenible.

La Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) realiza en 2020 un Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina con etanol en Costa Rica, dicha investigación evalúa el propósito de dotar a RECOPE de la infraestructura idónea para la adición de etanol en las gasolinas, a nivel nacional. Este proyecto se adscribe al Programa Nacional de Biocombustibles, el cual persigue el desarrollo de una industria de biocombustibles, que contribuye a la seguridad energética, la eficiencia energética, la mitigación del cambio climático, la reactivación del sector agrícola y el desarrollo socioeconómico nacional.

## **I.2 Antecedentes Históricos**

La historia de los biocombustibles nace prácticamente con el uso de los hidrocarburos como fuente de energía y se remonta a finales del siglo XIX. En el año 1895 se comienzan a usar aceites vegetales como combustible para motores de combustión interna. El Dr. Rudolf Diésel desarrolla el primer motor diésel, cuya primera prueba se realiza con aceite de maní (Callejas,2099).

En 1908 Henry Ford realiza el primer diseño de su automóvil modelo T, donde se utiliza el etanol como combustible. La Standard Oil se desarrolla a principios de los años veinte, en el área de Baltimore, 25% del etanol en gasolina, pero los elevados precios del maíz junto con los altos costos de almacenamiento y las dificultades en el transporte, hacen abandonar el proyecto además el petróleo irrumpe en el mercado más barato, eficiente y disponible (Maciel,2009).

En 1938 se emplea la primera experiencia de un biocombustible en el transporte público al utilizar biodiesel en la línea de ómnibus Bruselas-Lovaina en el curso de la Segunda Guerra Mundial (Maciel,2009).

Brasil, por su parte, produce etanol a partir de la caña, e incluso cuando se encuentran las administraciones brasileña y norteamericana se plantea el cultivo de caña de azúcar a gran escala para aprovechar como bioenergético. En Brasil la crisis del petróleo tiene una fuerte repercusión, por lo tanto, en el año 1975, se desarrolla el proyecto Proalcohol, cuyo objetivo es reemplazar el uso de los hidrocarburos (Maciel,2009).

En la década de los sesenta se vive una crisis del petróleo que disminuye la oferta, por lo que produce un aumento de precio, así como el precio de la gasolina, que aumenta al 100%. A fines de 1979, a raíz de la crisis de los precios del petróleo, se establece una mezcla de gasolina y etanol: los biocombustibles se presentan como una alternativa al alza de los precios del petróleo y al posible agotamiento de los recursos no renovables (Maciel,2009).

En el año 2008, los biocombustibles generan un nuevo impulso para los combustibles tradicionales y el incremento de los precios de los alimentos. Emplear el uso de biocombustibles como el etanol para sustituir el petróleo permite disminuir los efectos negativos que tiene este sobre el medio ambiente (Maciel,2009).

## **CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL**

El etanol es una sustancia química conocida como alcohol etílico cuya fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ . A temperatura normal se caracteriza por ser un líquido incoloro e inflamable en punto de ebullición de 78 grados centígrados, se genera a partir de la fermentación de productos que presentan una elevada cantidad de carbohidratos. Se emplean tres familias de materias primas para la obtención del etanol, sacarosa, almidones y celulosa. El etanol se puede utilizar mezclado con otros combustibles, como la gasolina para generar un mejor índice de octano, medida de la cualidad antidetonante que requiere el combustible para ser resistente, con el nivel adecuado se evita la auto detonación y se logra un foco de llama dado por el encendido en el momento preciso, para obtener una combustión más efectiva.

### **II. 1 Propiedades del Etanol**

El etanol es un líquido transparente, incoloro con un olor característico y un sabor ardiente. La masa molar del alcohol etílico es de 46,06 g/mol. Su punto de fusión y de ebullición son de  $-114\text{ }^\circ\text{C}$  y  $78\text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente. Es un líquido volátil y su densidad es de 0.789 g/ml. El alcohol etílico es también inflamable y produce una llama azul sin humo (Díaz, 2008).

Es miscible con agua y en la mayoría de los disolventes orgánicos tales como ácido acético, acetona, benceno, tetracloruro de carbono, cloroformo y éter. Un hecho interesante es que el etanol es también miscible en disolventes alifáticos tales como pentano y hexano, pero su solubilidad depende de la temperatura (Díaz, 2008).

El etanol es el representante más conocido de los alcoholes. En esta molécula, el grupo hidroxilo está en un carbono terminal, dando como resultado una alta polarización de la molécula.

En consecuencia, el etanol puede formar fuertes interacciones, como los enlaces de hidrógeno y la interacción dipolo-dipolo. En agua, el etanol es miscible y las interacciones entre los dos líquidos son tan altas, que dan lugar a una mezcla conocida como azeótropo, con características diferentes a los dos componentes (Diaz, 2008).

**Tabla 1**

*Propiedades físicas del etanol*

<b>Propiedad</b>	<b>Etanol</b>
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	810 kg/m <sup>3</sup>
Masa molecular	46,07 uma
Punto de fusión	158,9 K
Punto de ebullición	351,6 K

Nota: Información recuperada de Modulo 3. (2017). Características Físicas y Químicas del Etanol y Combustibles de Hidrocarburos

**Tabla 2**

*Propiedades Químicas del etanol*

<b>Propiedad</b>	<b>Etanol</b>
Acidez (pKa)	15,9
H <sub>0</sub> gas	-235.3 kJ/mol
H <sub>0</sub> líquido	- 277.6 kJ/mol
S <sub>0</sub> líquido	1 bar 161.21 J/mol-1K/-1

Nota: Información recuperada de Modulo 3. (2017). Características Físicas y Químicas del Etanol y Combustibles de Hidrocarburos

## **II. 2 Combustibles**

Un combustible es un material que, por sus propiedades, arde con facilidad. El concepto suele aludir a la sustancia que, al oxidarse cuando se enciende, desprende calor y libera energía que pueda aprovecharse. Generalmente el combustible libera energía de su estado potencial a un estado utilizable, sin importar si se hace de manera directa o mecánicamente, originando

como residuo el calor. Esto quiere decir que los combustibles son sustancias capaces de ser quemadas o que son propensas a quemarse (Gardey, 2018).

Existen diversas clases de combustibles: están los combustibles sólidos como el carbón, la madera y la turba natural, entre los combustibles comburentes se encuentran el diésel (gasóleo o gasoil), el queroseno, la gasolina (nafta), y entre los gaseosos, el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. La principal característica de un combustible es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) de combustible, llamado poder calorífico, se mide en Joules por kilogramo, en el sistema internacional (SI) (Marimar,2019).

Cuando se habla de combustibles, la gasolina es el más conocido. El índice de octano es la unidad en que se expresa el poder antidetonante de una gasolina o de otros carburantes en relación con cierta mezcla de hidrocarburos que se toma como base. Los octanos determinan la manera en que hace combustión la gasolina en el cilindro del motor y tienen una unidad de medida entre 0 y 100 (Marimar,2019).

### **II.2.1 Etanol como combustible**

El etanol se caracteriza como un líquido incoloro, de olor ardiente, fácilmente inflamable, de llama azulada, muy higroscópico. Se utiliza anhidro o hidratado. El etanol anhidro posee menos de un 0,1% de agua en su composición, es más adecuado para la mezcla carburante con la gasolina (Fair Companies, 2007).

El bioetanol se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien como único combustible o en mezclas, por razones de miscibilidad entre ambos productos. Se requiere un volumen de etanol de 5% a 10% para climas fríos y templados, y para zonas cálidas un volumen

de etanol de 20%. El bioetanol se obtiene a partir de materia vegetal o biomasa lignocelulósica (Díaz, 2008).

### **II. 3 Biomasa**

Mateos Moreno. (2006) define la biomasa como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Toda esta variedad, en cuanto a orígenes, de posibles materiales a incluir en este término, tiene como nexo común el derivar directa o indirectamente del proceso de fotosíntesis. Por esta razón se presenta de manera periódica y no limitada en el tiempo, o sea, de forma renovable.

Teniendo en cuenta la definición anterior, ésta se puede clasificar, atendiendo a su origen, en: Biomasa Vegetal, Animal y Residual. La vegetal incluye a toda la biomasa de procedencia vegetal. Incluye la biomasa lignocelulósica y a los productos de la agricultura conteniendo azúcares, almidones y proteínas, como granos, frutos y otros. La biomasa puede ser: La biomasa natural es la que se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del entorno.

La biomasa residual es todo desecho de materia orgánica proveniente de los seres vivos, ya sea por vía natural o debido a la intervención de las tecnologías del hombre. Incluye los residuos forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los residuos biodegradables (efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas, entre otros). Los residuos orgánicos que a menudo se consideran un subproducto, pueden llegar a cobrar un valor muy importante en los procesos productivos (Moreno, 2006).

## **II. 4 Materias primas para producir Etanol**

El etanol se obtiene por fermentación de los azúcares procedentes, principalmente, de caña de azúcar y maíz, siendo el biocarburante que se produce en mayor cantidad en el mundo. El producto resultante del proceso de fermentación de los azúcares contiene una gran cantidad de agua que es preciso eliminar para poder utilizarlo como carburante. Se emplean tres familias de materias primas para la obtención del etanol. Azúcares procedentes de la caña o de la remolacha; almidones procedentes de cereales como maíz, yuca, cebada o trigo, y celulosa y hemicelulosas procedentes del material lignocelulósico de los vegetales (Salvador, 2010).

La sacarosa se encuentra en la caña de azúcar y en la melaza, entre otros. La caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas para la elaboración de etanol, debido a que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables.

Los almidones se encuentran en cereales como el maíz, el trigo y la cebada, y en tubérculos como la yuca y la papa. Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular, que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión, introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación. Sin embargo, existen algunos cultivos como los de yuca, que pueden ser desarrollados con una mínima cantidad de insumos. La celulosa se encuentra en la madera, en los residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo, la complejidad de sus azúcares hace que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa (Salvador, 2010).

## **II. 5 Principales mezclas de Etanol**

El uso del etanol como combustible, reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y la contaminación ambiental, reemplazando un porcentaje de la gasolina que utilizan los automóviles por etanol. Con una mezcla de etanol-gasolina, en la cual del 10% al 25% corresponde a Etanol, se logra un índice de octano entre 70 y 75, mayor que el de la gasolina sin mezclar. Este tipo de mezclas permite aumentar la compresión en el motor, dan un funcionamiento más regular, su recalentamiento es menor y por lo tanto se puede utilizar a un mayor número de revoluciones (Diaz, 2008).

El etanol (E85) es una mezcla de 85% etanol y 15% gasolina. Tiene un alto octanaje y es sumamente limpio para el medio ambiente, reduciendo los hidrocarburos y los efectos de los gases contaminantes. Esta mezcla tiene un octanaje de cerca de 105, lo cual es sensiblemente más bajo que el etanol puro, pero mucho mayor que el de la gasolina normal. El etanol (E10) es una mezcla de un 10% de etanol y un 90% de gasolina que puede usarse en los motores de la mayoría de los automóviles modernos sin producir daños en ellos. Son parecidas las mezclas E5 y E7, con un 5 y 7% de etanol, respectivamente (Diaz, 2008).

**Tabla 3**

*Principales mezclas de etanol y gasolina*

<b>Nombre común</b>	<b>Conc. Etanol</b>	<b>Acrónimo</b>
Etanol	100%	Alcohol Etílico, Alcohol Destilado, Bebidas Alcohólicas
Etanol Desnaturalizado	95-98%	E98-E98 Etanol combustible
E85	85%	Ethanol flex-fuel
E15	15%	Gasolina sin plomo
E10	10%	Gasolina sin plomo

Nota: Información recuperada de Diaz, R. (2008). lifeder.com. Alcohol Etílico: Fórmula, Propiedades, Riesgos y Usos

## **II.6 Ventajas del etanol**

Proporciona una fuente de energía prácticamente renovable y por lo tanto inagotable. Revitaliza las economías rurales y genera empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.

El CO<sub>2</sub> que se produce en la combustión, por medio de la atmosfera permite estimular el crecimiento de las plantas, con lo que disminuye el efecto invernadero. (Ortega, 2014).

Disminuye la dependencia, de los países agro-productores, del abastecimiento de combustibles fósiles por parte de los países productores de petróleo (en términos de macroeconomía).

Es menos inflamable que la gasolina, por lo tanto, es más seguro. Alto número de octano, lo que reduce las emisiones de monóxido de carbono y no contamina las fuentes de agua superficiales. Su empleo favorece el aprovechamiento de materias primas y recursos renovables nacionales como la caña de azúcar, la yuca, el sorgo, etc., incluyendo, además, la gran cantidad de residuos lignocelulósicos que tienen posibilidad de transformarse en alcohol etílico. (Ortega, 2014)

Puede posibilitar que se fomente el comercio y el empleo en las zonas rurales deprimidas, pues se contrarresta la migración hacia los centros urbanos. Una de las principales consecuencias es el aumento en el valor que reciben los productores de bienes básicos agrícolas por su producción, lo cual también tiene efectos sobre el costo vida. Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días, mientras que los combustibles fósiles pueden durar años para degradarse. (Ortega, 2014)

## **II.7 Desventajas del Etanol**

Tiene gran necesidad de espacios de cultivo dado el bajo rendimiento en combustible, supuesto un contenido de azúcar del 40% extraído de la cultivación de caña originaria, se obtiene de sus melazas un 18% de alcohol como máximo, y finalmente solo el 7% de combustible del total del cultivo inicial.

Causa la potenciación de monocultivos intensivos, con el consiguiente uso de pesticidas y herbicidas que terminan dañando otras especies y contaminando las aguas, así como afectando la biodiversidad biológica. (Ortega, 2014)

Su producción es más costosa que la obtención de gasolina a partir del petróleo. La gasolina mezclada con etanol conduce la electricidad y su presión de vapor de Reid (RVP) es más alta, lo que implica una mayor volatilización, que puede contribuir a la formación de ozono y de smog. En el caso del etanol producido por el sector azucarero, existe el riesgo de que en dependencia de la coyuntura del mercado interno y externo del azúcar, los ingenios azucareros puedan optar por la disminución de la producción de etanol cuando los precios del azúcar sean especialmente altos en el contexto internacional. (Ortega, 2014)

Otro de los grandes temores cuando se implementa un programa de oxigenación de la gasolina con etanol es la presión que puede generar sobre los precios de los alimentos relacionados con las materias primas para la producción de etanol, como por ejemplo el azúcar, la panela y el maíz. (Ortega, 2014)

## **II.8 Densidad energética**

La densidad energética es la cantidad de energía que puede almacenarse en un sistema, sustancia o región de espacio. La densidad energética se puede medir en energía por volumen o por masa. Cuanto mayor es la densidad de energía de un sistema o material, mayor es la cantidad de energía que tiene almacenada. (Donev, 2021).

### **II.8.1 Densidad energética del combustible**

Hay muchos materiales diferentes que pueden almacenar energía, desde los alimentos hasta el diésel o el uranio. Estos materiales se conocen colectivamente como combustibles, y todos ellos se utilizan como fuentes de energía para diversos sistemas. Cuando los combustibles provienen directamente de la naturaleza (como el petróleo crudo) son combustibles primarios; cuando los combustibles tienen que ser modificados para poder ser utilizados (como la gasolina) se denominan combustibles secundarios. La siguiente tabla muestra la densidad energética de una serie de combustibles comunes (Donev, 2021).

**Tabla 4**

*Densidad energética para diferentes combustibles*

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Densidad energética (MJ/Kg)</b>
Etanol	26.8
Biodiésel	38
Diesel	45
Gasolina	46
Gas natural	55
Hidrógeno	120

Nota: Adaptación, Ethan Boechler, J. E. (9 de noviembre de 2021). Enciclopedia de energía.

## **II.9 Comparación de etanol con Combustibles Fósiles y Alternativos**

Los combustibles alternativos son fuentes de energía renovables empleados en sustitución de los combustibles fósiles, producen menos contaminación que la gasolina o el diésel. Entre los principales combustibles alternativos están: etanol, biodiésel, electricidad, hidrógeno y gas natural. Los combustibles fósiles son recursos no renovables procedentes de la biomasa a partir de restos orgánicos fosilizados. Entre los principales combustibles fósiles están: petróleo, gas natural y carbón.

### **II.9.1 Hidrógeno**

El elemento más simple y abundante en el universo, es el hidrógeno. A las temperaturas y presiones presentes en la superficie de la Tierra, se trata de un gas (H<sub>2</sub>) incoloro e inodoro. Sin embargo, el hidrógeno rara vez se encuentra solo en la naturaleza, por lo general, se encuentra formando enlaces con otros elementos en compuestos (Escobar, F. G, 2009).

### **II.9.2 Biodiesel**

Un combustible renovable se puede obtener principalmente a partir de aceites vegetales, animales, así como de aceites reciclados. El biodiésel tiene una ventaja ecológica en comparación con el diésel de origen fósil, ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero. El biodiésel es un líquido de color amarillo claro a amarillo oscuro, es inmisible con el agua, tiene una viscosidad similar a la del diésel que se obtiene del petróleo y se puede mezclar con éste con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos automotores con motores de ciclo diésel (Escobar, F. G, 2009).

### **II.9.3 Gas natural**

Una mezcla de hidrocarburos, compuesta principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ), en condiciones atmosféricas se presenta en forma gaseosa. Es un gas incoloro e inodoro, y se encuentra principalmente en las cavidades rocosas de las formaciones geológicas, las cuales pueden formar grandes acumulaciones de gas. Generalmente, se encuentra en la misma formación geológica que el petróleo crudo, pero también puede ser encontrado solo. El metano, principal componente del gas natural, tiene una densidad con relación al aire mucho menor, es decir, el gas natural tiene un menor peso que el aire, por lo que en la atmósfera se dispersa rápidamente (Escobar, F. G, 2009).

### **II.9.4 Petróleo**

Líquido natural oleaginoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos que se presentan en la naturaleza, en lechos geológicos continentales o marítimos, ya sea en estado sólido, líquido, o gaseoso, estas tres fases pueden pasar de una a otra por efecto de cambio de presión y temperatura. Es un recurso no renovable con apariencia de líquido aceitoso, que se encuentra saturado.

Una recopilación de la información más relevante sobre la comparación de los combustibles fósiles y alternativos se presenta a continuación.

Tabla 5

Comparación combustibles fósiles y alternativos

<b>Combustibles</b>	<b>Etanol</b>	<b>Hidrógeno</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Petróleo</b>
<b>Número de octano</b>	110	130+ (f)	Similar al de la gasolina	120+ (d)	Gasolina regular 89 y premium 95
<b>Fuentes principales</b>	Maíz, granos o desechos agrícolas (celulosa)	Gas natural, metanol y electrolisis	Grasas y aceites procedentes de semillas de soja, grasas de animales y canola.	Reservas subterráneas	Yacimientos enterrados por millones de años
<b>Poder calorífico inferior</b>	76,330 Btu/gal para E100	51,585 Btu/lb	119,550 Btu/gal para B100 (g)	20,268 Btu/lb (g)	19,786.76 Btu/lb
<b>Poder calorífico exterior</b>	84,530 Btu/gal	61,013 Btu/lb	127,960 Btu/gal para B100 (g)	22,453 Btu/lb (g)	20,325.01 Btu/lb
<b>Comparación energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	E100 contiene 66% y E85 contiene de 72% a 77%.	1 lb de H <sub>2</sub> tiene 44.4% de energía contenida en 1 gal de gasolina.	B100 tiene 103% de la energía de la gasolina o el 93% del diésel, B20 tiene el 109% de la gasolina o 99% del diésel.	1 lb CNG tiene 17.5% de la energía de 1 gal gasolina.	-----
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	Mezclas de 10% todos los vehículos y mezclas entre 10% y 85% vehículos Flex Fuel.	Autobuses disponibles por pedidos especiales y algunos vehículos ligeros arrendados.	La mayoría de los vehículos diésel pueden utilizar mezclas de biodiésel hasta 20%.	Hay muchas clases de vehículos disponibles.	Todos los vehículos
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto
<b>Seguridad</b>	Menos tóxico e inflamable	Poco tóxico e inflamable	No tóxico y poco inflamable	Tóxico e inflamable	Tóxico e inflamable

Nota: Información recuperada de Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

## **II. 10 Métodos de producción**

A continuación, se presentan los métodos de producción del etanol.

### **II. 10.1 Proceso de producción de etanol a partir de la caña de azúcar**

El proceso de la obtención del etanol a base de caña de azúcar comienza primero con la extracción del jugo y su acondicionamiento luego se procede con la fermentación, luego sigue la separación y deshidratación por medio de operaciones unitarias y por último tratamientos de sus efluentes como se describe a continuación (Ortega, 2014).

**Acondicionamiento:** Consiste en lavar inicialmente la caña con agua a 40°C y posteriormente una molienda o trituración donde se extrae el jugo azucarado con agua a 60°C, se retira como subproducto el bagazo con un contenido de fibra de alrededor del 46% que se utiliza en la generación de vapor. El jugo de caña que se obtiene se somete a un proceso de clarificación en el que se le agrega óxido de calcio y una pequeña porción de ácido sulfúrico con el fin de disminuir el pH a 4,5 y provocar la hidrólisis de la sacarosa en hexosas.

**Fermentación:** En esta etapa se lleva a cabo la fermentación de la glucosa y una parte de la fructosa en etanol y dióxido de carbono, mediante la levadura *saccharomyces cerevisiae* que es continuamente recirculada desde una centrífuga ubicadas aguas abajo del fermentador. Los gases formados en la fermentación se retiran y envían a una torre de absorción en la cual se debe recuperar el 98% en masa del etanol que se arrastra (Ortega, 2014).

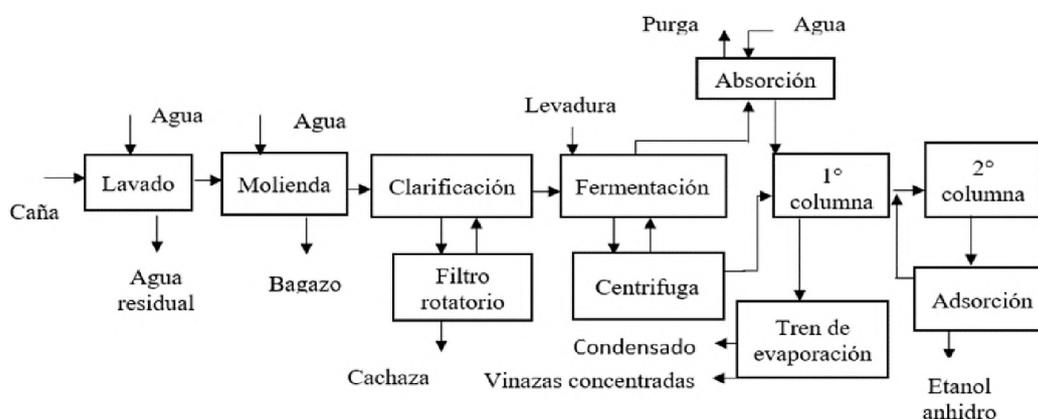
**Separación y deshidratación:** La destilación y la absorción con tamices moleculares se usan para recuperar el etanol del caldo de fermentación obteniéndose etanol a 99,5% en peso de pureza. La destilación se lleva a cabo en dos columnas, la primera remueve el CO<sub>2</sub> disuelto, que se envía a la torre de absorción y la mayoría del agua obteniéndose un destilado con 50%

en peso de etanol y unos fondos con una composición inferior a 10, 1% en peso; en esta columna se alimenta junto al caldo de fermentación el etanol que se recupera en la absorción proveniente de los gases de fermentación. La segunda columna concentra el etanol hasta una composición cercana a la azeotrópica. El agua restante es removida de la mezcla mediante absorción en fase vapor en dos lechos de tamices moleculares. El producto de la regeneración de los tamices es recirculado a la segunda columna de destilación (Ortega, 2014).

Tratamiento de efluentes: De las aguas de residuo en el proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar las de mayor volumen son aquellas que provienen de los fondos de la primera columna de destilación, conocidas como vinazas. El tratamiento propuesto consiste en su evaporación y posterior incineración. La función del tren de evaporación, cuatro efectos es concentrar los sólidos solubles y demás componentes poco volátiles presentes en las vinazas hasta un valor cercano al 12% en peso, ya que en esta concentración se hacen aptas para su incineración (Ortega, 2014).

### Figura 1

*Esquema de producción del etanol a partir de la caña de azúcar.*



Nota: Adaptación Jaime Enrique Anaya Ortega, I. J. (2014). Elementos De Sostenibilidad Para La Producción y Uso. Cartagena Bolívar.

### **II.10.2 Proceso de producción de etanol a partir de la yuca**

La siembra de la yuca se adapta a diferentes condiciones geográficas, tolera sequías pues la fisonomía de la planta tiene mecanismos de defensa y puede adaptarse a los cambios climáticos. La descripción del proceso de la yuca comienza a partir de la cosecha hasta su desnaturalización, como se describe a continuación (Ortega, 2014).

**La cosecha y transporte:** Luego de cosechar la yuca debe ser transportada a la planta en un plazo de 48 a 72 horas y en radio de 10 a 15 Km de la planta, puesto que unos de los problemas que se dan es el deterioro fisiológico postcosecha del tubérculo.

**Lavado:** Luego de transportar los tubérculos a la planta se deben eliminar los residuos de arena y tierra, esto se lleva a cabo con una mezcla de agua y desinfectantes para evitar la contaminación del material.

**Pelado:** Ya lavada la yuca se procede a retirar la piel exterior, al realizar este proceso se generan 20 Kg/ton de residuos que se pueden secar y se transforman en material de compostaje.

**Picado:** Luego de realizar los pasos anteriores el material se somete a un proceso de picado, seguido de la hidrólisis donde la pulpa de la yuca es mezclada con efluentes del proceso o con agua para ajustar el contenido de sólidos y se le adicionan enzimas estabilizadoras para el pH.

**Licuefacción:** El almidón se somete en un reactor para producir los azúcares. A la mezcla se le agregan componentes químicos, enzimas estabilizadas con calor. En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura estas altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el almidón (Ortega, 2014).

**Sacarificación:** La masa que sale de la licuefacción es refrescada a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua y se le agrega una enzima secundaria glucoamilasa para convertir las moléculas del almidón que se acaba de licuar, en azúcares fermentables. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios (Ortega, 2014).

**Fermentación:** A la masa sacarificada se le agrega levadura para fermentar los azúcares, cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono. Usando un proceso continuo, la masa fluye a través de varios fermentadores hasta que fermente completamente (Ortega, 2014).

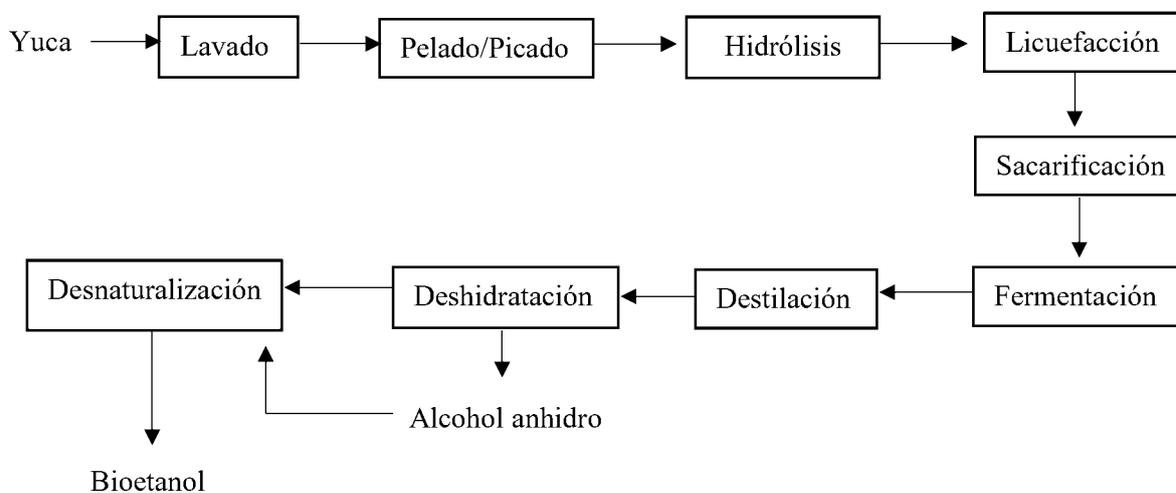
**Destilación:** La masa fermentada, ahora contiene alcohol, cerca del 15% y agua al 85%, así como todos los sólidos no fermentables de la yuca y de la levadura. La masa entonces será bombeada a flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol sale de la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, es transferido de la base de la columna para su procesamiento como subproducto (Ortega, 2014).

**Deshidratación:** El alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se le denomina alcohol anhidro (Ortega, 2014).

**Desnaturalizado:** El etanol que se usa como combustible se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña de 2-5% de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano (Ortega, 2014).

**Figura 2**

*Esquema de producción de etanol a partir de la yuca.*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

### II.10.3 Proceso de producción de etanol a partir del maíz

Los principales países productores de maíz son los Estados Unidos con 282 millones de toneladas, China con 139 millones, la Unión Europea con 48 millones, Brasil con 41 millones y México con 19.2 millones de toneladas, que representan el 2.8% del total mundial. Para la producción de etanol a partir del maíz se tiene dos procesos de molienda en seco y molienda humedad (Ortega, 2014).

#### II.10.3.1 Molienda en húmedo

Recepción y limpieza: La materia prima se recibe y se analiza el contenido de humedad, presencia de mohos y apariencia general. Si cumple con los controles estándar de calidad se envía a un sistema de limpieza y posterior almacenamiento (Ortega, 2014).

Maceración del grano: El grano se remoja en tanques por 30-50 horas a temperaturas de 49 o 54 °C en agua que contiene del 0,1 al 0,2 % de dióxido de azufre, esta ayuda a separar el almidón y la proteína soluble y permite prevenir el crecimiento de microorganismos no deseados manteniendo el pH cerca de 4. En el agua de remojo se disuelve un 6% de materia seca utilizable en la alimentación de ganados (Ortega, 2014).

Molienda gruesa: Se muele el grano que se ablanda en un molino de fricción y se libera el germen sin fragmentarlo, el cual se separa del resto del grano con hidrociclón, se lava para quitarle el almidón adherido y se deseca para la posterior producción de aceite.

Molienda fina: El material restante se muele con molinos de impacto. Con el objetivo de separar el almidón y las proteínas de la fibra. La fibra se elimina por tamizado y se lava para quitar el almidón que se adhiere, se escurre, con presión, y se deseca para su utilización como alimento animal (Ortega, 2014).

Separación del gluten y almidón: La mezcla almidón-proteínas, gluten, se separa mediante centrifugas continuas. El gluten con un 60-70% de proteína se centrifuga y se seca. Este se utiliza como alimento animal. El almidón se purifica por recentrifugación para reducir el contenido de proteínas a menos de 0.3 %.

Licuefacción: El almidón se mezcla con agua de proceso y enzimas, alfa amilasa, se calienta para permitir la licuefacción a 83 °C. Posteriormente se agregan componentes químicos como nutrientes y regulación de pH y se esteriliza a 110 °C, a continuación, la sacarificación, aquí la solución es enfriada a 60 °C tras el agregado de otra enzima glucoamilasa que convierte las moléculas de almidón en azúcares simples (Ortega, 2014).

Fermentación: El mosto se enfría a 35 °C y se le adiciona levadura, *Saccharomyces cerevisiae*. Esta mezcla es fermentada por 2 días donde los azúcares se convierten en etanol.

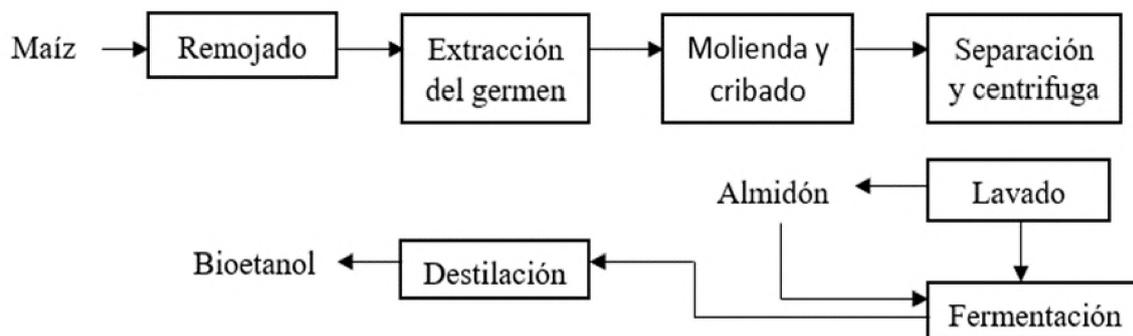
Recuperación de la levadura: El producto de la fermentación se pasa a través de una centrífuga donde se separa la levadura del resto. Esta es concentrada y tratada con ácido para eliminar las bacterias con el objetivo de ser reutilizada (Ortega, 2014).

Destilación: El mosto, en una primera etapa, se concentra hasta un 50 o 70%. Luego se envía a una columna de purificación donde se separa por cabeza las impurezas (aldehídos y algunos ésteres) y por la parte inferior un líquido residual que se conduce a la columna de rectificación (Ortega, 2014).

Almacenamiento: El alcohol se condensa y se envía a tanque de almacenamiento.

#### Figura 4

*Esquema de producción de etanol a partir del maíz molienda húmeda.*



Nota: Adaptación Jaime Enrique Anaya Ortega, I. J. (2014). Elementos De Sostenibilidad Para La Producción y Uso. Cartagena Bolívar.

### II.10.3.2 Molienda en seco

Recepción y limpieza: La materia prima se recibe y se analiza el contenido de humedad, presencia de mohos y apariencia general. Si cumple con los controles estándar de calidad se envía a un sistema de limpieza y posterior almacenamiento (Ortega, 2014).

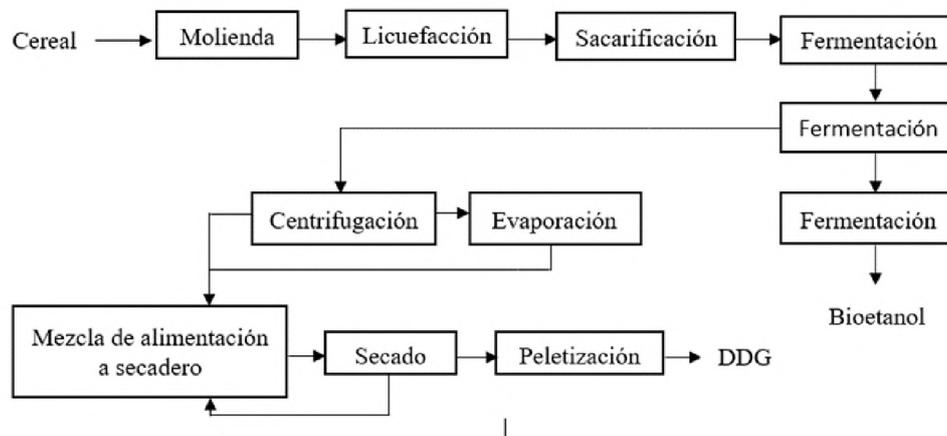
Molienda: Se utiliza un molino de martillo con el propósito de romper el grano facilitando la penetración del agua en la etapa licuefacción (Ortega, 2014).

Licuefacción, sacarificación y fermentación: Son semejantes a las correspondientes en la molienda húmeda, diferenciándose en que el total de los componentes del grano se utilizan en estas etapas (Ortega, 2014).

Destilación: Se carga el mosto que se fermenta, en la primera columna donde se separa el material sólido que se deposita en el fondo, continuando las etapas de concentración, purificación y rectificación, coincidiendo estas con las de la molienda en húmedo.

### Figura 3

*Esquema de producción molienda en seco.*



Nota: Adaptación Jaime Enrique Anaya Ortega, I. J. (2014). Elementos De Sostenibilidad Para La Producción y Uso. Cartagena Bolívar.

#### **II.10.4 Proceso De Producción De Etanol A Partir De La Remolacha**

A continuación, se describe el proceso de producción del etanol a partir de la remolacha desde la siembra hasta la finalización del etanol (Ortega, 2014).

Cosecha: Las remolachas son obtenidas de cultivos cercanos a la planta de producción, en estos cultivos las personas encargadas de una recolección manual se encargan de arrancar, y transportan la materia prima hasta la planta.

Pesado, almacenaje y lavado: Los tubérculos se pesan en una bodega para luego comenzar su transformación. El almacenado del tubérculo no puede exceder más de un día debido a que pierden agua y disminuyen su concentración de azúcares, así solo se almacena la cantidad adecuada y requerida para el proceso. A continuación de aquí salen 2 corrientes, la primera es la corriente de lavado que contiene todo lo que se retira de la materia prima, esta corriente es dirigida a través de tuberías y bombas hasta una planta de tratamiento de agua residual. La otra, de interés en el proceso, son los tubérculos que se lavan, estos se retiran del tanque y por otro sistema de bandas transportadoras se llevan hasta una báscula para ser pesadas, obtenida la cantidad requerida para el proceso, sigue su camino por las bandas hasta llegar a un molino de cuchillas que reduce su tamaño a trozos entre 2.5 y 5 cm (Ortega, 2014).

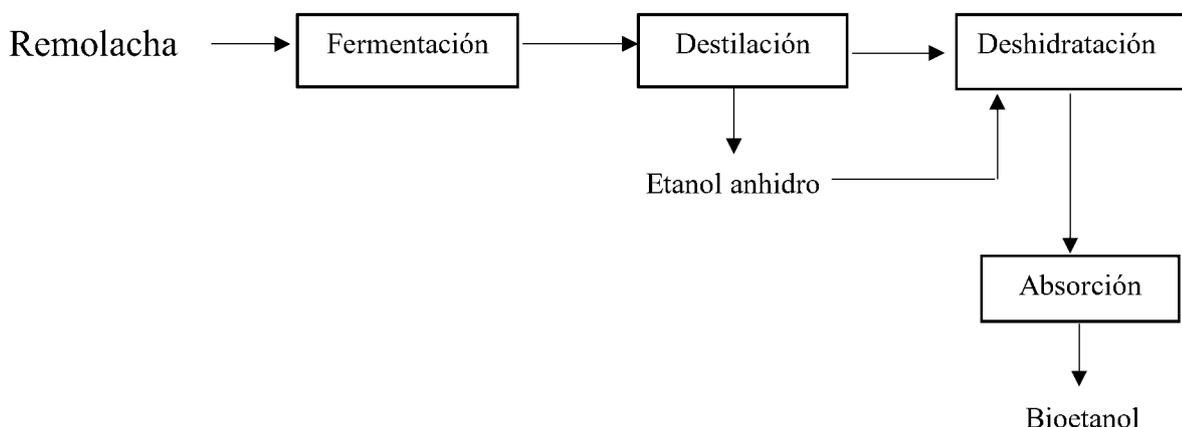
Extracción de la azúcar: El azúcar está dentro de la remolacha y tiene que ser extraída. Para extraer el azúcar, la remolacha primero se corta en rebanadas alargadas. El azúcar se extrae de la remolacha difundiéndola hacia fuera con agua caliente. Esto se hace en un recipiente grande (Ortega, 2014). El líquido pasa a un evaporador para aumentar su concentración de azúcares, es decir elevar de 7 ° brix a 14 ° brix los azúcares del extracto, removiendo el exceso de agua que se gana en todo el proceso. El jugo se bombea por una tubería hasta el fermentador,

allí se le adiciona la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* para la fermentación. Luego de terminar el proceso de fermentación, el mosto que se obtiene pasa a una centrífuga, donde se separan los residuos sólidos que se generan en la fermentación y se purifica el mosto.

Destilación: Se lleva a cabo en dos columnas, en la primera se remueven los componentes más pesados y el etanol que se produce tiene un porcentaje en volumen de aproximadamente 70%. En la segunda columna se remueve agua y otros componentes que permiten elevar el contenido de etanol a un 95-96 %. Como el producto que se obtiene tiene que ser libre de agua, para utilizar como combustible, es necesario un nuevo proceso de separación en un sistema de absorción por medio de tamices moleculares que retienen la humedad del etanol y obtenemos un producto puro con más del 99% en volumen de etanol.

### Figura 5

*Esquema de producción del etanol a partir de la remolacha.*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**SEGUNDA PARTE**

**MARCO METODOLÓGICO**

## **CAPITULO III METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se describe el método que se utiliza para analizar la investigación mediante la recopilación, ordenamiento y análisis de los datos, proporcionando una interpretación de la información, resultados y conclusiones sobre los datos de la investigación.

### **III.1 Tipo y diseño de investigación**

El presente estudio tiene una modalidad de investigación según su propósito es teórica, que tiene por objetivo la generación de conocimiento. En este caso, se recurre a la recolección de datos apoyándose estrictamente en documentos confiables para generar nuevos conceptos generales, siendo la base que guía las innovaciones posteriores con respecto al tema (Ayala, 2020).

De acuerdo con su profundidad, el diseño del estudio a realizar es descriptivo refleja las características del etanol como combustible, su aplicación industrial, el proceso de producción, impacto ambiental, relevancia nacional e internacional.

También es cuantitativo, se lleva a cabo tomando en cuenta conclusiones estadísticas para recopilar información procesable, es correlacional no es experimental en el mismo se miden y relacionan variables con el fin de definir la factibilidad de una planta de etanol.

Es explicativo, muestra ideas y pensamientos del investigador, ya que dependen principalmente de su inclinación luego de analizar los datos proporcionados durante la investigación.

### **III.2 Procedimiento**

La metodología propuesta es el desarrollo en fases, fundamentándose en la realización del estudio de mercado, técnico, administrativo, financiero, ambiental y organizacional para determinar la factibilidad y viabilidad del proyecto.

Mediante un estudio detallado del mercado, la determinación de los recursos, el diseño preliminar del proyecto, con la descripción de los procesos técnicos, la determinación de precios del etanol, estimado de costos de operación y evaluación económica de su operación, proporcionando datos estimados cuantitativos de la demanda, todo esto se obtienen en el desarrollo de los estudios necesarios para completar las fases del proyecto de factibilidad (Echeverría Ruíz, 2017).

Las preguntas para analizar durante el desarrollo del proyecto son;

- ¿Es factible y conveniente avanzar en el desarrollo del proyecto, o por el contrario se debe desechar la idea?
- ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para la puesta en marcha en caso de que sea conveniente hacerlo?
- ¿Qué aspectos deben ser estudiados con más detalle antes de tomar una decisión definitiva?

Los estudios de prefactibilidad deben conducir a la obtención de los diseños de mercado, organizacionales, técnicos y financieros que constituirán la base para la planificación del proyecto y su futura ejecución. Este estudio de forma general tiene por objetivo decidir sobre la posibilidad y conveniencia de realizar una planta de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana y determinar cuál es la mejor forma de hacerlo, esta investigación sirve como base objetiva para decidir sobre su continuidad y escoger las mejores alternativas para su realización (Solarte Pazo, 2001).

### III.2.1 Estudio de Mercado

**Objetivo:** Determinar la demanda y oferta, analizar las características y especificaciones del producto requeridas e identificar las características de los clientes.

**Métodos:**

1. Preparación logística y programación.
2. Delimitación del alcance y objetivos del estudio.
3. Determinación de población objeto.
4. Identificación de enfoques investigativos apropiados.
5. Diseño de mecanismos de recolección de información, por medio de la observación/investigación y encuestas.
6. Determinación de tamaño de muestra.
7. Recolección de información.
8. Procesamiento y análisis de información.
9. Conclusiones

### III.2.2 Estudio Técnico

**Objetivo:** Seleccionar la mejor alternativa de maquinarias y equipos, determinar el tamaño del proyecto y diseñar el proyecto en detalle.

**Métodos:**

1. Análisis de proyectos similares.
2. Cuantificación de variables técnicas.
3. Diseño del tamaño de proyecto, capacidad y localización.
4. Análisis de riesgos técnicos.
6. Identificación de requerimientos necesarios.

### III.2.3 Estudio Financiero

**Objetivo:** Determinar la rentabilidad del proyecto y decidir sobre su conveniencia.

**Métodos:**

1. Identificación de alternativas
2. Selección de métodos de evaluación
3. Recolección de información
4. Flujo de fondos estimados
5. Cálculo de rentabilidad estimada
6. Comparación de alternativas económicas
7. Consulta con expertos
8. Análisis de riesgos financieros
9. Consulta de fuentes de financiamiento

### III.2.4 Estudio Organizacional

**Objetivo:** Determinar el impacto del proyecto en la organización, determinar la capacidad de la organización para realizar el proyecto y los ajustes organizacionales que se requieren.

**Métodos:**

1. Conformación de equipo de análisis de la organización.
2. Análisis de implicaciones del proyecto.
3. Identificación de requerimientos de ajuste a la organización.
4. Decisión sobre la conveniencia de ejecución del proyecto, desde el punto de vista organizacional.

## **TERCERA PARTE**

### **PRESENTACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

## CAPITULO IV EVALUACION DE MATERIAS PRIMAS

Este capítulo se centra en estudiar las diferentes materias primas disponibles en el país para la obtención de etanol, con el fin de escoger la más apta para realizar nuestro estudio de prefactibilidad y con la intención de determinar la rentabilidad de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en la República Dominicana.

La obtención del etanol se realiza mediante el proceso de fermentación de los azúcares fermentables presentes en la caña de azúcar y la remolacha azucarera, que para su utilización en mezclas con gasolina se debe deshidratar (Gómez & Pérez, 2018). Por otro lado, el etanol se obtiene a partir de la fermentación de almidón presentes en el maíz y la yuca. Las diferentes materias primas, pueden ser metabolizadas por microorganismos del género *Saccharomyces*, *Zymomonas*, *Kluyveromyces*, y *Zygosaccharomyces*.

**Tabla 6**

*Microorganismos utilizados en la producción de etanol*

<b>Microorganismo empleado</b>	<b>Sustrato</b>
Saccharomyces cerevisiae y Schizosaccharomyces pombe	Azúcares fermentables (Jugo caña de azúcar, Remolacha azucarera)
Aspergillus awamori, Rhizopus japonicus y Zymomonas mobilis	Almidón (Maíz y yuca)

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

La caña de azúcar es una de las espaldas dorsales de la economía en la República Dominicana, por la industria azucarera de exportación e importación, los productores de caña están concentrados en las provincias ubicadas en la región este del país: Hato Mayor, El Seibo, Higüey, La Romana y San Pedro de Macorís. Para este año, el Ingenio Porvenir proyecta moler 300,000 toneladas de caña. En tanto, el ingenio Central Romana anuncia que durante la zafra 2020-2021 se alcanza una producción de más de 3,358,000 toneladas cortas de caña, todas destinadas a la producción de azúcar y bebidas alcohólicas. El precio autorizado mediante

Resolución No. 01/2021 del Consejo de directores del Instituto Azucarero Dominicano (INAZUCAR), es de RD\$22.10 la libra, que agregado el 18% del ITBIS equivalente a RD\$3.54 por libra, asciende a RD\$25.64 la libra (INAZUCAR, 2021).

Por otro lado, el cultivo de remolacha, se producen cerca 360 hectáreas anuales, de acuerdo con cifras oficiales del Ministerio de Agricultura. Además, se cultiva ampliamente en huertos caseros, escolares, comerciales, urbanos y suburbanos. Las principales áreas de producción comercial en el país son Constanza, Ocoa y Jarabacoa en las zonas altas; así como San Juan de la Maguana y las zonas bajas de la provincia Peravia (Morales Payan, 1995), se tienen pocos datos sobre el cultivo de la remolacha en el país, y si existen corresponden a la remolacha de mesa, por tal razón su utilización para producción de etanol no es factible, según los datos publicados por Mercado Dominicana de Abastos Agropecuario el precio es de RD\$12.00 la libra.

El maíz se cultiva en las provincias de Azua, Peravia, San Juan y Pedernales, principalmente se utiliza como insumo en la crianza de pollos y cerdos con fines comerciales, se emplean cultivos de maíz y sorgo en unas 300 mil tareas de tierra, sin embargo la mayoría del maíz utilizado proviene de exportación, con un costo de 3 pesos por libra, el país tiene la capacidad para producir esa materia prima en mayor cantidad, sin embargo, el Ministerio de Agricultura sigue realizando esfuerzo para aumentar su producción (Nova, 2021).

La yuca es un producto de amplio consumo, su producción ocupa el primer lugar dentro del grupo de raíces y tubérculos. Se siembran anualmente un área entre 300 y 325 mil tareas, de la cual, se dedica entre 85% para el consumo fresco y el restante para procesamiento industrial y alimentación animal. La mayor área sembrada de yuca para el consumo fresco se ubica en las provincias La Vega con 33% del área sembrada, Espaillat y Hermanas Mirabal, y para procesamiento industrial se siembra, principalmente, en áreas marginales de la cordillera de Santiago Rodríguez y Dajabón (Valdez Cruz & Hernández Núñez, 2014). Al ser un

tubérculo con un alto nivel de consumo se encuentra en abundancia de producción, lo que hace que su precio se mantenga relativamente bajo, siendo RDS10.00 pesos la libra.

**Tabla 7**

*Características materias primas producción de etanol*

<b>Cultivo</b>	<b>Área Cultivo (H)</b>	<b>Producción (T)</b>	<b>Reducción de emisiones CO<sub>2</sub></b>	<b>Rendimiento de etanol por hectárea</b>	<b>Rendimiento energético</b>
Caña de azúcar	300,000	5,033,601	90%	6800 lt/Ha	8.3
Remolacha	5,900	-	55%	6600 lt/Ha	1.5
Yuca	20,436	1,300,000	15%	4500 lt/Ha	1.2
Maíz	19,000	41,591	30%	400 lt/Ha	1.7

Nota: Datos obtenidos del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana y Jaime Enrique Anaya Ortega, I. J. (2014). Elementos De Sostenibilidad Para La Producción y Uso. Cartagena Bolívar.

Después de estudiar las distintas materias primas de producción nacional, su disponibilidad, precios, y rendimiento, se determina que nuestra materia prima es la yuca, esto debido a que en comparación con la caña de azúcar tiene mejor disponibilidad y precio, la industria azucarera de importación y exportación es grande, y la industria de bebidas alcohólicas consume su producción nacional, costando aproximadamente 10 pesos más que la yuca. La remolacha fue descartada, ya que no se produce en el país la variedad que puede ser destinada a la obtención de etanol, por otro lado, el maíz no cuenta con mucha producción a nivel nacional, la alimentación animal es su principal campo de aplicación en el país.

La yuca es uno de los cultivos más importantes del país, constantemente se introducen nuevas variedades como alternativas tecnológicas para mejorar el rendimiento y la calidad, convirtiendo al país en una fuente de origen para el mercado internacional, especialmente la yuca fresca. El ingeniero Valdez señala que las variedades introducidas como la Lima 40, tienen un rendimiento 40 quintales por tarea, además de un alto contenido de materia seca, característica favorable para implementar la yuca a la obtención de almidón. La descripción de la yuca como nuestra materia prima, historia, producción nacional, determinación de precio de oferta, proveedores, y estrategia comercial son definidas en el estudio de prefactibilidad.

## **CAPÍTULO V ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

En este capítulo se presenta el análisis de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol a base de yuca en República Dominicana, es la primera aproximación exploratoria sobre el proyecto, y para la misma se realiza un estudio de Mercado, Técnico, Ambiental, Organizacional y Financiero.

### **V.1 Objetivo**

El principal objetivo de este proyecto busca producir etanol a partir de la yuca como fuente de energía alternativa para vehículos automotores en República Dominicana, para reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de dióxido de carbono.

### **V.2 Alcance**

Este proyecto se pretende realizar en la República Dominicana, el objetivo es producir etanol a base de la yuca para reducir la necesidad del consumo de hidrocarburos.

El objetivo es una planta que se dedique a la producción de etanol anhídrido para mezclar con gasolina y reducir la contaminación ambiental implementando una cantidad de etanol a los combustibles derivados del petróleo usando un 10% de etanol y un 90% de gasolina, como parte inicial del proyecto, conforme vaya siendo aceptado por los consumidores los porcentajes a utilizar son la relación: E20%:80%G y E40%:60%G; según las leyes nacionales. Este proyecto tiene como principal iniciativa proporcionar alternativas con el fin de disminuir el impacto ambiental de los combustibles de origen fósil, aportando nuevas medidas energéticas sustentables y sobre todo el poder utilizar materia prima de producción nacional como lo es la yuca sin afectar parte de la canasta básica de los consumidores.

### **V.3 Estudio de Mercado**

En este estudio se realizará la recolección y análisis de datos que sirven para identificar las características del mercado de etanol a nivel nacional e internacional, con el objetivo de comprender el potencial del mercado, analizando la relación entre la demanda y la oferta para tomar las mejores decisiones de mercadotecnia.

#### **V.3.1 Mercado Internacional**

Los principales países del mundo firmantes del protocolo de Kioto sobre el cambio climático, a excepción de EEUU y Canadá, ratifican su posición respecto a su compromiso por dicho cambio y su compromiso por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Es por esto que han surgido numerosas políticas tendientes a reducir la emisión de éstos y a promover la utilización de energías renovables (Balairon, L. 2005).

Es justamente en este sentido que los biocombustibles caben como una posible solución a estas problemáticas. Según la compañía BP British Petroleum, una de las siete principales compañías productoras de petróleo y gas, el consumo de energías de tipo renovable a fines del 2014 fue de 316.9 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) siendo los EEUU el principal consumidor de las mismas con 65 MTEP, seguido por China con 53.1 MTEP y dejando a Alemania en tercer lugar con un consumo de 31.7 MTEP (British Petroleum, 2021).

Es importante tener en cuenta que dicho consumo considera energía renovable de distintas formas de obtención tales como la eólica, geotérmica, biomasa y solar (British Petroleum, 2021).

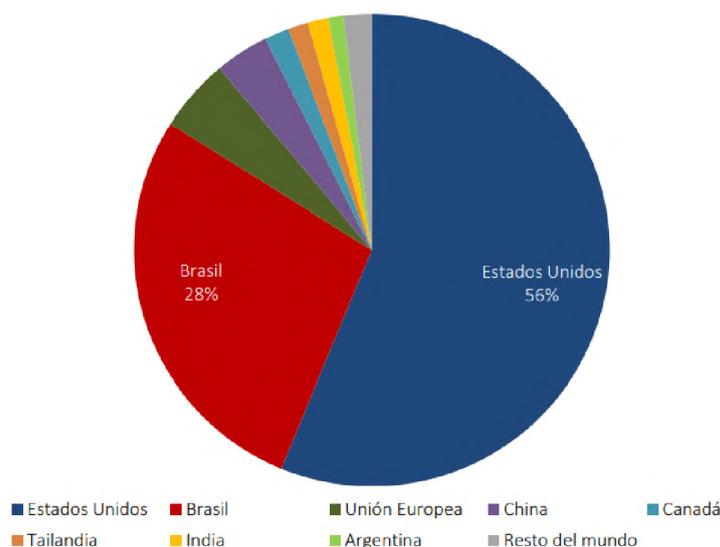
En 2018, la producción mundial de etanol alcanza 28.6 billones de galones. Los principales países productores de etanol son Estados Unidos y Brasil. De acuerdo con

Renewable Fuels Asociación (2019), en 2018 estos dos países aportaron 84% de la producción (véase la figura 6). China ocupa un tercer lugar, al registrar más de 713 millones de galones. En la clasificación global, Francia está en el cuarto lugar y Canadá en el quinto, en América latina está Colombia (puesto 19), El Salvador (23), Paraguay (24) y Argentina (25).

Los costos de producción de etanol para los principales países productores oscilan entre 32 y 87 USD/barril. De acuerdo con la información disponible, entre el 47% y el 58% de este costo corresponde a la materia prima, entre 13% y 24% a insumos, entre 6% y 18% a costos de operación y mantenimiento y entre 11% y 23% a costos de capital. Se puede afirmar que los costos de producción varían ampliamente entre países debido a los factores agroclimáticos, la disponibilidad de tierras y el costo de la mano de obra (Balairon, L. 2005).

### Figura 6

*Distribución de la producción mundial de etanol, por país*

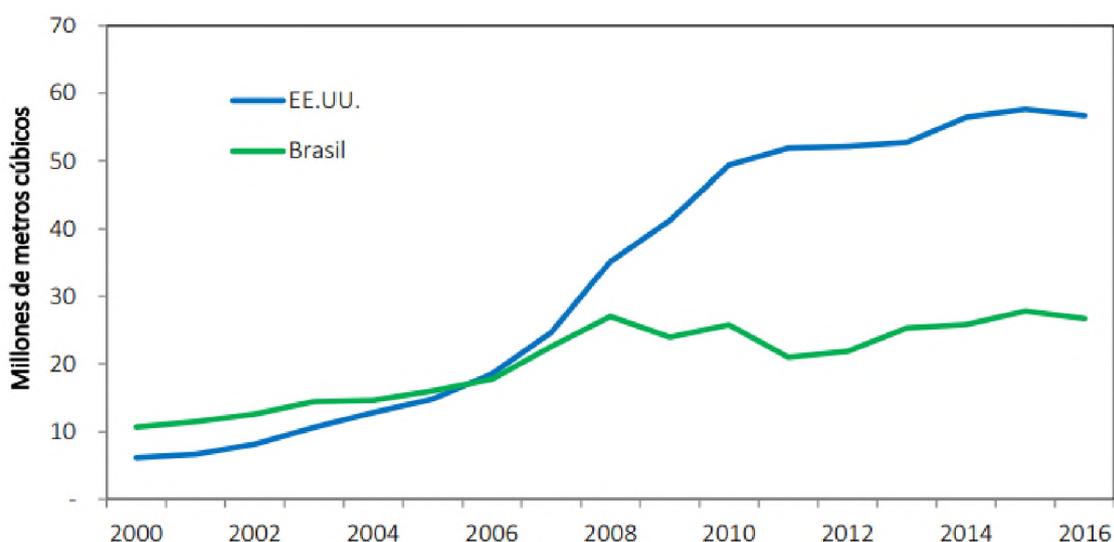


Nota: Realizado por la Dirección de Planificación RECOPE. (enero de 2020). Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina y etanol a nivel nacional.

A finales del siglo XX, Brasil es el principal país productor de etanol, gracias a la implementación de políticas orientadas a incentivar el consumo de este biocombustible. Sin embargo, en los primeros años del siglo XXI, la producción de etanol de Estados Unidos experimenta un rápido crecimiento; de forma tal que en 2006 iguala a la de Brasil y en 2010 la duplica (véase la figura 7).

### Figura 7

*Producción anual de etanol en Estados Unidos y Brasil*



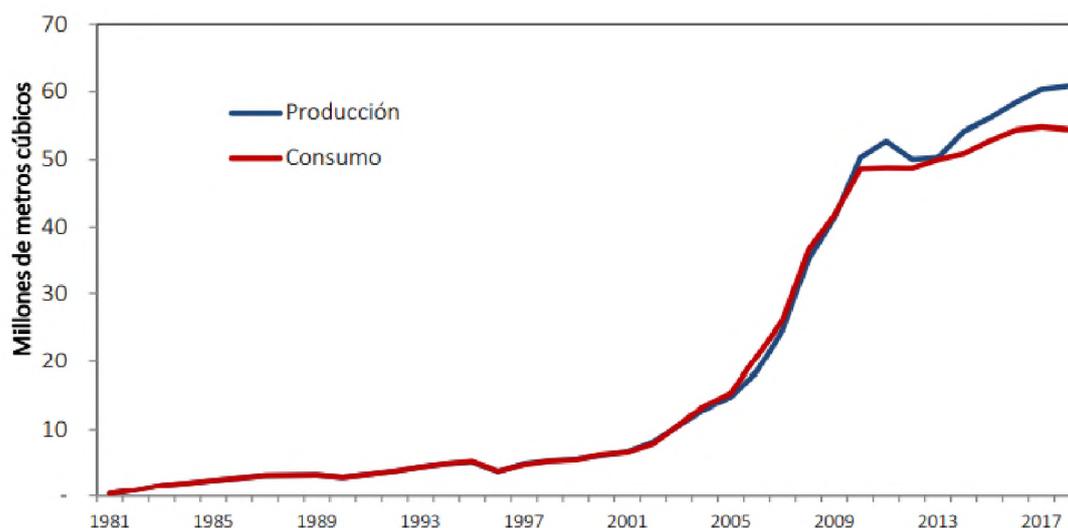
Nota: Realizado por la Dirección de Planificación RECOPE. (enero de 2020). Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina y etanol a nivel nacional.

A partir de 2005, la producción estadounidense se acelera aún más: mientras en el periodo 2000-2005 el crecimiento anual fue 16%, en el período 2005-2010 se tiene un crecimiento anual de 22%. Esta aceleración se debe a la puesta en marcha del programa Renewable Fuels Standard (RFS) en 2005. La adición de etanol en las gasolinas también es promovida por medio de un incentivo fiscal a las terminales en las que se efectúa la mezcla.

En 2010, Estados Unidos se convierte en un exportador neto de etanol. A partir de este momento, la producción ha sido siempre ligeramente mayor al consumo del país (véase figura 8).

### Figura 8

*Producción y consumo de etanol en Estados Unidos*



Nota: Realizado por la Dirección de Planificación RECOPE. (enero de 2020). Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina y etanol a nivel nacional.

A pesar del rápido crecimiento experimentado en la primera década del siglo XXI, a partir de 2011 la producción de etanol de Estados Unidos crece lentamente. En el período 2011-2016 existe un crecimiento anual de solamente 2%. Esto coincide con el momento en el cual el contenido promedio de etanol en las gasolinas alcanza el 10%; a este fenómeno se le ha denominado Blend Wall.

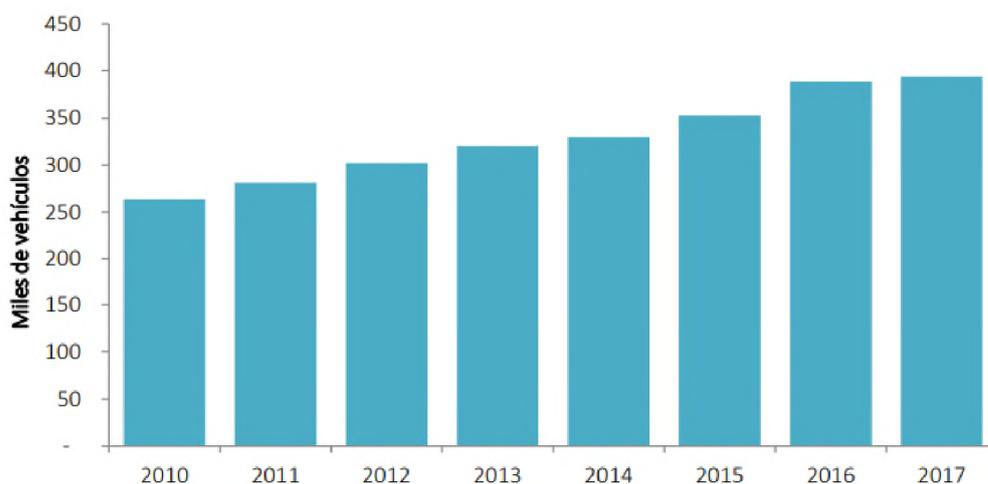
Se espera que Estados Unidos supere el Blend Wall de 10% de etanol en las gasolinas en los próximos años, debido a que las mezclas con mayores porcentajes de etanol son cada vez más comunes en ese país. Algunas estaciones de servicio de Estados Unidos también

ofrecen mezclas con mayores porcentajes de etanol (hasta 85% de etanol) para ser utilizadas en vehículos Flex Fuel (véase la figura 9).

De acuerdo con la base de datos Alternative Fuels Data Center del Departamento de Energía de Estados Unidos, actualmente hay 3,676 estaciones de servicio que ofrecen E85 en ese país (U.S Department of Energy, s.f.).

### Figura 9

*Cantidad de vehículos Flex Fuel en Estados Unidos (miles de vehículos)*

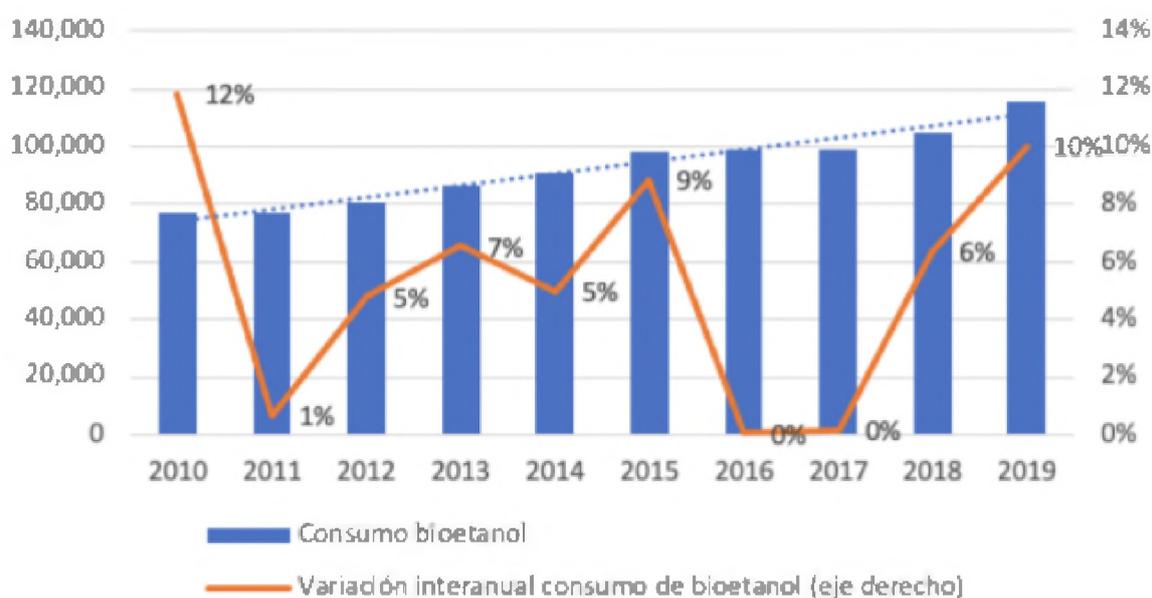


Nota: Realizado por la Dirección de Planificación RECOPE. (enero de 2020). Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina y etanol a nivel nacional.

El consumo de bioetanol en el mundo tiene un crecimiento acumulado del 50 % en la última década (2010-2019). Con una tasa de variación interanual que oscila entre el 0 % y el 12 %, el consumo muestra una clara tendencia creciente, alcanzando los 115 millones de metros cúbicos en 2019 (Véase figura 10). Por otra parte, la producción de etanol de Brasil presenta un fuerte crecimiento durante los primeros años del siglo XXI, aunque menor que el de Estados Unidos (que tuvo un crecimiento anual de 16% en el período 2000 – 2005, y de solamente 1% entre 2009 y 2016).

**Figura 10**

Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m<sup>3</sup>) de bioetanol en el mundo.



Nota: Realizado por Torroba, A. (2020). *Atlas de los biocombustibles*.

### V.3.1.1 Regulación mezclas de etanol

La obligación de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles se lleva a la práctica a través de diferentes mecanismos. La práctica más difundida es el “mandato de mezcla obligatoria”, tanto en el ámbito nacional como en el subnacional (estados, departamentos, provincias, etc.), de bioetanol con gasolinas y de biodiésel con diésel fósil. Dichas mezclas suelen expresarse en unidades volumétricas (mezclas volumen/volumen) o como unidades energéticas (mezclas de energía/energía) (Torroba, 2020).

La obligatoriedad de usar biocombustibles también se establece mediante “mandatos generales” de mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles. Dichas obligaciones se cumplen en forma agregada, independientemente del tipo de biocombustible a utilizar.

Un mecanismo adicional consiste en fijar metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y, en forma asociada, promover el uso de biocombustibles para cumplirlas.

Se han contabilizado 53 países con obligaciones de uso de bioetanol mediante esos tres tipos de mecanismos. Brasil se destaca en el uso de mecanismos de “mandatos de mezcla obligatoria”, con un rango de mezcla de 18 %-27.5 % de bioetanol en gasolinas. El segundo lugar lo ocupa Paraguay, con un mandato obligatorio del 25 %. En tercer lugar, se posiciona Argentina con 12 %, seguida por una larga lista de países con un mandato obligatorio del 10%, que es el mandato más utilizado en el mundo (Torroba, 2020).

Por fuera de los “mandatos de mezcla obligatoria” de bioetanol, se destacan Finlandia (18.5 %) y Países Bajos (12.5 %) con “mezclas generales”. En la práctica, ambos países tienen mezclas volumétricas efectivas de bioetanol en gasolina por debajo del 10%, como se describirá más adelante. Otro caso relevante es China, que avanza en el uso de mezclas de E10 en diferentes provincias. Su objetivo es lograr que dicha mezcla se utilice en todo el país a finales de 2020, pero se anticipa a que no lo puede lograr (Torroba, 2020).

El E10 se utiliza ampliamente en el medio oeste de Estados Unidos y su uso es obligatorio en diez estados, incluyendo Florida, donde la medida entra en vigor en 2010. El gasohol está disponible para la venta en otros estados como una opción, y se utiliza en varios estados en mezclas más bajas, incluyendo California, como oxigenante en sustitución del aditivo MTBE (Metil ter-butil éter), el cual está siendo desfasado al haberse descubierto problemas de contaminación de los mantos de agua subterráneos. De esta forma, junto con el E85, las mezclas de etanol ya están presentes en distintas proporciones en las dos terceras partes de toda la gasolina vendida en Estados Unidos.



### V.3.1.2 Precios del etanol

En Estados Unidos, al mes de noviembre de 2021 el precio del bioetanol es de 0.82 y US\$/litro. En Brasil el valor medio el etanol es de 3.9 reales, lo que equivale aproximadamente a 0.963 USD/litro. Tailandia con un precio para el etanol actualmente de 0.72 US\$/litro el precio más bajo del mercado (Véase tabla 8).

**Tabla 8**

*Precios del Etanol para los principales países productores 2021.*

<b>País</b>	<b>Precio del Etanol (US\$/litro)</b>	<b>Precio del Etanol (R\$/litro)</b>
<b>Tailandia</b>	0.72	40.78
<b>Francia</b>	0.82	46.45
<b>Estados Unidos</b>	0.82	46.45
<b>Brasil</b>	0.96	54.38
<b>España</b>	1.9	107.63

Nota: Datos obtenidos de Global Petrol Prices. (2022).

### V.3.2 Mercado Nacional

En República Dominicana la producción y utilización de los biocombustibles presenta una serie de ventajas medioambientales, energéticas y socioeconómicas con respecto a los combustibles de origen fósil.

Desde el punto de vista medioambiental, la utilización de biocombustibles constituye una fuente renovable y limpia, aportando a la reducción de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero a la atmósfera; desde el punto de vista socioeconómico, los biocombustibles constituyen una alternativa de generación de empleo agrícola y desde el punto de vista energético, los biocombustibles contribuyen a reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

La República Dominicana es uno de los países que paga un precio muy elevado en la comercialización de combustibles fósiles a nivel del Caribe y centro América. Según la estadística de la CEPAL, el país se ubica en la posición N.º 68 de los países del mundo que comercializa a un precio superior del que se debe pagar por galón de gasolina.

Como ya es conocido, la República Dominicana se une a cinco países de centroamericanos en un acuerdo de libre comercio con Estados Unidos. El tratado de libre comercio DR- CAFTA crea nuevas oportunidades económicas ya que elimina aranceles, abre mercados, promueve la transparencia y establece las reglas más modernas para el comercio en el siglo XXI.

El alto coste de los hidrocarburos unido a que el bioetanol es un recurso renovable rentable atrae la atención de los gobernantes quienes están elaborando legislaciones que incentivan la producción de biocombustibles para los inversionistas del sector privado. Este panorama brinda oportunidades de mercado para suplir la enorme demanda prevista en los próximos años a base del cultivo de producción nacional.

### **V.3.2.1 Regulación mezcla de etanol y gasolina en República Dominicana**

Las legislaciones para la mezcla de etanol y gasolina datan de la década de los 40, pero no tuvo efectos concretos sino hasta los años 2000-2001, cuando se expide en el país la ley 112 del 2000 para hidrocarburos, la ley 125 del 2001 para electricidad, que crea incentivos para el uso de energías renovables, y el decreto 557 del 2002, que regula la generación de energía en las plantas de producción de azúcar.

Finalmente, en el 2002 se expide el decreto 732, que crea incentivos específicos para la producción de etanol. En el 2005 se somete al congreso un proyecto de ley para desarrollar

fuentes de energía renovables y su régimen especial señala algunos incentivos más concretos, entre ellos tenemos; exención del 100% de los impuestos, para la importación de maquinaria, equipo y accesorios, permisos para transferir el 50% de las inversiones hechas en el consumo interno de energías renovables al impuesto a la renta y la garantía de mercado para las energías renovables.

Los proyectos a ser instalados en la República Dominicana en el marco de la Ley Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía (Ley No. 57-07), en su artículo 22 contempla que los productores de biocombustibles venden sus productos terminados a las empresas mayoristas para que realicen las mezclas con los combustibles fósiles. Son las empresas mayoristas quienes hacen las funciones de distribución. Se usa primordialmente alcohol carburante (bioetanol) que se extrae a partir del procesamiento de cualquier biomasa en el país, para mezclas con gasolina (Ley 57-07, 2012).

La Ley No. 57-07 y su Reglamento de Aplicación (Dec. N° 202/2008), a modo general, contempla los siguientes incentivos:

La Comisión Nacional de Energía (CNE) recomienda la exención de todo tipo de impuestos de importación a los equipos, maquinarias y accesorios importados por las empresas o personas individuales, necesarios para la producción de energía de fuentes renovables, que de acuerdo con el reglamento de la presente ley aplica a los incentivos que ésta crea. La exención es del 100% de dichos impuestos.

Los biocombustibles o combustibles sintéticos de origen renovable están exentos de los impuestos aplicados a los combustibles fósiles, mientras dichos biocombustibles no alcancen un volumen de producción equivalente al veinte por ciento (20%) del volumen del

consumo nacional en cada renglón, en cuyo caso pueden ser sujetos de un impuesto diferencial a determinarse entonces y sólo cuando se apliquen al consumo interno.

Exención del Impuesto sobre la Renta. Se liberan por un período de diez años (10) años a partir del inicio de sus operaciones, del pago del impuesto sobre la renta sobre los ingresos derivados de biocombustibles o combustibles sintéticos señalados, generados a base de fuentes de energía renovables, así como de los ingresos derivados de la venta e instalación de los equipos, partes y sistemas que se describen en el Artículo 8, de la presente ley, producidos en el territorio nacional con un valor agregado mínimo del 35%, a las empresas cuyas instalaciones hayan sido aprobadas por la CNE, según lo expuesto en los Artículos 5 y 7, Párrafos I y II respectivamente, y que se dediquen a la producción y venta de tales energías, equipos, partes y sistemas.

Para acceder a los beneficios de la presente ley, las empresas productoras de biocombustible que elaboran a partir de la producción en plantaciones agrícolas deben cumplir con los programas de mecanización de cultivos que formula la Comisión Nacional de Energía, así como con las normas laborales y de migración vigentes.

En el artículo 24, se establecen y garantizan precios solamente de los biocombustibles sujetos a ser mezclados con los combustibles fósiles de consumo local y regulados por el ministerio de Industria y Comercio y para los porcentajes o volúmenes de mezclas establecidas para cada tipo de combustible del mercado local (Ley 57-07, 2012).

### **V.3.3 Definición comercial del producto**

El nombre específico es etanol con una graduación alcohólica de 99.5° - 99.8°. El producto está hecho de yuca, que en el proceso se convierte en almidón y finalmente en etanol.

Aunque se puede utilizar en estado puro, la aplicación más adecuada de los biocombustibles es en mezclas con derivados del petróleo convencionales. Con el fin de realizar el estudio de mercado, el producto a ofrecer es gasohol, que contiene hasta 10% de etanol (E10) debido a que no requiere modificaciones en el motor, es más probable que se use, especialmente en países como República Dominicana, donde los programas de reemplazo están siendo desarrollados.

#### **V.3.3.1 Bienes sustitutos y complementarios**

El biodiesel es un carburante líquido que se produce a partir de aceites vegetales y grasas animales. La materia prima más utilizada para este producto son el aceite de girasol y la soja. Las propiedades son las mismas que la gasolina en cuanto a la densidad y el número de cetano. (Mir, 2019).

La gasolina es un producto que se obtiene del petróleo por destilación y se utiliza principalmente como combustible en la mayoría de motores de combustión interna de encendido por chispa, así como en estufas y lámparas, y para limpieza con disolventes, entre otras aplicaciones. El gas licuado de petróleo (GLP) procede de la mezcla de hidrocarburos, principalmente del propano y el butano, la cual se obtiene a través de procesos de refinación (Llabrés, 2016).

Por otra parte, el principal bien complementario del etanol es la gasolina debido a que, al mezclarse en proporciones previamente establecidas, se forma el gasohol. La gasolina que se utiliza en la mezcla puede ser desde 84 a 97 octanos.

### **V.3.4 Determinación del área geográfica que abarcara el estudio**

El estudio se dirige a la refinería Dominicana de Petróleo, S.A., también conocida por su acrónimo oficial Refidomsa ubicada Bajos de Haina (San Cristóbal), es una empresa de refinación de petróleo e importación y comercialización de productos derivados del petróleo de la República Dominicana. Sus principales productos son Gas licuado de petróleo (GLP), Kerosene/Jet A-1, Gasolina (Premium y Regular), Gasoil-Diesel (Regular y Óptimo), siendo el estado dominicano su principal propietario (Refidomsa, 2021).

Refidomsa es la única empresa de refinación de petróleo en el país. La empresa posee el liderazgo local, con una participación del mercado de 52.9%, vendiendo más de 66.000 barriles diarios de distintos derivados del petróleo, de los cuales importa durante 2016 más del 67%, sin considerar el crudo (Martorell, 2017).

Refidomsa es el principal proveedor de Gasolina en el mercado, con un 89.4% del volumen vendido total en 2016, donde destaca una participación del 90.2% en Gasolina Regular. Desde el punto de vista de los ingresos, la Gasolina pasa en 2014 a ser la principal línea de productos de Refidomsa, representando en conjunto un 33.0% de las ventas durante 2016. Los diferentes detallistas del país, son cada mayorista como: Texaco, Shell, La Isla y Puma encargadas de la distribución de combustibles a nivel nacional.

### **V.3.5 Materia Prima**

La yuca es un tubérculo originario de América, y el principal cultivo de la época precolombina. Los primeros indígenas llamados Tahitianos provenientes del norte de Sudamérica comían la yuca cruda y morían inmediatamente debido a los grandes niveles tóxicos que poseía este alimento, por sus enzimas de glucósidos y cianógenos, así que

decidieron hacer experimentos y descubrieron que asada o guisada mitigaban el tóxico, de esos experimentos dedujeron que el veneno estaba en el líquido y tras disecarla y transformarla, descubrieron que con ella podían hacer harina de yuca (Bernacer,2013).

La yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) es un arbusto perenne que alcanza los dos metros de altura. Está adaptada a condiciones de la zona intertropical, por lo que no resiste las heladas. Requiere altos niveles de humedad y de sol para crecer (Suárez, 2011).

**Tabla 9**

*Taxonomía de la yuca*

<b>Yuca</b>	
Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Tribu	Manihotae
Especie	Esculenta
Género	Manihot

Nota: Información recuperada de Suárez, L. (septiembre de 2011). Scielo. Obtenido de Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*).

Se reproduce mejor por esquejes que por semilla en las variedades actualmente cultivadas (Suárez, 2011). Su raíz es cilíndrica y oblonga, y alcanza el metro de largo y los 10 cm de diámetro. La cáscara es dura, leñosa e incomedible.

La pulpa es firme antes de la cocción, surcada por fibras longitudinales más rígidas; muy ricas en hidratos de carbono y azúcares, se oxida rápidamente una vez desprovista de la corteza. Según la variedad, puede ser blanca o amarillenta (Suárez, 2011).

De acuerdo con su contenido de cianógenos, la yuca se clasifica en dulce y amarga, la dulce tiene un sabor suave cuando se hierve, y es más sabrosa y dulce cuando se fríe, por otro lado, la amarga posee 30% p/p de almidón, y 53% de humedad, siendo la utilizada para la producción de etanol, por su rendimiento y calidad de almidón (Bernacer,2021). La yuca dulce tiene un sabor suave cuando se hierve, y es más sabrosa y dulce cuando se fría.

En la República Dominicana, la yuca es un producto de amplio consumo, su producción ocupa el primer lugar dentro del grupo de raíces y tubérculos. Se siembra anualmente un área entre 300 y 325 mil tareas. Según datos suministrados por el clúster de yuca, en relación con el mercado de la yuca, parece previsible que, tanto para consumo fresco como para los derivados de la yuca, existe demanda creciente.

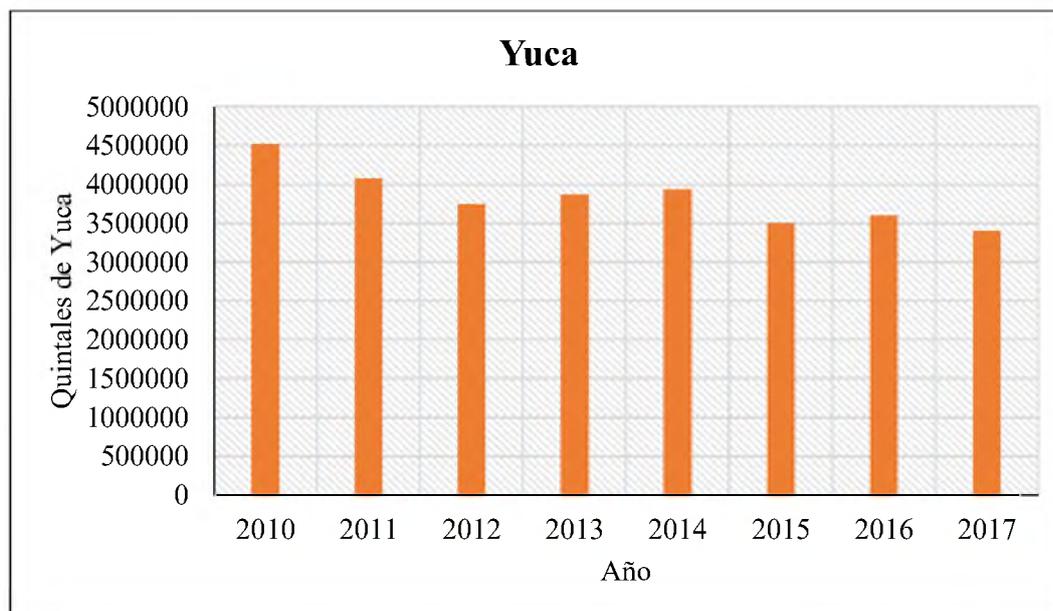
**Tabla 10**

*Características del cultivo de yuca*

<b>Yuca</b>	
<b>Rendimiento por hectárea</b>	10-22 ton /Ha
<b>Eficiencia de conversión a etanol</b>	170 litro/ Ha
<b>Rendimiento de etanol por hectárea</b>	1700-3740 litro/ Ha
<b>Zona de Cultivo</b>	La Vega, Espaillat y Hermanas Mirabal, Santiago Rodríguez y Dajabón
<b>Posibilidad de procesamiento</b>	Periodo de cosecha
<b>Disponibilidad</b>	Anual

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

En el periodo 2010-2017 la producción nacional de yuca tiene tendencia variante. Los años en los que se experimenta la mayor producción fueron en el 2010, con 4, 517,677 quintales y el año 2011, con 4,073,937 quintales, como se muestra en la figura 12.

**Figura 12***Producción de Yuca, 2010-2017 (En quintales)*

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

### V.3.5.1 Comercio de la Yuca. Formación de los Precios

En la República Dominicana la yuca es comercializada en estado fresco. En la cadena participan principalmente el productor, transportista, mayorista, exportador, detallistas y el consumidor final.

La comercialización de la yuca ocurre, en gran medida, en su estado natural, es decir, como producto fresco. La venta de la producción varía de acuerdo con la escala de los productores. Los pequeños y medianos productores generalmente realizan la venta directa a los intermediarios en la finca, quienes se encargan de distribuir el producto a las plazas y/o mercados. En la fijación de los precios se aplica ley de oferta y demanda. Algunos medianos productores venden directamente a las plazas. Por otra parte, los considerados grandes

productores venden en su mayoría la producción a los mercados y/o supermercados (Gonzales, 2015).

En relación con la yuca amarga destinada para la fabricación de casabe, por la generalidad la venta se realiza en la finca, cubriendo los compradores el servicio de transporte. La situación de los precios se ve afectada por la oferta local, se fija en la finca al momento de la venta al intermediista mayorista. Siempre existe una gran diferencia entre el ingreso que se obtiene por los intermediarios en el proceso de comercialización en relación con lo que recibe el productor como fruto de la venta. El precio de la yuca por libra al por mayor es de \$RD10.00 para el 2021 (Gobierno de la Republica Dominicana, 2021).

#### **V.3.5.2 Situación Actual del Mercado de la Yuca**

El mercado de la yuca depende mucho de lo que pasa con el mercado de los productos sustitutos, en especial el plátano, los guineos, la yautía, la batata y las papas. El más popular de los víveres es el plátano, que llega a venderse por encima de RD\$ 20.00/ unidad, una cifra récord en nuestro país. Esta situación aumenta la demanda y el precio de los sustitutos, en especial de la yuca, que es el segundo más demandado de los víveres.

La yuca solo se procesa industrialmente para producir casabe, las principales industrias en la República Dominicana están ubicadas en la subregión del Cibao conocida como Línea noroeste, específicamente en la provincia Santiago Rodríguez y sus municipios Monción (conocido como “la capital del casabe”), Villa los Almácigos y Palmarejo.

En el Ministerio de Agricultura constantemente se realizan esfuerzos por mantener la producción de yuca en el país, con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria, en el 2020

entrega 16 mil 300 cepas de diferentes cultivos incluyendo la yuca, para productores de la Regional Nordeste (Corcino, 2019).

En el país se producen aproximadamente 5 millones de quintales de yuca, de los cuales el 85% es destinado a suplir la demanda nacional, para consumo fresco siendo 4 millones quintales/anuales, restando para la industria se destinan 750,000.00 quintales/año. De forma que se puede suplir la demanda y garantizar preservar la seguridad alimentaria del país, sin embargo, se compete con las industrias de casabe del país, la estrategia es ofrecer a los productores el mejor precio, el costo actualmente oscila por los RD\$900 pesos por quintal y se pretende comprar a RD\$925 pesos por quintal, por otro lado, la yuca es un producto que tiene grandes intereses por el ministerio de agricultura de aumentar la producción nacional considerablemente para el 2030 (Corcino, 2019).

### **V.1.5.3 Insumos**

En cuanto a los insumos, como las enzimas, la levadura, el amoníaco y la gasolina, se compran para un mes de producción. La diferencia de estos productos con la materia prima, es que su vida útil es mayor (hasta 2 años en algunos casos), y pueden ser almacenados por mayor tiempo (Alibaba, 2018). La levadura se compra en PalmaRosa, SRL, las enzimas en Cientec, SRL en Santo Domingo, y el amoníaco en Vertice,S.A.S SRL que se encuentra ubicada Ensanche Ivan Guzman Klang, La Barquita, República Dominicana, Santo Domingo .

Debido a que las plantas de nuestros proveedores se encuentran en Santo Domingo, se considera que la disponibilidad de los insumos es para un mes de producción. Por otro lado, la gasolina para la desnaturalización se compra de la misma refinería de la Refinería Dominicana

de Petróleo. Cabe recalcar que se eligen estos proveedores por que ofrecen un certificado de calidad para cada uno de sus productos.

La calidad de la materia prima, de los insumos, del proceso y del producto, se encuentran desde la tabla 25 a la tabla 31 en los anexos, donde se detallan las especificaciones de la materia prima e insumos para que se encuentren aptas para el proceso de producción.

### **V.3.6 Segmentación del mercado**

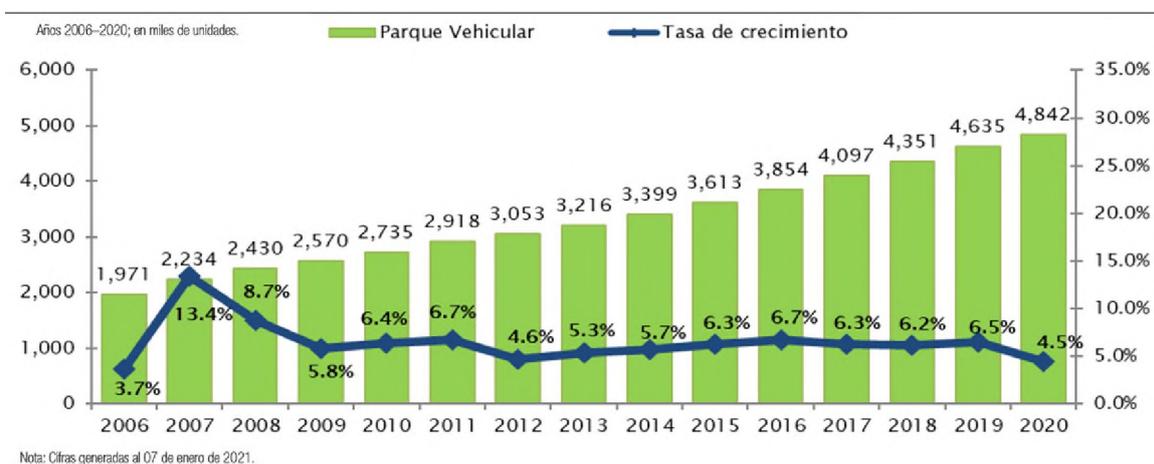
Los mercados a los cuales se pretende llegar son los primarios la refinería Dominicana de Petróleo, S.A, y de aquí los consumidores finales del gasohol son la población en general ya que son los que toman la decisión del combustible que van a usar para su vehículo.

Al 31 de diciembre de 2019, el stock de vehículos registrados en el país asciende a 4,634,8762 unidades, registrándose un total de 283,992 vehículos de nuevo ingreso más que en el 2018. Del stock de vehículos, el 55.5% son motocicletas, el 20.6% corresponde a automóviles, el 10.5% son jeeps y el 13.3% restante corresponde a, autobuses, entre otros.

La mayor parte de los vehículos registrados pertenecen al Distrito Nacional, Santo Domingo y Santiago de los Caballeros, con una participación de 29.2%, 15.7% y 7.8%, respectivamente (Impuestos internos, 2020).

**Figura 13**

*Evolución del parque vehicular por año 2006–2020; en miles de unidades*



Nota: Cifras generales al 07 de enero de 2021. Recuperado de Gerencia de Estudios Económicos y Tributarios, DGII.

El 63.8% del parque vehicular pertenece a personas físicas, mientras que el 36.2% restante a personas jurídicas. Si categorizamos por género, observamos que el 77.5% pertenece al género masculino, mientras que el 22.5% al género femenino (Impuestos internos, 2020).

En cuanto a la edad del propietario, del total de vehículos registrados a nombre de personas físicas, el 29.1% se concentran en personas cuyo rango de edad esta entre 56 o más años, el 25.1% a personas cuya edad se encuentra entre 36 y 45 años, el 24.8% a los que se encuentran entre 46 y 55 años, el 17.8% a personas que tienen entre 26 y 35 años y el restante 3.1% a los menores de 25 años (Impuestos internos, 2020).

Al categorizar por país de origen, excluyendo las motocicletas, la mayoría de los vehículos que conforman el parque vehicular dominicano son japoneses, representando el 64.2% del stock de vehículos, seguidos por los de origen coreanos con una participación de

11.8%, los estadounidenses con 11.0%, los europeos con 6.8% y los vehículos de otros orígenes representan el 6.2%.

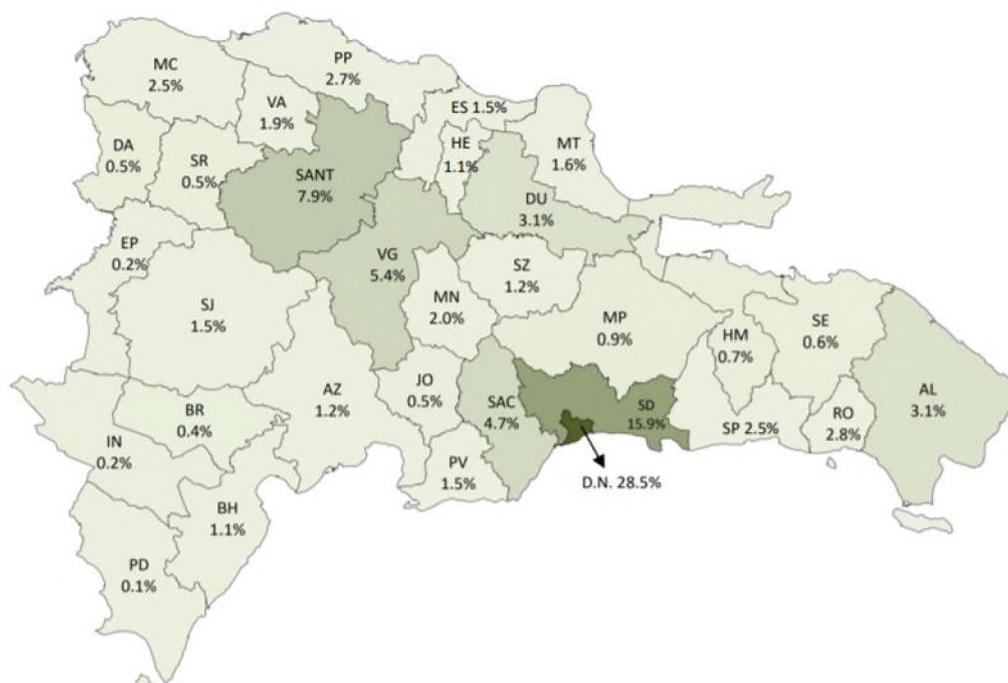
En cuanto al año de fabricación, predominan los automóviles con años de fabricación del 2013 hacia atrás, representando el 93.4% del total. Para los jeeps, en cambio, el 91.9% corresponde a jeeps con años de fabricación del 2016 hacia atrás. Todo lo anteriormente mencionado incide en el número de consumidores directos que posiblemente utilizan el producto (Impuestos internos, 2020).

El mercado del biocombustible tiene una frecuencia de uso ocasional, ya que muchos consumidores, optan por la gasolina, pero se busca llegar a que esté usuario sea de uso frecuente y aumentar la tasa de uso, ya que en este momento la mayoría de los consumidores no conocen sobre el etanol y no entiende el concepto de las mezclas de etanol y son usuarios pequeños; adicional se suma que los usuarios sean leales a algunas marcas, y es algo que con el tiempo y la conciencia de cada consumidor pueden cambiar y reconocer la marca distribuidora del etanol.

De igual forma el proyecto pretende iniciar en las provincias con mayor parque vehicular, al clasificar el parque vehicular por provincia, el 57.7% se distribuye entre el Distrito Nacional, Santo Domingo, Santiago de los Caballeros y La Vega (véase la figura 14). A estas añadiremos San Cristóbal con 4.7%, lo que significa que nuestro mercado es solo del 62.4% del parque vehicular (Impuestos internos, 2020).

**Figura 14**

*Parque vehicular de la República Dominicana por provincia*



Nota: Cifras generales al 07 de enero de 2020. Recuperado de Gerencia de Estudios Económicos y Tributarios, DGII.

El producto que se oferta es E10, la mayoría de los vehículos fabricados a partir de 2000 son compatibles con esta mezcla de etanol, más del 95% del parque de vehículos de gasolina, por otro lado, la mayoría de los vehículos de gasolina modernos están optimizados para el uso de E10 con un rango de 2016-2020, representa el 11.3% del total. Para determinar el grupo de consumidores con necesidades y características homogéneas se realiza la segmentación del mercado potencial en el mercado meta para el gasohol E10, para ello se aplica la variables demográficas, geográficas y psicográficas (Véase la tabla 12).

**Tabla 12***Segmentación del mercado*

	<b>Población</b>	<b>Tipo de variables</b>
Edad	18 en adelante	Variable demográfica
Nivel socioeconómico	Apto para todo nivel	Variable demográfica
Unidad geográfica	Santiago de los Caballeros	Variable geográfica
Tipo de población	Urbana	Variable geográfica
Clase social	Baja, media, alta	Variable psicográfica
Cultura	Interesados en cuidar el medio ambiente	Variable psicográfica
Ciclo de vida familiar	Solteros, casados, estudiantes, jubilados	Variable psicográfica
Motivos de compra	Ahorro, Compromiso ambiental	Variable psicográfica

Nota: La variable demográfica se determina para estudio, las más factibles son unidad geográfica y tipo de población y por último para las psicográficas la clase social, cultura, ciclo de vida familiar y motivo de compra.

**V.3.6.1 Recolección de datos**

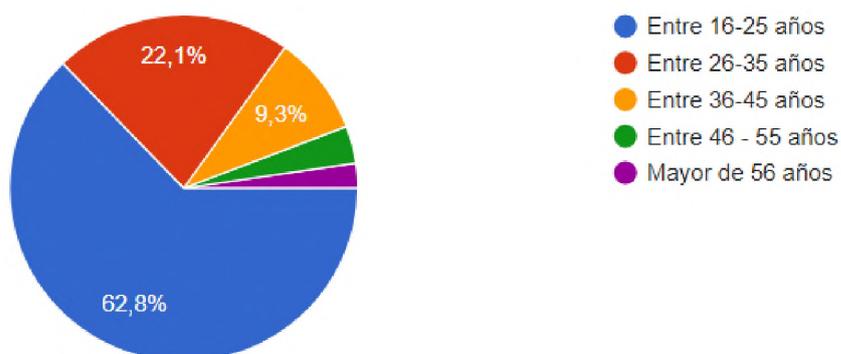
Para poder ofrecer el producto de la mezcla de etanol con gasolina como alternativa de combustible en el país, es necesario realizar una encuesta a los consumidores dentro del estudio de mercado y hacer una segmentación de mercado para identificar los gustos y preferencias del consumidor, por lo tanto se realizar una serie de preguntas para diferentes personas y saber cuántos están dispuestos a utilizar este nuevo producto en el país, ya que la región cuenta con la materia prima, el biocombustible no contamina nuestro medio ambiente y es más económico.

En este estudio de mercado se utiliza un método de encuesta personal indirecta es decir que la encuesta se realiza a través de internet, con preguntas de tipo cerradas, este tipo de preguntas son: donde las posibilidades de respuestas están predeterminadas; de igual manera se analizan los tipos de preguntas para determinar cuáles son las más adecuadas para el estudio de mercado de la producción de etanol en el país y poder obtener los resultados esperados.

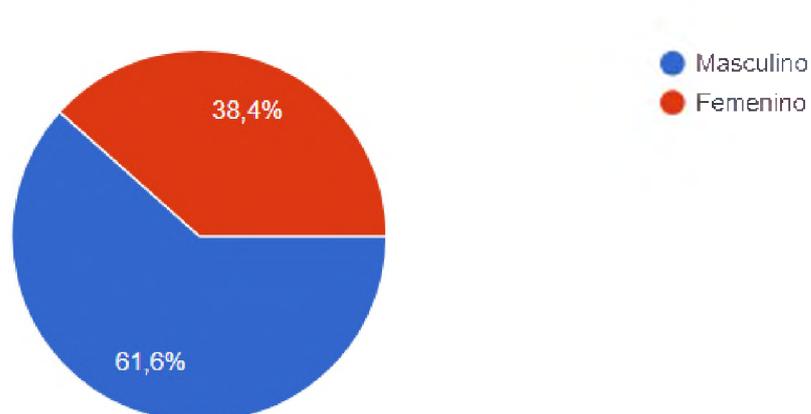
Al obtener los resultados de las encuestas se procede a consolidar la información recolectada y realizar un análisis de los resultados.

### V.3.6.1 Procesamiento de la información de la encuesta

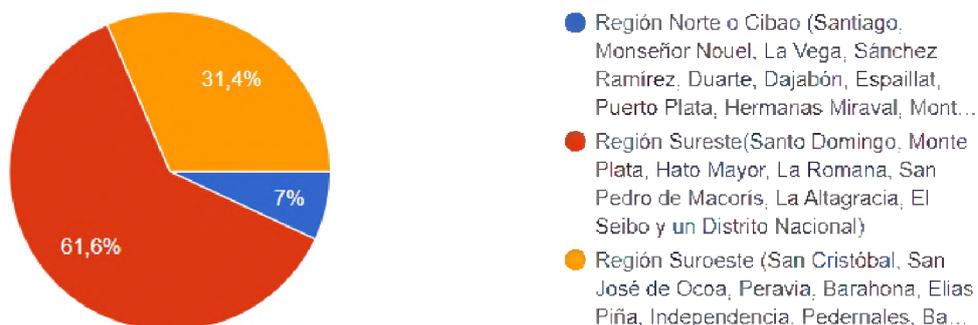
#### 1. Edad



#### 2. Sexo

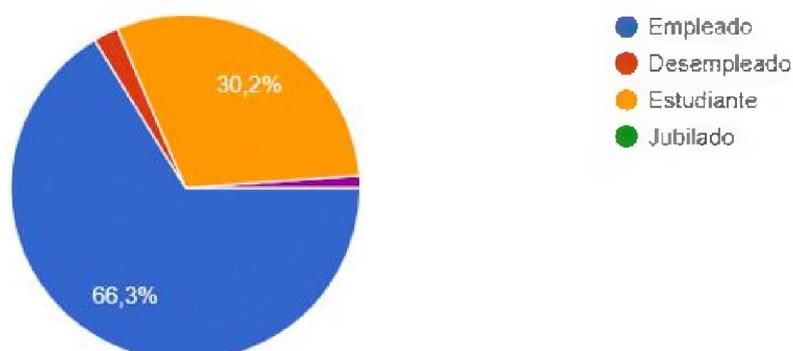


### 3. ¿Dónde vive?



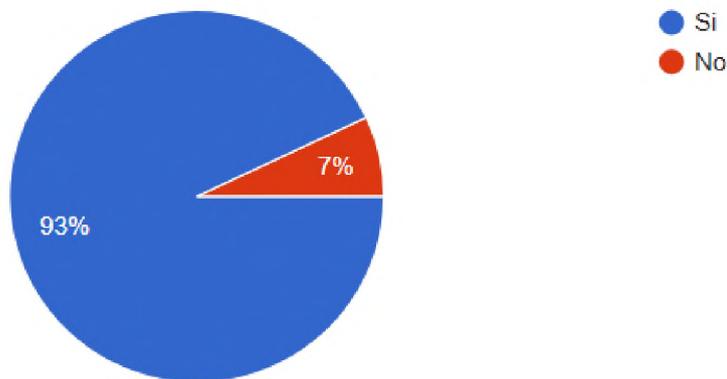
Estas preguntas nos ofrecen información demográfica sobre los encuestados y nos proporciona sobre la segmentación del mercado. El rango de edad con mayor participación en la encuesta fue de 16-25 años con un 62.8%, seguido de un 22.1% de 26-35 años de edad. El 61.6% de los encuestados son hombre y el 38.4% mujeres, la región del país con mayor participación en la encuesta es la Región Sureste con un 61.6% esto debido a que aquí se encuentra el gran Santo Domingo y la Región suroeste con un 31.4%.

### 4. Ocupación



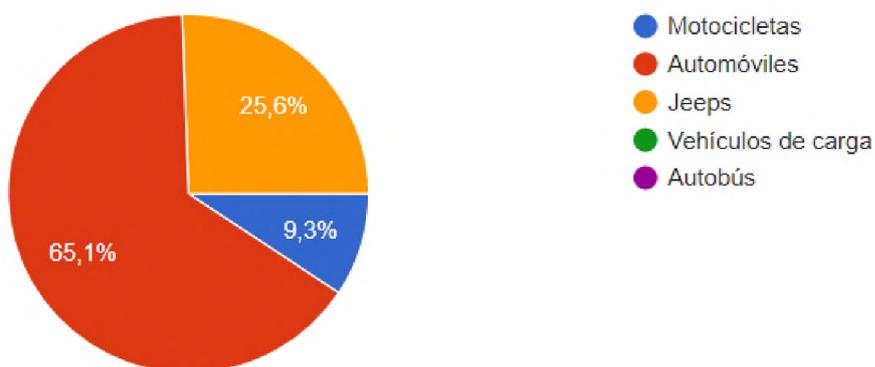
De las personas encuestadas el 66.3 % son empleados, un 2.3% desempleados, el 30.2% son estudiantes y los restantes son emprendedores.

5- ¿Usa usted el vehículo?



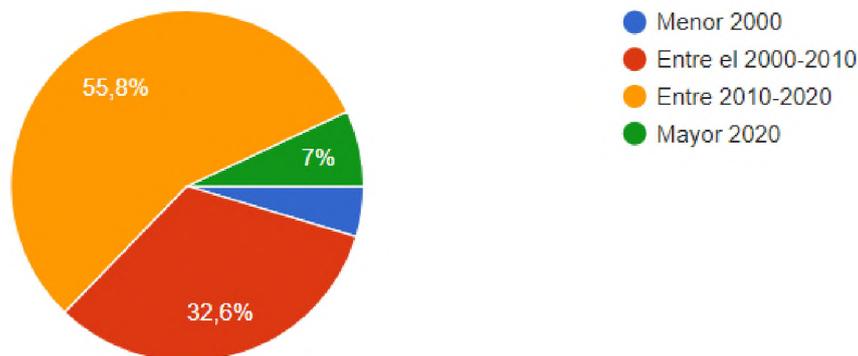
La mayoría de los encuestados cuentan con un vehículo obteniendo un resultado de 93%, dando un resultado favorable, ya que es importante el uso de un vehículo porque el proyecto se basa en bioetanol para vehículos automotores.

6- ¿Qué tipo de vehículo usted maneja actualmente?



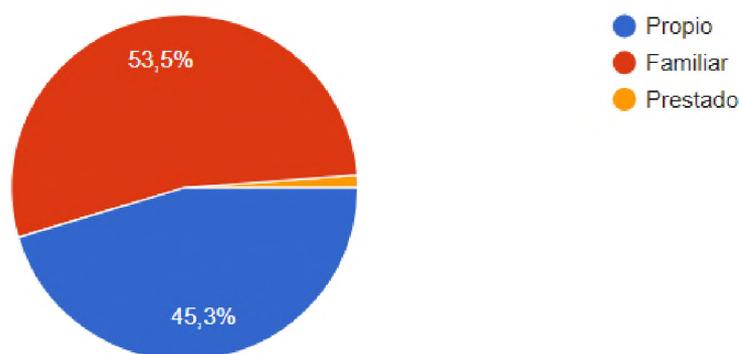
En la gráfica del tipo de vehículos que conduce el 65.1% de los encuestados usan automóvil, el 25.6% jeeps y el restante otro tipo de vehículos; esta información permite analizar que es un porcentaje alto las personas que utilizan carros de uso común.

7. Su vehículo a ¿Qué rango de año de fabricación pertenece?



La mayoría de los encuestados tienen un vehículo con un rango de fabricación entre 2010-2020 siendo un 55.8%, seguidos por un 32.6% con año de fabricación ente el 2000-2010 esta información es favorable ya que las mezclas de etanol E10 pueden ser utilizados en auto de fabricación después del 2000.

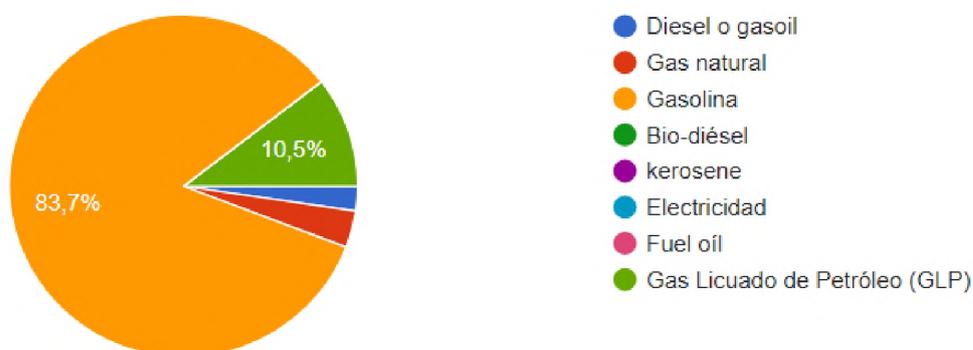
8. El vehículo que usted actualmente conduce es.



El 53.5% de los encuestados el vehículo que conduce es familiar, es decir, que tiene una influencia compartida en la decisión de compra del combustible; sin embargo, el 45.3% que posee vehículo propio tiene mayor influencia en la decisión de que combustible utiliza en

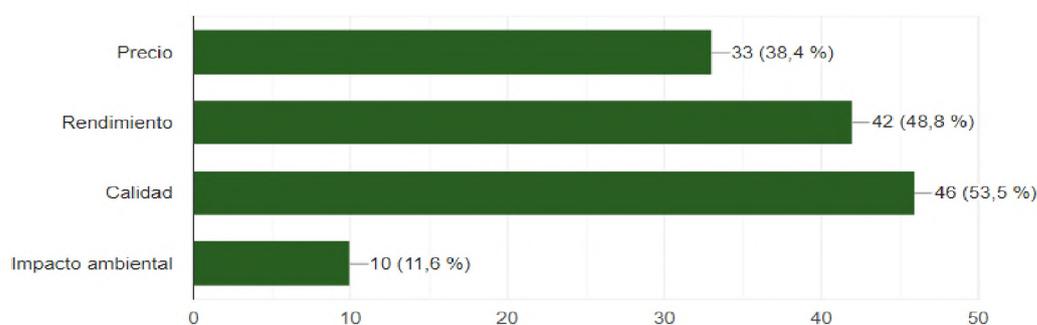
su vehículo, sin embargo, el 1% prestado no tiene influencia sobre el combustible que utiliza el vehículo.

9- ¿Qué tipo de combustible usa regularmente en su vehículo?



De los encuestados el 83.7% adquiere gasolina corriente, seguido con un 10.5% de GLP, luego el gasoil, y el gas natural que tienen un menor porcentaje con respecto a los demás combustibles, en la respuesta siguiente se observa el motivo de esta compra.

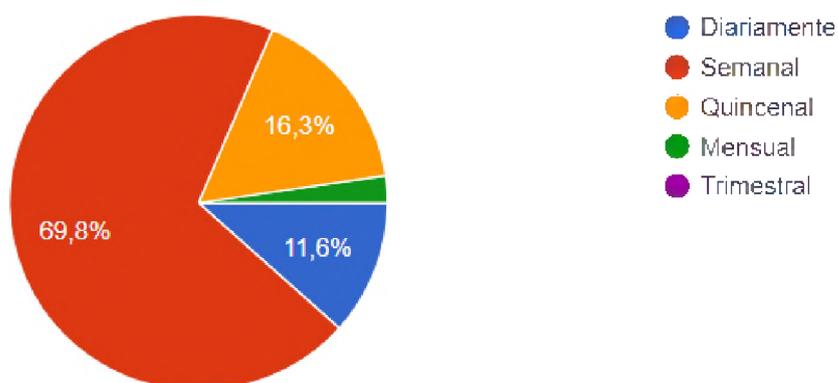
10. ¿Cuál es la razón fundamental por la que usted escoge un determinado combustible para su vehículo?



En la decisión de compra la motivación de los encuestados en primer lugar con un 53.5% es la calidad, le sigue el 48.8% rendimiento, luego un 38.7% precio y un 11.6% de

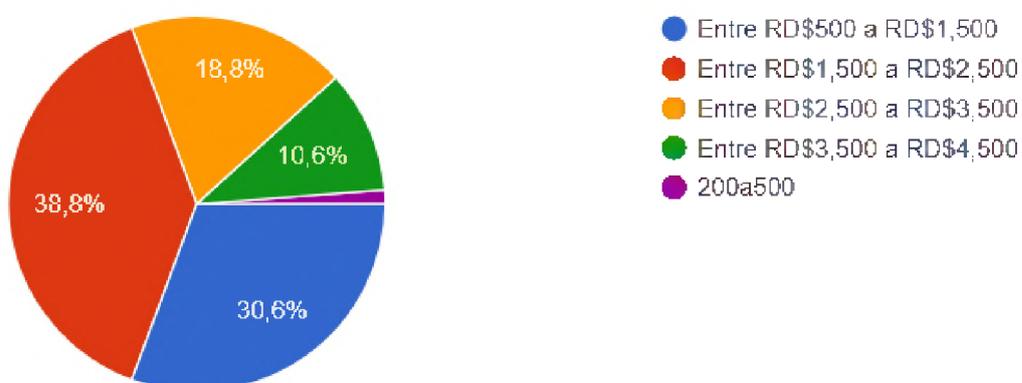
impacto ambiental, esto quiere decir que la calidad y el rendimiento son importantes en la toma de decisión en la compra.

10. ¿Con qué frecuencia le pone combustible a su vehículo?



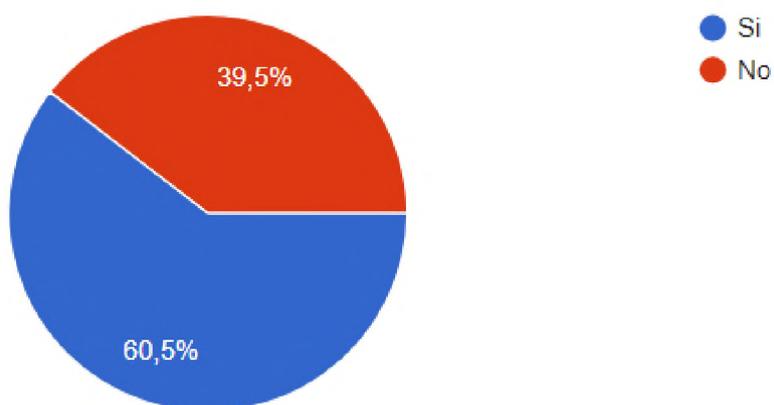
La frecuencia con que los encuestados tanquean el 69.8% lo hace una vez por semana, el 16.3% quincenal, el 11.6% lo hace diariamente y el restante mensual.

11. En promedio, ¿Cuánto gasta cada vez que surte de combustible a su vehículo?



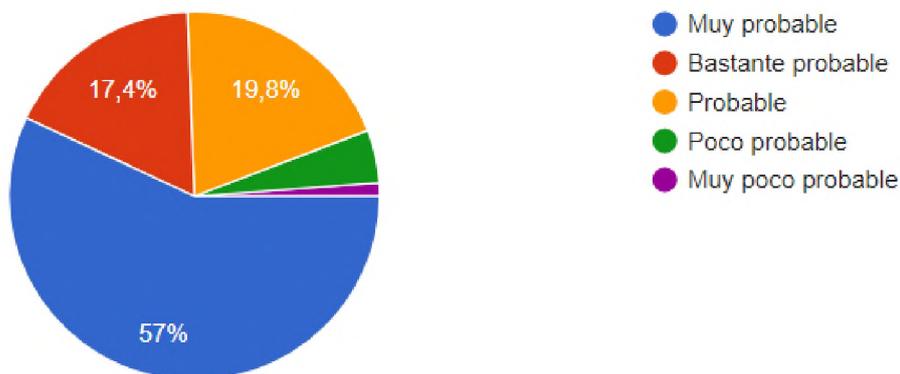
El promedio en dinero que gastan los encuestados cada vez que surten de combustible su vehículo es entre 1,500 y 2,500 pesos siendo el mayor porcentaje de elección con un 38.8% y le sigue entre 500 y 1,500 pesos con un porcentaje de 30.6%.

12. ¿Tiene usted conocimiento sobre el bioetanol?



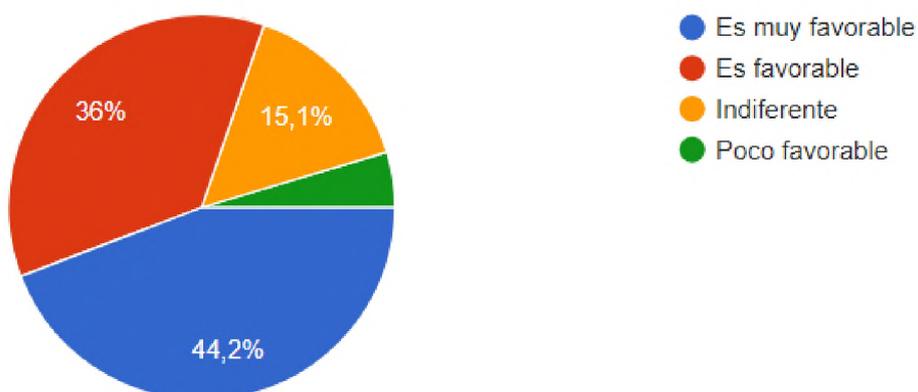
La mayoría de las personas encuestadas tienen conocimiento sobre el bioetanol arrojando un resultado de 60.5%, sin embargo, un gran porcentaje 39.5% no conoce del bioetanol. Este resultado es muy favorable, el porcentaje de encuestados que no conocen sobre el bioetanol era de esperarse, ya que en el país no existe una planta de bioetanol, por lo tanto, se requiere concientizar a la población sobre esta alternativa para reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de dióxido de carbono con el uso del bioetanol.

13. ¿Estaría dispuesto a utilizar una mezcla de etanol y gasolina E10 (10% etanol y 90% de gasolina) en su vehículo como una alternativa para reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte? (No tiene que realizar ninguna modificación en su motor)



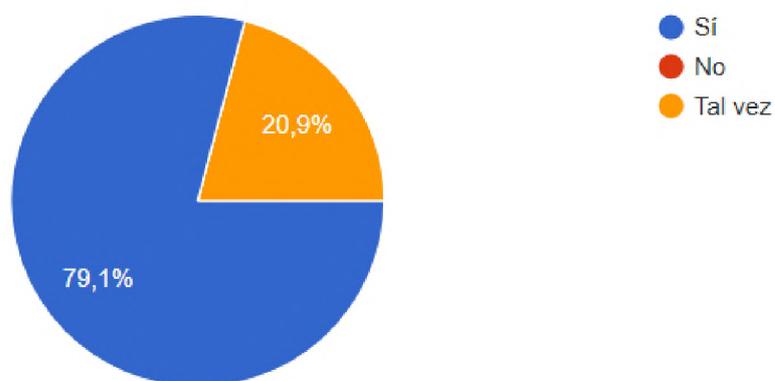
Es de vital importancia el cuidado del medio ambiente, en este apartado el 57% de las personas coinciden con nuestra propuesta y recomiendan utilizar energía alternativa que no contamine, ya que el bioetanol es más limpio, más económico y cuida el planeta, contribuyendo a reducir la contaminación ambiental, los encuestados muestran interés y en su mayor porcentaje expresan que es muy probable que utilicen mezclas de etanol para su vehículo.

14. ¿Qué opina usted sobre el uso del gasohol (Mezcla de 10% etanol y 90 %gasolina), como una alternativa de combustible renovable y amigable con el medio ambiente?



La opinión de los encuestados respecto a un combustible amigable con el ambiente es el 44.2% es muy favorable y el 36% favorable, dándole una gran importancia al proyecto al confirmar que la gente tiene una buena disposición a los cambios favorables para el ambiente.

15. ¿Estaría dispuesto a pagar RD\$ 173.73 por galón de bioetanol?



La mayoría de los encuestados están de acuerdo con pagar 173.73 pesos por galón de bioetanol, ya que es más económico que la gasolina, y además ayuda a conservar el medio ambiente; arrojando un resultado de 79.1% si y 20.9% tal vez. Cabe recalcar que este precio es fijado por el Ministerio de Industria y Comercio según los precios a nivel internacional, tomando en cuenta, las leyes nacionales.

### **V.3.7 Análisis de la demanda**

El etanol es una materia prima que, dependiendo de su pureza, puede utilizarse para producir una variedad de bienes. En este proyecto, el etanol con una alta pureza debe usarse por la industria energética para producir junto con la gasolina, el gasohol, un combustible muy utilizado en países desarrollados.

En República Dominicana, según el artículo 7 del decreto no.566-05 que establece los requisitos técnicos y de seguridad para la importación, producción, almacenamiento, distribución de plantas o puntos de mezcla y expendio de alcoholes carburantes desnaturalizados con las gasolinas, el porcentaje de etanol anhidro a utilizar en la mezcla con las gasolinas "Premium y Regular" no puede exceder el cuarenta (40%) por ciento de etanol. Sin embargo, los porcentajes mínimos pueden ser modificados mediante resoluciones dictadas por el ministerio de Industria y Comercio (Ley no.2071, 1949).

El consumo de etanol también se ve afectado por el crecimiento de la población, ya que los consumidores finales de etanol son la población en general, cualquier persona que utilice un vehículo que consuma gasolina puede utilizar este biocombustible.

#### **V.3.7.1 Proyección de la demanda**

El eje de la demanda tiene como principal consumidor de combustibles al sector transporte, como parte de una mezcla con la gasolina en proporciones de E10. La comercialización del etanol involucra únicamente a los productores y a las empresas minoristas de distribución de combustibles (Refinería, Shell, Texaco), en una primera instancia ubicadas en las regiones de mayor población vehicular en la Republica Dominicana (Santiago, La vega, Santo Domingo, añadiéndosele San Cristóbal), y no interviniendo de manera directa el

consumidor final. Adicionalmente, resulta evidente que la pauta de consumo de etanol está condicionada a la trayectoria de consumo del derivado principal que es la gasolina.

Para determinar la demanda potencial del etanol, se utiliza el porcentaje de etanol utilizando 10% en litros y, además, se proyecta que seremos el único proveedor de etanol para nuestros mayoristas, la Refidomsa y distribuidores como Texaco, Shell, entre otros.

En República Dominicana, el consumo de gasolina es de alrededor de 145,000 barriles/diarios, convertidos a galones de combustible, queda como resultado 6,090,000.00 galones/diarios y, si se planea proveerle la totalidad al país del etanol(E10) requerido, se debe tomar en cuenta que nuestro mercado es un 62.4% de las provincias con mayor parque vehicular (Santiago, La vega, Santo Domingo, San Cristóbal) donde se distribuye el producto, se restan 15% del parque vehicular que se fabrica antes del 2000, un 15% que corresponde a vehículos de carga, camiones, entre otros, y solo el 61.9% de la gasolina es destinada al parque vehicular, nos quedan 1,444,605.65 gl gasolina/día.

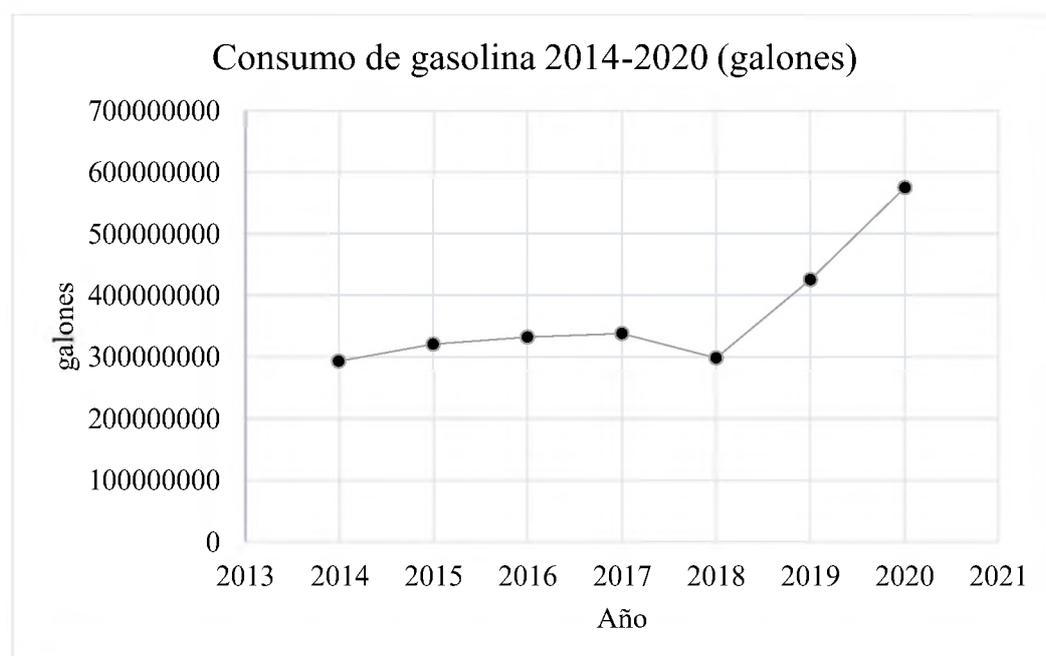
De esta manera, obtenemos el siguiente dato:  $1,444,605.65 \text{ gl} \times 10\% = 144,460.56 \text{ gl}$  etanol/día. El resultado que se obtiene es la cantidad de galones de etanol que se demandan diariamente en un mercado ideal donde el consumidor final elige el E10 sobre los combustibles convencionales y el mercado potencial del E10 a largo plazo.

Según los datos recopilados y publicados en el Anuario República Dominicana en Cifras 2020, se muestran los siguientes datos, el consumo de gasolina representa una tendencia creciente, menos en el 2018 con una disminución de 97.48 millones, respecto al mismo periodo del año 2017(Véase Tabla 13, Figura 13).

**Tabla 13***Consumo de gasolina anual 2014-2020*

<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Millones de galones</b>
2014	1	293,200,700.00
2015	2	320,687,601.00
2016	3	332,489,156.00
2017	4	337,941,209.00
2018	5	298,739,486.00
2019	6	425,232,762.00
2020	7	573,921,602.43

Nota: Datos recuperados de la (Oficina Nacional de Estadística ONE, 2020).

**Figura 14***Consumo de gasolina anual 2014-2019*

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

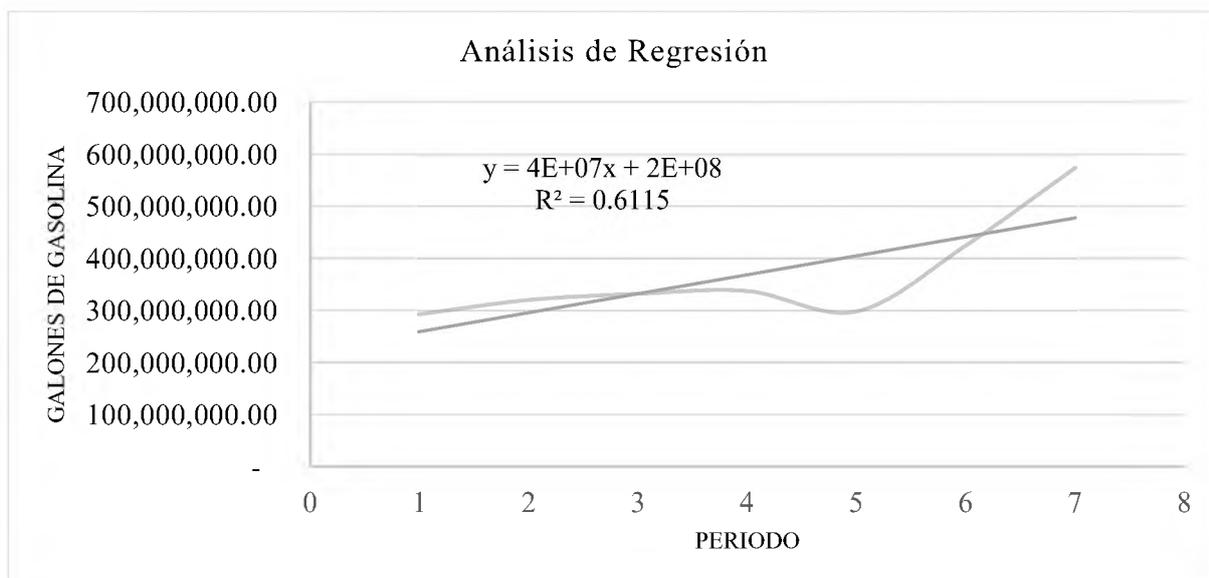
En 2010, la Comisión Nacional de Energía (CNE) realiza unas proyecciones con el fin de evaluar cuál es la demanda aproximada del E10 en el país, sus estudio plantean la necesidad de iniciar el programa con una capacidad de 103,000 gl etanol/día en el escenario alto y 94,000 gl etanol/día en el escenario bajo, dichas proyecciones no se encuentra muy alejadas del cálculo que se realiza anteriormente, que proyecta una demanda de 144,460.56 gl etanol/día, siendo un mercado ideal donde los consumidores de gasolina se inclinan a utilizar el E10 como el combustible de sus vehículos, ya para el año 2020 la CNE proyecta a realizar un incremento de la capacidad a 144,000 gl etanol /día en el escenario alto y a 107,000 gl etanol /día en el escenario bajo.

La demanda del etanol es directamente proporcional a la demanda de la gasolina, ya que se encuentra mezclada con esta, y todos los consumidores de la misma podrán elegirla como la opción para sus vehículos. Se realiza un análisis de regresión, un proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables, y con el mismo proyectar la demanda del etanol.

El objetivo del análisis de regresión como método causal es pronosticar la demanda a partir de una o más causas (variables independientes), las cuales pueden ser por ejemplo el tiempo, precios del producto o servicio, precios de la competencia, economía del país, acciones del gobierno, para estimar la demanda del etanol, el análisis se realiza con respecto al tiempo. El análisis de regresión es pertinente cuando se evidencia una tendencia en los datos históricos del pronóstico, para esto se realiza un gráfico de dispersión de los datos de la tabla 14, con la línea de tendencia y la ecuación, si el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es mayor a 0.5 y menor que 1 significa que la tendencia es positiva (véase la figura 15). Entre más cercano se encuentre el coeficiente de correlación a +1 más fuerte será la tendencia y más apropiado será aplicar un modelo de regresión lineal.

**Figura 15**

*Análisis de Regresión datos de la demanda de etanol 2014-2020*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

El modelo de pronóstico de regresión lineal permite hallar el valor esperado de una variable aleatoria a cuando  $b$  toma un valor específico. La aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente. Para realizar el análisis de regresión en el pronóstico de demanda se utiliza la siguiente fórmula:

$Y$  (variable dependiente, demanda) =  $a$ (secante) +  $b$ (pendiente)  $X$  (variables independientes, tiempo)

Para calcular la pendiente y la secante se utilizan las siguientes fórmulas:

$$b = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad a = \frac{\sum y - b\sum x}{N}$$

**Tabla 14***Cálculo de Regresión demanda de la gasolina 2014-2020*

<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Galones de gasolina</b>	<b>XY</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
<b>2014</b>	1	293,200,700.00	293,200,700.00	1
<b>2015</b>	2	320,687,601.00	641,375,202.00	4
<b>2016</b>	3	332,489,156.00	997,467,468.00	9
<b>2017</b>	4	337,941,209.00	1,351,764,836.00	16
<b>2018</b>	5	298,739,486.00	1,493,697,430.00	25
<b>2019</b>	6	425,232,762.00	2,551,396,572.00	36
<b>2020</b>	7	573,921,602.43	4,017,451,217.01	49
<b>Suma</b>	28	2,582,212,516.43	11,346,353,425.01	140
<b>Promedio</b>	4	368,887,502.35	1,620,907,632.14	20

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Se realiza la sustitución en las fórmulas de forma manual y se obtienen los mismos resultados que en la ecuación de la gráfica, a es igual 223,529,879.59 y b es igual a 36,339,405.69, sustituyendo estos datos en la fórmula de regresión ya es posible estimar la demanda de gasolina y por ende la de etanol con respecto al tiempo (véase tabla 15).

**Tabla 15***Proyección de la demanda de gasolina y etanol 2022-2030*

<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Galones gasolina</b>	<b>Galones de Etanol</b>
<b>2022</b>	9	550,584,530.79	55,058,453.08
<b>2023</b>	10	586,923,936.48	58,692,393.65
<b>2024</b>	11	623,263,342.17	62,326,334.22

<b>2025</b>	12	659,602,747.86	65,960,274.79
<b>2026</b>	13	695,942,153.55	69,594,215.35
<b>2027</b>	14	732,281,559.24	73,228,155.92
<b>2028</b>	15	768,620,964.93	76,862,096.49
<b>2029</b>	16	804,960,370.61	80,496,037.06
<b>2030</b>	17	841,299,776.30	84,129,977.63

---

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Como se ve en los datos la demanda de etanol presenta una tendencia creciente con respecto al tiempo, sin embargo, esta demanda se estima en caso de que todos los consumidores elijan el E10 como el combustible de sus vehículos.

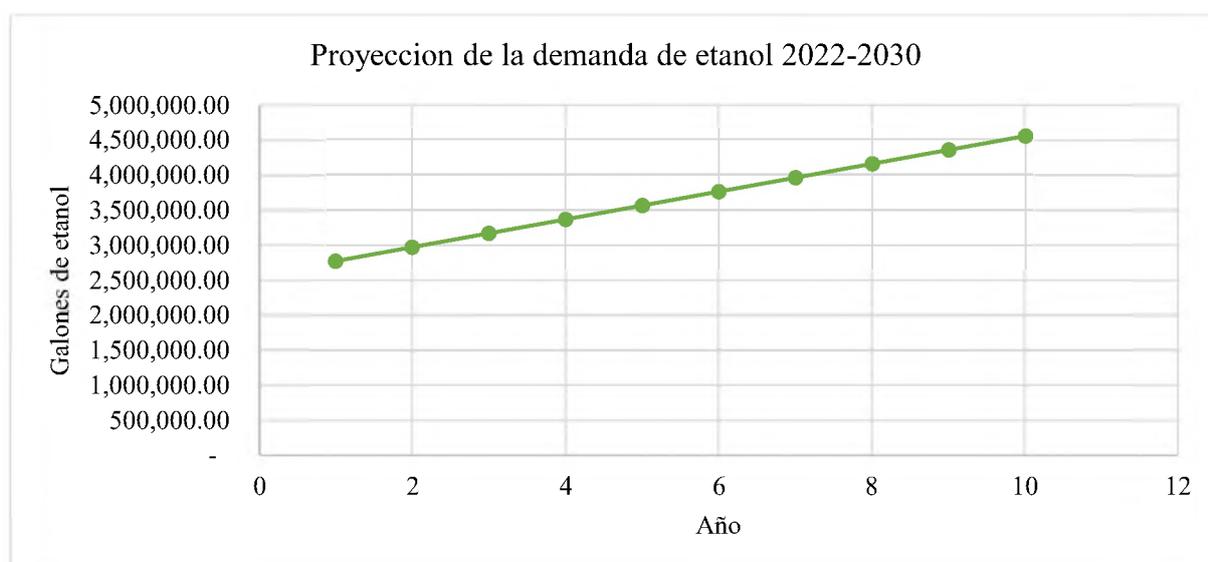
Con el objetivo de generar un resultado más real respecto la demanda del etanol en el tiempo, se procede a restar una serie de porcentajes, en primer lugar, se toma en cuenta que nuestro mercado es un 62.4% del parque vehicular correspondientes a las provincias con mayor cantidad de vehículos (Santiago, La vega, Santo Domingo, San Cristóbal) donde se distribuye el producto, y se toma en consideración que solo el 61.9% de la gasolina es destinada al parque vehicular.

De igual forma se restan un 15% que corresponde a vehículos de carga, autobuses, entre otros, 15% los vehículos fabricados antes del 2000, 30% personas que se inclinan por seguir usando combustibles convencionales, y se considera que solo un 15% de la población total elige E10 obtenemos la tabla 16 y figura 16, lo que evidencia que de igual forma es un mercado que se perfila positivo para el etanol en República Dominicana.

**Tabla 16***Proyección de la demanda de etanol*

<b>Año</b>	<b>Galones de Etanol</b>
<b>1</b>	2,776,923.68
<b>2</b>	2,973,156.47
<b>3</b>	3,169,389.26
<b>4</b>	3,365,622.05
<b>5</b>	3,561,854.84
<b>6</b>	3,758,087.63
<b>7</b>	3,954,320.42
<b>8</b>	4,150,553.21
<b>9</b>	4,346,786.00
<b>10</b>	4,543,018.79

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Figura 16***Proyección de la demanda de etanol*

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

### **V.3.7 Análisis de Oferta**

Es la primera planta para producir etanol combustible en la República Dominicana, permitiendo acaparar todo el mercado nacional, en primera instancia solo se pretende enfocar en las provincias con mayor cantidad de vehículos (Santiago, La Vega, Santo Domingo, San Cristóbal) y con miras a la exportación a nivel internacional a largo plazo. El etanol que se presenta como producto a nuestros consumidores finales es el E10 para automóviles que trabajan con motores a gasolina que es el principal combustible utilizado a nivel nacional, con el objetivo de mantener el precio del combustible. El bioetanol además de ser rentable es un producto económico, de fácil manejo, procesamiento para dar resultado a una sustancia libre de tóxicos, que impide corroer las partes del motor de los vehículos.

#### **V.3.7.1 Comercialización**

En coordinación con la Dirección General de Impuestos Internos (DGII), el ministerio de Industria y Comercio es la encargada de todo lo relativo a la regulación y comercialización de alcoholes carburantes desnaturalizados y gasolinas oxigenadas, así como de fiscalizar el proceso de mezcla para la obtención de estas, en armonía con las disposiciones contenidas en el Artículo 12 de la Ley No. 243, del 10 de enero del 1968, General de Alcoholes; la Ley No. 11-92, del 16 de mayo de 1992, y sus modificaciones; el Artículo 12 del Reglamento No. 79-03, del 4 febrero del 2003, para Aplicación del Título IV del Código Tributario; y el Reglamento No. 3810, del 17 de septiembre del 1946.

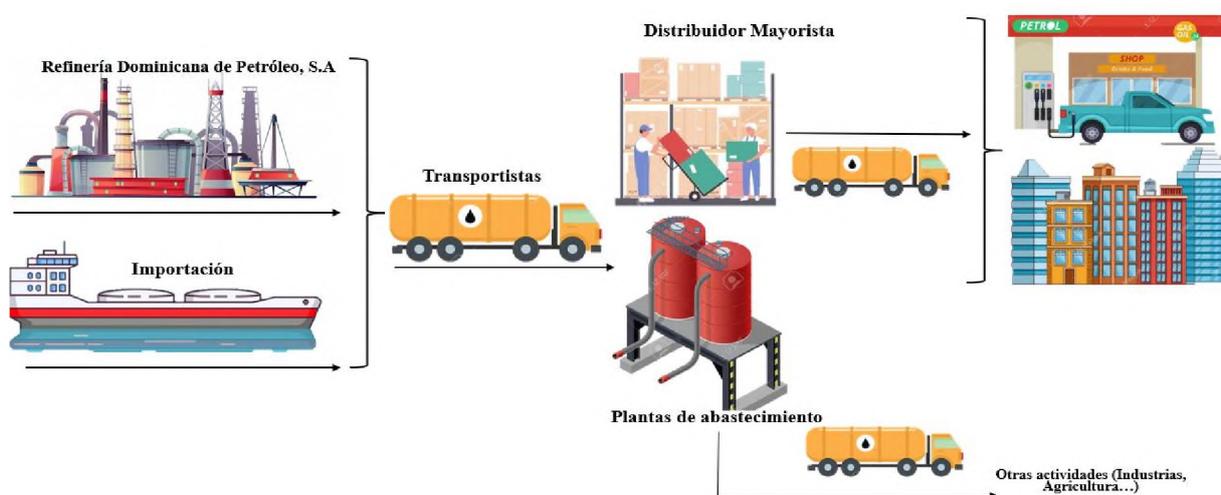
El ministerio de Industria y Comercio establece cada semana los precios de las gasolinas oxigenadas, específicamente las gasolinas "Premium y Regular", y establece los márgenes de beneficios del importador, almacenista, mezclador, del distribuidor mayorista, de los detallistas y de los transportistas, de conformidad con el presente reglamento. El precio del

alcohol carburante anhidro debe ser fijado por resolución el ministerio, tomando como referencia el precio de venta en el mercado internacional. El petróleo es procesado en Refidomsa, que es el principal mayorista, paralelamente la yuca es cosechada y procesada, y en nuestra planta de producción de etanol es donde se obtiene nuestro producto principal, etanol anhidrido, para luego realizar la mezcla con 90% de gasolina. A continuación, se muestra en la figura 17 la cadena de comercialización de la industria petrolera para ubicar la posición de los proveedores de etanol y los distribuidores mayoristas de gasohol.

En cuanto a la entrega de etanol, el producto se almacena en tanques dentro de la planta y se entrega al cliente, si es necesario, en camiones cisterna tercerizados que garantizan condiciones óptimas para el transporte del producto.

**Figura 17**

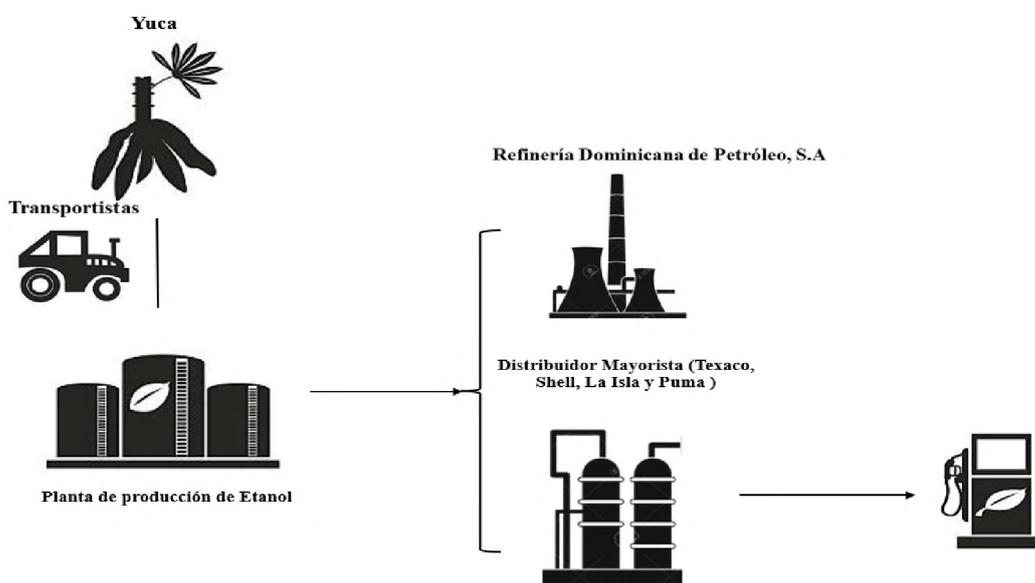
*Cadena de comercialización de la industria petrolera en República Dominicana*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Figura 18**

*Cadena de comercialización del etanol en República Dominicana*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

## **V.4 Estudio Técnico**

En este estudio se desarrollan aspectos como la localización, capacidad de planta, descripción del proceso productivo y los medios que se utilizan, así como también la selección de la maquinaria. El estudio técnico cobra relevancia dentro de la evaluación de un proyecto ya que en él se determinan los costos que se incurren al implementarlo, por lo que dicho estudio es la base para el cálculo financiero y la evaluación económica del mismo.

### **V.4.1 Localización de la planta**

#### **V.4.1.1 Objetivo**

Conocer la zona donde se encuentra ubicada la planta de Bioetanol y la localización de los principales proveedores y distribuidores.

#### **V.4.1.2 Macro localización**

**Región Norte:** Esta región tiene concentrada la mayor producción de yuca en el país. . La Región Norte o Cibao, cuenta con una producción total de 54% del cultivo de Yuca. La Vega es la mayor productora, con 33% de áreas sembradas entre 300 y 325 mil tareas, seguido de la provincia de Moca y Santiago. Esto ofrece mayor disponibilidad de materia prima y, por ende, más cercanías a los proveedores. Además de ofrecer mayor cercanía con una de las provincias de mayor parque vehicular del país, Santiago de los Caballeros, con una participación de 7.9% de vehículos registrados.

**Región Sureste:** Esta región cuenta con una producción total de 18% del cultivo de yuca del país. El Distrito Nacional y Santo Domingo tienen la mayor parte de los vehículos registrados, con una participación de 28.5% y 15.9%, respectivamente.

**Región Suroeste:** Esta región cuenta con una producción total de 28% del cultivo de yuca del país. En San Cristóbal se encuentra la refinería de petróleo Refidomsa, la cual es la principal distribuidora del Bioetanol.

#### **V.4.1.3 Micro localización**

Uno de los factores que se tienen en cuenta para decidir la localización de la planta es la oferta de la yuca. Al ser la principal materia prima, representa uno de los mayores costos, por lo que abaratarlo todo lo posible es clave para la rentabilidad de la planta. A la hora de analizar este factor se tiene en cuenta dos variables: la cantidad producida en la zona y la distancia a la planta. Otro factor que se tiene en cuenta son las provincias con mayor parque vehicular, ya que el bioetanol está destinado para los automóviles. Para la micro localización se han considerado tres provincias, las cuales son: San Cristóbal, Santo Domingo y Santiago de los Caballeros.

**Provincia San Cristóbal (Localización 1):** Se encuentra a una distancia de 24.1 km de Santo Domingo y a 160.6 km de Santiago, conectándose de manera directa la provincia de Santiago por la Autopista Juan Pablo Duarte y la provincia de Santo Domingo por la Autopista 6 de noviembre; esto permite un transporte más rápido y directo entre la industria, las oficinas y los distribuidores. Hay una gran disponibilidad de naves industriales.

**Santiago de los Caballeros (Localización 2):** Se encuentra a una distancia de 155.4 km de Santo Domingo, y a 160.2 km de Santiago, conectándose con la Autopista Juan Pablo Duarte para transitar a ambas provincias. Santiago de los Caballeros es la segunda provincia con mayor producción de yuca a nivel nacional, luego de La Vega y la segunda provincia más cercana al cliente, luego de Santo Domingo.

**Provincia Santo Domingo (Localización 3):** Se encuentra a una distancia de 24.6 km de San Cristóbal y a 154.6 km de Santiago, conectándose de manera directa con la provincia de Santiago por la Autopista Juan Pablo Duarte y con la provincia de San Cristóbal por la Autopista 6 de noviembre; esto permite un transporte más rápido y directo entre la industria, las oficinas y los puntos de distribución más eficientes según nuestro estudio de mercado. El servicio de electricidad es eficiente al igual que el servicio de agua. Es la provincia con mayor cercanía al cliente, proveedora de los insumos.

#### **V.4.1.4 Análisis de fuerzas locacionales**

**Adquisición de materias primas:** Se realiza con productores y vendedores de yuca, nuestros principales proveedores son los establecidos en la ciudad de Santiago de los Caballeros, que posee mayor producción de yuca.

**Transporte de materias primas:** No se presentan problemas con el transporte ya que los proveedores de la yuca están presentes en las provincias analizadas.

**Espacio:** La planta cuenta con espacio para producción de Bioetanol, almacén de insumos, oficinas y los centros de distribución en San Cristóbal (Refidomsa) y gasolineras de Santo Domingo y Santiago de los Caballeros.

**Transporte de bienes terminados hacia los mercados:** Esto es de manera terrestre con camiones que tengan las condiciones necesarias para el transporte del Bioetanol y que éste llegue en buen estado a su destino intermedio, que son las provincias que sirven como centros de distribución: San Cristóbal, Santo Domingo y Santiago de los Caballeros.

A continuación, la tabla 17 muestra una matriz de enfrentamiento de factores para la micro localización.

**Tabla 17***Matriz de condiciones*

<b>Localización</b>	<b>San Cristóbal</b>	<b>Santiago</b>	<b>Santo Domingo</b>
<b>Coste de</b>	4	5	3
<b>Transporte</b>			
<b>Electricidad</b>	5	5	5
<b>Agua</b>	5	5	5
<b>Materia prima</b>	4	5	1
<b>Clima y factores naturales</b>	5	5	4
<b>Mano de obra</b>	5	4	4
<b>TOTAL</b>	28	29	22
	35.44%	36.71%	27.85%

Nota: La puntuación máxima es 5 (dada por la máxima eficiencia en los parámetros establecidos). La puntuación mínima es 1 (dada por la deficiencia de los parámetros establecidos).

Como se puede observar, la provincia más adecuada para localizar la planta debido a su proximidad a la materia prima, disponibilidad de mano de obra y costos, es Santiago de los Caballeros.

## **V.4.2 Tamaño de la planta**

### **V.4.2.1 Relación tamaño – mercado**

La Comisión Nacional de Energía plantea la necesidad de iniciar el programa con una capacidad de 390,000 litros/día (103,000 gl/día) en el escenario alto y 355,000 litros/día (94,000 gl/día) en el escenario bajo.

#### V.4.2.2 Tamaño - terreno

El terreno a escoger tiene una extensión total de 63,364.52 m<sup>2</sup> se ubica en la Autopista Juan Pablo Duarte, Santiago de los Caballeros. Tiene un costo total de RD\$237,616,950 y cada metro cuadrado tiene un costo de RD\$3,750. El terreno que se pretende adquirir es de una superficie de 5,033.17 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el costo total de esta área determinada es RD \$18,874,387.5.

#### Figura 19

*Terreno para la planta de etanol*



Nota: Recuperado de Google Earth. (s.f.). Obtenido de Google Earth: <https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaauEtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAlcRGkH9iPWTA>

**Tabla 18***División del terreno*

Áreas	Superficie en m <sup>2</sup>
Recepción	106.72 m <sup>2</sup>
Administrativas	128.33 m <sup>2</sup>
Pasillos	82.91 m <sup>2</sup>
Comedor	187.59 m <sup>2</sup>
Sanitarios	79.74 m <sup>2</sup>
Almacén	518.17 m <sup>2</sup>
Descarga (Materia prima)	300.60 m <sup>2</sup>
Parqueos	1,343.5 m <sup>2</sup>
Producción	1,062.09 m <sup>2</sup>
Mantenimiento	169.23 m <sup>2</sup>
Tratamiento de agua	139.92 m <sup>2</sup>
Calidad	155.77 m <sup>2</sup>
Linderos	745.92 m <sup>2</sup>
<b>Total de metrajes</b>	<b>5,033.17 m<sup>2</sup></b>

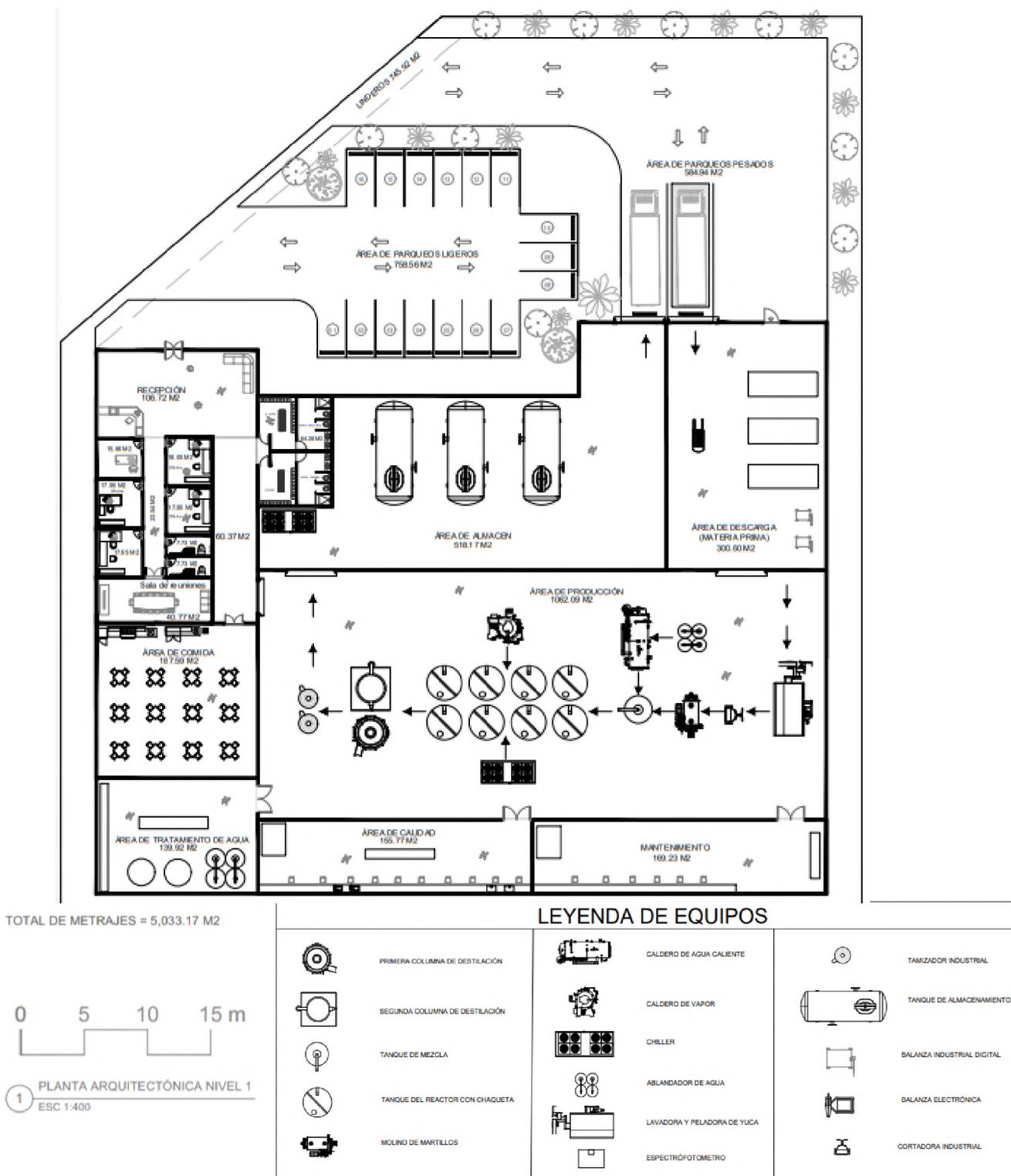
Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

#### **V.4.2.3 Disposición general**

En la figura 20 se muestra el plano general de la planta de etanol.

**Figura 20**

*Disposición general del plano de planta*



Nota: Elaborado por Arq. Yovana Muñoz

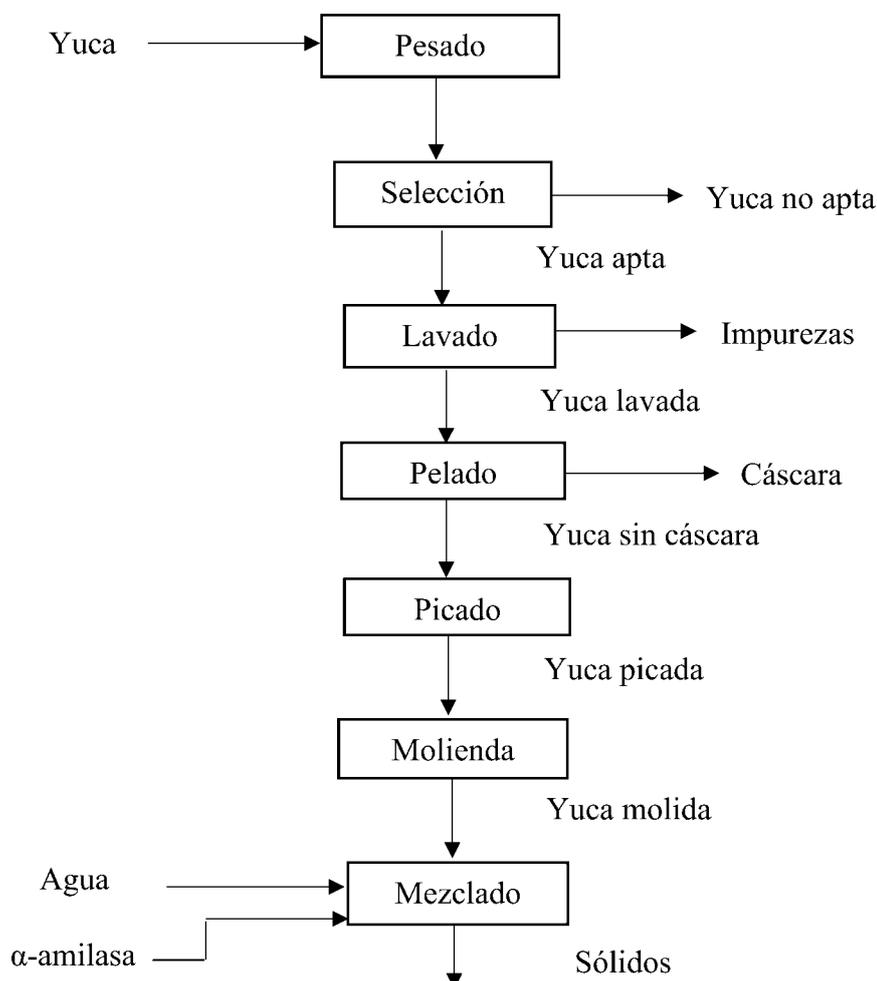
### V.4.3 Proceso de producción

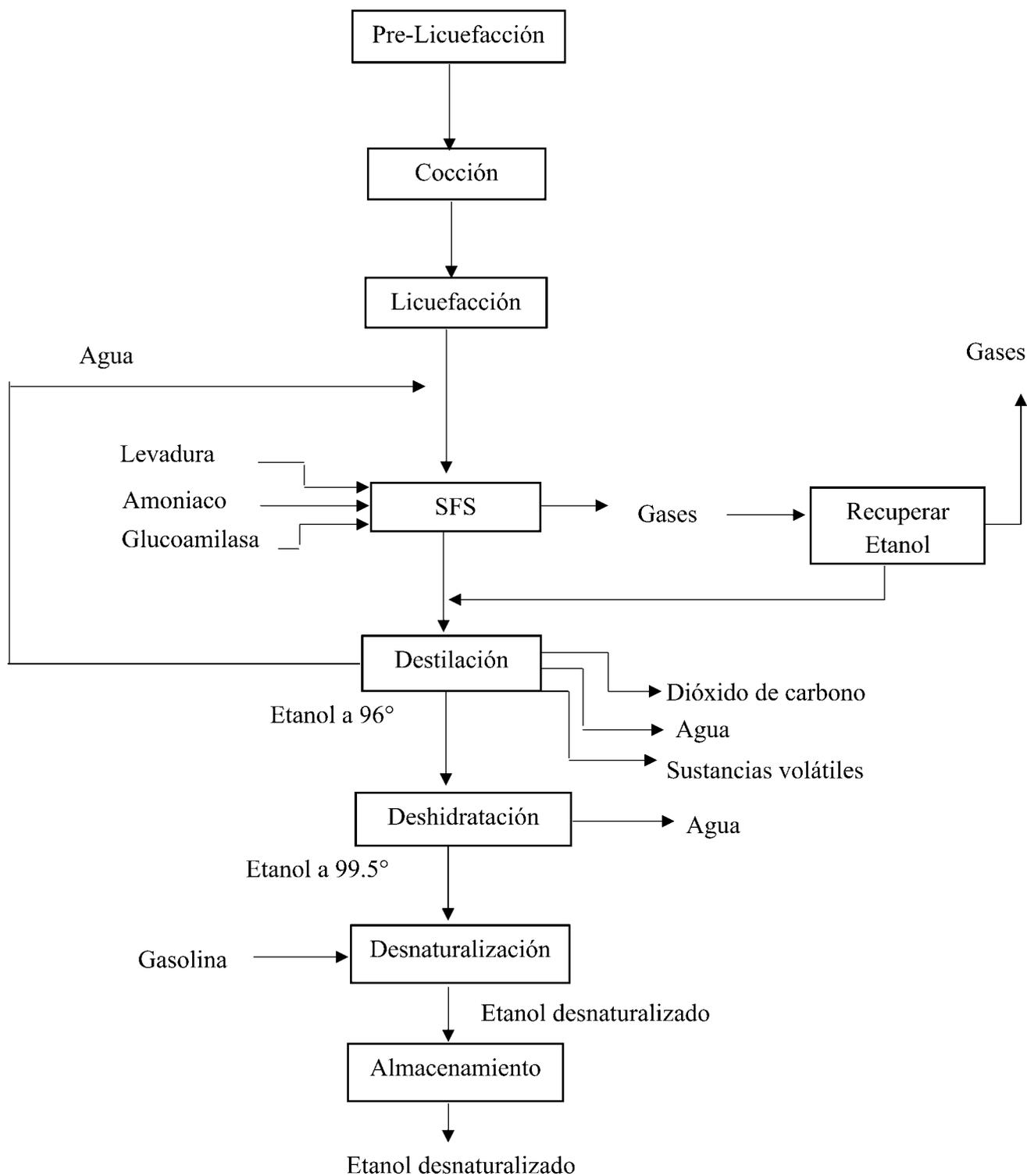
El proceso de obtención de etanol a partir de yuca se explica en el capítulo II. El proceso comienza con la selección, lavado, pelado y picado de la yuca, seguido de la molienda, mezclado, pre-licuefacción, cocción, licuefacción, pre-fermentación, sacarificación y fermentación simultáneas (SFS), destilación, deshidratación, desnaturalización y por último el almacenamiento del producto terminado.

En la figura 21 se muestra el diagrama de bloques para la producción de etanol a base de yuca.

**Figura 21**

*Diagrama de bloques del proceso de etanol*





Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

#### **V.4.4 Selección de la maquinaria**

El equipo más práctico se selecciona de acuerdo con el método de producción elegido, hidrólisis y fermentación simultáneas y destilación fraccionada, teniendo en cuenta los factores técnicos, económicos y ambientales involucrados en la producción de etanol, los criterios de aceptación recomendables para equipos de procesamiento deben tener identificación y registro del equipo de un proveedor certificado, calibración del equipo por una entidad pertinente, instrucciones actualizadas de uso y mantenimiento disponibles.

Los equipos que se emplean para la transformación de la yuca en etanol, son: lavadora, peladora, cortadora, molino, reactor cerrado con agitador y chaqueta, columnas de destilación, tamices moleculares, tanques de almacenamiento, caldero de agua caliente, caldero de vapor, chiller, ablandador de agua, balanza electrónica de insumos y balanza electrónica de camiones.

También se necesitan equipos de calidad, y entre los que mayor inversión requieren están: cromatógrafo de gases, espectrofotómetro de absorción atómica y espectrofotómetro de absorción molecular

Las especificaciones técnicas de las maquinarias que se mencionan, para la producción de etanol, se describen en fichas técnicas ubicadas en los anexos, desde la tabla 7 hasta la tabla 24.

#### **V.4.5 Capacidad instalada**

Debido a que es un proceso por lotes, la capacidad de planta se determina a partir de los tiempos de procesamiento, el número de máquinas y la utilización y eficiencia de estas mismas.

**Tabla 19***Horario de trabajo*

<b>Días al año</b>	<b>Horas por turno</b>	<b>Turnos por día</b>
<b>365 días</b>	8 horas	3 turnos

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

El tiempo de procesamiento de cada operación se muestra a continuación en la tabla 20.

**Tabla 20***Tiempo de procesamiento*

<b>Proceso</b>	<b>Minutos</b>
<b>Lavado-Pelado</b>	60
<b>Picado</b>	60
<b>Molido</b>	60
<b>Mezclado</b>	60
<b>Pre-licuefacción</b>	60
<b>Cocción</b>	18
<b>Licuefacción</b>	150
<b>Pre-Fermentación</b>	20
<b>SFS</b>	720
<b>Primera Destilación</b>	60
<b>Segunda Destilación</b>	60
<b>Recuperación</b>	20
<b>Deshidratación</b>	20
<b>Desnaturalización</b>	25
<b>TOTAL</b>	1,393

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (*Manihot esculenta*).

Para la obtención del primer lote de 7,608 galones de etanol, se requiere aproximadamente 24 horas, donde la Sacarificación y Fermentación Simultánea (SFS) es el proceso que más tiempo consume. Por otro lado, pasada las 12 horas se puede iniciar nuevamente el proceso de materia prima, para la incorporación al proceso SFS.

En la tabla 21 se muestra la cantidad de maquinaria requerida para el proceso de elaboración del etanol a partir de la yuca.

**Tabla 21**

*Número de máquinas*

<b>Máquinas</b>	<b>No. Máquinas</b>
<b>Lavadora- Peladora</b>	1
<b>Cortadora</b>	1
<b>Molino</b>	1
<b>Tanque de mezcla</b>	1
<b>Reactor cerrado con agitador y chaqueta</b>	8
<b>Columna de destilación</b>	2
<b>Tamices moleculares</b>	2
<b>Tanques de almacenamiento</b>	3
<b>Caldero agua caliente</b>	1
<b>Balanza electrónica de insumos</b>	1
<b>Balanza electrónica de camiones</b>	1
<b>Caldero vapor</b>	1
<b>Chiller</b>	1
<b>Ablandador de agua</b>	2
<b>Cromatógrafo</b>	1
<b>Espectrofotómetro</b>	2
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (*Manihot esculenta*).

## **V.5 Estudio impacto ambiental**

Este estudio sobre el impacto ambiental es un conjunto de estudios técnicos y sistemáticos, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los efectos positivos o negativos que puede producir la implementación de una industria de producción de etanol en República Dominicana y su incidencia sobre el medio ambiente, se pretende evaluar los posibles efectos nocivos más significativos del proyecto y adoptar las decisiones más adecuadas para prevenir y minimizar dichos efectos negativos.

### **V.5.1 Marco legal**

La República Dominicana cuenta con la Ley general Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales 64-00, misma tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales asegurando su uso sostenible. De igual forma contamos con la ley 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales con el objetivo de impulsar a la República Dominicana hacia una matriz energética más sostenible y limpia.

Es deber del Estado fomentar el desarrollo de fuentes de energías renovables, para la consolidación del desarrollo y el crecimiento macroeconómico, así como la estabilidad y seguridad estratégica de la República Dominicana; constituyendo una opción de menor costo para el país en el largo plazo por lo que debe ser apoyado e incentivado por el Estado (Ley 57-07, 2012). La ley 57-07 considera que las mezclas a niveles tolerables de alcohol carburante, con los combustibles fósiles importados que utilizan los automotores y las plantas de generación eléctrica, reducen sustancialmente las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, y por tanto la degradación del medio ambiente, así como disminuyen el gasto nacional en divisas.

### V.5.2 Diagnostico ambiental

Para identificarse los aspectos e impactos ambientales del proceso de producción se considera una matriz de caracterización, la cual se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29**

*Matriz de caracterización*

Proceso	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
<b>Lavado-Pelado</b>	Utilización de efluente	Contaminación de agua
<b>Pre-licuefacción</b>	Probabilidad de emisión de gases	Contaminación de agua y aire
<b>Licuefacción</b>	Probabilidad de emisión de gases	Contaminación de agua y aire
<b>Pre-fermentación</b>	Probabilidad de emisión de gases	Contaminación de agua y aire
<b>Destilado</b>	Emisión de gases	Contaminación de agua y aire
<b>Deshidratado</b>	Emisión de vapores	Contaminación del aire
<b>Recuperación de etanol</b>	Emisión de gases	Contaminación del aire
<b>Calentamiento</b>	Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire
<b>Generación de electricidad</b>	Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (*Manihot esculenta*).

### V.5.3 Manejo de residuos, efluentes y emisiones

Por ley, las empresas son responsables de todos los desechos y aguas residuales que resulten de sus actividades. En cuanto a los residuos sólidos, el principal problema es la gran cantidad de cáscaras obtenida después del proceso de pelado. La cáscara de yuca se considera como humus orgánico de origen vegetal, la cual puede ser utilizada para hacer compost y ser reutilizarla por los agricultores cercanos, ellos cubriendo el servicio de transporte a la planta.

En 2017 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales publica el reglamento técnico ambiental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas, mismo que tiene por objetivo establecer los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera, provenientes de fuentes fijas para reducir los niveles de contaminación del aire.

En el artículo 6, se establecen los límites permisibles de emisión a la atmósfera, dichas emisiones no podrán ser superiores a los valores máximos de emisión contenidos en la siguiente tabla 30 ( Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

**Tabla 30**

*Límites máximos permisibles de emisiones gaseosas y de partículas*

Contaminante	mg/m <sup>3</sup>
<b>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</b>	20
<b>Material Particulado (PM)</b>	40
<b>Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	10
<b>Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>)</b>	50
<b>Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</b>	450

Nota: Información recuperada del Reglamento Técnico Ambiental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes fijas. (2017). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 7-13.

Las normas ambientales para la protección contra ruidos de la República Dominicana establecen que en la zona industrial los ruidos no deben sobrepasar los 70 decibeles diurnos ni 55 decibeles nocturnos. Según un estudio de medición de ruidos de la empresa Biocombustibles de Zierbena S.A, una planta de producción de biocombustibles produce en promedio entre 49 y 52 dB en el día y entre 45 y 48 dB en la noche; siendo estos rangos menores a los límites permisibles. Asimismo, en el caso de los operarios, es recomendable utilizar protección de oídos cuando se superan los 85dB (OEFA, 2016); sin embargo, a pesar de que el ruido producido por las máquinas no es perjudicial para la salud del personal, se brinda orejeras a cada operario (Naturales, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos, 2003).

#### **V.5.4 Análisis de los beneficios ambientales**

La República Dominicana tiene una de las economías más grandes y diversas del Caribe, y su consumo de energía está creciendo de forma acelerada. El país depende en gran medida de los combustibles fósiles importados, que son la principal fuente de energía primaria hasta hoy. Se han fijado objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siendo los principales objetivos, el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el ozono (O<sub>3</sub>). Estudios recientes muestran que el uso de gasolina con un 10% en volumen de etanol, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 1% y un 5% ( Vidal, Marcel, 2009).

Los resultados de estos estudios muestran que las mezclas que contienen un mayor porcentaje de etanol tienen una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, de alrededor del 17% y 25% respectivamente ( Vidal, Marcel, 2009).

La mezcla de E10, reduce las emisiones en un 74.17% de hidrocarburos, 71.74% de Monóxido de Carbono, 54.18% de Dióxido de Azufre, 39.96% de Óxidos de Nitrógeno, y 21.17% de Dióxido de Carbono. Los resultados muestran que el etanol actúa como un oxigenante para la mezcla de combustible, al reducir los compuestos tóxicos representan una combustión incompleta (Zambrano , G., Melendez, E., Lorenzo, A., 2021).

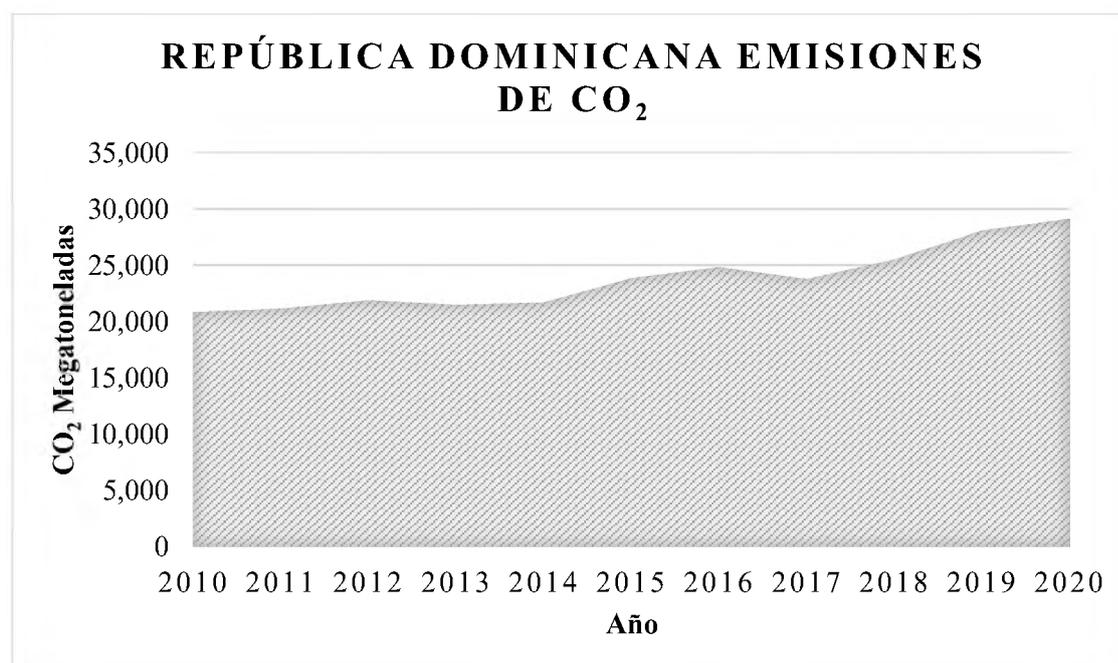
Las emisiones de fuentes móviles representan un porcentaje significativo de los contaminantes liberados a la atmósfera, principalmente en las áreas urbanas. En 1995, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), estima que los vehículos representan una parte importante del total de emisiones totales a la atmósfera de ese país. Las contribuciones típicas reportadas son: 64% del CO, 35% del NO<sub>x</sub> y 26.7% de los Compuestos Orgánicos Volátiles (VIDAL, 2009).

Otro estudio relacionado con las emisiones provenientes de las fuentes móviles es el que se lleva a cabo en la ciudad de Santiago de Chile, el cual, según datos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente del país, se determina que el sector transporte es el responsable de 92.3 % del total de CO presente en la ciudad, 45.7% de la emisión de HC's, 70.6% de NO<sub>x</sub>, 14.9% de SO<sub>2</sub> y 6.5% de partículas menores a 10 micras. Además, en la literatura podemos observar, que las emisiones de los vehículos automotores dependen directamente de tres factores importantes: el tipo de combustible que queman, el estado de mantenimiento del vehículo, y el estado de funcionamiento de las condiciones ambientales (VIDAL, 2009). Las emisiones de CO<sub>2</sub> durante 2020 aumentan en 1,036 megatoneladas, un 3,69% respecto a 2019 como se puede observar en la tabla 31 y la figura 22 (Datosmacro.com, 2020).

**Tabla 31***Emisiones de CO<sub>2</sub> en República Dominicana 2010-2020 (Megatoneladas)*

<b>Año</b>	<b>CO<sub>2</sub> mt</b>	<b>CO<sub>2</sub> Per capita</b>
2010	20,824	2.1
2011	21,129	2.11
2012	21,880	2.15
2013	21,467	2.09
2014	21,666	2.08
2015	23,817	2.26
2016	24,807	2.33
2017	23,741	2.2
2018	25,469	2.34
2019	28,057	2.55
2020	29,093	2.62

Nota: Información recuperada de Datosmacro.com. (2020). Datosmacro.com. Obtenido de Aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> en República Dominicana.

**Figura 22***Emisiones de CO<sub>2</sub> en República Dominicana 2010-2020*

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos la cantidad de dióxido de carbono emitido por galón de gasolina de motor quemada es de  $8.89 \times 10^{-3}$  toneladas métricas (Agencia de Protección Ambiental EE.UU, 2020).

En República Dominicana, según las últimas estadísticas nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), el sector energético, que incluye el transporte y la generación eléctrica, es el mayor emisor, con el 61.9% del total de las emisiones de GEI; seguido por el sector agricultura, con el 19.9%; residuos, con el 12.9%, y procesos industriales, con el 5.3% (Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio, 2020).

La mezcla E10 (10% en volumen de etanol), puede generar menores emisiones de hidrocarburos totales y de monóxido de carbono (CO) que la gasolina, reduce 71.74% CO, 54.18% SO<sub>2</sub>, 39.96% NO<sub>2</sub>, y 21.17% CO<sub>2</sub>.

Se realiza el cálculo con el último dato de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmosfera en República Dominicana es de 29,093 megatoneladas (mt) en el 2020, solo el 61.9% de estas emisiones corresponde al sector transporte 11,084 mt según inventario nacional de gases de efecto invernadero, y con las mezclas de E10 la reducción de las emisiones son de un 21.71%, lo que significa de que si se utiliza E10 en el país las emisiones totales son de 26,687 mt.

Desde el 2015 la República Dominicana se compromete a disminuir emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en un 25% para el 2030, en el 2020, el nivel de compromiso del subió a 27% de reducción, este proyecto sienta las bases para diversificar el sector transporte, con alternativas el etanol E10, ayudando a reducir el impacto ambiental (Consejo Nacional para el Cambio Climático, 2020).

## **V.6 Estudio Organizacional**

Este estudio tiene como objetivo determinar la capacidad operativa de la organización dueña del proyecto, para evaluar y conocer las fortalezas y debilidades de la organización.

### **V.6.2 Organización empresarial**

La organización se constituye como una empresa nacional de inversión privada. Es una empresa de producción continua, por lo que el horario de trabajo es 168 horas semanales, divididas preferiblemente en siete días laborales de ocho horas cada uno, con tres turnos diarios. En la tabla 32 y 33 se detallan los turnos y horarios del personal para el funcionamiento de la planta.

**Tabla 32**

*Turnos del personal operativo*

<b>Turnos</b>	<b>Turno 1</b>	<b>Turno 2</b>	<b>Turno 3</b>
<b>Horarios</b>	6:00 AM – 2:00 PM	2:00 PM – 10:00 PM	10:00 PM – 6:00 AM

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Tabla 33**

*Horario del personal*

<b>Puesto</b>	<b>Horario de trabajo</b>
<i>Gerente general, asistente de gerencia, gerente de producción, gerente de comercio y finanzas, gerente de calidad y gerente de mantenimiento, seguridad e higiene industrial.</i>	8:00 AM – 5:00 PM
<i>Persona operativo y supervisores</i>	6:00 AM – 2:00 PM 2:00 PM – 10:00 PM 10:00 PM – 6:00 PM

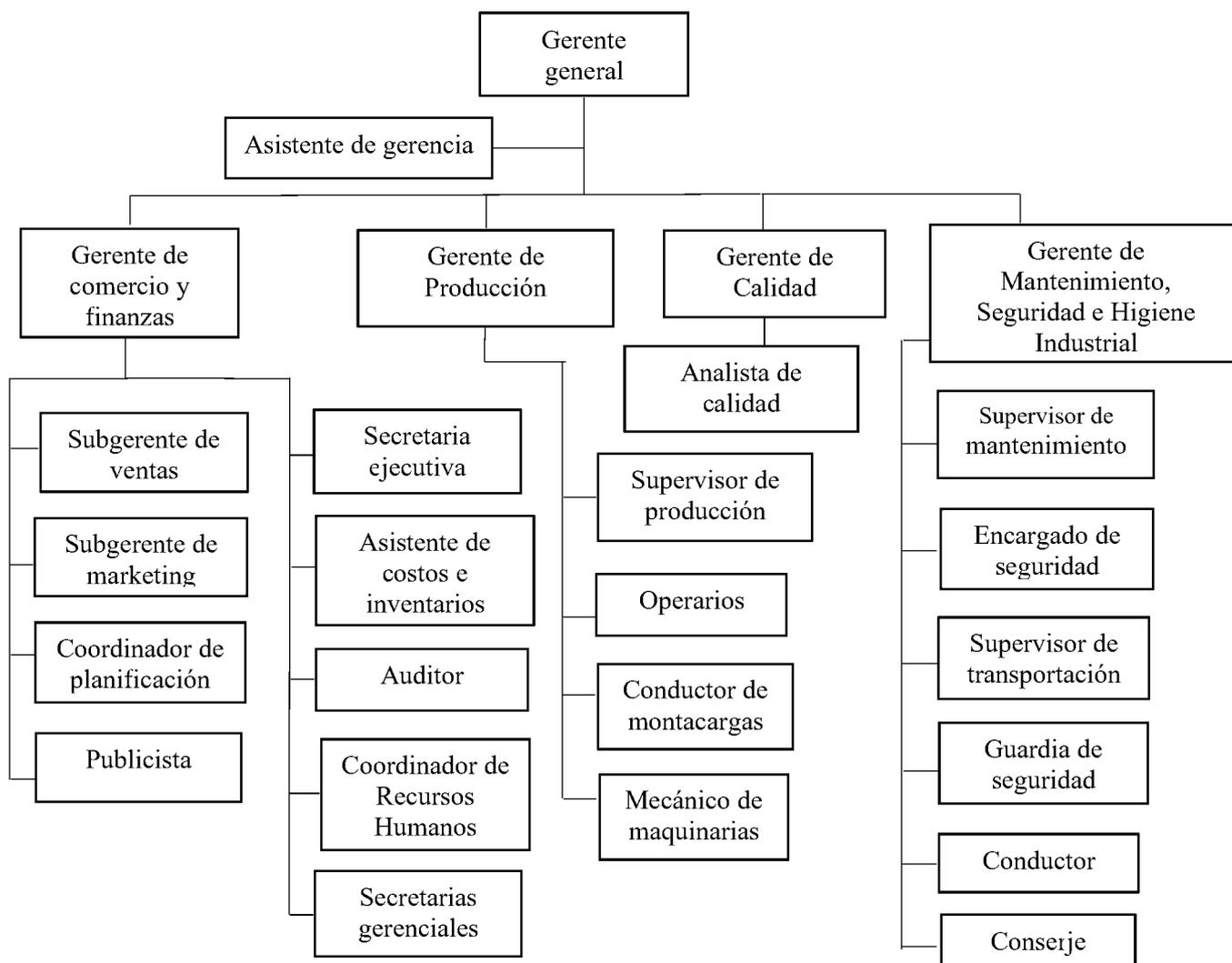
Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

El gerente general, asistente de gerencia, gerencia comercial, gerente comercio y finanzas, gerente de producción, gerente de calidad y gerente de mantenimiento, seguridad e higiene industrial, asisten a la planta de 8:00 AM – 5:00 PM y el personal operativo cuenta con tres turnos, al igual que los supervisores con horario rotativo.

En la figura 23, se muestra el orden jerárquico de la organización de la empresa.

**Figura 23**

*Organigrama de la empresa*



Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

## V.6.2 Descripción de puestos

El empleado debe cumplir con una serie de requisitos y funciones para satisfacer las necesidades de la empresa, para ello se emplean los diferentes puestos de trabajo, encabezados por el gerente general, seguido de las gerencias y cada gerencia formada por departamentos.

### **Gerente general**

**Objetivo del puesto:** Dirigir, planificar, organizar y controlar el desempeño de las actividades de todas las áreas de la empresa. Asegurarse de controlar suficientes empleados durante la jornada laboral.

#### **Funciones:**

- Ser líder, administrar el negocio y tomar decisiones.
- Planificar las funciones y los objetivos de la empresa a corto y largo plazo.
- Organizar la estructura actual y a futuro de la organización; así como las funciones.
- Analizar cuestiones que puedan surgir en las áreas de finanzas, comerciales y operacionales.

### **Asistente de gerencia**

**Objetivo del puesto:** Dirigir y apoyar en los procesos secretariales administrativos, para asegurar la evolución de la operación de las áreas y departamentos de la empresa.

#### **Funciones:**

- Supervisar el programa de trabajo del gerente general y los directores de los departamentos.
- Suministrar y solicitar los materiales necesarios para los departamentos requeridos.

- Preparar solicitudes de compra, gastos de viajes y otros pagos.
- Encargarse de la correspondencia interna y los documentos relacionados con las comunicaciones de gestión.
- Llevar a cabo el proceso de selección y reclutamiento de empleados.
- Elaborar plan anual de capacitación de los empleados.

### **Gerente de comercio y finanzas**

El gerente de comercio y finanzas dirige dos departamentos: departamento de comercio y departamento de administración y finanzas.

**Objetivo del puesto:** Implementar y dirigir el proceso comercial, liderar el proceso de negociación con los clientes para cerrar las ventas de los productos brindados. Administrar, planificar, controlar y dirigir la gestión de los recursos humanos y desarrollar procedimientos presupuestarios para controlar las operaciones comerciales.

#### **Funciones para el departamento de comercio:**

- Identificar y recomendar planes de marketing y comerciales para la organización.
- Realizar los análisis de oferta y demanda del mercado.
- Dirigir el presupuesto anual del departamento de ventas y monitorear su ejecución.
- Identificar y dirigir a la empresa en aspectos comerciales con clientes y organizaciones nacionales e internacionales.

#### **Funciones para el departamento de administración y finanzas:**

- Elaborar normar y políticas administrativas para registrar las informaciones contables.
- Coordinar con el Director General, el presupuesto de ingresos y gastos de la organización.

- Realizar análisis de caja, comparando el estado de cobros con el estado de compromisos de pago para la empresa.
- Administrar y ejecutar cobros a clientes.
- Controlar el presupuesto mensual de la empresa.

El departamento de comercio está constituido por: el subgerente de ventas, subgerente de marketing, coordinador de planificación y los publicistas. Mientras que el departamento de administración y finanzas está constituido por: la asistente ejecutiva, asistentes de gerenciales, asistentes de costos e inventarios, auditores y el coordinador de recursos humanos.

### **Gerente de producción**

**Objetivo del puesto:** Asegurar y dirigir el proceso de fabricación continuo de la planta garantizando el cumplimiento de los objetivos de gestión.

#### **Funciones:**

- Dirigir el capital humano de manera efectiva y mantener al personal motivado.
- Dirigir la producción en la fábrica y el cumplimiento de los requisitos del producto.
- Organizar y dirigir los programas de trabajo y asegurarse que los operarios de la planta de producción cumplan con las funciones asignadas, para satisfacer las necesidades de la empresa.
- Elaborar informes de cumplimiento para la gerencia.
- Asegurar y solucionar problemas para el máximo aprovechamiento de los recursos y materiales.

El departamento de producción está constituido por: los supervisores de producción, operarios, mecánico de maquinarias y conductores de montacargas.

### **Gerente de calidad**

**Objetivo del puesto:** Planificar, definir e inspeccionar cada parte y producto terminado del proceso de producción, asegurando que cumplan con todos los estándares de calidad necesarios para la venta y mercado del producto.

#### **Funciones:**

- Verificar y velar por que los productos cumplan con las normas de calidad requerida.
- Inspeccionar las pruebas necesarias del producto final, asegurando que cumpla con las especificaciones necesarias.
- Planificar los procedimientos y especificaciones para cumplir con las normativas de calidad.
- Identificar causas y resolver problemas, para aportar soluciones y posibilidad de mejora en el proceso de producción.
- Monitorear, asistir y dirigir al personal operativo en el proceso productivo asegurando que cumplan con las buenas prácticas de manufactura.
- Preparar informes de inspección y de pruebas en las operaciones según sea necesario.
- Registrar y reportar informes constantes al jefe de planta.

El departamento de control calidad está constituido por: los analistas de calidad, encargados de desarrollar procesos y poner en práctica métodos de evaluación, para garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad.

**Gerente de mantenimiento, seguridad e higiene industrial**

**Objetivo del puesto:** Planificar, monitorear, y supervisar el cumplimiento de las actividades, maquinarias y equipos de mantenimientos preventivos y correctivos en la planta.

**Funciones:**

- Planificar las políticas de mantenimiento para la mejora de los equipos, velar por mantener la limpieza en las áreas, herramientas y equipos de trabajo y gestionar la instalación de nueva maquinaria.
- Realizar y coordinar pruebas funcionales preliminares y verificar el funcionamiento de los equipos de trabajo y monitorear continuamente las actividades del proceso productivo, garantizando las buenas prácticas de laboratorio.
- Planificar y coordinar las jornadas de mantenimiento preventivo con la gerencia.

El departamento de mantenimiento, seguridad e higiene industrial está constituido por: los encargados de seguridad, supervisores de mantenimiento, supervisores de transportación, guardias de seguridad, conserjes y conductores.

**Operarios**

**Objetivo del puesto:** Verificar, realizar y participar en el proceso de producción. Manejar las maquinarias y herramientas para lograr la obtención del producto final.

**Funciones:**

- Realizar los procesos para la obtención del producto final y verificar que el proceso de calidad sea el adecuado. Realizar carga y descarga de las materias primas para las maquinarias de producción, y mantenimientos preventivos.

## **V.7 Estudio Financiero**

En este estudio se analiza la viabilidad del proyecto, tomando como base los recursos económicos que tenemos disponibles y el coste total del proceso de producción, y su finalidad es permitirnos ver si el proyecto es viable en términos de rentabilidad económica.

El estudio financiero se convierte en una parte fundamental de cualquier proyecto de inversión, toda la información recogida permite hacer el análisis de riesgos de un proyecto y evaluar en profundidad su viabilidad. Para realizar este análisis se realiza una buena labor de documentación, y tomando en cuenta que se trata de un proyecto teórico, se tiene que trabajar con datos más estadísticos que reales.

El estudio de mercado, técnico y organizacional previamente realizados dentro de nuestro estudio de prefactibilidad, representan las bases para realizar este estudio financiero, toda esta información es analizada de forma detallada y recogida en el siguiente estudio, se muestra el beneficio real que se puede obtener con la planta de producción etanol para mezclas con gasolinas en la Republica Dominicana.

### **V.7.1 Inversiones**

Las inversiones del proyecto se clasifican por tangibles e intangibles, y se suma el capital de trabajo para encontrar la inversión total.

Con respecto a los activos tangibles, considera comprar el terreno ubicado en la Autopista Juan Pablo Duarte, Santiago de los Caballeros, cada metro cuadrado tiene un costo de RD\$3,750. El terreno que se pretende adquirir es de una superficie de 5,033.17 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el costo total de esta área determinada es RD \$18,874,387.5.

Asimismo, se toman en cuenta los costos de edificaciones de la planta y las áreas administrativas, se considera el área techada de planta: el área de producción, el de tratamiento de agua, el de calidad, el de mantenimiento, los almacenes, excluyendo el almacén de producto terminado.

En cuanto al área techada administrativa, se considera el de las oficinas administrativas, área de comida, recreación y los servicios administrativos.

El cálculo de dichos costos se muestra a continuación en la tabla 34.

**Tabla 34**  
*Edificaciones de la planta*

<b>Tipo de Edificación</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Costo Directo / m<sup>2</sup> (\$RD)</b>	<b>Costo Indirecto / m<sup>2</sup> (\$RD)</b>	<b>Costo Total / m<sup>2</sup>(\$RD)</b>	<b>Total (\$RD)</b>
<b>Estructura METALICA+ muro de carga hormigón armado y chapa prelacada con lucernarios.</b>	2,310.37	18,000.00	4,309.20	22,309.20	51,542,506.40
<b>Oficinas (Incluye obra gris)</b>	434.00	16,000.00	3,830.40	19,830.40	8,606,393.60
<b>Parqueos y movilidad</b>	1,348.56	6,500.00	1,556.10	8,056.10	10,864,134.20
				<b>TOTAL</b>	<b>\$71,013,034.2</b>

Nota: Elaborado por el Ing. Gamalier Montás, el Costo indirecto (Dirección técnica y beneficio, Gastos Administrativos, ITBIS, sobre director técnico y gastos Adm), Transporte, Seguros y fianzas, Fondo de pensiones y jubilaciones, Codia. (24%)

Tomando en cuenta las maquinarias del proceso de producción, y las de control de calidad, los equipos necesarios para la manipulación de los inventarios de materia prima e insumos, los requerimientos de mobiliario para el personal administrativo; incluyendo mesas,

sillas, iluminaria para el área de trabajo y computadoras, y también los servicios sanitarios para operarios y administrativos. Se realiza la siguiente tabla que resume los activos tangibles, se muestra a continuación en la Tabla 35.

**Tabla 35***Activos Tangibles*

<b>Activos Fijos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$RD)</b>	<b>Costo total (\$RD)</b>
<b>Construcción de la planta</b>			
<b>Terreno</b>		18,874,387.50	18,874,387.50
<b>Construcción de la planta</b>		71,013,034.22	71,013,034.22
<b>Instalación de maquinarias</b>		300,000.00	300,000.00
<b>Área de producción</b>			
<b>Maquinarias</b>			
<b>Lavadora y peladora</b>	1	174,000.00	174,000.00
<b>Cortadora</b>	1	207,640.00	207,640.00
<b>Molino</b>	1	290,000.00	290,000.00
<b>Tanque de mezcla</b>	1	870,000.00	870,000.00
<b>Reactores</b>	7	1,160,000.00	8,120,000.00
<b>Columna de destilación 1</b>	1	2,900,000.00	2,900,000.00
<b>Columna de destilación 2</b>	1	290,000.00	290,000.00
<b>Tamices moleculares</b>	2	580,000.00	1,160,000.00
<b>Equipos auxiliares</b>			
<b>Balanza electrónica de insumos</b>	1	5,800.00	5,800.00
<b>Balanza electrónica de camiones</b>	1	29,000.00	29,000.00
<b>Excavador de ruedas</b>	1	870,000.00	870,000.00
<b>Carretilla hidráulica</b>	1	5,800.00	5,800.00
<b>Otros</b>	1	10,000.00	10,000.00
<b>Área de tratamiento de agua</b>			
<b>Caldero de agua caliente</b>	1	870,000.00	870,000.00
<b>Caldero de vapor</b>	1	870,000.00	870,000.00
<b>Chiller</b>	1	870,000.00	870,000.00
<b>Ablandador de agua</b>	1	174,000.00	174,000.00

<b>Tanque de agua (100 000 L)</b>	4	986,000.00	3,944,000.00
<b>Área de control de calidad</b>			
<b>Cromatógrafo de gases</b>	1	898,304.00	898,304.00
<b>Espectrofotómetro de absorción atómica</b>	1	432,100.00	432,100.00
<b>Espectrómetro de absorción molecular</b>	1	58,000.00	58,000.00
<b>Computadora</b>	1	19,430.00	19,430.00
<b>Mobiliario (mesa + silla)</b>	1	3,480.00	3,480.00
<b>Estantes</b>	1	2,000.00	2,000.00
<b>Área de mantenimiento</b>			
<b>Computadora</b>	1	25,000.00	25,000.00
<b>Mobiliario (mesa + silla)</b>	1	3,480.00	3,480.00
<b>Estantes</b>	1	1,740.00	1,740.00
<b>Almacenes</b>			
<b>Paletas</b>	3	3,480.00	10,440.00
<b>Mesa</b>	1	6,960.00	6,960.00
<b>Tachos</b>	4	870.00	3,480.00
<b>Tanque de almacenamiento</b>	2	377,000.00	754,000.00
<b>Tanque de almacenamiento Gasolina</b>	1	58,000.00	58,000.00
<b>Oficinas administrativas</b>			
<b>Mobiliarios</b>	5	3,480.00	17,400.00
<b>Computadora</b>	5	20,100.00	100,500.00
<b>Teléfonos</b>	5	750.00	3,750.00
<b>Materiales gastables</b>			
<b>Resmas de papel bond</b>	10	350.00	3,500.00
<b>Carpetas</b>	15	245.00	3,675.00
<b>Caja clips</b>	15	166.67	2,500.00
<b>Caja lapiceros</b>	15	200.00	3,000.00
<b>Grapadora</b>	15	146.67	2,200.00
<b>Comedor, Baños, Planta eléctrica</b>			
<b>Set comedor (13 personas)</b>	1	10,440.00	10,440.00
<b>Microondas</b>	1	2,900.00	2,900.00
<b>Refrigeradora</b>	1	3,480.00	3,480.00

<b>Retretes</b>	4	1,740.00	6,960.00
<b>Lavamanos</b>	5	1,160.00	5,800.00
<b>Planta eléctrica</b>	1	406,000.00	406,000.00
<b>Iluminación</b>			
<b>Focos interiores</b>	30	9,509.10	285,273.00
<b>Focos exteriores</b>	6	5,510.00	33,060.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$122,161,727.49</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

En cuanto a la inversión en activos intangibles, se toman en cuenta los siguientes costos; gastos de constitución, con la asesoría legal de un abogado para indagar sobre los requisitos y costos de creación de una compañía, se requieren de permisos para la instalación de una planta productora de etanol, permisos para la comercialización del biocombustible y licencia municipal de funcionamiento, los requisitos son los siguientes:

1. Verificar la disponibilidad del nombre comercial (búsquedas antecedentes) tiene un costo de RD\$370 a pagar en cheque certificado o efectivo, pero no es obligatorio ni garantiza aprobación del nombre comercial. El trámite se realiza en la Oficina Nacional de Propiedad Industrial (ONAPI).

2. El registro formal nombre comercial en ONAPI cuesta RD\$3,607. Tras ese plazo, el interesado debe pagar RD\$925 por la publicación en un periódico del registro.

3. Redacción de los estatutos sociales de la entidad, que se depositan en la secretaría de la Cámara de Comercio y Producción de Santo Domingo CCPSD. Para esto se recurre generalmente a los servicios de un abogado. Estos estatutos incluyen: Objeto social, domicilio, capital accionario, órganos de dirección, previsión de carácter social, lista de suscripción (nombre y generales de los socios y sus contribuciones económicas a la empresa), compulsas

notarial (declaración ante un notario del o los fundadores de la entidad), nómina y junta general constitutiva. Tiene un costo de RD\$5,000.

4. Registro mercantil (es un impuesto en base al capital de la compañía). Para una empresa constituida con RD\$1 millón, el impuesto es de RD\$4,000. Este trámite se realiza en la Cámara de Comercio correspondiente. Como se trata de una empresa con exención del Impuesto sobre la Renta, Se liberan por un período de diez años (10) años a partir del inicio de sus operaciones, por la ley 57-07.

5. Depósito de toda la documentación antes mencionada en la sección de compañías de la DGII. Para la emisión del número de RNC y la tarjeta de identificación tributaria se paga entre RD\$700.

6. Pago al abogado, un mínimo de RD\$25,000 (Diario Libre, 2006).

Gastos para la creación, e instalación de software y página web corporativa de la empresa, para la información de nuestro cliente y potenciales clientes, se debe considerar el costo de los softwares utilizados para el control de las operaciones de la empresa. La licencia del Microsoft Office es de RD\$3,770/usuario y del ERP Skynet, el cual controla las órdenes de compra, inventario, facturación y finanzas; es de RD\$87,000 por los primeros 3 usuarios, y RD\$29,000 por usuario adicional en versión Started. Las partidas, antes mencionadas, se muestran en la Tabla 36, totalizando el requerimiento de activos intangibles para el proyecto.

**Tabla 36***Activos Intangibles*

<b>Activos Intangibles</b>	<b>Costo Total(\$RD)</b>
<b>Gastos de constitución</b>	
<b>Asesoría Legal</b>	25,000.00
<b>Estudio de Mercado</b>	55,000.00
<b>Registro ONAPI</b>	5,445.00
<b>Solicitud RNC</b>	700.00
<b>Permiso ambiental</b>	5,000.83
<b>Registro del nombre comercial</b>	3,067.00
<b>Registro de lema comercial</b>	5,742.70
<b>Registro de CCPSD</b>	5,000.00
<b>Registro de documentación</b>	196.28
<b>Gastos software</b>	
<b>Microsoft office</b>	4,500.00
<b>Página web</b>	8,850.00
<b>Sistema empresarial (Enterprise Resource Planing ERP)</b>	12,000,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>12,118,5013.81</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**V.7.2 Capital de trabajo**

Esta inversión representa la cantidad de dinero que necesita la empresa para poder operar, desde el inicio de la operación hasta los ingresos que le permitan a la empresa ser autónoma. Se considera capital de trabajo el costo de los primeros tres meses de operación.

En este sentido, se espera el pago a proveedores de materias primas e insumos; pagar salarios al personal administrativo y mano de obra directa e indirecta; costos generales de producción como electricidad, petróleo y agua para el acondicionamiento del reactor; y costos generales de servicio de fábrica.

### V.7.2.1 Nómina

Siguiendo los lineamientos del código de trabajo de la República Dominicana se toman en cuenta algunos estatutos para obtener el sueldo neto; Administradora de Fondo de Pensiones (AFP) para afiliados es de 2.87% del sueldo, el monto a pagar de Seguro Familiar de Salud (SFS) es equivalente al 3.04% del salario mensual del empleado. Las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL) descuentan un 1.20% del salario.

Solo aplican para Impuesto Sobre la Renta (ISR) aquellos empleados cuyo sueldo mensual, después de haber restado SFS y AFP, sea de más de \$34,685.00 pesos (Calculadora Dominicana para Retenciones de Nómina, 2021).

Tomando en cuenta el organigrama de la empresa como se muestra en la figura 24, del estudio organizacional, a continuación, se muestra en la tabla 37 con los salarios de los gerentes, realizando el descuento de AFP, SFS, ARL y ISR.

**Tabla 37**

*Nómina de Gerencias*

Puesto	Sueldo base	AFP	SFS y ARL	ISR	Sueldo neto
Gerente General	247,900.00	7,114.73	10,510.96	50,557.94	179,716.37
Gerente de Comercio y Finanzas	218,450.00	6,269.52	9,262.28	43,195.44	159,722.77
Gerente de producción	219,200.00	6,291.04	9,294.08	43,382.94	160,231.94
Gerente de Mantenimiento	157,550.00	4,521.69	6,680.12	41,857.94	104,490.26
Gerente de Calidad	157,550.00	4,521.69	6,680.12	41,857.94	104,490.26
				<b>TOTAL</b>	<b>708,651.59</b>

Nota.: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Tabla 38***Nómina del Departamento de Administración y Finanzas*

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Base</b>	<b>AFP</b>	<b>SFS y ARL</b>	<b>ISR</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Sueldo neto</b>
<b>Secretaria Ejecutiva</b>	1	35,000.00	1,004.50	1,484.00	0.00	32,511.50	32,511.50
<b>Asistente de Gerencia</b>	1	32,000.00	918.40	1,356.80	0.00	29,724.80	29,724.80
<b>Secretarias gerenciales</b>	4	22,500.00	645.75	954.00	0.00	20,900.20	83,601.00
<b>Asistente de costos e inventarios</b>	2	32,550.00	934.19	1,380.10	0.00	30,235.70	60,471.40
<b>Auditor</b>	2	48,500.00	1,391.90	2,056.40	2,072.00	42,979.40	85,958.80
<b>Coordinador de recursos humanos</b>	1	52,700.00	1,512.40	2,234.50	2,735.00	46,217.10	46,217.20
<b>TOTAL</b>							<b>338,484.00</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Tabla 39***Nómina del Departamento de Comercio*

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Base</b>	<b>AFP</b>	<b>SFS y ARL</b>	<b>ISR</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Sueldo neto</b>
<b>Sub-gerente de ventas</b>	1	58,850.00	1,689.00	2,495.00	3,965.00	50,699.90	50,699.91
<b>Sub-gerente de marketing</b>	1	50,500.00	1,449.00	2,141.00	2,372.00	44,537.20	44,537.20
<b>Coordinador de planificación</b>	1	45,200.00	1,297.00	1,916.00	1,577.00	40,409.00	40,409.03
<b>Publicista</b>	2	22,400.00	642.80	949.70	0.00	20,807.30	41,614.72
<b>TOTAL</b>							<b>177,260.87</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Para determinar la remuneración mensual de cada uno los operarios que tienen participación en el proceso de producción se toman en cuenta el nuevo salario mínimo determinado por el gobierno dominicano de 21,000 pesos mensuales, serían 2,625 pesos por hora, que se pagaran en dos quincenas de 9,753.45 pesos.

Ya que la industria cuenta con tres turnos de producción, se tiene la opción de que los operarios puedan cumplir horas extras, y si trabajan en horario nocturno, se procede a pagar el adicional que estas condiciones implican, como se muestra en la tabla 39.

**Tabla 39**

*Nómina del Departamento de Producción y calidad*

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Base</b>	<b>AFP</b>	<b>SFS y ARL</b>	<b>ISR</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Sueldo neto</b>
<b>Producción</b>							
<b>Supervisor de producción</b>	3	63,500.00	1,822.00	2,692.00	4,895.80	54,089.30	162,267.00
<b>Operarios</b>	4	21,000.00	617.00	911.60	0.00	19,971.35	79,885.00
<b>Conductor de montacargas</b>	5	23,200.00	665.80	983.60	0.00	21,550.48	107,752.00
<b>Mecánico de maquinarias</b>	2	32,000.00	918.40	1,356.00	0.00	29,724.80	59,449.00
<b>Calidad</b>							
<b>Analista en control de calidad</b>	4	26,125.00	749.70	1,107.00	0.00	24,267.51	97,070.00
<b>TOTAL</b>						<b>504,567.55</b>	

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

De igual forma la industria se mantiene atenta, a las tarifas de salarios mínimos que se revisan cada dos años, y excepcionalmente un (1) año después de haber entrado en vigencia la resolución revisada, y es el producto de una serie de acciones que dan como resultado la Resolución de un nuevo salario (Calculadora Dominicana para Retenciones de Nómina, 2021).

**Tabla 40***Nómina de Mantenimiento, Seguridad e Higiene Industrial*

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Base</b>	<b>AFP</b>	<b>SFS y ARL</b>	<b>ISR</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Sueldo neto</b>
<b>Encargado de seguridad</b>	3	55,000.00	1,578.50	2,332.00	3,195.00	47,893.60	143,680.90
<b>Supervisor mantenimiento</b>	2	50,500.00	1,449.35	2,141.00	2,372.00	44,537.20	89,074.40
<b>Supervisor de transportación</b>	3	43,500.00	1,248.45	1,844.40	1,322.00	39,084.90	117,254.70
<b>Guardia de seguridad</b>	5	20,500.00	588.35	869.20	0.00	19,042.40	95,212.25
<b>Conserje</b>	7	18,500.00	530.95	784.40	0.00	17,184.60	120,292.50
<b>Conductor</b>	5	32,500.00	932.75	1378.00	0.00	30,189.20	150,946.20
						<b>TOTAL</b>	<b>716,461.10</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Por mes la nómina la planta genera un costo de 2,437,852.01 pesos, para realizar el cronograma de inversión estos valores son estimados por años siendo de 31,692,076.13, tomando en cuenta el sueldo trece que estipula la ley, y según la política de la empresa los salarios tienen un aumento del 10% a los tres años de laboral en la planta.

#### **V.7.2.2 Costo materia prima e insumos**

Se conocen las materias primas e insumos que se utilizan en el proceso de producción de etanol a base de yuca, en el año 1 de producción los insumos y materias primas representan parte de la inversión inicial del proyecto, a continuación, se presenta la tabla 41 con los precios unitarios.

**Tabla 41***Costo de materia prima e insumos*

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (RD\$)</b>
<b>Yuca</b>	1 quintal	925.00
<b>a-amilasa</b>	1 kg	90.00
<b>Glucoamilasa</b>	1 kg	55.00
<b>Levadura a Saccharomyces cerevisinas</b>	1 kg	800.00
<b>Amoniaco</b>	1 L	44.00
<b>Agua para mezcla</b>	1 m <sup>3</sup>	8.00
<b>Gasolina</b>	1 L	71.30

Nota.: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

En el estudio de mercado se estima la cantidad de etanol a producir en el año 1 de 2,776,923.68 galones, la estimación de la producción se presenta en la tabla 42.

**Tabla 42***Estimación producción de etanol anual*

<b>Año</b>	<b>Galones de Etanol</b>	<b>Litros de Etanol</b>
<b>1</b>	2,776,923.68	10,274,617.60
<b>2</b>	2,973,156.47	11,000,678.93
<b>3</b>	3,169,389.26	11,726,740.25
<b>4</b>	3,365,622.05	12,452,801.58
<b>5</b>	3,561,854.84	13,178,862.90
<b>6</b>	3,758,087.63	13,904,924.23
<b>7</b>	3,954,320.42	14,630,985.55
<b>8</b>	4,150,553.21	15,357,046.88
<b>9</b>	4,346,786.00	16,083,108.20
<b>10</b>	4,543,018.79	16,809,169.53

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Con 1 ton de yuca se producen 74 gl de etanol, realizando los cálculos correspondientes obtenemos lo siguiente;

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ton yuca} \longrightarrow 74 \text{ gl etanol} \quad X = 37,525.99 \text{ ton o } 375,259.9 \text{ quintal/año} \\ X \quad \longrightarrow 2,776,923.68 \text{ gl etanol} \end{array}$$

Con respecto a los demás insumos la cantidad de enzima a-amilasa para el proceso de licuefacción es 0.0019 kg/L etanol, para la sacarificación la Glucoamilasa es 0.0039 kg/ L etanol, la levadura es 0.0029 kg/ L etanol, la cantidad de m<sup>3</sup> de amoníaco es de 0.00046 para un litro de etanol, y el requerimiento de agua es de 0.0029 m<sup>3</sup>/L etanol. La gasolina utilizada para desnaturalizar el etanol resultante de la producción es de 0,0000196 m<sup>3</sup>/ L etanol, multiplicando cada insumo por 2,429,808.21 L etanol correspondiente a la producción anual, se obtiene los resultados resumidos en la tabla 43 (Yagui, 2020).

**Tabla 43**

*Costos de Materia prima e insumos en el año 1 para producción 10,274,617.60 L/etanol*

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad/L</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Costo Unitario (RD\$)</b>	<b>Costo total (RD\$)</b>
<b>Yuca</b>		Quintal	375,259.9	925.00	347,115,407.5
<b>a-amilasa</b>	0.0019	gramo	19,521.77	90.00	1,756,959.61
<b>Glucoamilasa</b>	0.0039	gramo	40,071.01	55.00	2,203,905.48
<b>Levadura</b>	0.0029	gramo	29,796.39	800.00	23,837,112.83
<b>Amoníaco</b>	0.00046	Litro	4,726.32	44.00	207,958.26
<b>Agua</b>	0.0029	Litro	29,796.39	8.00	238,371.13
<b>Gasolina</b>	0.0000196	Litro	201.38	71.30	14,358.57
				<b>TOTAL</b>	<b>375,374,073.3</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Los sistemas de gestión de mantenimiento se implementan para lograr la mayor eficiencia general del equipo, reducir los costos de mantenimiento deficientes y crear el menor impacto ambiental, para lo cual se diseñan planes de mantenimiento predictivo, el corte mecánico se reemplaza cada 1000 horas de funcionamiento en máquinas equipadas con agitadores; es decir, el mezclador y los reactores están cerrados, y la salmuera debe ser reemplazada cada 72 horas de funcionamiento del ablandador de agua, a razón de 260 kg.

Por otro lado, el volumen de los otros requerimientos no varía de acuerdo al programa de producción; ya que están destinados a la conservación y limpieza de la maquinaria, la cual se debe realizar periódicamente, y para fines de cálculos financieros se toma un estimado.

**Tabla 44**

*Materiales de Mantenimiento*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Lubricantes</b>	L	1,600.00	15.00	24,000.00
<b>Cierre Mecánico</b>	UNID.	5,770.00	9.00	51,930.00
<b>Detergente</b>	L	55.40	110.00	6,094.00
<b>Aire Comprimido</b>	Tanque	6,400.00	1.00	6,400.00
<b>TOTAL</b>		<b>13,825.40</b>		<b>88,424.00</b>

Nota.: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Se necesitan reactivos para medir las variables de control del producto final, y de esta forma determinar que es apto para mezclar con gasolina; 20 ml de hidróxido de sodio por lote, para medir la acidez total del etanol, 0.005 ml de ácido clorhídrico concentrado por lote, para medir el contenido de cobre del etanol, 0.5 ml de ácido nítrico por lote, para medir el contenido de cobre del cobre del etanol y 0.5 ml de solución de fenolftaleína, para medir la acidez total

del etanol (Yagui, 2020). Dichas cantidades tomando en cuenta análisis de repetibilidad y reproducibilidad.

**Tabla 45**

*Materiales de Calidad*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Hidróxido de Sodio</b>	L	80.78	7.28	588.08
<b>Ácido Clorhídrico</b>	L	92.32	1.8	168.02
<b>Ácido Nítrico</b>	mL	0.57	182.00	103.74
<b>Solución de Fenolftaleína</b>	100 mL	3.46	182.00	546.00
<b>TOTAL</b>		<b>177.132</b>		<b>1,405.84</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

### V.7.2.3 Costo servicios generales

Los costos generales de producción como la energía eléctrica, el agua para el acondicionamiento de los reactores; son los gastos de servicios generales requeridos para el funcionamiento de la planta.

El costo de la energía eléctrica en la República Dominicana es de 8.20 pesos por kWh, el consumo mensual estimado se puede calcular mediante la siguiente fórmula; Potencia (W) x horas de uso por día x días uso al mes.

Tomando el consumo de energía reportado en la ficha técnica de todas las maquinarias utilizadas en el proceso que se encuentran en los anexos, es de aproximadamente 380 kWh. Tomando las tarifas de agua del Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados, se

hace una estimación para la industria. Los cálculos se encuentran recolectados en la tabla 46. Estos costos tienen un incremento anual en proporción al crecimiento de la producción.

**Tabla 46**

*Costos servicios generales de producción*

<b>Servicios</b>	<b>Costo total/Mensual</b>	<b>Costo total/Anual</b>
<b>Internet</b>	20,000.00	240,000.00
<b>Agua</b>	250,000.00	3,000,000.00
<b>Electricidad/ Luz</b>	350,000.00	4,200,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>620,000.00</b>	<b>7,440,000.00</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Tomando los datos obtenidos desde la tabla 34 hasta la tabla 46, se estima el capital de trabajo. Dentro de los costos variables, está la mano de obra directa que incluye a todos los operarios que tienen participación en el proceso de producción. El material directo se refiere a todo lo que tiene participación en el proceso de producción e indirectos a todos los materiales utilizados en los demás departamentos, los costos generales de producción son la energía eléctrica, servicio de internet y el agua para el acondicionamiento de los reactores.

Dentro de los costos fijos está la mano de obra indirecta que son operarios que cumplen las mismas condiciones que los de mano de obra directa en cuanto al factor remunerativo, sin embargo, su salario es fijo y no depende de horas extras, y se refiere a los supervisores de calidad, mantenimiento y gerente de producción, los gastos de administración y ventas incluyen todos los gastos de publicidad para darle visibilidad al producto dentro del mercado, el resumen se encuentra en la tabla 47.

**Tabla 47***Capital de trabajo*

<b>Capital de trabajo</b>	<b>Año 1</b>
<b>Costos variables</b>	
<b>Mano de obra directa</b>	6,559,378.15
<b>Material directo</b>	365,992,575.88
<b>Material indirecto</b>	89,829.84
<b>Costos de producción (Servicios)</b>	7,440,000.00
<b>Costos fijos</b>	
<b>Mano de obra indirecta</b>	17,368,497.71
<b>Gastos de Administración y Ventas</b>	6,704,691.96
<b>Total, Año 1</b>	<b>413,536,471.03</b>
<b>Costo diario de Producción</b>	<b>1,132,976.63</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

La inversión total del proyecto en año 0 incluye materia prima e insumos, para fines de flujo de caja el capital de trabajo es estimado en los primeros tres meses de costos de operación desembolsables, según el método de desfase, es decir, RD\$ 413,536,471.03 entre 4 periodos del año correspondiente a 3 meses es igual RD\$103,384,117.76, entonces el total de inversión en el año 0 se representa en la tabla 48.

**Tabla 48***Inversión total del proyecto año 0*

<b>Inversión del proyecto</b>	<b>Monto</b>
<b>Fija tangible</b>	122,161,727.49
<b>Fija intangible</b>	12,118,501.81
<b>Capital de trabajo</b>	103,384,117.76
<b>TOTAL</b>	<b>237,664,347.06</b>

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

La inversión total en el año 0 es de 237,664,347.06 mismo incluye la construcción de la planta e instalación de maquinarias, todo el mobiliario y aparatos electrónicos, el pago del capital de trabajo de los primeros tres meses de operación, con el fin de que vayan definiendo los procesos, para el inicio de las operaciones en el año 1.

### V.7.3 Cronograma de inversión

El cronograma de inversiones es la presentación de las inversiones detalladas por cada uno de los conceptos básicos en función del tiempo en que se van a realizar, indicando las sumas a invertir en cada concepto, totalizadas por la unidad de tiempo que para evaluar la planta de etanol lo realizaremos en años. El objetivo es asignar eficientemente los recursos que se dispone.

La puesta en marcha del proyecto se divide en dos etapas; preoperativa y operativa, la primera etapa se inicia desde el primer desembolso hasta que el proyecto entre en funcionamiento, la segunda etapa inicia desde aquel momento en que el proyecto entra en operación, a partir de esta fase se generan ingresos, durante esta etapa se siguen llevando a cabo inversiones en activos fijos, como resultado de la ampliación de la planta. La depreciación en activos fijos (maquinaria, equipo, herramientas, infraestructura, utensilios y vehículos) es el desgaste que sufre un bien por el uso en el tiempo. La depreciación es de 30 años en infraestructura y 10 años para vehículos y maquinarias. Se muestra en la tabla 49.

**Tabla 49**

*Cronograma de inversiones año 0-3*

Año	Pre-Operativa		Operativa	
	0	1	2	3
Terreno	18,874,387.50	-	-	1,887,438.75

Construcción de la planta	71,013,034.22	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14
Instalación de maquinarias	300,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
Maquinarias				
Lavadora y peladora	174,000.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00
Cortadora	207,640.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00
Molino	290,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00
Tanque de mezcla	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Reactores	8,120,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00
Columna de destilación 1	2,900,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00
Columna de destilación 2	290,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00
Tamices moleculares	1,160,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00
Equipos auxiliares				
Balanza electrónica de insumos	5,800.00	725.00	725.00	725.00
Balanza electrónica de camiones	29,000.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00
Excavador de ruedas	870,000.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00
Carretilla hidráulica	5,800.00	725.00	725.00	725.00
Área de tratamiento de agua				
Caldero de agua caliente	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Caldero de vapor	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Chiller	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Ablandador de agua	174,000.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00

Tanque de agua (100 000 L)	3,944,000.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00
Área de control de calidad				
Cromatógrafo de gases	898,304.00	89,830.40	89,830.40	89,830.40
Espectrofotómetro de absorción atómica	432,100.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00
Espectrómetro de absorción molecular	58,000.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00
Almacenes				
Tanque de almacenamiento	754,000.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00
Tanque de almacenamiento Gasolina	58,000.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00
Vehículos				
Tanquero de Combustible	5,372,030.88	537,203.09	537,203.09	537,203.09
Montacargas	854,582.89	85,458.29	85,458.29	85,458.29
<b>TOTAL</b>	<b>122,161,727.49</b>	<b>3,157,715.38</b>	<b>3,157,715.3</b>	<b>3,157,715.3</b>
Activos Intangibles				
Asesoría Legal	25,000.00			
Estudio de Mercado	55,000.00			
Registro ONAPI	5,445.00			
Solicitud RNC	700.00			
Permiso ambiental	5,000.83			
Registro del nombre comercial	3,067.00			
Registro de lema comercial	5,742.70			

Registro de CCPSD	5,000.00			
Registro de documentación	196.28			
Gastos software				
Microsoft office	4,500.00		900.00	
Página web	8,850.00		1,770.00	
Sistema empresarial (Enterprise Resource Planing ERP)	12,000,000.00		1,200,000.00	
Costos de Constitución TOTAL	<b>12,118,501.81</b>		<b>1,202,670.00</b>	
Capital de trabajo	<b>101,303,620.4</b>	<b>405,034,822.1</b>	<b>431,639,461.3</b>	<b>456,080,401.2</b>
<b>INVERSION</b>	<b>237,664,347.0</b>	<b>444,659,019.22</b>	<b>475,051,910.0</b>	<b>500,661,527.6</b>

Nota: Cronograma de inversión estimado a 10 años en anexos tabla no. 32. Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Con el inicio de las operaciones existe un aumento de la inversión relacionado directamente con el precio de la materia prima, principalmente de la yuca. La estimación del cronograma de inversión a 10 años se encuentra en los anexos tabla 32.

#### V.7.4 Presupuesto de ingresos

Para el cálculo de este presupuesto se toma la demanda proyectada como las ventas en los próximos 10 años, multiplicando por el precio del etanol en Estados Unidos tal como dice en el artículo 6 del Dec. No. 566-05, establece que el precio del alcohol carburante anhidro deberá ser fijado por resolución el ministerio, tomando como referencia el precio de venta en el mercado internacional (Estados Unidos), siendo (RD\$ 173.73/galón) (véase tabla 50).

**Tabla 50***Ganancias anuales de etanol*

<b>Años</b>	<b>Galones</b>	<b>Precio/ galón</b>	<b>Ganancia</b>
<b>1</b>	2,776,923.68	173.73	482,434,950.15
<b>2</b>	2,973,156.47	173.73	516,526,472.89
<b>3</b>	3,169,389.26	173.73	550,617,995.62
<b>4</b>	3,365,622.05	173.73	584,709,518.35
<b>5</b>	3,561,854.84	173.73	618,801,041.08
<b>6</b>	3,758,087.63	173.73	652,892,563.81
<b>7</b>	3,954,320.42	173.73	686,984,086.55
<b>8</b>	4,150,553.21	173.73	721,075,609.28
<b>9</b>	4,346,786.00	173.73	755,167,132.01
<b>10</b>	4,543,018.79	173.73	789,258,654.74

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Los costos variables de producción se proyectan, de la siguiente manera, RD\$ 375,374,073.38 de materia prima directa para la producción, RD\$89,829.84 de materia prima indirecta a la producción, RD\$7,148,487.45 de mano de obra en producción, todo ascendente a RD\$ \$413,536,471.03 para producir 2,714,553.97 galones de etanol para el año 1, es decir, si se divide el costo de producción, entre la cantidad galones a producir, se obtiene el costo para producir un galón de etanol RD\$152.34.

Teniendo el ingreso estimado anual que tiene la empresa se puede evaluar la relación del flujo de caja con el fin de relacionar el costo de producción y las ganancias para estimar los ingresos, con respecto a los años, como se muestra en la tabla 51.

**Tabla 51***Flujo de Caja sin financiamiento*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Galones Producidos		2,776,923.00	2,973,156.47	3,169,389.00

Precio	173.73	173.73	173.73
Ingresos	482,434,832.70	516,526,472.80	550,617,950.97
Venta de activos			
Materias primas	-375,284,243.5	-401,554,140.5	-425,647,389.0
Mano de obra directa	-7,148,487.45	-7,648,881.57	-8,107,814.47
Gastos de nomina	-24,073,189.6	-24,073,189.6	-26,480,508.6
Servicios	-7,440,000.00	-7,931,052.86	-8,422,103.53
Bono por producción	-2,776,923.00	-2,973,156.47	-3,169,389.00
Ebitda*	<b>74,623,087.62</b>	<b>81,913,855.05</b>	<b>91,368,160.74</b>
Depreciaciones edificaciones	-2,367,101.14	-2,367,101.14	-2,367,101.14
Depreciación maquinarias	-3,157,715.38	-3,157,715.38	-3,157,715.38
Utilidad antes de impuestos	<b>69,098,271.11</b>	<b>76,389,038.53</b>	<b>85,843,344.22</b>
Impuesto	-18,656,533.20	-20,625,040.40	-23,177,702.94
Utilidad después de impuesto	<b>50,441,737.91</b>	<b>55,763,998.13</b>	<b>62,665,641.28</b>
Depreciaciones edificaciones	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14
Depreciación maquinarias	3,157,715.38	3,157,715.38	3,157,715.38
Valores libros			
Utilidad neta	<b>55,966,554.42</b>	<b>61,288,814.64</b>	<b>68,190,457.80</b>
Terreno	-18,874,387.50		
Construcción	-71,013,034.22		
Maquinarias	-32,274,305.77		
Inversión de ampliación		-3,550,651.71	
Inversiones de reposición			
Inversión de nueva maquinaria			-3,102,064.58

Activos Intangibles	-12,118,501.81			
Capital de trabajo	103,384,117.76	6,711,807.05	6,165,717.83	6,528,396.34
Valor de desecho				
Flujo	<b>237,664,347.0</b>	<b>43,179,695.2</b>	<b>45,048,101.9</b>	<b>49,866,246.8</b>

Nota: Flujo estimado a 10 años en anexos tabla no. 33. Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

### V.7.7 Presupuesto financiero

Para llevar a cabo una inversión se requiere de recursos propios y financieros, estos últimos llamados dinero o fondos, a los cuales se les debe medir el impacto en la rentabilidad y riesgo de la inversión. En la Tabla 52 se muestra la estructura de inversión que se utiliza para financiar el proyecto de la instalación de una planta productora de etanol.

**Tabla 52**

*Estructura de la inversión total*

Rubro	Importe	% Participación	Interés
<b>Préstamo</b>	142,598,608.23	60%	12%
<b>Accionistas</b>	95,065,738.82	40%	10%
<b>TOTAL</b>	<b>237,664,347.06</b>		

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

El 60% de la inversión fija se financia con un préstamo a siete (7) años plazo y una tasa de interés de 12% anual. Para calcular el costo anual que genera el préstamo para la empresa, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Para calcular la amortización es la cuota menos el interés de la deuda se realizan los cálculos correspondientes obteniendo los resultados en la tabla 53.

**Tabla 53***Amortización de la deuda*

<b>Año</b>	<b>Saldo adeudado</b>	<b>cuota</b>	<b>Interés</b>	<b>Amortización deuda</b>
<b>1</b>	142,598,608.23	31,245,884.18	16,971,041.04	14,134,051.19
<b>2</b>	128,464,557.04	31,245,884.18	15,288,909.87	15,830,137.33
<b>3</b>	112,634,419.71	31,245,884.18	13,404,922.97	17,729,753.81
<b>4</b>	94,904,665.89	31,245,884.18	11,294,857.64	19,857,324.27
<b>5</b>	75,047,341.62	31,245,884.18	8,931,584.47	22,240,203.18
<b>6</b>	52,807,138.44	31,245,884.18	6,284,718.52	24,909,027.57
<b>7</b>	27,898,110.87	31,245,884.18	3,320,228.65	27,898,110.87

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Para medir la rentabilidad de los recursos propios, se debe incluir el efecto del financiamiento en el flujo de caja original, incorporando los intereses antes de impuestos con signo negativo, el préstamo después de impuestos con signo positivo y la amortización del préstamo con signo negativo, también después de impuestos.

El capital de trabajo, las inversiones de reposición y 40% de las inversiones fijas se financian con aportes de los inversionistas.

**Tabla 54***Flujo de caja 60% financiamiento*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Galones Producidos</b>		2,776,923.00	2,973,156.47	3,169,389.00
<b>Precio</b>		173.73	173.73	173.73
<b>Ingresos</b>		482,434,832.70	516,526,472.89	550,617,950.97
<b>Venta de activos</b>				
<b>Materias primas</b>		-375,284,243.5	-401,554,140.5	-425,647,389.0

Mano de obra directa	-7,148,487.45	-7,648,881.57	-8,107,814.47
Gastos de nomina	-24,073,189.6	-24,073,189.6	-26,480,508.6
Servicios	-7,440,000.00	-7,931,052.86	-8,422,103.53
Bono por producción	-2,776,923.00	-2,973,156.47	-3,169,389.00
Ebitda*	74,623,087.62	81,913,855.05	91,368,160.74
Intereses	-16,971,041.04	-15,288,909.87	-13,404,922.97
Depreciaciones edificaciones	-2,367,101.14	-2,367,101.14	-2,367,101.14
Depreciación maquinarias	-3,157,715.38	-3,157,715.38	-3,157,715.38
Valores libros			
Utilidad antes de impuestos	52,127,230.07	61,100,128.65	72,438,421.25
Impuesto	-14,074,352.12	-16,497,034.74	-19,558,373.74
Utilidad después de impuesto	38,052,877.95	44,603,093.92	52,880,047.51
Depreciaciones edificaciones	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14
Depreciación maquinarias	3,157,715.38	3,157,715.38	3,157,715.38
Valores libros			
Utilidad neta	43,577,694.47	50,127,910.44	58,404,864.03
Terreno	-18,874,387.50		
Construcción	-71,013,034.22		
Maquinarias	-30,280,687.77		
Inversión de ampliación		-3,550,651.71	
Inversión de nueva maquinaria			-3,102,064.58
Activos Intangibles	-12,118,501.81		
Préstamo	-141,425,341.90		
Capital de trabajo	-103,384,117.7	-6,711,807.05	-6,165,717.83
Amortización deuda	-14,134,051.19	-15,830,137.33	-17,729,753.81
Valor de desecho			
<b>Flujo</b>	<b>-96,239,005.07</b>	<b>16,343,025.83</b>	<b>17,727,153.63</b>
			<b>22,009,012.83</b>

Nota: Fllujo financiado estimado a 10 años en anexos tabla no. 34. Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

## **CAPITULO VI EVALUACION DEL PROYECTO**

En este capítulo se pretende analizar la rentabilidad de este proyecto tomando en cuenta el estudio financiero y los siguientes aspectos: valor presente neto, relación beneficio/costo, tasa interna de retorno o rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión.

### **VI.1 Determinación de los indicadores de rentabilidad**

En el estudio financiero, se incluye el flujo de caja, que es el indicador más importante, ya que es el que brinda la información sobre los ingresos y gastos, permitiendo determinar la solvencia y liquidez del proyecto.

Estos indicadores financieros sirven para medir la efectividad de la administración de la empresa para controlar los costos y gastos y, de esta manera convertir ventas en utilidades. Como estándar la rentabilidad exigida al capital del proyecto es de 20%. Para realizar la misma se toman el flujo de caja, como se presenta en la tabla 51 y 54. Los indicadores de rentabilidad son;

#### **V.1.1 Valor Presente Neto (VAN)**

Si  $VAN > 0$ , el proyecto se puede aceptar. La inversión produce ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

Si  $VAN < 0$ , el proyecto se debe rechazar. La inversión produce pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida.

Si  $VAN = 0$ , el proyecto es rentable. La inversión no produce ni ganancias ni pérdidas, ya que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debe basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores. Se calcula de la siguiente forma:

$$VAN = \sum \left( \frac{P}{(1+i)^t} \right) - C$$

Donde:  $P$  es el flujo de caja neto del periodo,  $i$  es el tipo de descuento (o tasa de rendimiento),  $t$  es el número de periodos de tiempo, y  $C$  es la inversión inicial (Capitalibre, 2015).

### VI.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El criterio de aceptación será el siguiente donde  $K$  es la tasa de descuento de flujo elegida para el cálculo del VAN:

Si  $TIR > k$ , el proyecto de inversión es aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si  $TIR = k$ , estamos en una situación similar a la que se produce cuando el VAN es igual a cero. En esta situación, la inversión puede llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si  $TIR < k$ , el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

Se calcula de la siguiente forma:

$$TIR = \sum \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:  $Fn$  es el flujo de caja en el periodo  $n$ ,  $n$  es el número de períodos,  $I$  es el valor de la inversión inicial (Economipedia, 2014).

### VI.1.3 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Se define como el número esperado de tiempo que se requiere para recuperar una inversión original (el costo del activo), es decir, es la cantidad de periodos que han de transcurrir para que la acumulación de los flujos de efectivo iguale a la inversión inicial.

Es el método más sencillo y formal, y el más antiguo utilizado para evaluar los proyectos de presupuesto de capital. Se calcula de la siguiente forma:

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Donde:  $a$  es el año inmediato anterior en que se recupera la inversión,  $b$  es la inversión inicial,  $c$  es el Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión y  $d$  es el Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión (Cooperativas, 2016). Sustituyendo los valores del flujo de caja sin financiamiento y con el 60% del financiamiento, se obtienen los resultados detallados en la tabla 55 y 56.

**Tabla 55**

*Indicadores de rentabilidad sin financiamiento*

<b>TIR=</b>	18.87%	Se acepta
<b>VAN =</b>	40,312,840.84	Se acepta
<b>PIR =</b>	6.95	6 años 10 meses

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**Tabla 56**

*Indicadores de rentabilidad con financiamiento*

<b>TIR=</b>	26.96%	Se acepta
<b>VAN =</b>	70,110,152.35	Se acepta
<b>PIR =</b>	9.76	9 años 9 meses

Nota: Montás Roa, F., Muñoz Mejía, Y. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

**CUARTA PARTE**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPITULO VII CONCLUSIONES**

El establecimiento de una planta de etanol combustible anhidro en la República Dominicana es un proyecto que promete ser rentable con el tiempo, ya que el VAN económico, la TIR son todos positivos y la inversión se recupera durante la vida útil del proyecto, sin financiar, en 6 años y 10 meses, por otro lado, con un financiamiento del 60% el retorno de la inversión inicial seria en 9 años y 9 meses, dependiendo de los flujos económicos.

Según nuestro análisis estadístico la demanda del etanol a través de los años se mantiene creciente hasta alcanzar en el 2030, una demanda de 16,809,169.53 litros de etanol, y nuestro proyecto actualmente solo abarca 15% del mercado, cumpliendo con los lineamientos de la Ley No. 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía.

La yuca en la República Dominicana es un producto de amplio consumo, y su producción ocupa el primer lugar dentro del grupo tubérculos, se siembran aproximadamente 325 mil tareas anuales, resultado más atractiva con respecto a las demás materias primas debido a su accesibilidad y costo, de todos modos, su precio es el factor que más influye en la inversión total del proyecto, y se considera que este aumento de precio a lo largo de los años es el mayor contribuyente al presupuesto. Por lo tanto, debe ser comprada en cantidad y aprobada por nuestros proveedores para que el costo de la yuca no aumente en exceso, ya que su aumento puede afectar la rentabilidad del proyecto.

Para nuestra producción de etanol carburante anhidro se realiza la sacarificación y fermentación en simultáneo para ahorrar maquinaria, tiempo y recursos. Por último, en el proceso de destilación, se utiliza destilación fraccionada con tamices moleculares debido a que

produce etanol a alta concentración, para su desnaturalización y mezclado con gasolina, con el fin de producir gasohol E10 de alta calidad.

La República Dominicana tiene una de las economías más grandes y diversas del Caribe, y su consumo de energía está creciendo de forma acelerada, depende en gran medida de los combustibles fósiles importados, que son la principal fuente de energía primaria. Según el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre, el aumento del parque vehicular se mantiene creciente en los últimos 10 años, se han fijado objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero sin mucho éxito, estudios recientes muestran que el uso de gasolina con un 10% en volumen de etanol, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 5%.

En comparación con combustibles fósiles y alternativos, el etanol posee una gran ventaja ya que proporcionar una fuente de energía renovable e inagotable, mezclado con gasolina mejora el octanaje, trabajando como auto oxigenante, y se encarga de reemplazar aditivos contaminantes que en el pasado debían agregarse a la gasolina para mejorar su eficiencia, y con un precio menor. El etanol en comparación con el gas natural, el hidrógeno, el biodiesel y el petróleo, es menos tóxico e inflamable, además de proporcionar un mejor índice de octano, favorece al medio ambiente disminuyendo los gases contaminantes.

Por todo lo mencionado en este estudio, la puesta en marcha de una planta de producción de etanol como fuente de energía alternativa en República Dominicana, representa una serie de ventajas medioambientales, socioeconómicas y energéticas, y se perfila factible a través de los años.

## **CAPITULO VIII RECOMENDACIONES**

Para la obtención de mejores resultados, basado en la investigación realizada, se recomienda:

- Implementar más recursos ricos en almidón como materia prima a parte de la yuca, como papa o maíz en la obtención del etanol, para una mayor disponibilidad, y diversificación de proveedores en el País.
- Certificarnos en la norma ISO 9001:2015 sobre los sistemas gestión de calidad, ISO 14001:2015 sobre sistemas de gestión medioambientales, ISO 45001:2016 sobre los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- Realizar campañas de concientización a la población sobre los recursos renovables de energía, su impacto en el medio ambiente, como disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero y calentamiento global, con el fin de que conozca el etanol y aprueben el uso de este biocombustible, sobre los combustibles de origen fósil.
- Reutilizar el residuo de la yuca (cáscara o corteza) para ser utilizada como compost y en la alimentación animal, para agricultores nacionales.
- A largo plazo expandir la planta de etanol, con el propósito de cultivar nuestra propia materia prima, garantizando la seguridad alimentaria y el abastecimiento de la planta.
- Implementar un sistema de recuperación de gases y vapores, el cual captura los hidrocarburos liberados de cada operación y así disminuir el nivel de emisiones al ambiente. El sistema funciona a través del eficiente proceso de adsorber hidrocarburos utilizando carbón activado.

**QUINTA PARTE**

**REFERENCIAS Y ANEXOS**

## **REFERENCIAS**

- 2071, L. N. (1949). *Dec. No. 566-05*. Obtenido de requisitos técnicos y de seguridad para la mezcla de gasolina y expendio de alcoholes carburantes desnaturalizados.: <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2015/11/Dec.-No.-566-051.pdf>
- Agencia de Noticias para el Desarrollo AND. (25 de abril de 2018). Agencia de noticias fideos. Obtenido de Reflexión sobre la producción de etanol y su relación con los impactos medioambientales: <https://www.noticiasfides.com/and/reflexion-sobre-la-produccion-de-etanol-y-su-relacion-con-los-impactos-medioambientales-387523>
- Agencia de Protección Ambiental EE.UU. (2020). *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos-y>
- Alejandro Abril, E. A. (2012). *Etanol a partir de Biomasa Lignocelulósica*. Sevilla: Aleta Ediciones.
- Ayala, M. (2020, agosto 12). Investigación teórica: características, metodología y ejemplos. Lifeder. <https://www.lifeder.com/investigacion-teorica/>
- Balairon, L. (2005). *Protocolo de Kyoto: emisiones, negocio y sostenibilidad*. Compromiso Empresarial, 5-6.

- Barrientos Felipa, M. P. (2006, Julio). Los biocombustibles y la producción de etanol. *Pensamiento Crítico*, (9), pp. 115-136.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/econo/article/view/9027/7862>
- Bombón Lasluisa, C. M. (2015). Estudio de factibilidad para la implementación de una planta de alcohol industrial (Etanol) en la ciudad de Ambato.  
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1304/1/75936.pdf>
- British Petroleum. (2021). *British Petroleum*. Obtenido de <https://www.bp.com/>
- Calculadora Dominicana para Retenciones de Nómina. (2021). Obtenido de <https://www.nominard.com/#:~:text=El%20monto%20a%20pagar%20de,del%20salario%20mensual%20del%20empleado.>
- Capitalibre. (2015). *¿Qué es el VAN?* Obtenido de <https://capitalibre.com/2015/06/que-es-el-van>
- Carlos Ariel Cardona (2006). SIMULACIÓN DE LOS PROCESO DE OBTENCIÓN DE ETANOL. *Scientia et Technica*, 187.
- Carriazo, K., & Tarras, P. (2012). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UNA PLANTA DE BIOETANOL A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE CASCARAS DE PLATANO EN LA EMPRESA COLOMBIAN BIOFUEL S.A.S. [Trabajo de grado para optar el título de Administrador Industrial]. Repositorio Institucional, Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/1293>
- Comisión Nacional de Energía. (2012). Ley número 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales. In (Tercera Edición ed.,

p. 200). Comisión Nacional de Energía. <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2015/05/REGLAMENTO-LEY-57-07.pdf>

Comision Nacional del Cambio Climatico . (22 de Mayo de 2021). Cambio Climático realizó taller sobre NDC-RD 2020 para periodistas de la Región Norte. *Pagina web Gobierno de la Republica Dominicana.*

Comisión Nacional de Energía. (2017). Energías renovables en República Dominicana. <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2018/01/2820172920ESP20REmap20RD202030.pdf>

Conexiesan. (2017). *El índice beneficio/costo en las finanzas corporativas*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/el-indice-beneficiocosto-en-las-finanzas-corporativas/>

Consejo Nacional para el Cambio Climatico . (2020). *Acciones de reducción de emisiones de CO2 propician un mejor medio ambiente*. Obtenido de Acciones de reducción de emisiones de CO2 propician un mejor medio ambiente: <https://cambioclimatico.gob.do/index.php/noticias/item/309-acciones-de-reduccion-de-emisiones-de-co2-propician-un-mejor-medio-ambiente>

Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio. (05 de Junio de 2020). *Acciones de reducción de emisiones de CO2 propician un mejor medio ambiente*. Obtenido de Acciones de reducción de emisiones de CO2 propician un mejor medio ambiente: <https://cambioclimatico.gob.do/index.php/noticias/item/309-acciones-de-reduccion-de-emisiones-de-co2-propician-un-mejor-medio-ambiente>

- Cooperativas, F. (2016). *Finanzas Cooperativas*. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/alsalas/files/2013/09/TECNICAS-DE-EVALUACION.pdf>
- Datosmacro.com. (2020). *Datosmacro.com*. Obtenido de Aumentan las emisiones de CO2 en República Dominicana: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/republica-dominicana>
- Diario Libre. (2006). *Diario Libre*. Obtenido de Tres instancias para crear una compañía: <https://www.diariolibre.com/actualidad/tres-instancias-para-crear-una-compaa-BJDL109811>
- Diaz, R. (2008). lifeder.com. Obtenido de Alcohol Etilico: Fórmula, Propiedades, Riesgos y Usos: [https://www.lifeder.com/alcohol-etilico/#Propiedades\\_fisicas\\_y\\_quimicas](https://www.lifeder.com/alcohol-etilico/#Propiedades_fisicas_y_quimicas)
- Echeverría Ruíz, C. d. R. (2017). METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO. R.P. Publishing House., 4(13), 3. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836>
- Economipedia. (2014). *Tasa interna de retorno (TIR)*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Elsie Rodriguez Y, Richard D. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta)*. Obtenido de Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta): <https://hdl.handle.net/20.500.12724/12024>
- Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

Fair Companies. (13 de mayo de 2007). Obtenido de Etanol, un combustible que genera gases contaminantes: <https://faircompanies.com/articles/etanol-un-combustible-que-genera-gases-contaminantes/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20no%20todo%20son,efecto%20invernadero%20que%20la%20gasolina.>

FUNGLODE. (2018). Diccionario Enciclopédico Dominicana de Medio Ambiente. Obtenido de Diccionario Enciclopédico Dominicana de Medio Ambiente: [https://definiciónVer.asp?id=193](https://definición.Ver.asp?id=193)

Gobierno de la Republica Dominicana. (2021). *MERCADOS DOMINICANOS DE ABASTO AGROPECUARIO*. Obtenido de PRECIOS DE PRODUCTOS DE 2 DE DICIEMBRE DEL 2021 (RD\$): <http://www.mercadom.gob.do/phocadownload/Precios/Precios.pdf>

Gobierno de México. (22 de marzo de 2017). Gobierno de México. Obtenido de Características del petróleo: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html)

Gómez, & Perez. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. Scielo, 52(7). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000700967](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967)

Gonzales, A. (Octubre de 2015). *ASISTENCIA TECNICA PARA EL PROGRAMA DE APOYO A LA POLITICA DE*. Obtenido de ESTRATEGIA DE NEGOCIOS PARA EL CLUSTER DE YUCA DE VILLA GONZALEZ, PROVINCIA:

<http://cnc.gob.do/phocadownload/Publicaciones/Clusteres/Agro/YucaVillaGonzalez/ESTRATEGIA-Y-PLAN-DE-ACCION-CLUSTER-DE-YUCA.pdf>

Google Earth. (s.f.). Obtenido de Google Earth:

[https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-](https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaauEtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA)

[70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaau](https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaauEtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA)

[EtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA](https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaauEtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA)

[EtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA](https://earth.google.com/web/search/Luis+Eduardo+II+Auto+Import,+Santiago/@19.41068368,-70.64170403,187.85159814a,979.0765888d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYWPwPaauEtAEXp8Xqfoq0tAGVMvKREzOGTAIcRGkH9iPWTA)

Graziani, L. C. (2002). EL GAS NATURAL. Callao - Perú: Corporación Aceros Arequipa S.A.

Impuestos internos. (2020). *Boletín Estadístico del Parque Vehicular 2020* . Obtenido de

[https://dgii.gov.do/estadisticas/parqueVehicular/1Informes%20Parque%20Vehicular/](https://dgii.gov.do/estadisticas/parqueVehicular/1Informes%20Parque%20Vehicular/ParqueVehicular2020.pdf)

[ParqueVehicular2020.pdf](https://dgii.gov.do/estadisticas/parqueVehicular/1Informes%20Parque%20Vehicular/ParqueVehicular2020.pdf)

Jaime Enrique Anaya Ortega, I. J. (2014). Elementos De Sostenibilidad Para La Producción Y Uso. Cartagena Bolívar.

Jara, P. P. (1981). EL PETROLEO Y SU HISTORIA. Revista Marina, 1-2.

Junta De Castillo y León. Energía y Minería en Castilla y León. Obtenido de Energía y Minería

en Castilla y León: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/historia-carbon.html>

Ley 57-07. (2012). *Ley No. 5707 sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de*

*Energía y de* . Obtenido de Ley No. 5707 sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes

Renovables de Energía y de : [https://www.hacienda.gob.do/wp-](https://www.hacienda.gob.do/wp-content/uploads/2018/11/Ley-57-07-sobre-Energia-Renovable.pdf)

[content/uploads/2018/11/Ley-57-07-sobre-Energia-Renovable.pdf](https://www.hacienda.gob.do/wp-content/uploads/2018/11/Ley-57-07-sobre-Energia-Renovable.pdf)

- Llabrés, P. J. (25 de Octubre de 2016). *Huele a Química*. Obtenido de Huele a Química: <https://hueleaquimica.wordpress.com/2016/10/25/que-es-la-gasolina/>
- Maciel, C. Á. (2009). Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico. Obtenido de Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>
- Marimar. (23 de mayo de 2019). Elblogverde. Obtenido de Combustibles fósiles. características, origen, aplicaciones y efectos secundario: <https://elblogverde.com/los-combustibles-fosiles/>
- Marin Pons & Asociados, S.R.L. (2012). Estudio preliminar para producir etanol a partir de la caña de azúcar en República Dominicana. <https://docplayer.es/13695539-Estudio-preliminar-para-producir-etanol-de-la-cana-de-azucar-en-la-republica-dominicana.html>
- Martorell, N. (Septiembre de 2017). *Feller Rate Calificadora de Riesgos*. Obtenido de REFINERÍA DOMINICANA DE PETRÓLEO, S.A, informe de calificación septiembre 2017: <http://www.feller-rate.do/grd/informes/refidomsa1709.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2017). *REGLAMENTO TÉCNICO AMBIENTAL PARA EL CONTROL DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES*. Obtenido de <http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2017/01/REGLAMENTO-T%90CNICO-AMBIENTAL-FUENTES-FIJAS-12-09-2017.pdf>
- Mir, V. (25 de Junio de 2019). *ENERGYA VM*. Obtenido de Energya VM: <https://www.energyavm.es/biodiesel-que-es-y-para-que-sirve/>

Módulo 3. (2017). Obtenido de Características Físicas y Químicas del Etanol y Combustibles de Hidrocarburos: <https://www.ethanolresponse.com/wp-content/uploads/2017/08/Gu%C3%ADa-del-Participante-Modulo-3-FINAL-2017.pdf>

Monsalve G. (2006, Noviembre). Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna*, 73(150), 21-27. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49615002.pdf>

Morales Payan, J. P. (1995). Cultivo de Remolacha. In Fundacion de desarrollo agropecuario, INC. (p. 16). Centro de información FDA. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/remolacha.pdf>

Naturales, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos. (2003). *Normas Ambientales Para La Protección Contra Ruidos*. Obtenido de Normas Ambientales Para La Protección Contra Ruidos: <https://www.cne.gob.do/wp-content/uploads/2016/08/Normas-Ambientales-para-la-Proteccion-Contra-Ruidos.pdf>

Nortegas. (2012). Nortegas. Obtenido de Historia del gas natural: <https://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/>

Oficina Nacional de Estadística ONE. (2020). *Dominicana en Cifras 2020*. Obtenido de Dominicana en Cifras 2020: <https://web.one.gob.do/publicaciones/2020/dominicana-en-cifras-2020/>

Oficina Nacional de Estadísticas ONE. (2019). *ONE oficina nacional de estadísticas*. Obtenido de <https://www.one.gob.do/busqueda?s=consumo+de+gasolina>

Periodico Hoy. (13 de Junio de 2017). *Experto considera que RD tiene mucho potencial para el etanol*. Obtenido de Periodico Hoy: <https://hoy.com.do/experto-considera-que-rd-tiene-mucho-potencial-para-el-etanol/>

PIRE, L. R. (2000). ORIGEN Y FORMACION DEL CARBON. Revista de la Universidad de Oviedo, 40-42.

Realizado por la Dirección de Planificación RECOPE. (Enero de 2020). *Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina y etanol a nivel nacional* . Obtenido de <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2020/02/ESTUDIO-FACTIBILIDAD.pdf>

Redacción Siglo XXI. (6 de agosto de 2019). Siglo XXI. Obtenido de Conocer cuál es la situación del mercado del gas natural: <http://www.diariosigloxxi.com/texto-diario/mostrar/1497056/conoce-cual-situacion-mercado-gas-natural#:~:text=La%20situaci%C3%B3n%20actual%20del%20mercado,seguir%C3%A1%20en%20el%20medio%20plazo.>

Refidomsa. (2021). *Refidomsa*. Obtenido de Refidomsa: <https://refidomsa.com>

Refinadora Costarricense de Petróleo. (2020). Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina con etanol en Costa Rica. <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2020/02/ESTUDIO-FACTIBILIDAD.pdf>

Salinas Callejas, E., & Gasca Quezada, V. (2009). Los biocombustibles. El Cotidiano, 75-82.

SALVADOR, A. R. (2010). APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE. Rev. Real Academia Ciencia Exact.Fís.Nat. , 331-345.

- Significados.com. (2019). Tipos de investigación. Significados.com.  
<https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>
- Solarte Pazo, L. (2001). El análisis de factibilidad. In *Gestión de Proyectos* (pp. 3-10).  
<http://gyepro.univalle.edu.co/documentos/gestion/factibilidad.pdf>
- Suárez, L. (Septiembre de 2011). *Scielo*. Obtenido de Apuntes sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Tendencias actuales.:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362011000300004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300004)
- Tejero Puntos, S. (2021, 08 17). Un 75 % del combustible importado llegó desde EE.UU. *Diario Libre*. <https://www.diariolibre.com/economia/un-75-del-combustible-importado-llego-desde-ee-uu-DJ28218139>
- The Global Economy. (2018). Producción de carbón. Obtenido de [https://es.theglobaleconomy.com/rankings/coal\\_production](https://es.theglobaleconomy.com/rankings/coal_production).
- Total REP.DOM. (2020). Total REP.DOM. Obtenido de ¿QUÉ ES EL ÍNDICE DE OCTANAJE EN LA GASOLINA?: <https://www.total.com.do/lubricantes-yfluidos-especiales/tips-de-mantenimiento/que-es-el-indice-de-octanaje-en-la-gasolina>
- Torroba, A. (2020). *Atlas de los biocombustibles*. Obtenido de Atlas de los biocombustibles:  
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/13974/BVE20128304e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Valdez Cruz, J., & Hernández Núñez, R. (2014). Guía Técnica para la Producción de Yuca. In Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (p. 57). Vladimir Eusebio. <https://coniaf.gob.do>
- Vázquez, H.J., & Dacosta, O. (2007, Octubre/Diciembre). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Ingeniería, investigación y tecnología, vol.8(4). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432007000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000400004)
- Vázquez, J. F. (2006). EL MUNDO ACTUAL DEL PETRÓLEO. En J. F. Vázquez, EL MUNDO ACTUAL DEL PETRÓLEO (págs. 58-60)
- VIDAL, J. M. (Septiembre de 2009). *ANÁLISIS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR EL USO DE MEZCLAS ETANOL-GASOLINA EN VEHÍCULOS DEL ÁREA* . Obtenido de [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569305/DocsTec\\_7346.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569305/DocsTec_7346.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vidal, Marcel. (2009). *Tecnologico de Monterrey*. Obtenido de Análisis de emisiones producidas por el uso de mezclas etanol-gasolina en vehículos del área Metropolitana de Monterrey : <http://hdl.handle.net/11285/569306>
- Zambrano , G., Melendez, E., Lorenzo, A. (2021). Resultados de la evaluación técnica y ambiental del uso de etanol en la gasolina en Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio climatico*.

## ANEXOS

**Tabla 1**

*Propiedades y datos del etanol*

Etanol	
Estructura química	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
Número de cetano	0-54
Número de octanos	110
Fuentes principales	Maíz, granos o desechos agrícolas (celulosa)
Contenido de energía (Poder calorífico inferior)	76,330 Btu/gal para E100
Contenido de energía (Poder calorífico superior)	84,530 Btu/gal
Comparación energética (Porcentaje de energía de la gasolina)	E100 contiene 66%, E85 contiene de 72% a 77%.
Estado físico	Líquido
Tipos de vehículos disponibles	Todos los vehículos pueden utilizar hasta 10% de etanol. Mezclas entre 10% y 85% requieren vehículos Flex Fuel, que están disponibles como vehículos ligeros, camiones medianos y pesados y buses.
Impacto ambiental del combustible	Los vehículos E85 reducen la producción de gases de calentamiento global. Pruebas han demostrado que el E85 reduce NO <sub>x</sub> y los tóxicos 1,3-butadieno y benceno en comparación con la gasolina reformulada, sin embargo, aumenta las emisiones de formaldehído y acetaldehído.
Mantenimiento	Lubricantes especiales pueden ser requeridos. Los servicios de mantenimiento son muy similares, sino idénticos, a los de los combustibles convencionales.
Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)	El Etanol es menos tóxico que la gasolina. Los vapores de Etanol se dispersan más rápido que los de la gasolina, disminuyendo las concentraciones a niveles seguros más rápidamente después de un accidente.

Nota: Información recuperada de Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

**Tabla 2***Propiedades y datos del hidrógeno*

Hidrógeno	
Estructura química	H <sub>2</sub>
Número de cetano	-
Número de octanos	130+ (f)
Fuentes principales	Gas natural, metanol y electrolisis
Contenido de energía (Poder calorífico inferior)	51,585 Btu/lb
Contenido de energía (Poder calorífico superior)	61,013 Btu/lb
Comparación energética (Porcentaje de energía de la gasolina)	1 lb de H <sub>2</sub> tiene 44.4% de energía contenida en 1 gal de gasolina.
Estado físico	Gas comprimido o líquido.
Tipos de vehículos disponibles	Autobuses disponibles por pedidos especiales y algunos vehículos ligeros arrendados.
Impacto ambiental del combustible	Los vehículos de celdas de combustible producen cero emisiones por el tubo de escape, sin embargo, se generan contaminantes en la producción del hidrógeno.
Mantenimiento	Cuando el hidrógeno es utilizado en aplicaciones de celdas de combustible, el mantenimiento debe ser mínimo.
Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)	El hidrógeno tiene un excelente historial industrial de seguridad, se han desarrollado códigos y estándares para los sistemas y componentes de los vehículos de celdas de combustibles para reducir los riesgos.

Nota: Información recuperada de Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

**Tabla 3***Propiedades y datos del biodiésel*

Biodiésel	
Estructura química	Esteres metílicos de C <sub>12</sub> a C <sub>22</sub> ácidos grasos.
Número de cetano	48-65 (a)
Número de octanos	-
Fuentes principales	Grasas y aceites procedentes de fuentes como las semillas de soya, aceite residual de cocina, grasas de animales y canola.
Contenido de energía (Poder calorífico inferior)	119,550 Btu/gal para B100 (g)
Contenido de energía (Poder calorífico superior)	127,960 Btu/gal para B100 (g)
Comparación energética (Porcentaje de energía de la gasolina)	B100 tiene 103% de la energía de la gasolina o el 93% del diésel, B20 tiene el 109% de la gasolina o 99% del diésel.
Estado físico	Líquido
Tipos de vehículos disponibles	La mayoría de los vehículos diésel pueden utilizar mezclas de biodiésel hasta 20%.
Impacto ambiental del combustible	Reduce hidrocarburos, compuestos tóxicos, CO, materia particulada y gases de calentamiento global. Efectos inciertos de emisiones de NO <sub>x</sub> .
Mantenimiento	Mangueras y sellos pueden ser afectados por las mezclas con mayor porcentaje de biodiésel, mejora la lubricación sobre el diésel convencional.
Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)	B100 es biodegradable y no tóxico. Además, no se enciende tan fácil como el diésel.

Nota: Información recuperada de Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

**Tabla 4***Propiedades y datos del gas natural*

Gas natural comprimido (GNC)	
Estructura química	CH <sub>4</sub> (83-99%), C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (1-13%)
Número de cetano	-
Número de octanos	120+ (d)
Fuentes principales	Reservas subterráneas.
Contenido de energía (Poder calorífico inferior)	20,268 Btu/lb (g)
Contenido de energía (Poder calorífico superior)	22,453 Btu/lb (g)
Comparación energética (Porcentaje de energía de la gasolina)	1 lb CNG tiene 17.5% de la energía de 1 gal gasolina.
Estado físico	Gas comprimido
Tipos de vehículos disponibles	Muchas clases de vehículos disponibles.
Impacto ambiental del combustible	Comparado con la gasolina reformulada, emite menos (y menos reactivos) contaminación productores de ozono, hidrocarburos, CO, acetaldehído. Sólo incrementaron las emisiones de metano.
Mantenimiento	Los tanques de alta presión requieren inspección periódica y certificación.
Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)	Los tanques presurizados han sido diseñados para soportar impactos severos y altas temperaturas exteriores. Las fugas pueden representar un daño, pero pueden ser detectadas porque se agrega un olor característico para el GNC.

Nota: Información recuperada de Escobar, F. G. (2009). Estudio prospectivo tecnológico de combustibles. Medellín.

**Tabla 5***Propiedades y datos del petróleo*

Petróleo	
Estructura química	Está formado principalmente por hidrocarburos, que son compuestos de hidrógeno y carbono, en su mayoría parafinas, naftenos y aromáticos como los cicloalcanos o cicloparafinas - naftenos, hidrocarburos aromáticos, alquenos u olefinas, dienos y alquinos, junto con cantidades variables de derivados saturados homólogos del metano (CH <sub>4</sub> ). Su fórmula general es C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> .
Fuentes principales	Capas de gas natural, en yacimientos que han estado enterrados durante millones de años, cubiertos por los estratos superiores de la corteza terrestre.
Poder calorífico	44000 KJ/Kg
Estado físico	Sólido, líquido, o gaseoso
Impacto ambiental del combustible	Alto, contaminación de ríos y quebradas por las operaciones de exploración y transportes, contaminación del aire por emisión de gases de efecto invernadero y contribuye calentamiento global.

Nota: Información recuperada de Gobierno de México. 22 de marzo de 2017. Obtenido de Características del petróleo: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html)

**Tabla 6**

*República Dominicana: Consumo de derivados del petróleo por año, según tipo de combustible, 2015-2019 (galones)*

Tipo de combustible	2015	2016	2017	2018 <sup>r</sup>	2019 <sup>p</sup>
<b>Total</b>	<b>1,343,488,232</b>	<b>1,322,154,412</b>	<b>1,344,930,119</b>	<b>1,247,452,104</b>	<b>1,659,455,127</b>
G.L.P. uso general	449,453,939	471,504,566	475,444,659	480,872,112	499,703,961
Gasolina premium	128,691,636	148,479,375	169,405,154	155,484,773	250,626,022
Gasolina premium exenta de impuestos	138,581	130,787	130,788	131,987	0
Gasolina regular	191,857,384	183,878,994	168,405,267	143,122,726	174,606,740
Kerosene	4,188,634	6,206,087	4,754,951	3,761,129	4,803,591
Avtur	122,111,653	90,075,669	80,647,986	68,814,299	172,495,719
Gasoil regular	159,725,711	154,056,190	219,337,242	190,778,359	278,203,197
Gasoil normal exento de impuestos	6,682,882	7,491,612	1,429,894	673,794	0
Gasoil generación (interconectado)	5,080,102	2,378,449	4,774,074	5,979,186	15,123,288
Gasoil generación (no interconectado)	24,024,279	15,762,146	944,473	147,021	308,666
Gasoil regular compensado a transportistas	46,502,031	34,579,040	0	0	0
Gasoil premium	21,467,112	0	0	0	0
Gasoil premium a precio especial	350,664	2,855,977	350,664	0	0
Gasoil premium exento de impuestos	19,321,602	279,458	1,418,405	0	0
Gasoil regular exento de advalorem	0	0	0	0	0
Gasoil a precio especial	10,183,751	5,138,800	1,421,165	446,387	0
Gasoil óptimo	31,480,073	57,032,900	61,287,922	52,083,628	119,154,070
Gasoil óptimo exento de impuesto	0	11,371,417	814,456	157,849	0
Gasoil optimo a precio especial	0	10,202,858	22,587,586	2,339,434	0
Fuel oil carga	2,387,237	4,647,703	4,153,737	4,900,121	114,770,765
Fuel oil generación eléctrica (interconectado)	13,699,592	7,962,644	7,174,669	13,995,020	18,143,694
Fuel oil generación eléctrica (no interconectado)	8,399,678	8,041,448	8,590,312	8,403,575	8,170,128
Fuel oil exonerado a zonas francas	3,541,357	4,471,800	4,576,271	3,772,015	3,345,287
Fuel oil a precio especial	94,200,334	95,606,492	107,280,444	111,588,689	0
<b>Gas natural (m3)<sup>1</sup></b>	<b>1,642,452</b>	<b>1,551,022</b>	<b>1,789,178</b>	<b>1,567,042</b>	<b>1,829,577</b>
<b>Carbón (Tonelada)<sup>2</sup></b>	<b>1,024,524</b>	<b>1,063,309</b>	<b>1,273,352</b>	<b>3,481,608</b>	<b>3,481,599</b>

Fuente: Registros administrativos, Departamento de Hidrocarburos, Ministerio de Industria y Comercio. Las estadísticas sobre el consumo de gas natural están expresadas en metros cúbicos; no están incluidas en el total de galones consumidos. Las estadísticas sobre consumo de carbón se expresan en toneladas; no están incluidas en el total general. Las cifras correspondientes al 2017 y 2018 ambas son cifras preliminares.

r Cifras revisadas.

p Cifras sujetas a rectificación.

M<sup>3</sup>: metros cúbicos

**Tabla 7***Ficha técnica de la lavadora y peladora*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Lavadora y peladora de yuca	
Modelo: YSMQT4000	
Fabricante: YingShun	
Costo aproximado: \$3,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 5,000 mm	
Ancho: 2,100 mm	
Alto: 1,160 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 12,000 kg	
Consumo de energía: 4 kW/h	
Capacidad requerida: 10,544.94 kg	
<u>Servicio:</u> Lavado y pelado de yuca	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 8***Ficha técnica de la cortadora*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Cortadora industrial	
Modelo: MSY-PC	
Fabricante: Tagrm	
Costo aproximado: \$3,580	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 4,100 mm	
Ancho: 1,200 mm	
Alto: 2,850 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 15,000 kg	
Consumo de energía: 4,85 kW/h	
Capacidad requerida: 10,051.54 kg	
<u>Servicio:</u> Laminado de la yuca en trozos de 1 cm a 2.5 cm de lado.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 9***Ficha técnica del molino*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Molino de martillos	
Modelo: YSG130X55	
Fabricante: Rotex Master	
Costo aproximado: \$5,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 2,170 mm	
Ancho: 1,306 mm	
Alto: 1,190 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 12,000 kg	
Consumo de energía: 55 kW/h	
Capacidad requerida: 10,051.54 kg	
<u>Servicio:</u> Moler la yuca picada para dejarla en trozos de 3 a 5 mm.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 10***Ficha técnica del tanque de mezcla*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Tanque de Mezcla	
Modelo: WS-AG	
Fabricante: SIYUAN	
Costo aproximado: \$15,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 2,400 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 30,000 kg	
Consumo de energía: 15 kW/h	
Capacidad requerida: 25,154.63 kg	
<u>Servicio:</u> Mezclar la yuca molida con agua para que se encuentre apta para el proceso de licuación.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 11***Ficha técnica del reactor cerrado con agitador y chaqueta*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>		<i>Croquis referencial</i>
<u>Información general del equipo</u>		
Nombre: Tanque del Reactor con chaqueta		
Modelo: Wangtong		
Costo aproximado: \$20,000		
<u>Dimensiones del equipo</u>		
Diámetro: 3,000 mm		
Alto: 3,500 mm		
<u>Datos de operación</u>		
Capacidad: 25,000 kg – 30,000 kg		
Consumo de energía: 75 kW/h		
Capacidad requerida: Pre-licuefacción, Cocción, Licuefacción: 25,154.63 kg		
Pre-fermentación: 38,984.30 kg		
SFS: 39,022 kg		
<u>Servicio:</u> Se utiliza para el proceso de pre-licuefacción, cocción, licuefacción, pre-fermentación y, sacarificación y fermentación simultáneas (SFS).		
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).		

**Tabla 12***Ficha técnica del primer destilador*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>		<i>Croquis referencial</i>
<u>Información general del equipo</u>		
Nombre: Columna de destilación		
Modelo: BM-5076LPD		
Fabricante: BM		
Costo aproximado: \$50,000		
<u>Dimensiones del equipo</u>		
Diámetro: 2,600 mm		
Ancho: 2,000 mm		
Alto: 10,000 mm		
<u>Datos de operación</u>		
Capacidad: 40,000 kg		
Consumo de energía: 80 kW/h		
Capacidad requerida: 34,783.13 kg (Primera destilación)		
<u>Servicio:</u> Se utiliza para separar el etanol del agua, Dióxido de carbono y demás componentes.		
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).		

**Tabla 13***Ficha técnica del segundo destilador*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i> 
Nombre: Columna de destilación Modelo: H-AD Fabricante: Fuyang Buda Costo aproximado: \$5,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 1,500 mm Ancho: 2,000 mm Alto: 5,000 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 10,000 kg Consumo de energía: 40 kW/h Capacidad requerida: 8,347.95 kg (Segunda destilación)	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para separar el etanol del agua, Dióxido de carbono y demás componentes.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 14***Ficha técnica del tamiz molecular*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i> 
Nombre: Tamizador Industrial Modelo: S49-600-3S Fabricante: Gaofu Costo aproximado: \$10,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 1,470 mm Alto: 1,630 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 2,500 kg Consumo de energía: 5 kW/h Capacidad requerida: Deshidratación: 4,347.1 kg Recuperación: 4,372.72 kg	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para absorber el agua y gases que tiene la mezcla para aumentar la pureza del etanol.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 15***Ficha técnica del tanque de almacenamiento*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Tanque de almacenamiento de etanol	
Modelo: 60 M3	
Fabricante: TopSun	
Costo aproximado: \$6,500	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 2,600 mm	
Alto: 11,300 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 90,000 L	
Capacidad requerida: 53, 000 L	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para el almacenamiento del producto.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 16***Ficha técnica del caldero de agua caliente*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Caldero de agua caliente	
Modelo: WNS-T (pirotubular)	
Fabricante: ZD Boiler	
Costo aproximado: \$15,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 4,424 mm	
Diámetro: 1,950 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 20,000 kg	
Capacidad: 1.5 MW	
Capacidad requerida: 15,092.78 kg	
Capacidad requerida: 1.30 MW	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para el proceso de calentamiento del agua que ingresará en el proceso de mezclado.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 17***Ficha técnica del caldero de vapor*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Caldero de vapor	
Modelo: ZDG-20/3.8M	
Fabricante: ZhongDing	
Costo aproximado: \$15,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 1,950 mm	
Alto: 4,424 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 6.0 MW	
Capacidad requerida: 5.58MW	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para el proceso de calentamiento del agua que ingresara a la chaqueta de los reactores.	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 18***Ficha técnica del chiller*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Chiller	
Modelo: ZL-FL15	
Fabricante: Zillion	
Costo aproximado: \$15,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 1,750 mm	
Ancho: 860 mm	
Alto: 1,412 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad de refrigeración: 800 TR	
Capacidad requerida: 781.2 TR	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para el proceso de enfriamiento del agua que ingresara en la chaqueta del reactor de licuefacción, pre-fermentación y en el tanque de almacenamiento del producto.	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 19***Ficha técnica del ablandador de agua*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Ablandador de agua	
Modelo:FK-600	
Fabricante: Yilida	
Costo aproximado: \$3,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Diámetro: 1,200 mm	
Altura: 1,850 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 21,000 kg	
Capacidad requerida: 18,629.43 kg	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para ablandar el agua que ingresará al caldero de agua caliente, el del vapor y el chiller.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 20***Ficha técnica de la balanza industrial*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Balanza Industrial Digital	
Modelo: LPF báscula de piso	
Fabricante: Lightever	
Costo aproximado: \$500	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 1,200 mm	
Ancho: 4,000 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 15,000 kg	
Capacidad requerida: 10,760.14 kg	
<u>Servicio:</u> Se utiliza para pesar las yucas que ingresan al proceso.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 21***Ficha técnica de la balanza electrónica*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Balanza electrónica	
Modelo: WT30000x	
Fabricante: Want	
Costo aproximado: \$100	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 600 mm	
Ancho: 500 mm	
<u>Datos de operación</u>	
Capacidad: 30 kg	
Capacidad requerida:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\alpha</math>-amilasa: 10,31 kg</li> <li>• Amoniaco: 1,78 kg</li> <li>• Glucoamilasa: 20,66 kg</li> <li>• Levadura: 15,26 kg</li> </ul>	
<p><u>Servicio:</u> Se utiliza para pesar los insumos y aditivos que entran al proceso (a-amilasa, glucoamilasa, levaduras, amoniaco).</p>	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 22***Ficha técnica del cromatógrafo de gases*

<i>Ficha técnica de maquinaria</i>	
<u>Información general del equipo</u>	<i>Croquis referencial</i>
Nombre: Equipo de cromatografía de gases	
Modelo: Agilent 6890 FID Cryo	
Fabricante: Hewlett Packard	
Costo aproximado: \$15,488	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 1530 mm	
Ancho: 765 mm	
Alto: 965 mm	
Voltaje: 115V- 240V	
<p><u>Servicio:</u> Medición del contenido de etanol y metanol en el producto final.</p>	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 23***Ficha técnica del espectrofotómetro de absorción atómica*

Ficha técnica de maquinaria	
<u>Información general del equipo</u>	<u>Croquis referencial</u>
Nombre: Espectrómetro de absorción atómica	
Modelo: AA320	
Fabricante: Nanbei	
Costo aproximado: \$7,450	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 1,250 mm	
Ancho: 800 mm	
Alto: 759 mm	
Gama de longitud de onda: 190-900 nm	
Voltaje: 220V	
<u>Servicio:</u> Medición del contenido de cobre en el producto final.	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

**Tabla 24***Ficha técnica del espectrofotómetro de absorción molecular*

Ficha técnica de maquinaria	
<u>Información general del equipo</u>	<u>Croquis referencial</u>
Nombre: Espectrofotómetro UV visible	
Modelo: DU-8600R	
Fabricante: Drawell	
Costo aproximado: \$1,000	
<u>Dimensiones del equipo</u>	
Largo: 545 mm	
Ancho: 468 mm	
Alto: 245 mm	
Gama de longitud de onda: 190-1100nm	
Voltaje: 220V	
<u>Servicio:</u> Medición de la concentración de glucosa en la sacarificación y fermentación simultánea (SFS).	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

De la tabla 25 a la tabla 31 se detallan las especificaciones de la materia prima e insumos para que se encuentren aptas para el proceso de producción del etanol.

**Tabla 25**

*Ficha técnica de la yuca*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: Yuca (Manihot esculenta)	
Color de la cáscara: Marrón	
Color de pulpa: Blanca	
Peso promedio: 1 kg/unidad	
<u>Criterios de aceptación</u>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre de raíces secundarias, heridas o cortaduras</li> <li>• Libre de ataque de plagas, olores extraños</li> <li>• Sin manchas</li> </ul>	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 26**

*Ficha técnica del agua*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: Agua	
Apariencia: Líquido incoloro e inodoro	
Temperatura: Aprox. 20°C	
<u>Criterios de aceptación</u>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquido incoloro e inodoro</li> <li>• Baja concentración de magnesio y calcio</li> </ul>	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 27***Ficha técnica de la  $\alpha$ -amilasa*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: $\alpha$ -amilasa	
Apariencia: Polvo de color marrón claro	
Almacenaje: Envase cerrado y seco (Lejos de humedad y calor)	
Vida útil: Máx. 2 años	
<u>Criterios de aceptación</u>	
Actividad enzimática: Mín. 2,000 U/g	
Pérdida por desecación: Máx. 10	
Arsénico: Máx. 3mg/kg	
Plomo: Máx. 10mg/kg	
Cadmio: Máx.0.5mg/kg	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 28***Ficha técnica de la glucoamilasa*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: glucoamilasa	
Apariencia: Polvo amarillento	
Almacenaje: Envase cerrado y seco (Lejos de humedad y calor)	
Vida útil: Máx. 2 años	
<u>Criterios de aceptación</u>	
Estabilidad térmica: 60°C	
pH: 4 – 4.5	
Actividad Enzimática: 50,000 $\mu$ /g a 150,000 $\mu$ /g	
Tamaño de partícula: 80% de partículas deben tener un tamaño menor o igual a 0.4mm	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 29***Ficha técnica de la levadura*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: Levadura	
Color: Marrón claro	
Almacenaje: Envase cerrado al vacío	
<u>Criterios de aceptación</u>	
Cenizas: <2.0%	
pH: 4-6	
Materia seca: >94%	
Poder de fermentación: >600ml CO <sub>2</sub> /h	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 30***Ficha técnica del amoniaco líquido*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: Amoniaco líquido	
Apariencia: Líquido incoloro	
Almacenaje: Tanque de amoniaco	
<u>Criterios de aceptación</u>	
Pureza: 99,9%	
Punto de inflamación espontánea: 651,11°C	
Valor de pH de la solución acuosa: 11,7	
Humedad: ≤ 0,3 ppmv	
Hierro: ≤ 0,3 ppmv	
Aceite: ≤ 0,4 ppmv	
<u>Criterios de rechazo</u>	
Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	
Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).	

**Tabla 31***Ficha técnica de la gasolina*

<i>Ficha técnica de materia prima</i>	
<u>Información general de la materia prima</u>	<i>Imagen referencial</i>
Nombre: Gasolina de 84 octanos Apariencia: Líquido incoloro Almacenaje: Tanque de gasolina	
<u>Criterios de aceptación</u> Certificado de calidad del proveedor: Punto de ebullición: PI: 36°C / PF: 221°C Punto de inflamación/inflamabilidad: -46°C Propiedades explosivas: LSU: 5.0% / LIE: 0.8% Presión de vapor: 0,7 atm a 25°C Tensión superficial: 19 – 24 dinas/cm a 25°C	
<u>Criterios de rechazo</u> Incumplimiento de cualquier criterio de aceptación	

Nota: Información recuperada de Elsie Rodríguez Y, Richard D. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (Manihot esculenta).

Tabla 32

## Cronograma de Inversión año 0-10

Cronograma de Inversiones												
Año	Pre- Operativa		Operativa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Terreno	18,874,387.50	-	-	1,887,438.75	-	-	1,887,438.75	-	-	1,887,438.75	-	-
Construcción de la planta	71,013,034.22	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14	2,367,101.14
Instalación de maquinarias	300,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
<b>Maquinarias</b>												
Lavadora y peladora	174,000.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00
Cortadora	207,640.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00	20,764.00
Molino	290,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00
Tanque de mezcla	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Reactores	8,120,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00	812,000.00
Columna de destilación 1	2,900,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00
Columna de destilación 2	290,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00	29,000.00
Tanques moleculares	1,160,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00	116,000.00
<b>Equipos auxiliares</b>												
Balanza electrónica de insumos	5,800.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00
Balanza electrónica de camiones	29,000.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00	3,625.00
Excavador de ruedas	870,000.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00	108,750.00
Carretilla hidráulica	5,800.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00	725.00
<b>Área de tratamiento de agua</b>												
Caldero de agua caliente	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Caldero de vapor	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Chiller	870,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00	87,000.00
Ablandador de agua	174,000.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00	17,400.00
Tanque de agua (100 000 L)	3,944,000.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00	394,400.00
<b>Área de control de calidad</b>												
Cromatógrafo de gases	898,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40	89,830.40
Espectrofotómetro de absorción atómica	432,100.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00	43,210.00
Espectrómetro de absorción molecular	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00
<b>Almacenes</b>												
Tanque de almacenamiento	754,000.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00	75,400.00
Tanque de almacenamiento Gasolina	58,000.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00	5,800.00
<b>Vehículos</b>												
Tanquero de Combustible	5,372,030.88	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09	537,203.09
Montacargas	854,582.89	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29	85,458.29
	122,161,727.49	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38
<b>Activos Intangibles</b>												
Asesoría Legal	25,000.00											
Estudio de Mercado	55,000.00											
Registro ONAPI	5,445.00											
Solicitud RNC	700.00											
Permiso ambiental	5,000.83											
Registro del nombre comercial	3,067.00											
Registro de lema comercial	5,742.70											
Registro de CCPSD	5,000.00											
Registro de documentación	196.28											
<b>Gastos software</b>												
Microsoft office	4,500.00		900.00		900.00							
Página web	8,850.00		1,770.00		1,770.00							
Sistema empresarial (Enterprise Resource Pl	12,000,000.00		1,200,000.00		4,000,000.00							
Costos de Constitución	12,118,501.81		1,202,670.00		4,002,670.00							
Capital de trabajo	(103,384,117.76)	(441,501,303.85)	(470,691,524.70)	(497,503,812.30)	(525,895,375.33)	(555,960,966.44)	(582,576,196.82)	(610,497,636.14)	(639,790,594.82)	(670,523,648.86)	(696,417,980.14)	
<b>TOTAL INVERSION</b>	<b>237,664,347.06</b>	<b>444,659,019.22</b>	<b>475,051,910.08</b>	<b>500,661,527.68</b>	<b>533,055,760.71</b>	<b>559,118,681.82</b>	<b>585,733,912.20</b>	<b>613,655,351.51</b>	<b>642,948,310.20</b>	<b>673,681,364.23</b>	<b>699,575,695.51</b>	

Tabla 33

## Flujo sin financiamiento

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Galones Producidos	\$ 2,776,923.00	\$ 2,973,156.47	\$ 3,169,389.00	\$ 3,365,622.05	\$ 3,561,854.00	\$ 3,758,087.00	\$ 3,954,320.00	\$ 4,150,553.00	\$ 4,346,786.00	\$ 4,543,018.00	
Precio	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73
Ingresos	\$ 482,434,832.79	\$ 516,526,472.89	\$ 550,617,950.97	\$ 584,709,518.35	\$ 618,800,895.42	\$ 652,892,454.51	\$ 686,984,013.60	\$ 721,075,572.69	\$ 755,167,131.78	\$ 789,258,517.14	
Venta de activos					\$ 226,200.00			\$ 347,101.00		\$ 6,741,563.44	
Materias primas	#####	\$(401,554,140.58)	\$(425,647,389.02)	\$(451,186,232.36)	\$(478,257,406.30)	\$(502,170,276.62)	\$(527,278,790.45)	\$(553,642,729.97)	\$(581,324,866.47)	\$(604,577,861.13)	
Mano de obra directa	\$(6,559,378.15)	\$(7,018,534.62)	\$(7,439,646.70)	\$(7,886,025.50)	\$(8,359,187.03)	\$(8,777,146.38)	\$(9,216,003.70)	\$(9,676,803.89)	\$(10,160,644.08)	\$(10,567,069.84)	
Gastos de nomina	\$(24,073,189.66)	\$(24,073,189.66)	\$(26,480,508.63)	\$(26,480,508.63)	\$(28,887,827.59)	\$(28,887,827.59)	\$(31,295,146.56)	\$(31,295,146.56)	\$(33,702,465.52)	\$(33,702,465.52)	
Servicios	\$(7,440,000.00)	\$(7,931,052.86)	\$(8,422,103.53)	\$(8,913,155.42)	\$(9,404,204.71)	\$(9,895,256.49)	\$(10,386,308.26)	\$(10,877,360.04)	\$(11,368,411.82)	\$(11,859,461.20)	
Bono por producción	\$(2,776,923.00)	\$(2,973,156.47)	\$(3,169,389.00)	\$(3,365,622.05)	\$(3,561,854.00)	\$(3,758,087.00)	\$(3,954,320.00)	\$(4,150,553.00)	\$(4,346,786.00)	\$(4,543,018.00)	
Ebitda*	\$ 66,301,098.44	\$ 72,976,398.69	\$ 79,458,914.09	\$ 86,877,974.40	\$ 90,556,615.79	\$ 99,403,860.43	\$ 104,853,444.63	\$ 111,780,080.23	\$ 114,263,957.89	\$ 130,750,204.88	
Depreciaciones edificaciones	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	\$(2,367,101.14)	
Depreciación maquinarias	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	\$(3,157,715.38)	
Utilidad antes de impuestos	\$ 60,776,281.93	\$ 67,451,582.18	\$ 73,934,097.58	\$ 81,353,157.88	\$ 85,031,799.27	\$ 93,879,043.91	\$ 99,328,628.11	\$ 106,285,263.72	\$ 108,739,141.37	\$ 125,225,388.37	
Impuesto	\$(16,409,596.12)	\$(18,211,927.19)	\$(19,962,206.35)	\$(21,965,352.63)	\$(22,958,585.80)	\$(25,347,341.86)	\$(26,818,729.59)	\$(28,688,921.20)	\$(29,359,568.17)	\$(33,810,854.86)	
Utilidad después de impuesto	\$ 44,366,685.81	\$ 49,239,654.99	\$ 53,971,891.23	\$ 59,387,805.25	\$ 62,073,213.47	\$ 68,531,702.06	\$ 72,509,898.52	\$ 77,566,342.51	\$ 79,379,573.20	\$ 91,414,533.51	
Depreciaciones edificaciones	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	
Depreciación maquinarias	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	
Valores libros											
Utilidad neta	\$ 49,891,502.32	\$ 54,764,471.51	\$ 59,496,707.75	\$ 64,912,621.77	\$ 67,598,029.98	\$ 74,056,518.58	\$ 78,034,715.04	\$ 83,091,159.03	\$ 84,904,389.72	\$ 96,939,350.02	
Terreno	\$ (18,874,387.50)										
Construcción	\$ (71,013,034.22)										
Maquinarias	\$ (32,274,305.77)										
Inversión de ampliación		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)	
Inversiones de reposición					\$ (910,600.00)			\$ (1,543,464.00)		\$ (27,826,623.77)	
Inversión de nueva maquinaria			\$ (3,102,064.58)			\$ (3,102,064.58)			\$ (3,102,064.58)		
Activos Intangibles	\$ (12,118,501.81)										
Capital de trabajo	\$ (103,384,117.76)	\$ (6,711,807.05)	\$ (6,165,717.83)	\$ (6,528,396.34)	\$ (6,912,834.60)	\$ (6,120,463.92)	\$ (6,420,433.05)	\$ (6,735,400.64)	\$ (7,066,116.61)	\$ (7,066,116.61)	\$ (5,954,910.36)
Valor de desecho											
Flujo	\$ (237,664,347.06)	\$ 43,179,695.27	\$ 45,048,101.97	\$ 49,866,246.84	\$ 54,449,135.46	\$ 60,566,966.07	\$ 60,983,369.24	\$ 71,299,314.40	\$ 70,930,926.71	\$ 74,736,208.53	\$ 59,607,164.18

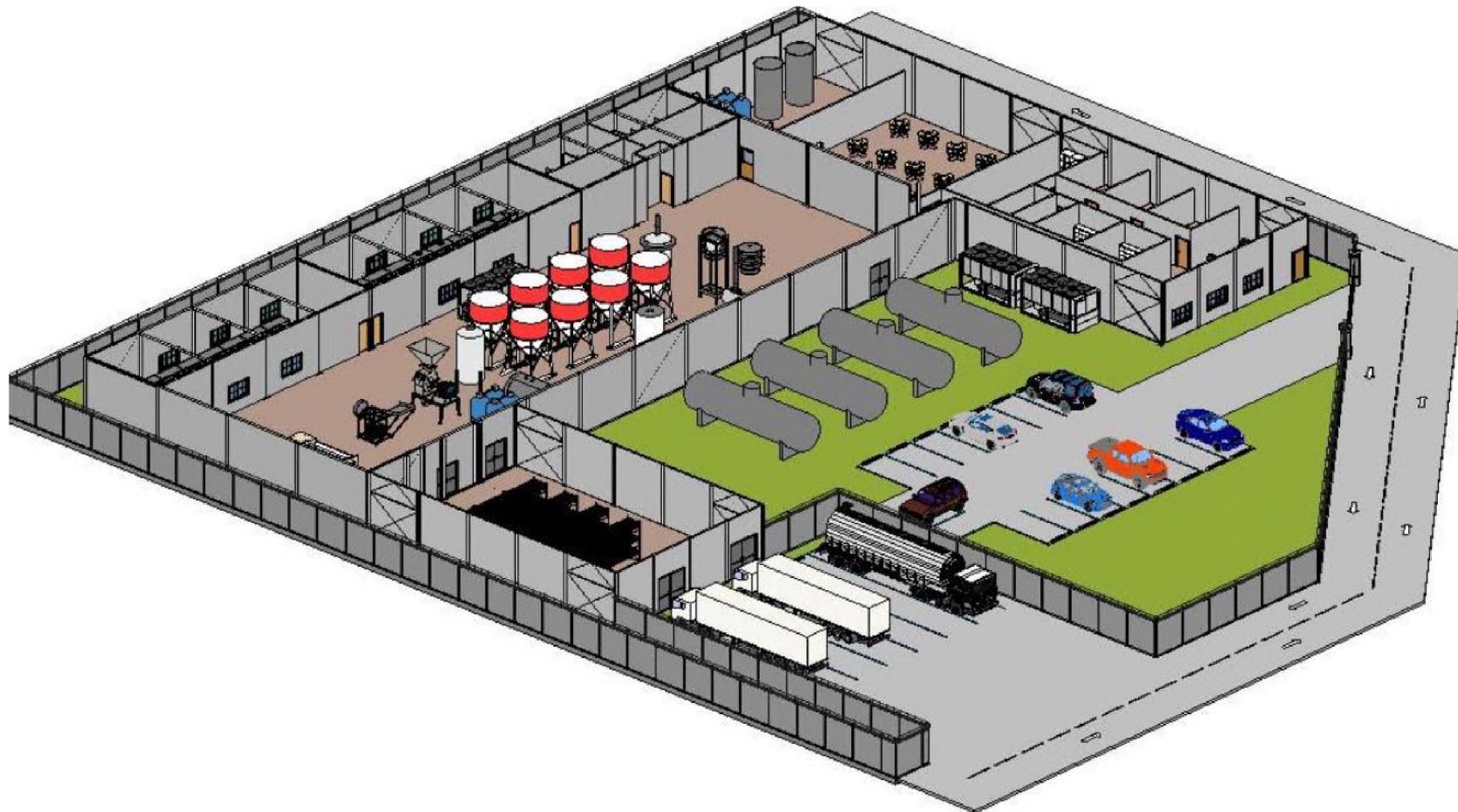
Tabla 34

## Flujo con financiamiento

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Galones Producidos		\$ 2,776,923.00	\$ 2,973,156.47	\$ 3,169,389.00	\$ 3,365,622.05	\$ 3,561,854.00	\$ 3,758,087.00	\$ 3,954,320.00	\$ 4,150,553.00	\$ 4,346,786.00	\$ 4,543,018.00
Precio		\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73	\$ 173.73
Ingresos		\$ 482,434,832.79	\$ 516,526,472.89	\$ 550,617,950.97	\$ 584,709,518.35	\$ 618,800,895.42	\$ 652,892,454.51	\$ 686,984,013.60	\$ 721,075,572.69	\$ 755,167,131.78	\$ 789,258,517.14
Venta de activos						\$ 226,200.00			\$ 347,101.00		\$ 6,741,563.44
Materias primas		\$ (375,284,243.54)	\$ (401,554,140.58)	\$ (425,647,389.02)	\$ (451,186,232.36)	\$ (478,257,406.30)	\$ (502,170,276.62)	\$ (527,278,790.45)	\$ (553,642,729.97)	\$ (581,324,866.47)	#####
Mano de obra directa		\$ (7,148,487.45)	\$ (7,648,881.57)	\$ (8,107,814.47)	\$ (8,594,283.33)	\$ (9,109,940.33)	\$ (9,565,437.35)	\$ (10,043,709.22)	\$ (10,545,894.68)	\$ (11,073,189.41)	\$ (11,516,116.99)
Gastos de nomina		\$ (24,073,189.66)	\$ (24,073,189.66)	\$ (26,480,508.63)	\$ (26,480,508.63)	\$ (28,887,827.59)	\$ (28,887,827.59)	\$ (31,295,146.56)	\$ (31,295,146.56)	\$ (33,702,465.52)	\$ (33,702,465.52)
Servicios		\$ (7,440,000.00)	\$ (7,931,052.86)	\$ (8,422,103.53)	\$ (8,913,155.42)	\$ (9,404,204.71)	\$ (9,895,256.49)	\$ (10,386,308.26)	\$ (10,877,360.04)	\$ (11,368,411.82)	\$ (11,859,461.20)
Bono por producción		\$ (2,776,923.00)	\$ (2,973,156.47)	\$ (3,169,389.00)	\$ (3,365,622.05)	\$ (3,561,854.00)	\$ (3,758,087.00)	\$ (3,954,320.00)	\$ (4,150,553.00)	\$ (4,346,786.00)	\$ (4,543,018.00)
Ebitda*		\$ 65,711,989.14	\$ 72,346,051.74	\$ 78,790,746.33	\$ 86,169,716.57	\$ 89,579,662.48	\$ 98,615,569.46	\$ 104,025,739.11	\$ 110,563,888.44	\$ 113,351,412.55	\$ 123,059,594.29
Intereses		\$ (16,971,041.04)	\$ (15,288,909.87)	\$ (13,404,922.97)	\$ (11,294,857.64)	\$ (8,931,584.47)	\$ (6,284,718.52)	\$ (3,320,228.65)			
Depreciaciones edificaciones		\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)	\$ (2,367,101.14)
Depreciación maquinarias		\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)	\$ (3,157,715.38)
Valores libros											
Utilidad antes de impuestos		\$ 43,216,131.59	\$ 51,532,325.35	\$ 59,861,006.84	\$ 69,350,042.41	\$ 75,123,261.50	\$ 86,806,034.43	\$ 95,180,693.94	\$ 105,039,071.92	\$ 107,826,596.04	\$ 117,534,777.78
Impuesto		\$ (11,668,355.53)	\$ (13,913,727.84)	\$ (16,162,471.85)	\$ (18,724,511.45)	\$ (20,283,280.60)	\$ (23,437,629.30)	\$ (25,698,787.36)	\$ (28,360,549.42)	\$ (29,113,180.93)	\$ (31,734,390.00)
Utilidad después de impuesto		\$ 31,547,776.06	\$ 37,618,597.51	\$ 43,698,534.99	\$ 50,625,530.96	\$ 54,839,980.89	\$ 63,368,405.13	\$ 69,481,906.58	\$ 76,678,522.50	\$ 78,713,415.11	\$ 85,800,387.78
Depreciaciones edificaciones		\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14	\$ 2,367,101.14
Depreciación maquinarias		\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38	\$ 3,157,715.38
Valores libros											
Utilidad neta		\$ 37,072,592.58	\$ 43,143,414.02	\$ 49,223,351.51	\$ 56,150,347.48	\$ 60,364,797.41	\$ 68,893,221.65	\$ 75,006,723.10	\$ 82,203,339.02	\$ 84,238,231.62	\$ 91,325,204.29
Terreno		\$ (18,874,387.50)									
Construcción		\$ (71,013,034.22)									
Maquinarias		\$ (32,274,305.77)									
Inversión de ampliación			\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)		\$ (3,550,651.71)
Inversión de nueva maquinaria				\$ (3,102,064.58)			\$ (3,102,064.58)			\$ (3,102,064.58)	
Activos Intangibles		\$ (12,118,501.81)									
Préstamo		\$ 141,425,341.99									
Capital de trabajo		\$ (103,384,117.76)	\$ (6,711,807.05)	\$ (6,165,717.83)	\$ (6,528,396.34)	\$ (6,912,834.60)	\$ (6,120,463.92)	\$ (6,420,433.05)	\$ (6,735,400.64)	\$ (7,066,116.61)	\$ (7,066,116.61)
Amortización deuda		\$ (14,134,051.19)	\$ (15,830,137.33)	\$ (17,729,753.81)	\$ (19,857,324.27)	\$ (22,240,203.18)	\$ (24,909,027.57)	\$ (27,898,110.87)			
Valor de desecho											
Flujo		\$ (96,239,005.07)	\$ 16,226,734.33	\$ 17,596,907.15	\$ 21,863,136.78	\$ 25,829,536.89	\$ 32,004,130.31	\$ 30,911,044.75	\$ 40,373,211.58	\$ 71,586,570.70	\$ 74,070,050.44
											\$ 81,819,642.22

**Figura 1**

*Vista panorámica de la planta*



## **GLOSARIO**

**Absorción:** es la operación unitaria que consiste en la separación de uno o más componentes de una mezcla gaseosa con la ayuda de un solvente líquido el cual forma solución.

**Alcohol Rectificado:** etanol obtenido a partir de fermentación, con pureza mínima de 95.5% v/v.

**Alcohol Anhidrido:** etanol obtenido a partir de deshidratación por tamices moleculares de alcohol rectificado, con pureza mínima de 99.6% v/v.

**Deshidratación:** tratamiento de alcoholes con ácido a temperaturas elevadas genera alquenos por pérdida de agua.

**Destilación:** proceso de separar los componentes o sustancias de una mezcla líquida mediante el uso de la ebullición selectiva y la condensación.

**Desnaturalización:** es un cambio estructural de las proteínas o ácidos nucleicos, donde pierden su estructura nativa.

**Efluentes:** corresponde a un curso de agua, que se desprende del procedimiento industrial.

**Evaporación:** es un proceso físico que consiste en el paso gradual de un líquido al estado gaseoso. **Fermentación:** es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y cuyo producto final es un compuesto orgánico.

**Hidrolisis enzimática:** tiene como finalidad producir azúcares fermentables, es decir, glucosa o almidón, mediante el uso de enzimas, este proceso puede realizarse por vía ácida o enzimática, ésta última consiste en dos etapas: licuefacción y sacarificación.

**Licuefacción:** es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado gaseoso al líquido, por el aumento de presión (compresión isoterma) y la disminución de la temperatura (expansión adiabática).

**Maceración:** es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer.

**Mezcla azeotrópica:** mezcla líquida de composición definida entre dos o más compuestos químicos que hierve a temperatura constante y que se comporta como si estuviese formada por un solo componente, por lo que, al hervir, su fase de vapor tendrá la misma composición que su fase líquida.

**Poder calorífico:** es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación. El poder calorífico inferior es el calor de la combustión que no aprovecha la energía de condensación del agua, y el poder calorífico superior aprovecha esta energía y por tanto, con la misma cantidad de combustible, se genera más calor.

**Sacarificación:** Proceso de rotura o desdoblamiento de un carbohidrato complejo como el almidón o la celulosa en sus componentes monosacáridos o disacáridos. En dicho proceso un polisacárido es transformado en azúcar fermentable.

**SFS:** es la sacarificación y fermentación simultaneas, opción atractiva para la bioconversión de materiales pretratados, donde las enzimas hidrolíticas y microorganismos fermentativos están en el mismo reactor, lo que reduce los costos de inversión.