

ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 1

**Estudio de viabilidad para la creación de una planta de producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

**Yorman Andrés Castillo Cueto, María Andrea Rodríguez Ferreira**

**Trabajo de grado para optar el título de Profesional en Ingeniería Ambiental**

**Directora**

**Olga Lucia Bayona Ayala**

**Magister en ingeniería química en el área de desarrollo de procesos químicos**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Facultad de Ingeniería Ambiental**

**2023**

## Contenido

Estudio de viabilidad para la creación de una planta de producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana ( <i>elaeis guineensis</i> ) .....	15
1.1 Objetivos .....	15
1.1.1 Objetivo general .....	15
1.1.2. Objetivos específicos .....	15
2. Marco referencial.....	16
2.1 Marco teórico .....	16
2.1.1 Biomasa .....	16
2.1.2 Situación actual del uso de la biomasa en Colombia .....	19
2.1.3 Biomasa residual como fuente de ingresos y energía.....	20
2.1.4 Residuos generados en las plantas productoras de aceite de palma africana .....	22
2.1.5. Biocombustibles .....	24
2.2 Marco conceptual .....	29
2.2.1 Descripción del proceso productivo .....	29
2.3 Estado del arte .....	31
2.4 Marco legal.....	33
3. Método.....	36
3.1 Etapa de investigación.....	36
3.2 Metodología para la ubicación del proyecto .....	36
3.3 Recopilación de información y caracterización del Proceso productivo. ....	39
3.4 Para la Identificación y evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos probables que se generan durante las fases de realización del proyecto .....	40
3.4.1 Evaluación y Calificación de impactos ambientales .....	41
4. Resultados.....	44

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 3

4.1 Localización del proyecto .....	46
4.1.1 Descripción física .....	50
4.1.2 Análisis demográfico .....	51
4.2 Descripción del modelo operativo.....	52
4.3 Selección de los equipos de producción.....	53
4.3.1 Molino para reducción de tamaño de partícula .....	54
4.3.2. Tanque de pretratamiento .....	55
4.3.3. Filtro-prensa 1 .....	55
4.3.4. Reactor de Hidrólisis .....	56
4.3.5. Filtro-prensa 2 .....	57
4.3.6. Fermentador.....	57
4.3.7. Tamizado .....	58
4.3.8. Torre de Destilación .....	58
4.3.9. Microtamices .....	59
4.4 Identificación y evaluación de los impactos ambientales .....	60
4.4.1 Matriz de identificación de actividades en el escenario "Sin y con proyecto" .....	60
4.4.2 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "sin proyecto" .....	62
4.4.3 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "con proyecto" .....	64
4.5 Planes de manejo ambiental .....	66
4.5.1 Componente abiótico.....	67
4.5.2 Componente biótico.....	72
4.5.3 Componente socioeconómico.....	75
4.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación.....	78

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 4

4.6.1 Recurso suelo.....	78
4.6.2 Recurso agua .....	79
4.6.3 Recurso aire .....	80
4.7 Plan de participación ciudadana.....	80
4.8 Plan de contingencias .....	84
4.9 Evaluación financiera.....	88
4.9.1 Resultados de la viabilidad financiera .....	98
5. Conclusiones.....	100
6. Recomendaciones .....	102
Referencias.....	104

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Estructura general de la celulosa</i> .....	17
<b>Figura 2.</b> <i>Componentes de la hemicelulosa.</i> .....	18
<b>Figura 3.</b> <i>Estructura aproximada de la lignina.</i> .....	19
<b>Figura 4.</b> <i>Palma africana, Fruto y Residuo de procesamiento</i> .....	23
<b>Figura 5.</b> <i>Tipos de residuos generados en las plantas de aceite</i> .....	23
<b>Figura 6.</b> <i>Reducción de emisiones de GEI de los biocombustibles vs combustibles fósiles</i> .....	27
<b>Figura 7.</b> <i>Diagrama de flujo 1-5</i> .....	38
<b>Figura 8.</b> <i>Diagrama de flujo 6-9.</i> .....	39
<b>Figura 9.</b> <i>Categorías de Importancia Ambiental.</i> .....	43
<b>Figura 10.</b> <i>Árbol de problemas.</i> .....	44
<b>Figura 11.</b> <i>Árbol de objetivos</i> .....	45
<b>Figura 12.</b> <i>Zonas productoras de Aceite de Palma en Colombia</i> .....	46
<b>Figura 13.</b> <i>Descripción de Fedepalma sobre la productividad del Meta</i> .....	47
<b>Figura 14.</b> <i>Mapa de zonificación para la Ubicación optima de la planta de bioetanol.</i> .....	48
<b>Figura 15.</b> <i>Vista general de la ubicación óptima para la planta de bioetanol.</i> .....	49
<b>Figura 16.</b> <i>HAAS</i> .....	54
<b>Figura 17.</b> <i>Reactor químico material mixto.</i> .....	55
<b>Figura 18.</b> <i>Filtro prensa tratamiento de aguas residuales.</i> .....	56
<b>Figura 19.</b> <i>Fermentador isobárico cilíndrico 1000 L.</i> .....	57
<b>Figura 20.</b> <i>Torre de destilación rectificadora de etanol.</i> .....	58
<b>Figura 21.</b> <i>Representación del modelo general del proceso de producción</i> .....	59
<b>Figura 22.</b> <i>Matriz de identificación de actividades en el escenario "Sin y con proyecto".</i> .....	61

<b>Figura 23.</b> <i>Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "sin proyecto".</i> .....	63
<b>Figura 24.</b> <i>Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "con proyecto".</i> .....	65
<b>Figura 25.</b> <i>Cantidad de fruto, biomasa y etanol producido.</i> .....	88
<b>Figura 26.</b> <i>Balance de biomasa en cada proceso.</i> .....	88
<b>Figura 27.</b> <i>Cantidad de producción de Bioetanol en Toneladas.</i> .....	88
<b>Figura 28.</b> <i>Cantidad de producción de Bioetanol en Litros.</i> .....	89
<b>Figura 29.</b> <i>Calculo Costos Personal operativo.</i> .....	89
<b>Figura 30.</b> <i>Costos personal preoperativo</i> .....	90
<b>Figura 31.</b> <i>Total costos personal.</i> .....	90
<b>Figura 32.</b> <i>Proyección de costos bagazo de palma africana.</i> .....	90
<b>Figura 33.</b> <i>Proyección de costos Materia Prima e insumos</i> .....	91
<b>Figura 34.</b> <i>Costo total materia prima.</i> .....	91
<b>Figura 35.</b> <i>Costo dotaciones del personal</i> .....	92
<b>Figura 36.</b> <i>Variación del IPC Y PIB estimada.</i> .....	92
<b>Figura 37.</b> <i>Proyección costos indirectos de fabricación.</i> .....	92
<b>Figura 38.</b> <i>Producción de bioetanol en toneladas.</i> .....	93
<b>Figura 39.</b> <i>Precios del bioetanol y precio del dólar tomado.</i> .....	93
<b>Figura 40.</b> <i>Ventas presupuestadas anuales.</i> .....	93
<b>Figura 41.</b> <i>Presupuesto de inversión año inicial.</i> .....	94
<b>Figura 42.</b> <i>Proyección presupuestos de inversión.</i> .....	94
<b>Figura 43.</b> <i>Estado de resultados.</i> .....	95
<b>Figura 44.</b> <i>Flujo de caja.</i> .....	95
<b>Figura 45.</b> <i>Balance general proyectado.</i> .....	96

<b>Figura 46.</b> <i>Costo del capital de trabajo.</i> .....	96
<b>Figura 47.</b> <i>Porcentajes de representación y valor CCPP</i> .....	97
<b>Figura 48.</b> <i>Flujo de caja libre.</i> .....	97
<b>Figura 49.</b> <i>Tasas de rentabilidad y valor presente neto.</i> .....	97
<b>Figura 50.</b> <i>Índices de liquidez, nivel de endeudamiento, y rentabilidad.</i> .....	98

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Marco Normativo</i> .....	34
<b>Tabla 2.</b> <i>Normativa general de los biocombustibles en Colombia</i> .....	35
<b>Tabla 3.</b> <i>Valores por rango de cada criterio</i> .....	43
<b>Tabla 4.</b> <i>Información general del municipio</i> .....	50
<b>Tabla 5.</b> <i>Límites Geográficos de Cumaral</i> .....	51
<b>Tabla 6.</b> <i>Plan de monitoreo y seguimiento de residuos</i> . .....	67
<b>Tabla 7.</b> <i>Plan monitoreo para el manejo de hábitats y organismos</i> . .....	72
<b>Tabla 8.</b> <i>Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores</i> . .....	75
<b>Tabla 9.</b> <i>Medidas para la protección del recurso suelo</i> . .....	78
<b>Tabla 10.</b> <i>Medidas para la protección del recurso agua</i> .....	79
<b>Tabla 11.</b> <i>Medidas para la protección del recurso aire</i> .....	80
<b>Tabla 12.</b> <i>Plan de seguimiento y monitoreo acerca de la participación ciudadana y el suministro de información</i> . .....	81
<b>Tabla 13.</b> <i>Plan de contingencias</i> .....	84

## Resumen

Los combustibles fósiles son de las fuentes de energía de mayor contaminación al medio ambiente, pero a su vez son los más usados en la actualidad, Colombia es un país cuya matriz energética depende de estos combustibles principalmente, sin embargo, esto se debe a la falta de proyectos viables para la diversificación de esta; Por esto, existe la necesidad de implementar energías renovables como aquellas obtenidas a partir de las biomásas, el bioetanol es un resultado de esta búsqueda donde se aprovecha el bagazo, un residuo generado en las industrias de aceite y se transforma en un combustible más amigable con el medio ambiente, el cual en Colombia, presenta gran factibilidad debido a al alto potencial para su producción. Este proyecto tiene como objetivo principal el estudio de viabilidad para la creación de una planta de bioetanol en Colombia, donde principalmente se buscó una ubicación óptima para esta, siendo en el departamento del Meta por su alta concentración de plantas extractoras de aceite, una vez encontrada la ubicación se seleccionaron los debidos procesos y equipos que conformarían la planta, a través de metodologías de levantamiento y análisis de información, finalizada la etapa anterior, se procedieron a evaluar los impactos ambientales que se generarían por las actividades realizadas en la planta, esto a través de la metodología de arboleda, donde se encontró que el impacto de mayor importancia, es el generado en el factor socioeconómico debido al incremento de la empleo y economía que genera el proyecto.

*Palabras Clave:* Combustibles fósiles, energías renovables, bioetanol, plantas de aceite de palma, teledetección, geo-procesos.

### **Abstract**

Fossil fuels are one of the sources of energy that pollute the environment the most, but at the same time they are the most used today. Colombia is a country where its energy matrix depends mainly on these fuels, however, this is due to the lack of viable projects for its diversification; For this reason, there is a need to implement renewable energies such as those obtained from biomass, bioethanol is a result of this search where bagasse, a residue generated in the oil industries, is used and transformed into a more environmentally friendly fuel. environment, which in Colombia presents great feasibility due to the high potential for its production. This project's main objective is the feasibility study for the creation of a bioethanol plant in Colombia, where an optimal location for it was mainly sought, finding it in the department of Meta due to its high concentration of oil extracting plants, once found the location, the proper processes and equipment that would make up the plant were selected, through information survey and analysis methodologies, once the previous stage was completed, the environmental impacts that would be generated by the activities carried out in the plant were evaluated, this Through the grove methodology, where it was found that the most important impact is the one generated in the socioeconomic factor due to the increase in employment and economy generated by the project.

*Keywords:* Fossil fuels, renewable energies, bioethanol, palm oil plants, remote sensing, geo-processes.

## Glosario

*Imagen satelital:* Mosaicos obtenidos a partir de satélites que están orbitando constantemente por la tierra haciendo fotogrametría de los objetos del planeta. Estas imágenes son denominadas también como datos ráster.

*ArcGis:* Software SIG que permite realizar procesos por medio de un conjunto de datos, generando cartografía útil para la toma de decisiones de cualquier proyecto, obra o actividad.

*Zonificación:* Es la homogeneización de áreas de características iguales o similares en un área o zona de influencia.

*Geo herramientas:* Aquellas herramientas de los softwares SIG que permiten realizar diferentes procesos.

*Automatización de procesos:* Técnica que permite guardar los procesos para un posterior uso con diferentes datos, reduciendo el tiempo a la hora de aplicar diferentes procesos.

*Georreferenciación:* Proceso mediante el cual permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espaciales específicas de cada zona.

*Magnas Irgas Colombia, Bogotá 3116:* Datum de referencia espacial para Colombia.

*Teledetección:* Técnica por la cual se puede determinar determinadas áreas, objetos, cambios, distribución de especies y contaminantes en la tierra.

*Productividad:* Capacidad de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, etc.

*Palma de Aceite:* Especie vegetal introducida, de origen africano, que tiene alto valor en el sector agroindustrial para la alta producción de aceite vegetal.

*Bagazo de Palma de Aceite:* Subproducto que se genera al extraer el jugo de los frutos de la Palma.

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 12

*PREMICOCO*: abreviación de las acciones “Prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir” que tienen los planes de manejo ambiental.

*Elaeis guineensis*: nombre científico *Elaeis guineensis*, comúnmente llamada palma africana de aceite y palma aceitera una especie del género *Elaeis*.

*Bioetanol o Etanol de segunda generación*: etanol que es obtenido a través la degradación de material residual normalmente proveniente de procesos agrícolas con características lignocelulósicas

*MOD*: Mano de obra directa

*CIF*: Costos indirectos de fabricación.

*PIB*: indicador financiero que refleja la productividad interna bruta del país

*Utilidad bruta*: es la ganancia que se obtiene de la venta de un producto, luego de restarle los costos asociados a su producción.

*Utilidad neta*: es el ingreso o las ganancias netos, es una medida de la rentabilidad de una empresa después de contabilizar todos los costos e impuestos.

*Costo capital promedio ponderado (CCPP)*: es el coste de capital que corresponde a la tasa de rendimiento que esperan los inversionistas sobre los valores de una compañía.

*TIR*: Tasa interna de retorno, es la rentabilidad que ofrece una inversión.

*Valor presente neto (VPN o VAN)*: incorpora el valor del dinero en el tiempo en la determinación de los flujos de efectivo netos del negocio o proyecto

## **Introducción**

Con el paso de los años la humanidad ha utilizado el recurso energético como un pilar fundamental para el desarrollo socioeconómico. Sin embargo, con el crecimiento exponencial de la población humana se ha visto la necesidad de cubrir la demanda energética de toda la población y su desarrollo. Según la Internacional Energy Agency (2019) para el año 2017 los combustibles fósiles cubrieron el 82% de la demanda energética a nivel mundial, siendo el de mayor uso el petróleo con un 32%, el gas natural con un 23% y el carbón con un 27% causando que el calentamiento global haya aumentado a través de los años debido a la producción de grandes emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que impactan negativamente en la calidad del aire y en la salud humana. Hay evidencias científicas que demuestran que los GEI como: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>, principalmente, son procedentes de la combustión de los combustibles fósiles y del uso excesivo de los agroquímicos, causando efectos graves en el clima del planeta tierra (IPCC,2007). Por otro lado, el 18% restante de la demanda fue cubierta por las energías renovables y otro tipo de energías alternativas.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es importante destacar que se requieren nuevas alternativas de fuentes de energía que sean amigables con el medio ambiente y a su vez, que tengan gran rendimiento energético. A partir de ello encontramos los biocombustibles los cuales son una fuente de energía renovable que se generan a partir de biomasa, representando una alternativa prometedora como biocarburantes empleados en los medios de transporte (Amiri y Karimi, 2018).

El aprovechamiento de la biomasa residual para la generación de energía se ha venido incrementando en los últimos años por la necesidad de encontrar fuentes alternas a los combustibles tradicionales que se utilizan actualmente. Durante los últimos 30 y 40 años se ha

venido desarrollando una etapa de transición hacia el aprovechamiento de estos residuos con el fin de reducir la dependencia de energéticos fósiles de precios ampliamente volátiles, disminuir las emisiones de efecto invernadero producidas por el sector energético y contribuir así a la prevención y mitigación del cambio climático. (UPME, 2015)

Colombia hace parte del grupo de los países latinos que más producen biocombustibles en el mundo, ocupando el 10 lugar, donde también se encuentran Brasil y Argentina, precisamente en la producción de bioetanol, con un mercado del 0,4% (Instituto Argentino del Petróleo y Gas, 2007). Así mismo, el gobierno ha implementado políticas que impulsan la producción de bioetanol, con el fin de construir plantas eficientes y sostenibles que compitan en el mercado mundial. Un claro ejemplo es la resolución 40111 del 2021, donde se establece que el combustible del país debe tener una mezcla de origen vegetal animal del 10%.

Es por ello, que el uso de la biomasa residual agrícola cobra importancia actualmente como una fuente no convencional de energía, debido a la obligación en la mitigación del impacto ambiental por parte de las empresas y la dependencia de combustibles tradicionales como la leña, la cual representa en la matriz energética nacional una demanda interna del 5% y que ha propiciado problemas de deforestación en algunas zonas del país. En este proyecto se busca transformar el bagazo residual (fibra y tuza) en un biocombustible de segunda generación como una alternativa al aprovechamiento de estos residuos y a su vez contribuir a la disminución de emisiones de GEI.

Por este motivo, existe la necesidad de identificar un lugar óptimo para evaluar el potencial energético de los residuos sólidos agroindustriales como alternativa energética, con el fin de aprovechar esta biomasa no solamente en las plantas de beneficio de palma, sino también contribuyendo a que estos residuos se conviertan en materia prima para un combustible renovable.

**Estudio de viabilidad para la creación de una planta de producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

**1.1 Objetivos**

***1.1.1 Objetivo general***

Determinar una zona de alta viabilidad para la construcción de una planta de bioetanol y analizar la factibilidad del proceso de producción a partir del residuo lignocelulósico de Palma de Aceite.

***1.1.2. Objetivos específicos***

- Generar un mapa con la ubicación ideal para la construcción de la planta de producción de bioetanol.
- Dimensionar y seleccionar los equipos de producción que conforman las diferentes etapas del proceso de la planta.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales y socioeconómicos probables que se generan durante las fases de realización del proyecto.

## 2. Marco referencial

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Biomasa

De acuerdo con el Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia, producido por la Unidad de Planeación Minero-Energética, el Instituto de Hidrología, Meteorología, Estudios Del medio ambiente y la Universidad Industrial de Santander en el año 2011, la biomasa es toda materia viva presente en la extensión de la tierra o el sistema denominado biosfera, así como todos los residuos que se crean desde los procesos de transformación natural o artificial de la materia viva. Según esto, la biomasa se puede clasificar de la siguiente forma:

##### *Biomasa forestal o de bosques:*

Aquella que se crea en la naturaleza y cuyo fin primordial es la utilización de la leña. Esta explotación forestal se ha tecnificado, no obstante, los impactos del medio ambiente fueron catastróficos ya que la biomasa de los bosques ejecuta una alta fijación de nitrógeno y dióxido de carbono.

##### *Biomasa residual y/o industrial:*

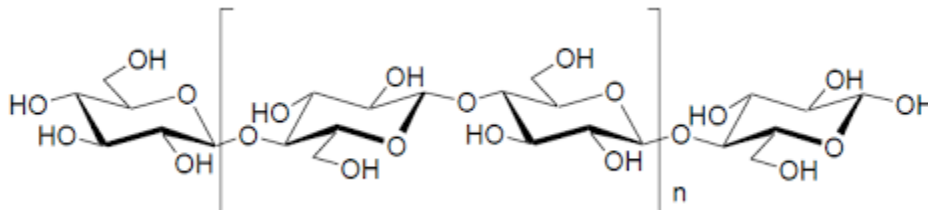
Subproducto o residuo creado en las ocupaciones agrícolas, silvícolas, ganaderas, en la industria agroalimentaria, la transformación de la madera, residuos causados en núcleos urbanos, entre otros. Esta clase de biomasa además se puede clasificar según su fuente de generación, de la siguiente manera: sector agrícola (residuos agrícolas de cosecha y agroindustriales), sector pecuario (estiércol bovino, porcino y avícola) y sector de residuos firmes orgánicos urbanos (residuos de plazas de mercado, centros de abastos y podas).

*Biomasa de cultivos energéticos:*

Aquellos cultivos cuyo propósito es la producción de los biocombustibles. En medio de éstos permanecen los cultivos transitorios (p.ej. arroz y maíz) y los cultivos permanentes (p.ej. caña de sacarosa, palma de aceite, café, entre otros).

**2.1.1.1 Celulosa.** La celulosa es un biopolímero con fórmula molecular  $(C_6H_{10}O_5)_n$  que forma parte de estructuras biológicas vegetales. Por ser muy abundante es altamente aprovechado en la industria papelera, de aditivos, entre otras. Es un polímero lineal cuya unidad estructural es la celobiosa, formada por residuos de D-glucopiranosas unidas mediante un enlace  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4). En la figura 1, se representan la estructura de la celulosa (Fonlecha 2011).

**Figura 1.** Estructura general de la celulosa

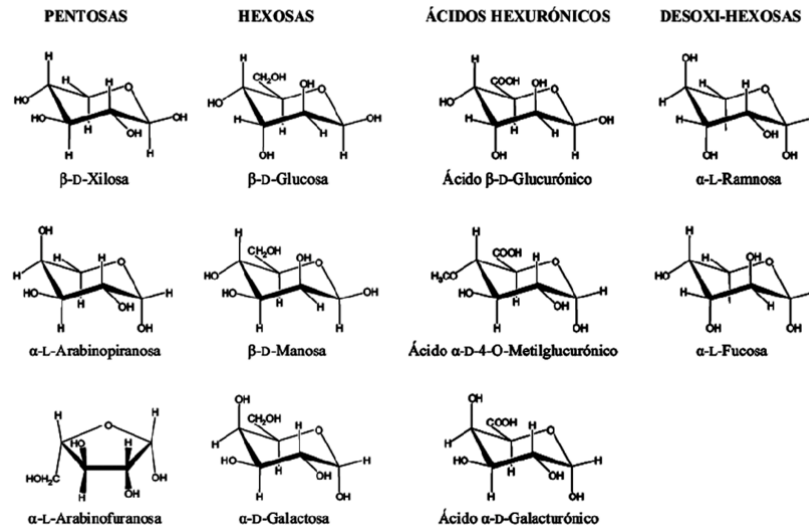


Tomado de Molina, Araxie & Flórez-Castillo, J.M. (2020).

**2.1.1.2 Hemicelulosa.** También llamada Poliosa, forma parte de la sustancia de soporte y estructural de las paredes celulares, constituye de un cuarto a un tercio de la masa vegetal, está compuesta por un grupo de heteropolisacáridos compuestos por pentosas, como la D-xilosa, L-arabinosa, y de hexosas como la D-glucosa, D-manosa y D-galactosa. Es una estructura compleja de carbohidratos que consiste en diferentes polímeros, tales como: pentosas (xilosa y arabinosa),

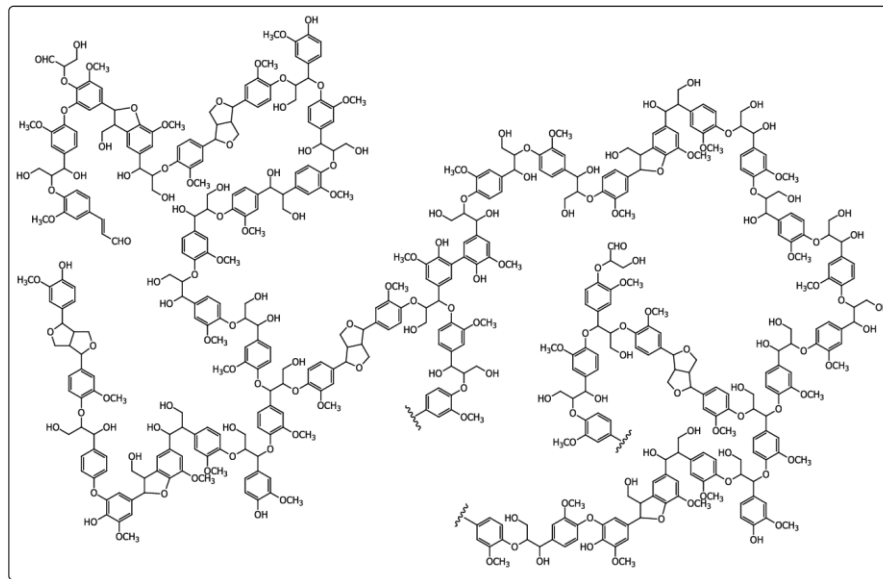
hexosas (glucosa, manosa y galactosa), y ácidos urónicos. (Taherzadeh, Mohammad J y Karimi 2008).

**Figura 2.** Componentes de la hemicelulosa.



Tomado de Rúa-Orozco, et. al, (2015).

**2.1.1.3 Lignina.** La lignina es el segundo biopolímero luego de la celulosa más exuberante en el tejido vegetal, es de enorme trascendencia debido a que su funcionalidad es dar rigidez contra la humedad, los agentes atmosféricos y el ataque de microorganismos sin olvidar que puede actuar como componente de alianza de fibras de celulosa. Este polímero está localizado en la lámina media de la pared celular y además en las capas del muro celular. La lignina es un hetero polímero amorfo, tridimensional y ramificado formado por alcoholes aromáticos que da soporte estructural, rigidez, impermeabilidad y protección a los polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y es altamente resistente a la degradación química y biológica.

**Figura 3.** Estructura aproximada de la lignina.

Tomado de (Chávez-Sifontes, M., & Domine, M.E; p.p.15-46, 2013).

### 2.1.2 Situación actual del uso de la biomasa en Colombia

En países con economías de orientación agrícola, como Colombia, la utilización apropiada de la biomasa da una elección para minimizar los precios de operación por criterio de insumos energéticos, además de ser una solución para los inconvenientes del medio ambiente que, en varios casos, muestran los desperdicios orgánicos. Las llamadas “granjas energéticas” tienen la posibilidad de reemplazar un porcentaje relevante de los requerimientos energéticos de todo el mundo y simultáneamente, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura, alcanzando relevantes beneficios del medio ambiente. Las sociedades rurales tienen la posibilidad de ser entonces, energéticamente auto suficientes en un elevado nivel, desde el uso racional de los residuos y administrando correctamente la biomasa disponible en el poblado (BUN\_CA, 2002).

En la actualidad, los procesos modernos de conversión únicamente suplen 3% del consumo de energía primaria en territorios industrializados. Así mismo, gran parte de la población rural en las naciones subdesarrolladas, cerca del 50% de los habitantes del mundo, todavía es dependiente de la biomasa clásica, primordialmente de leña, la cual provee alrededor del 35% del consumo de energía primaria, alcanzando un 14% del total de la energía consumida en el grado mundial (International Energy Agency, 2012).

La biomasa como fuente energética tiene un alto potencial en nuestro territorio gracias a la biodiversidad. Esto permite proyectar una matriz energética autosuficiente durante mucho tiempo para apalancar el desarrollo económico del país, especialmente para producir energías limpias que satisfagan la creciente demanda de las ciudades (Vita, 2020).

Los últimos estudios apuntan que la biomasa en Colombia tiene un gran potencial como:  
(Twenergy, 2019)

Los cultivos de caña de azúcar que producen aproximadamente 1,5 millones de toneladas anuales de bagazo.

La cascarilla que desprende el trillado del arroz genera unas 457.000 toneladas al año.

El fruto de palma de aceite presenta grandes posibilidades en el desarrollo de la biomasa en Colombia para producir biodiesel.

### ***2.1.3 Biomasa residual como fuente de ingresos y energía***

Los grandes productores de aceite de palma de Colombia, en su proceso generan residuos sólidos considerables (raquis, fibra y cuesco) siendo para el año 2016, 963.096.49 toneladas únicamente en lo que respecta a la zona norte del departamento de Cesar (Fedepalma, 2016). Estos residuos en muchos de los casos no son aprovechados en su totalidad por las plantas de beneficio,

lo que ocasiona en cierta medida acumulación y subutilización de estos y en algunos casos críticos quemas descontroladas que generan grandes contaminantes atmosféricos. Es aquí, donde los residuos sólidos pueden ser aprovechados para proporcionar energía limpia y eficiente sobre todo en zonas rurales como una alternativa energética a los combustibles fósiles tradicionales como la leña, disminuyendo la deforestación, las emisiones, contribuyendo a la reducción de los efectos de cambio climático en la zona y cumpliendo con los parámetros establecidos por parte del gobierno departamental.

Colombia es un país rico tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables, pero dado que el consumo de su matriz energética está basado en recursos primarios de origen fósil, dicha demanda está prevista para ser cubierta por la oferta doméstica durante 7 años más en el caso del petróleo y 15 años más en el caso del gas natural (UPME, 2015).

En cuanto al bioetanol, la producción de este alcohol etílico de alta pureza, anticorrosivo y oxigenante puede ser empleado como combustible mezclándolo con naftas en diferentes proporciones. Cabe resaltar que se le considera una fuente de energía renovable ya que se obtiene de biomasa de origen vegetal como el maíz, trigo, sorgo, cebada, remolacha azucarera, caña de azúcar, aceite de palma o cualquier otro cultivo que contenga azúcares o compuestos capaces de convertirse en azúcares. Una de las características más atractivas de utilizar bioetanol como combustible, tanto puro como mezclado con naftas, es que es considerado un combustible limpio, renovable y sostenible. La mezcla más común en el mundo es de un 10% de etanol y un 90% de nafta, denominada E10. Cabe resaltar que para funcionar con un porcentaje menor al 25% de bioetanol los vehículos no deben realizar ninguna modificación en sus motores y sus garantías tampoco se verán afectadas (Altuna et. al, 2018).

Por otro lado, la oferta internacional es bastante atractiva ya que hay grandes importadores de bioetanol como lo es EE. UU, Japón, Alemania, Holanda, El salvador, Reino Unido, Suecia, Corea del Sur, Bélgica y Jamaica, lo que significa una gran cantidad de potenciales consumidores del producto a generar. Ahora bien, se tiene que los principales productores y exportadores son Brasil y Estados Unidos, seguidos por la Unión Europea y China.

Cabe resaltar que Brasil, Argentina y Colombia son los únicos países latinoamericanos que figuran entre los principales productores de bioetanol y biodiesel del mundo, según un estudio sobre biocombustibles elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, s.f.).

### ***2.1.4 Residuos generados en las plantas productoras de aceite de palma africana***

El aceite de palma es un cultivo de oro, debido a que genera no solo el aceite (alrededor de 10 %) como fuente de alimento, sino que el restante 90 % (Basiron y Chan, 2004; Loh y Choo, 2013) es una importante bio- masa lignocelulósica eficaz para muchas aplicaciones diferentes. La palma de aceite empieza a ofrecer frutos a los 3 años y tiene una vida económica de 25 años anterior a la tala, para su reforestación. Los racimos de fruta fresca (FFB, del inglés Fresh Fruit Bunches) son cosechados y transportados a los molinos de aceite de palma para la sustracción de aceite, mientras que los tallos de la palma de aceite, las hojas de la palma y el estípote de la palma de aceite (OPT) quedan accesibles a lo largo de la poda y reforestación.

Luego de exprimir el aceite con la prensa mecánica, el EFB que se deja sin usar se apila y queda desaprovechado en los molinos, pudiendo tratarse como combustible de caldera o se para molerse en las plantaciones. El aceite de palma nace del mesocarpio y el aceite de palmiste se

extrae del núcleo de la palma. Los subproductos luego de la sustracción del aceite de palma son el EFB, las fibras del mesocarpio, el cuesco y la torta de palmiste. (Van Dam, 2016)

**Figura 4.** *Palma africana, Fruto y Residuo de procesamiento*



Palma africana



Fruto de la palma africana



Bagazo residual

Tomado de: Toro, F (2012), López J (s.f) y DiCYT, A. (2023).

**Figura 5.** *Tipos de residuos generados en las plantas de aceite*



Tomado de Pacuar W. (s.f).

### ***2.1.5. Biocombustibles***

A lo largo de los años los combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo han representado el más grande surtidor de energía en el planeta con un 85% de la energía total consumida. Ahora bien, los biocombustibles representan una opción potencial frente al petróleo debido a que es una fuente de carbón orgánico aprovechable en la tierra (Serrano y Luque, 2011).

El 98 % de las emisiones de carbono son producto de la ignición de energía fósil, mientras que la producción de biocombustibles como el etanol, metano, hidrógeno y biodiesel son una gigantesca fuente renovable para sitios en donde los combustibles derivados del petróleo no se hallan a disposición (Fernández et. al, 2012).

Los biocombustibles son aquellos biocarburantes conseguidos desde cualquier tipo de materia orgánica ya sean llamadas biomasa de procedencia animal o vegetal, es decir son todos los alcoholes, éteres, ésteres y otros productos químicos causados por materiales compuestos por celulosa liberada de las plantas y que tienen la posibilidad de llegar a suplir en mayor porcentaje la utilización de la gasolina (Salinas y Gasca, 2009).

Los biocombustibles también son compuestos químicos que tienen dentro un enorme contenido energético y pueden hallarse en estado sólido, líquido o gaseoso (Plaza y García, 2017).

Los biocombustibles tienen la posibilidad de clasificar, según las materias primas empleadas en su producción, en:

#### *Biocombustibles de primera generación:*

Conseguidos desde sacarosa, almidón, aceites vegetales o grasas animales, usando tecnologías sencillas. Su producción está más desarrollada a partir de la perspectiva tecnológica, sin embargo, existe un debate debido a que para ello se utilizan cosechas que tienen la posibilidad de destinarse a la ingesta de alimentos humanos y, por consiguiente, generan una competencia

directa con el abastecimiento de alimentos. Los primordiales cultivos empleados son el maíz, la caña de sacarosa, la soja y los aceites vegetales.

*Biocombustibles de segunda generación:*

Logrados desde biomasa lignocelulósica. Las materias primas empleadas en su producción son variadas y muestran la virtud de no ser usadas en ingesta de alimentos humana ni animal. Para su producción, son elementales unas fases previas de procedimiento de la biomasa. No obstante, los procesos de producción de esta clase de biocombustibles, desde lignocelulosa, están aún en desarrollo (Amiri y Kamiri, 2018).

*Biocombustibles de tercera generación:*

Realizados desde cultivos bioenergéticos especialmente diseñados o adaptados (a menudo por medio de técnicas de biología molecular) para obtener elevados rendimientos de producción de biocombustibles. En este conjunto se halla el desarrollo de árboles bajos en lignina, los cultivos con celulasas integradas o las algas y microalgas (Agencia Andaluza de la Energía, 2018).

*Biocombustibles de cuarta generación:*

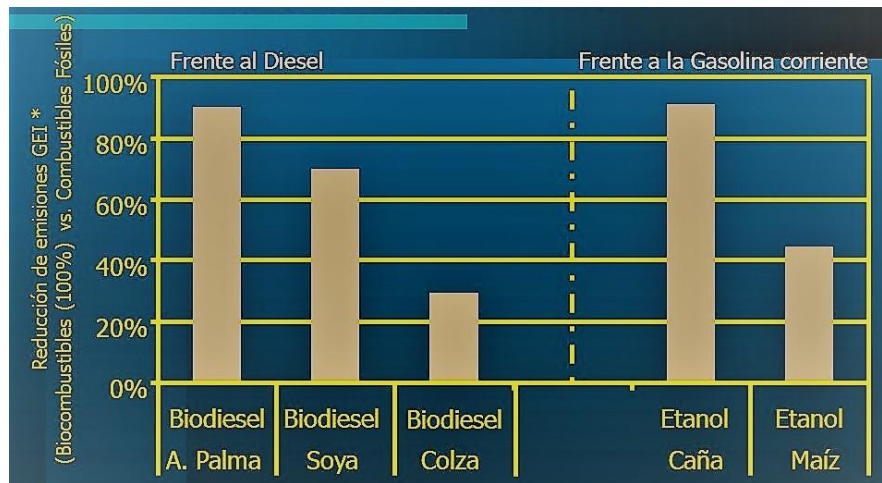
Esta clase de biocombustibles van un paso más allá que los de tercera generación, debido a que captan y almacenan carbono tanto de la materia prima como de la tecnología de proceso. De esta forma, los biocombustibles de cuarta generación, comparados con los biocombustibles de otras generaciones, contribuyen más a minimizar las emisiones de GEI debido a que son más neutros o inclusive negativos en carbono (AAE, 2018).

Acorde a la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, los biocombustibles se definen como los combustibles conseguidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las ocupaciones agrícolas, pecuarias, silvícolas, acuacultura, alga cultura, residuos de la pesca,

domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos y de enzimas, de esta forma como sus derivados hechos por procesos tecnológicos sustentables (DOF 2008).

**2.1.5.1 Bioetanol.** El bioetanol es el bio-alcohol más desarrollado y con más producción en todo el mundo. Se usa como sustituto de la gasolina, bien como combustible exclusivo (E100) o mezclado con concentraciones del 5%, 10% y 15% (E5, E10 y E15). El bioetanol comercial se recibe por fermentación alcohólica (realizada prácticamente por levaduras) de materias primas azucaradas y de almidones (bioetanol de primera generación), en especial de la caña de sacarosa y del grano de maíz, basando su producción en materiales lignocelulósicos y por último (bioetanol de segunda generación) aún en desarrollo para su producción a gran escala. No obstante, el progreso del uso del etanol como combustible se vio impedido por una secuencia de inconvenientes entre los que se hallan los originados por su contenido en humedad (debido a la enorme afinidad que muestra el etanol por el agua), la complejidad de su transporte por tubería y la necesidad de hacer modificaciones en los motores recientes (Amiri y Karimi, 2018).

A continuación, encontramos una gráfica con respecto a la reducción de la emisión de los GEI de los biocombustibles frente a combustibles fósiles como el diesel y la gasolina corriente.

**Figura 6.** Reducción de emisiones de GEI de los biocombustibles vs combustibles fósiles

Tomado de USDA

**2.1.5.2 Localización óptima de una planta de bioetanol.** Según el estudio realizado por Sánchez (2013), se establecieron ciertos requisitos técnicos para ubicar e instalar una planta de bioetanol en España a partir de un análisis de localización óptima usando la metodología de ubicación-asignación por medio de las geo-herramientas SIG y así mismo haciendo énfasis en minimizar los costos de transporte.

A partir de ello, los requisitos técnicos establecidos por el autor fueron los siguientes:

**2.1.5.3 Accesibilidad.** Principalmente la ubicación de una agroindustria debe centrarse en la cercanía y accesibilidad a las zonas de producción de materias primas. Es decir, se debe tener en cuenta en primer lugar las vías que permiten el fácil acceso y comunicación. Por lo tanto, para

esta selección se debe considerar las conexiones a carreteras, vías principales y nacionales. Esto también haciendo referencia a reducir los costos de transporte y gasto energético.

**2.1.5.4 Puntos de conexión eléctrica.** En segundo lugar, una planta de bioetanol requiere energía para poder realizar el proceso completo. Por tal motivo se establecen dos puntos que le permitan a la planta abastecerse de energía: las subestaciones eléctricas cercanas y las líneas de media tensión. Al igual, se debe tener en cuenta que la planta no esté a una distancia mayor de 5 Km de estas mismas.

**2.1.5.5 Distancia a centros poblados.** En tercer lugar, se deben evitar impactos sociales negativos sobre la población, evitando disminuir su calidad de vida. Por lo tanto, la ubicación debe estar a una distancia de 1km de los centros poblados.

**2.1.5.6 Distancia a áreas protegidas y a cuerpos de agua.** En cuarto lugar, al tratarse de áreas ambientalmente estratégicas, se debe establecer cierta distancia considerable sobre estas zonas, ya que se trata de una infraestructura industrial de producción que puede causar efectos adversos a estos ecosistemas. Por lo tanto, se establece una distancia mínima de 100m a los espacios naturales protegidos y a cuerpos de agua.

## **2.2 Marco conceptual**

### ***2.2.1 Descripción del proceso productivo***

**2.2.1.1 Pretratamiento Físico.** El pretratamiento consiste en reducir el contenido de lignina, disminuir la cristalinidad de la celulosa e incrementar el área superficial (Krishna y Chowdary, 2001), lo que hace que el material sea más fácil de hidrolizar. Teniendo en cuenta esto el bagazo de la palma africana, a través de un método físico-mecánico recibe primero la molienda necesaria que facilita la aplicación del método básico de eliminación de lignina en el cual se trata posteriormente en un pretratamiento químico.

**2.2.1.2 Pretratamiento químico.** Según la metodología usada por Bernardo Bestias (2013), se debe utilizar un pretratamiento alcalino en base de hidróxido de sodio al 1% p/v para una solución al 10 % p/v en base a los sólidos de palma africana obtenidos en el apartado.

En condiciones de operación la temperatura debe ser de 160 °C y la solución de pretratamiento se centrifugará dentro de los reactores de pretratamiento químico durante 10 minutos.

**2.2.1.3 Hidrólisis enzimática.** El uso del pretratamiento como se explicaba anteriormente facilita el desarrollo de esta etapa. En la hidrólisis enzimática se produce un rompimiento total de los enlaces que mantienen unidos a los monómeros del almidón donde se usan soluciones de enzimas que pueden degradar el material lignocelulósico.

En los reactores proyectados para la hidrólisis enzimática se tendrán soluciones de hidrólisis conformadas por el raquis o bagazo obtenido en la etapa anterior. Al estar estos ya

pretratados en una proporción de 15% p/v de sólidos, se les agregará un coctel de enzimas compuesto de celulasa (NS50013 Cellulase complex),  $\beta$ -glucosidasa (NS50010 $\beta$ -glucosidase), endoxilanasas (NS50030 Xylanase) y tampón citrato de sodio (5M) a un pH de 4.8 hasta alcanzar un volumen deseado, después las soluciones se someterán a una agitación suave con el fin de homogenizar la solución, sin estresar a las enzimas que actúan dentro del reactor.

**2.2.1.4 Fermentación.** Después de la hidrólisis, se procede a la fermentación alcohólica en plena ausencia de aire que se basa en la transformación de sustratos azucarados por la acción de microorganismos, como la levadura activa seca comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) que durante su ciclo de vida consume el sustrato y fabrican etanol u otros compuestos bioquímicos, como resultado de su metabolismo. El éxito de una buena fermentación depende de la eficacia del tratamiento preliminar: concentración, PH y temperatura óptimos, la adición de sustancias nutritivas como fosfato ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) o nitrógeno ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), mantenimiento de condiciones anaerobias y la inmediata destilación del producto fermentado.

El proceso de fermentación del mosto obtenido del pretratamiento fisicoquímico y la hidrólisis enzimática se realizó con la misma levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que fue previamente probada y presentó un mayor rendimiento de etanol en trabajos anteriores (Granda, 2011). Dicha cepa fue previamente aclimatada. Las condiciones en las que se realizó la aclimatación fueron temperatura de 25 °C y tiempo de 4 días. Posteriormente se inició el proceso de fermentación bajo condiciones de 300 rpm, a 35 °C por un periodo de 72 horas en agitación continua.

**2.2.1.5. Separación y purificación del bioetanol.** El licor fermentado es tamizado para eliminar la levadura y demás residuos, para posteriormente ser destilado en una torre de destilación, el etanol obtenido es al 95% el cual debe ser deshidratado es decir, se debe separar de la mezcla agua-etanol, para extraer el anhidro al 98%, proceso que se lleva a cabo mediante tamices moleculares, donde resinas de intercambio retienen el agua presente en los vapores del alcohol rectificado, obteniéndose finalmente un etanol con una concentración del 99.5% que es conocido como alcohol carburante.

## **2.3 Estado del arte**

Según el informe de biocombustibles en Colombia de la Unidad de Planeación Minero-Energética del Ministerio de Minas y Energía (2009), en el 2004 la ley 939 estimuló la producción y comercialización de los biocombustibles lo que permitió que se iniciase la producción de bioetanol; Sin embargo, esta producción se había llevado a cabo en un inicio con caña de azúcar y maíz, en lo que se conoce como biocombustibles de primera generación. Pese a ello, debido a la polémica de un desabastecimiento de los alimentos por una redirección de estos a la producción de biocombustibles se hizo énfasis en la producción de lo que se conoce como biocombustibles de segunda generación, que permite el aprovechamiento de la biomasa residual sin que afecte la seguridad alimentaria.

En un informe realizado, se expone que, en el país el bioetanol es producido únicamente a partir de la caña de azúcar en la zona del Valle del río Cauca y anualmente se están produciendo 700.000 L por día aproximadamente. Así mismo, se expone la situación actual de Malasia, en donde es muy común consumir el biodiesel que es generado a partir de aceite de palma y producido

en uno de los centros de investigación más importantes de este biocombustible denominado como “Malaysian Pal Oil Board”.

Por otro lado, se menciona que en Colombia la producción de biodiesel comenzó a partir del 2008 y para el 2009 ya se presentaban cuatro plantas diferentes de producción que en total tenía la capacidad de producción de 965.070 L de biodiesel por día, construidas en Codazzi, Santa Marta y Facatativá y estaban en construcción otras 3 en Barrancabermeja, Meta y Santa Marta.

En la investigación de López (2013), se definió como zona de interés la Cuenca hidrográfica del Duero, donde se realizó un análisis de superposición de información con mapas de redes de carretera, puntos de conexión eléctrica, elementos de abastecimiento hídrico, redes, estaciones de ferrocarril, distribución de los centros poblados y la distribución de las áreas naturales protegidas, a las cuales se les calcularon las distancias euclídeas para el geoprocesamiento de la zonificación y finalmente geo procesarlos con los mapas de intersecciones de carreteras principales, las zonas con alto potencial de producción de tubérculos y los puntos de demanda municipal. De esta manera, los investigadores hallaron las rutas óptimas y el patrón de distribución necesario de los cultivos de hortalizas y el suministro de biomasa residual encontrando los puntos de mayor viabilidad para la construcción de la planta de producción de bioetanol.

A su vez, en el estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de bioetanol de segunda generación a partir de cascarilla de arroz, se realizó un análisis completo de la ubicación óptima para la planta que se propuso, teniendo en cuenta los aspectos de disponibilidad de los materiales o materias primas como la accesibilidad al mercado, disponibilidad de agua, energía eléctrica, combustibles, mano de obra, vías, condiciones socioeconómicas, ambientales y servicios comunitarios (Díaz y Silupú, 2017).

En el trabajo anterior, los investigadores identificaron 3 zonas diferentes (Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe) a las cuales se les hizo el estudio correspondiente de los aspectos anteriores y se usó una metodología de micro y macro localización para determinar cuál era el territorio más viable para la construcción de dicha planta, concluyendo que sería Lambayeque la mejor opción por concentrar la mayoría de plantas procesadoras de arroz de gran demanda y por su acceso inmediato a una vía principal (Díaz y Silupú, 2017).

### **2.4 Marco legal**

En nuestra región, gracias a la firma del Proyecto Colombia a fines del siglo XX, se comenzó a dar capital para la sustitución de cultivos ilícitos por palma, con el establecimiento del incentivo de capitalización rural, el cual involucra la entrega de un subsidio para financiar nuevos proyectos de palma de aceite y otros (Valencia, 2009).

Ahora bien, con el objetivo de aumentar la producción y venta de biocombustibles en el territorio, el congreso para el año 2004 promulga la Ley 939 y en ella instituye una secuencia de medidas fiscales y extensiones tributarias para quienes se dediquen a cultivos de tardío rendimiento, como la palma de aceite, el caucho y el cacao. Después con la Ley 1111 de 2006, se infiere el 40% en el impuesto de renta para inversiones en activos fijos reales productivos como lo son las plantas procesadoras de aceite y biodiesel. Otros motivos por el que las plantaciones de palma de aceite vinieron en constante incremento.

Por su lado, la Ley 1715 de 2014, promueve el desarrollo e implementación de las fuentes no convencionales de energía, como la biomasa ya que con un potencial calculado de generación de energía renovable de 340 MW y su adhesión a la matriz energética nacional, se busca agrandar

y diversificar esa matriz y dar firmeza al sistema interconectado nacional (Briceño et. al, 2015).

En la Tabla 1 se complementa el marco normativo que regula las actuaciones en la zona.

**Tabla 1. Marco Normativo.**

Tipo de norma	N°	Año	Propósito	Entidad que emite
Ley	697	2001	Fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dicta otras disposiciones	Congreso de Colombia
Ley	693	2001	Dictar normas sobre el uso de alcoholes carburantes, crear estímulos para su producción, comercialización y consumo, y dictar otras disposiciones.	Congreso de Colombia
Ley	939	2004	Estimular la producción y comercializar la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel y dictar otras disposiciones.	Congreso de Colombia
Ley	1121	2006	Modificar el escenario tributario de los impuestos administrados por la Dirección de impuestos y aduanas nacionales.	Congreso de la republica
Ley	1715	2014	Regular la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	Congreso de la republica
Decreto	1073	2015	Por la cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energías.	Ministerio de minas y energía
Decreto	1071	2015	Por la cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo del sector Administrativo agropecuario, pesquero y desarrollo rural.	Ministerio de agricultura y desarrollo rural
Decreto	1543	2017	Reglamenta el fondo de energía no convencionales y Gestión eficiente de la energía FENOGE.	Ministerio de minas y energías
Decreto	4892	2011	Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores.	Ministerio de minas y energía
Resolución	41286	2016	Adopta el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del programa de uso racional y eficiente de la energía PROURE	Ministerio de minas y energía

Resolución	1988	2017	Adopta metas ambientales, metas indicativas de eficiencia energética	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible
Resolución	463	2018	Establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética	Unidad de planeación minero energético

Adaptado de UPME (2015).

**Tabla 2.** Normativa general de los biocombustibles en Colombia

29-Marzo-2022	Conpes 4075	La transición energética es un eje fundamental en el crecimiento económico sostenible, el incremento de la seguridad y confiabilidad energética, y en la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que reducirán los impactos en el cambio climático y la salud de la población.
22-Diciembre-2021	Ley 2169	"por medio de la cual se impulsa el desarrollo balo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y Resiliencia climática y se dictan otras disposiciones"
27-Febrero-2018	Resolución 40185(Etanol)	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante en la gasolina motor corriente y extra a nivel nacional (E10).
25-Septiembre-2017	Resolución 1962(Etanol)	Por la cual se expide en el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases efecto invernadero del etanol anhidro combustibles desnaturalizados y se adoptan otras disposiciones.
04-Julio-2017	Resolución 40626(Etanol)	Por la cual se establece la mezcla e8 de alcohol carburante con gasolina motor corriente en todo el país.
18-Mayo-2017	Resolución 40434(Etanol)	Por la cual se suspende la mezcla de alcohol carburante con gasolina motor corriente en algunas zonas del país.
20-Mayo-2016	Resolución 0789(Etanol)	Por la cual se modifica la resolución 898 de 1995 en lo relacionado con los parámetros y requisitos de calidad del etanol anhidro combustible y etanol anhidro combustible desnaturalizado utilizado como componente oxigenante de gasolinas y se dictan otras disposiciones.
01-Octubre-2015	Resolución 41072(Etanol)	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante para la zona suroccidental del país para uso en vehículos automotores.
15-Mayo-2015	Resolución 40565(Etanol)	Por medio de la cual se establece la metodología para determinar el déficit de alcohol carburante en la oferta nacional.
13-Mayo-2014	Ley 1715(Etanol)	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

29-Abril-2014	Resolución 90454(Etanol)	Por medio de la cual se modifica la resolución 180687 de 2003, donde se permite la exportación de alcoholes carburantes en la medida que se garantice el abastecimiento interno y la importación siempre y cuando exista déficit en la oferta.
31-October-2013	Resolución 90932(Etanol)	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante con las gasolinas en algunas plantas de abastecimiento mayorista (e10).
23-Diciembre-2011	Decreto 4892(Etanol)	Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores.
31-Agosto-2010	Resolución 181555(Etanol)	Por la cual se modifica la resolución 8 2438 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios de la gasolina motor corriente y gasolina motor corriente oxigenada.

Tomado de Fedebiocombustibles (2022).

### 3. Método

#### 3.1 Etapa de investigación

El objetivo de esta fase fue conocer, describir, recopilar, analizar y evaluar las diferentes metodologías existentes para la ubicación, diseño y distribución de la planta teniendo en cuenta el proceso de fabricación, las restricciones del proceso y los tipos de riesgos existentes. Además, se debió investigar evidencias de procesos similares con productos iguales o similares al bagazo de palma africana.

#### 3.2 Metodología para la ubicación del proyecto

Inicialmente, se investigaron aquellos factores influyentes en la ubicación del proyecto (Servicios públicos, insumos, accesibilidad, climatología, cercanía a centros poblados, áreas ambientalmente estratégicas, entre otros.)

Seguido de ello, mediante imágenes satelitales de S.A.S Planet y cartografía existente se ubicaron los puntos de ubicación de las plantas de palma de aceite en Colombia, georreferenciándose con magnas sirgas Colombia, Bogotá (3116). Así mismo, por medio de la cartografía base de escala 1:25.000 del instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se obtuvieron los datos vectoriales pertinentes para la zonificación.

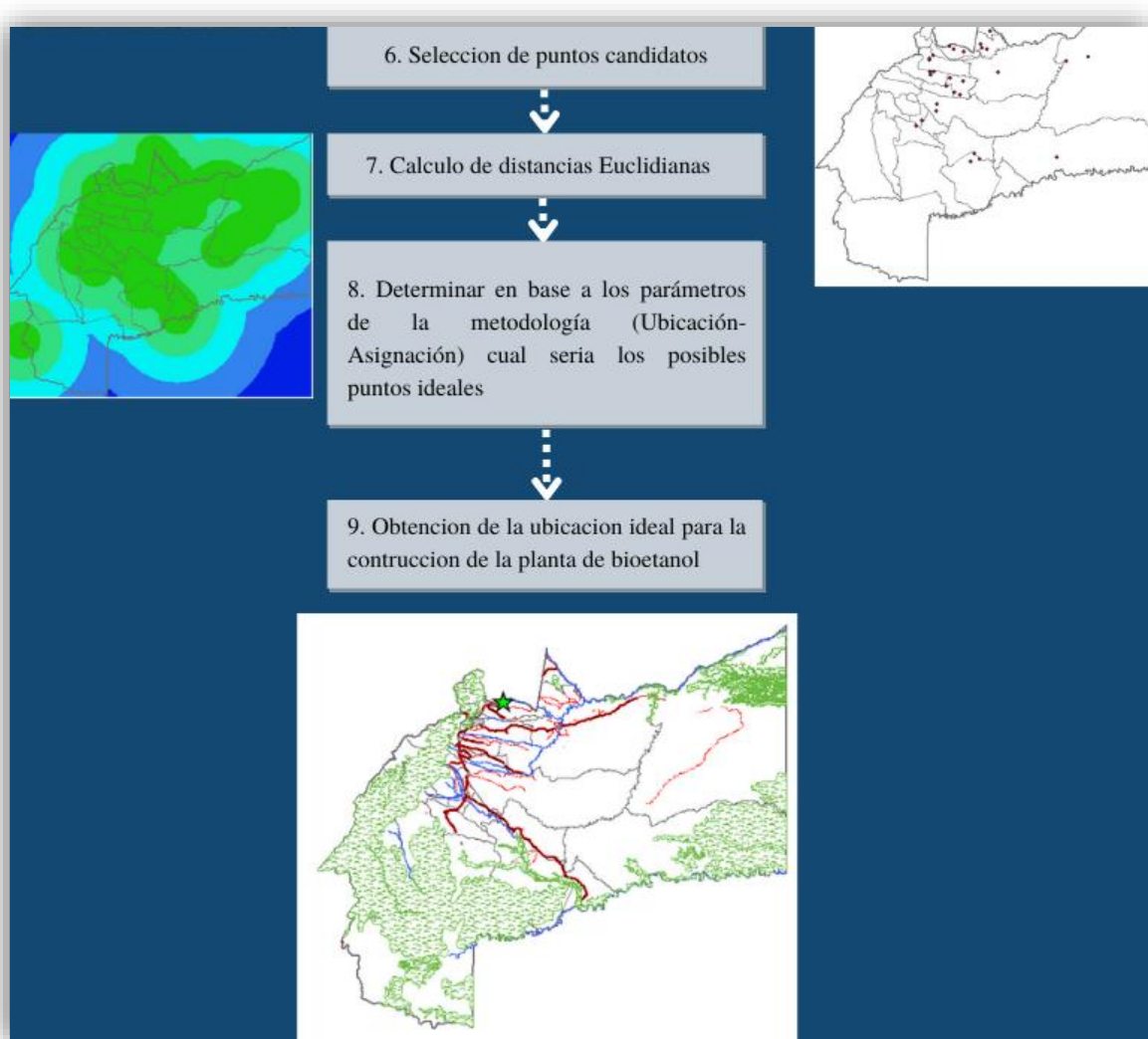
Para la realización de la ubicación de la planta se realizaron los siguientes pasos:

1. Inicialmente se recopiló información de los departamentos que más Cultivan, producen y extraen aceite de palma africana.
2. Seguido de ello se delimitó la zona objetivo, en este caso el departamento del META, mediante la información obtenida a través de la página de Fedepalma.
3. Después se descargó la información, es decir las capas de interés de la cartografía base de Colombia
4. Se delimitaron las capas (SHP) extraídas de la información base de Colombia al departamento objeto.
5. A través de herramientas como Google Maps y Google Earth se ubicaron los puntos de ubicación de las plantas de extracción de aceite y se cargaron en el mapa.
6. Teniendo en cuenta las ubicaciones de las plantas de extracción de aceite y las capas de interés (paso 3), se eligieron puntos candidatos para la selección de la posible ubicación de la planta de producción de Bioetanol.
7. Con el fin de seleccionar la ubicación óptima de la planta se calcularon las distancias euclidianas para cada capa de interés.

8. Una vez obtenidas las capas ráster de las distancias euclidianas se cargaron junto con la capa de los puntos candidatos para obtener las distancias más cercanas a cada posible ubicación de interés (vías, drenajes, subestaciones eléctricas, bosques y centros poblados).
9. Luego de hallar las distancias se procedió a determinar en base a los parámetros de la metodología (Ubicación-Asignación) cuales serían los posibles puntos ideales.
10. Finalmente se eligió el punto que cumplió con todos los criterios y se determinó como la ubicación ideal.

Figura 7. Diagrama de flujo 1-5



**Figura 8.** Diagrama de flujo 6-9.

### 3.3 Recopilación de información y caracterización del Proceso productivo.

Esta fase tuvo como objetivo hacer un análisis del proceso para la producción de Bioetanol a partir del bagazo de palma africana, para así mismo caracterizar los procesos de pretratamiento, hidrólisis, fermentación, pre-evaporación y destilación. Consistió en la búsqueda y levantamiento de información, principalmente en todos aquellos artículos de autores que se mostraron ser

ponencias en el tema, esto se logró a través de bases de datos como Scopus, ScienceDirect y Web of Science.

La búsqueda tenía el objetivo de encontrar las metodologías, parámetros, condiciones óptimas y rendimientos obtenidos sobre las pruebas de laboratorio de cada uno de estos procesos de producción de bioetanol a partir de la biomasa de estudio (Bagazo de palma africana), y con esto poder llevar a escalarlos a un nivel industrial.

Con la información recopilada, se inició el análisis de los datos obtenidos con el fin de efectuar la caracterización del proceso de producción de la obtención de etanol a partir del bagazo de palma africana. Además, se parametrizaron las variables de diseño de acuerdo con la capacidad de producción, los costos y sobre todo a la distribución de las áreas para obtener la mayor eficiencia y eficacia teniendo en cuenta los criterios de distribución en planta. También se identificaron riesgos sobre la viabilidad de la producción, teniendo en cuenta las variaciones de las utilidades de las ventas y los cambios producidos en los indicadores económicos.

### **3.4 Para la Identificación y evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos probables que se generan durante las fases de realización del proyecto**

Con el fin de identificar los impactos ocasionados en el corredor de seguros, se utilizó la “Matriz de identificación de impactos”. Esta matriz es un método donde se contemplan las actividades que se generan antes y después de un proyecto y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales de estas actividades o incluso por la ausencia de estas y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios.

### 3.4.1 Evaluación y Calificación de impactos ambientales

Referente a la calificación de los impactos del medio ambiente, se usó el procedimiento de la “Método EPM” (Arboleda, 2008) determinado por las organizaciones públicas de Medellín, el cual es la expresión de la relación o acción conjugada de los criterios o componentes que caracterizan los impactos del medio ambiente, mediante un método analítico que desarrolló una ecuación para la calificación ambiental que permitió obtener y describir las colaboraciones de dependencia que hay entre los 5 criterios:

$$Ca = C(P[EM + D])$$

Dónde:

Ca: Calificación ambiental (varía entre 0.1 – 10.0)

C: Clase (+ o -)

P: Presencia (varía entre 0.0 – 1.0)

E: Evolución (varía entre 0.0 – 1.0)

M: Magnitud (varía entre 0.0 – 1.0)

D: Duración (varía entre 0.0 – 1.0)

Los cuales se definen como:

*Clase (C)*: La categoría del cambio ambiental producido, pudiendo ser positivo (+) o negativo (-), según al medio le favorezca o le perjudique. (Arboleda, 2008)

*Presencia (P)*: Representa la probabilidad de que la afectación tenga lugar efectivamente, para lo cual se expresa como el porcentaje de probabilidad de ocurrencia. (Arboleda, 2008)

*Evolución (E)*: Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia hasta que se hace muestran todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud

máxima alcanzada por el impacto, el tiempo y se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presenta el impacto (rápido, lento, etc.). (Arboleda, 2008)

*Magnitud (M)*: Evalúa la gravedad del cambio ambiental producido, se sugiere presentación de los valores en términos de magnitud relativa en porcentaje a través de comparaciones del valor del factor ambiental afectado en una zona de influencia. (Arboleda, 2008)

*Duración (D)*: Corresponde al lapso de permanencia activa del impacto y sus afectaciones; su evaluación se hace conforme al tiempo que permanece el impacto (muy largo, largo, corto). (Arboleda, 2008)

Se concluyó que ambas piezas de la ecuación debían ser alteradas por unas constantes de ponderación que equilibran los pesos. Por consiguiente, se introdujeron en la ecuación 2 constantes de ponderación (a y b) cuya suma debería ser igual a 10. (Arboleda, 2008)

Se obtuvo la siguiente ecuación para manifestar la Calificación Ambiental de un definido impacto:

$$Ca = C(P[aEM + bD])$$

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de Ca será mayor que cero y menor o igual a 10. Este valor numérico se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto (muy alta, alta, media, baja y muy baja), asignándole los rangos definidos en la Tabla 3. (Arboleda, 2008)

**Tabla 3.** Valores por rango de cada criterio

Criterio	Rango	Valor
Clase	Positivo (+) Negativo (-)	
Presencia	Cierta Muy probable Probable Poco probable No probable	1 0.7<0.99 0.3<0.69 0.1<0.29 0.0<0.9
Duración	Muy larga o permanente: Si es > 10 años Larga: Si es > de 7 años Media: Si es > de 4 años Corta: si es > de 1 año Muy corta: Si es < de 1 año	1 0.7<0.99 0.4<0.69 0.1<0.39 0.0<0.09
Evolución	Muy rápida: Si es < de 1 mes Rápida: si es < 12 meses Media: si es < de 18 meses Lenta: si es < de 24 meses Muy lenta: si es > de 24 meses	0.8≤1.0 0.6<0.79 0.4<0.59 0.2<0.39 0.0<0.19
Magnitud	Muy alta: si Mr (2) > 80% Alta: Si Mr varía entre 60 y 80% Media: si Mr varía entre 40 y 60% Baja: si Mr varía entre 20 y 40% Muy baja: Si Mr < 20%	0.8≤1.0 0.6<0.79 0.4<0.59 0.2<0.39 0.0<0.19
Importancia Ambiental	Muy alta: si Ca varía entre 8.0 ≤10.0 Alta: Si Mr varía entre 6.0 < 7.9 Media: si Mr varía entre 4.0 < 5.9 Baja: si Mr varía entre 2.0 < 3.9 Muy baja: Si Mr varía entre 0.0 < 1.9	
Constantes de ponderación		a = 7 b = 3

Tomado de Arboleda, 2008

El grado de significancia de los impactos ambientales se determina en la figura 7.

**Figura 9.** Categorías de Importancia Ambiental.

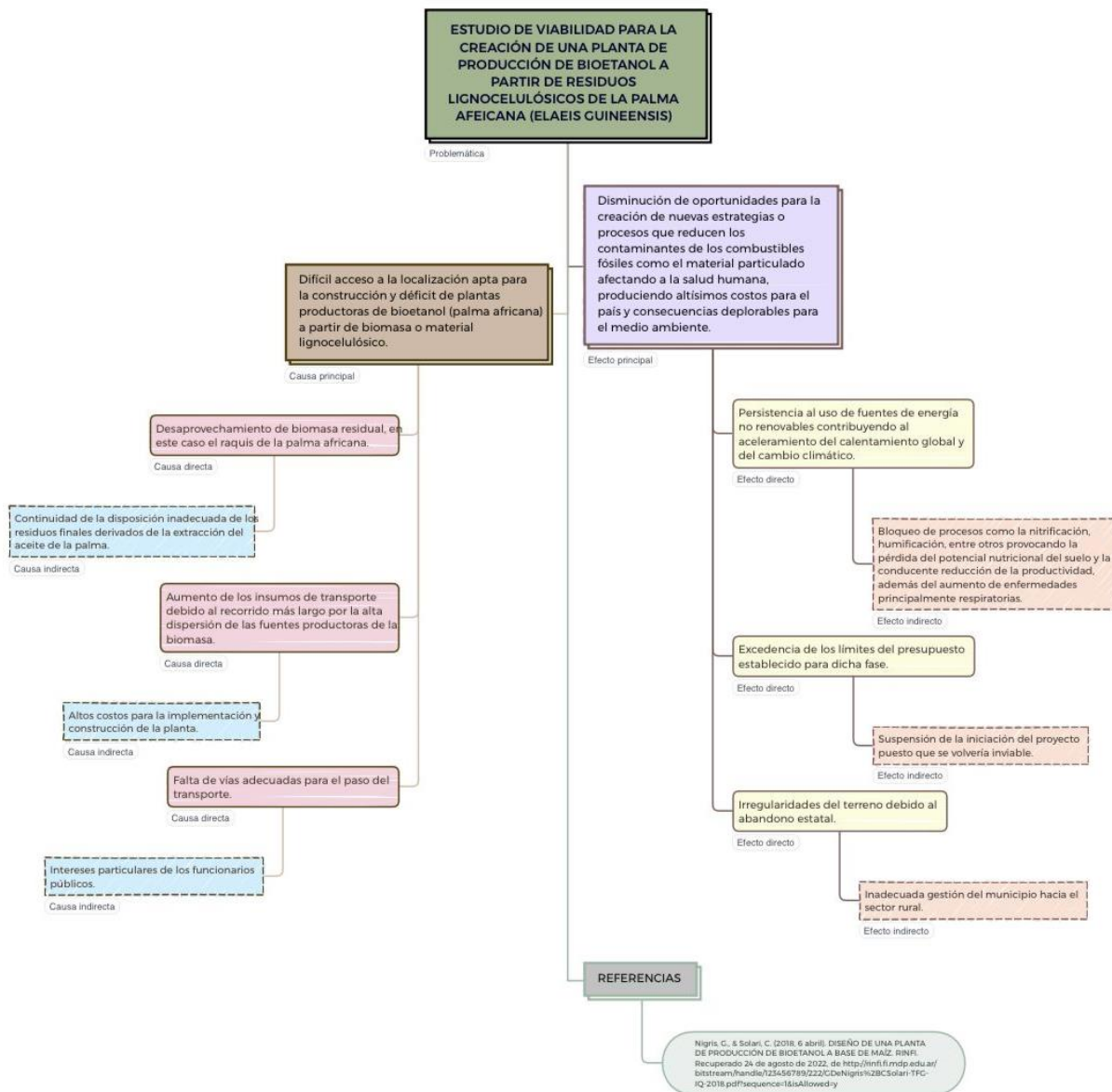
CATEGORIA	VALOR
MUYA ALTA	8 – 10
ALTA	6 – 8
MEDIA	4 – 6
BAJA	2 – 4
MUY BAJA	0 – 2

Tomado de Zapata 2007.

### 4. Resultados

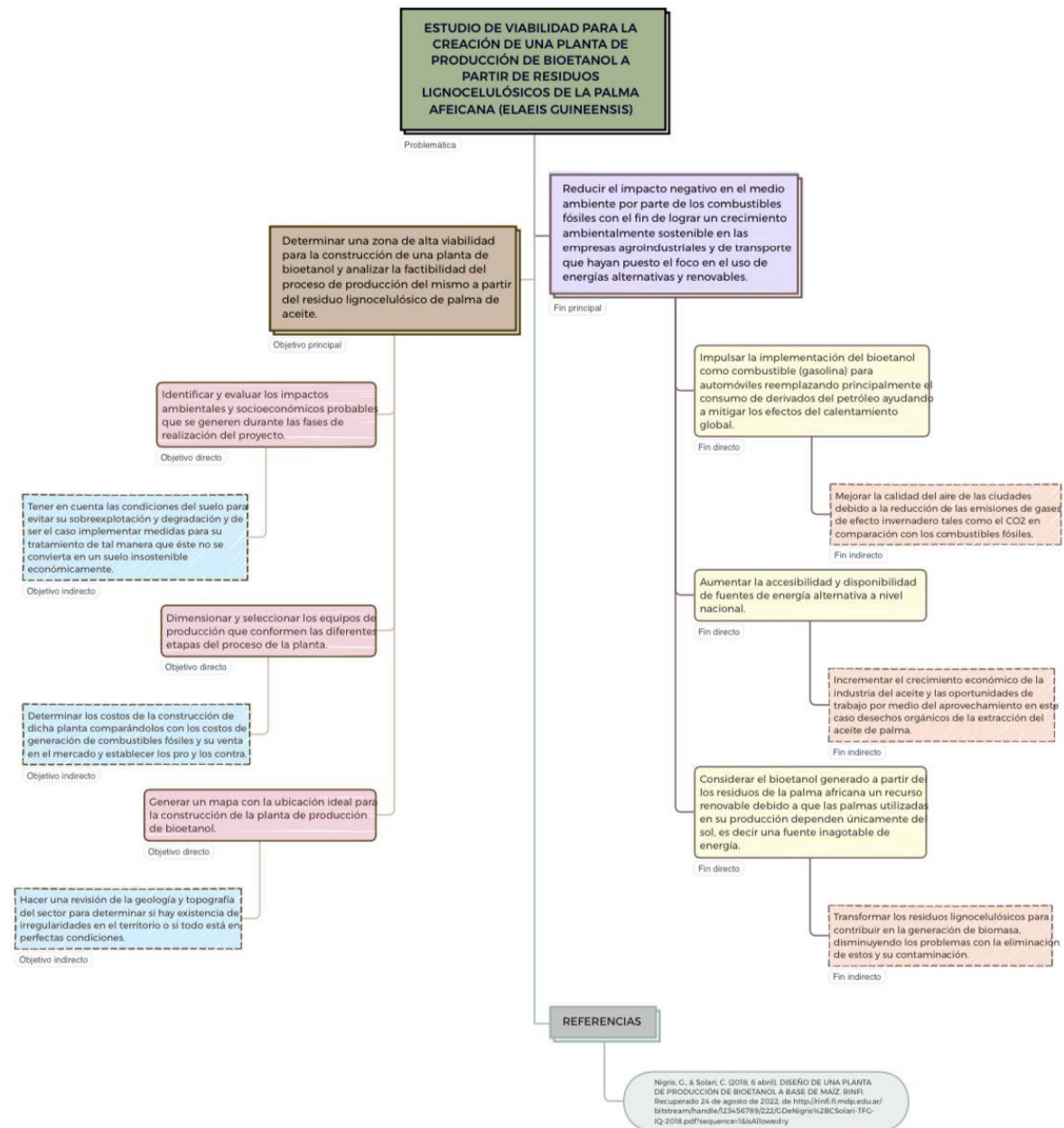
La producción de etanol de segunda generación a escala comercial es uno de los objetivos que tiene esta investigación a fin de ofrecer una posible solución a los problemas de diversificación de la matriz energética que tiene el país. En la figura 8 se presenta un diagrama de los problemas ligados a la línea de investigación en este trabajo.

Figura 10. Árbol de problemas.



Luego de exponer las problemáticas asociadas a la producción de etanol de segunda generación en la Figura 9 se identifican los objetivos a alcanzar en esta investigación

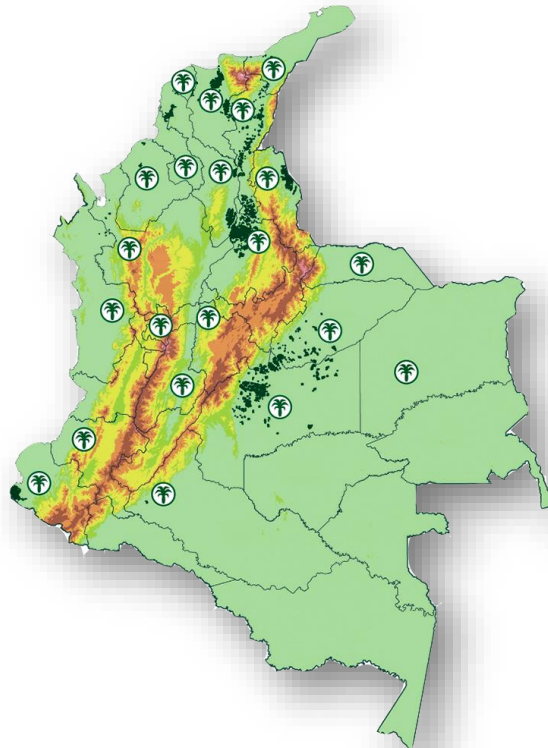
Figura 11. *Árbol de objetivos*



#### 4.1 Localización del proyecto

En los últimos años se ha descubierto la importancia de añadirle valor a la biomasa, lo que implica que en su orden se prefieren los químicos, luego el combustible para el transporte y luego la electricidad y el calor, en 2011 se produjeron en el mundo 55 millones de toneladas de aceites de palma crudo y de palmiste. Se dice que, por cada tonelada de aceite, debería ser posible obtener una tonelada de residuos de la planta de beneficio. Eso significa que, en el mundo, fácilmente podrían obtenerse 55 millones de toneladas de residuos, con los que se pueden hacer cosas interesantes. (Elbersen & Senior De Wageningen, 2013). En la Figura 10 se observan las zonas productoras de aceite de palma en Colombia

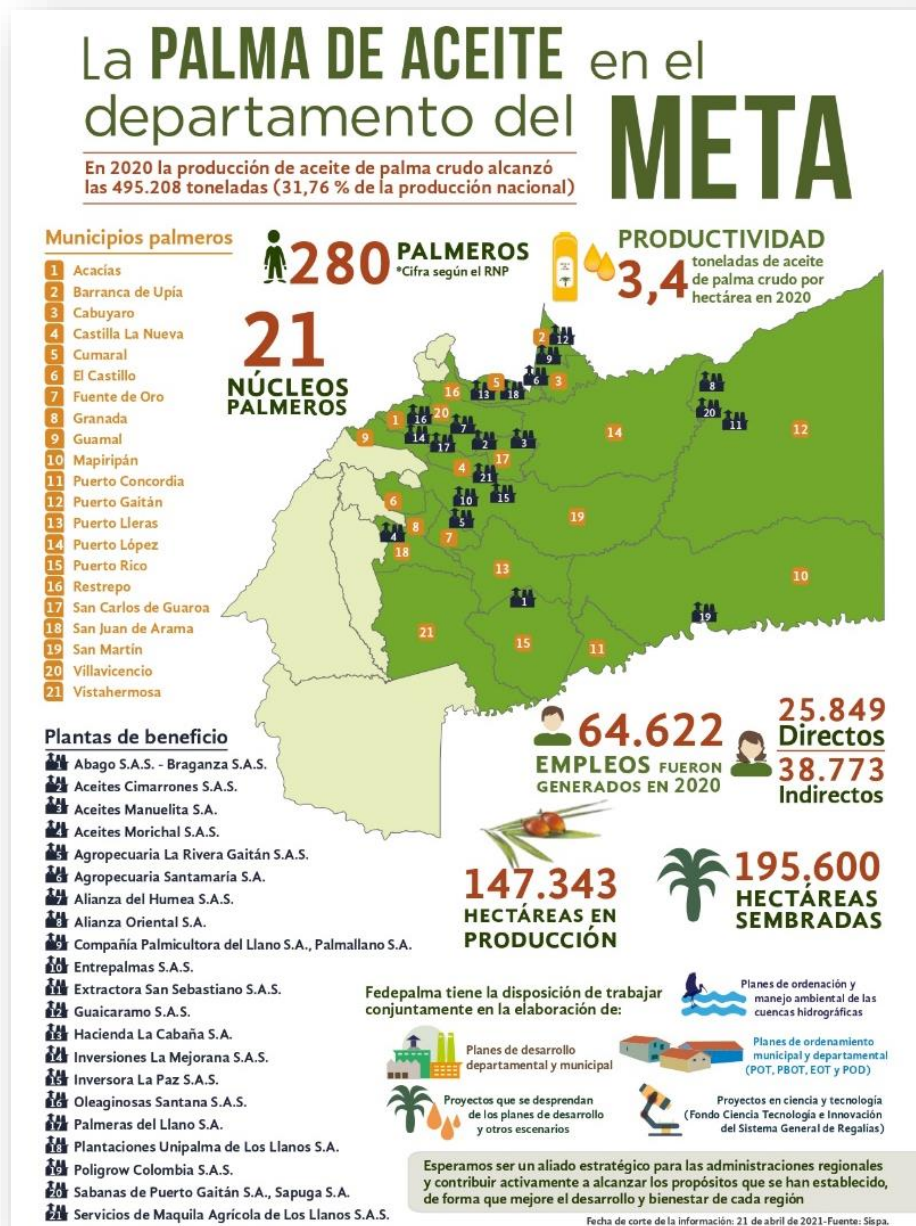
**Figura 12.** Zonas productoras de Aceite de Palma en Colombia



Tomado de Fedepalma y Cenipalma (2020).

En Colombia, en el 2020 el país contaba con 21 departamentos que sembraban la palma de aceite para obtener y comercializar el aceite de palma.

**Figura 13.** Descripción de Fedepalma sobre la productividad del Meta

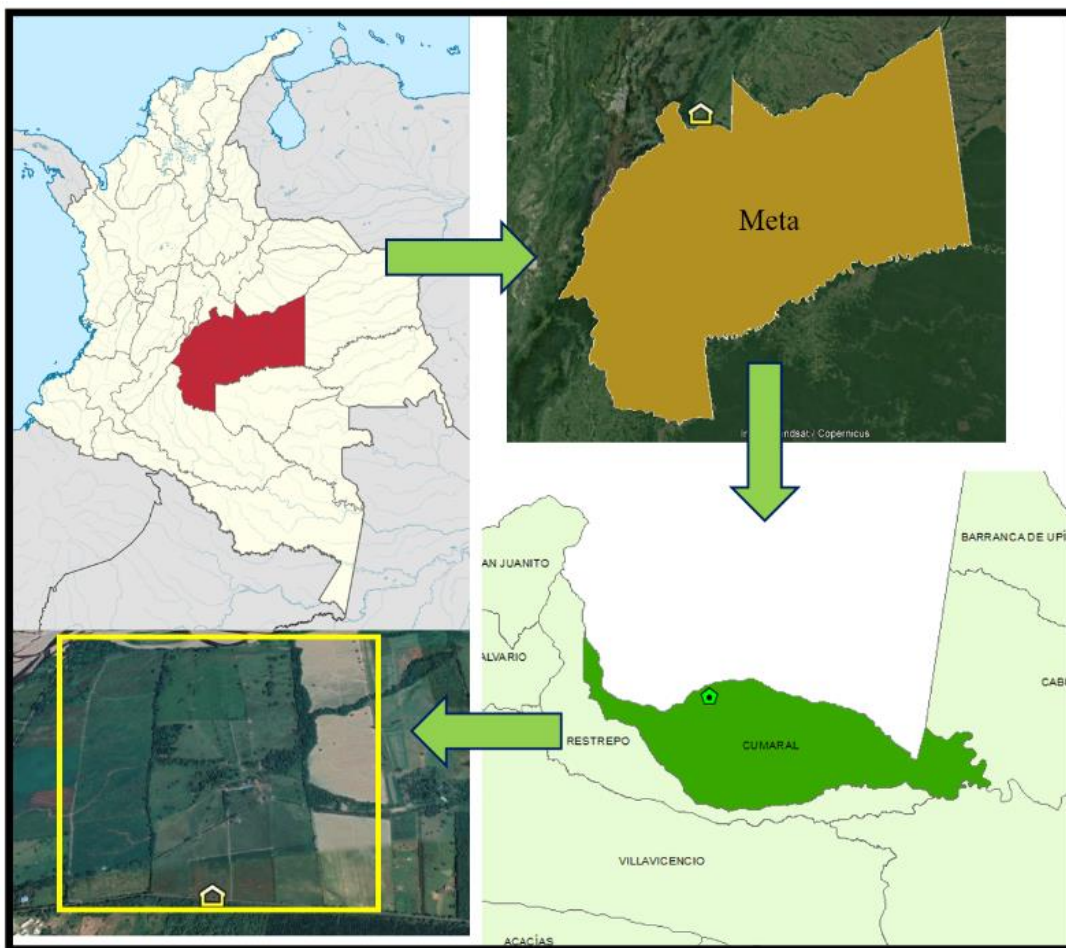


Tomado de Fedepalma y Cenipalma (2020).



El departamento del Meta se destaca por sus 21 plantas de beneficio de palma de aceite, de tal modo que en el 2020 se tuvo un 31.76% de la producción nacional y esto con tendencia creciente. La mayoría de estas plantas de palma de aceite se encuentran al noroeste del departamento, por lo tanto, el acopio de los residuos de estas productoras de aceite se hace aún más viable. Así mismo, el punto óptimo se encuentra cerca de la capital del Meta (Villavicencio) limitando con el departamento capital de Colombia (Cundinamarca) y debido a ello, el coste de transporte hacia las ciudades donde se pueda hacer un aprovechamiento se hace viable para la primera planta de producción de bioetanol a partir del residuo de Palma de Aceite.

**Figura 15.** Vista general de la ubicación óptima para la planta de bioetanol.



Adaptado de Google Earth Pro (2022).

El municipio de Cumaral es el municipio más viable para la construcción de la planta de bioetanol establecido a través de la metodología de zonificación. Dicho municipio cuenta con las siguientes características:

**Tabla 4.** *Información general del municipio*

<b>Nombre del municipio</b>	Cumaral
<b>Departamento</b>	Meta
<b>NIT</b>	892099184-9
<b>Código Dane</b>	50226
<b>Categoría</b>	6
<b>Gentilicio</b>	Cumaraleño
<b>Año de fundación</b>	1901
<b>Año de creación</b>	1955
<b>Acto administrativo</b>	Decreto intendencial No 182
<b>Otros nombres que ha recibido el municipio</b>	Laguna Brava o Laguna del Pueblo
<b>Extensión total</b>	618.62 Km <sup>2</sup>
<b>Extensión área urbana</b>	4.95 Km <sup>2</sup>
<b>Extensión área rural</b>	613.67 Km <sup>2</sup>
<b>Altitud de la cabecera municipal (msnm)</b>	452
<b>Temperatura media</b>	21°C
<b>Distancia de referencia aprox</b>	26 Km de Villavicencio

Adaptado de Plan de Desarrollo Económico y Social “Cumaral para Vivirla” 2020-2023; (2020).

#### **4.1.1 Descripción física**

El municipio de Cumaral se encuentra localizado en la parte noroccidental del departamento del meta, con coordenadas 4°16'08” latitud norte y 73°28'59” de longitud oeste, se encuentra ubicado en el Piedemonte Llanero y su altura sobre el nivel del mar es de 452 metros. (PDES, 2020).

Los límites del municipio de Cumaral son:

**Tabla 5.** *Límites Geográficos de Cumaral*

<b>Puntos cardinales</b>	<b>Municipios</b>
<b>Norte</b>	San Juanito y medina
<b>Sur</b>	Restrepo
<b>Oriente</b>	Puerto López y Cabuyaro
<b>Occidente</b>	Restrepo

Adaptado de PDES (2020).

#### **4.1.2 Análisis demográfico**

La distribución demográfica del municipio, indica que existen más de 18 mil personas, según datos del DANE con proyección poblacional en el 2020, de los cuales el 51% son mujeres y el restante 49% son hombres. (PDES, 2020)

Así mismo en cuanto a su desagregación por área, el 69% de la población vive en área urbana y el restante 31% en el área rural y en cuanto a pertenencia étnica se tiene un total de 593 pobladores que consideran tener origen indígena (22) y afrodescendientes (571). (PDES, 2020)

Dentro de la composición del municipio se señala que del total de la población, los niños y niñas menores de 9 años representan un poco más del 20%, por su parte aquellos que tienen entre 10 a 19 años representan un poco más del 19% del total de la población en Cumaral, evidenciando la impetuosa urgencia de establecer iniciativas de atención a la población infantil y joven, fomentar el acceso a la educación, deporte y aprovechamiento del tiempo libre, cultura, espacios juveniles y el desarrollo de proyectos con enfoque diferencial para este grupo poblacional. (PDES, 2020)

Además, se ha presentado una disminución en los otros grupos etarios, lo cual es importante a resaltar en el municipio y la región, puesto que tales migraciones de población se

deben a que los jóvenes abandonan el territorio por la falta de educación superior y faltas de ofertas laborales, ya que dentro del campo no ven una salida a desarrollar en sus proyectos de vida, generar ingresos o acceder a proyectos productivos. (PDES, 2020)

Dentro de los resultados esperados acerca la implementación de la planta de bioetanol en el municipio de Cumaral se encuentra el aumento significativo del empleo y la necesidad de capacitación, no solo dentro del mismo municipio sino también dentro de aquellos que se encuentran aledaños a este. La construcción de la planta de bioetanol puede conllevar a la necesidad de crear talleres, cursos en diferentes temas de interés en la región, como por ejemplo la creación de nuevos biocombustibles, o sobre la obtención de estos a través de métodos más eficientes y que no perjudiquen al medio ambiente.

De esta forma la consolidación del proyecto permitirá que no solo el municipio de Cumaral, sino también en aquellos municipios aledaños se incentive una presión sobre las administraciones locales y nacionales, para poder satisfacer esta demanda generada por la planta misma y de igual modo poder contribuir hacia la mejora del factor social, económico y educativo de la población.

#### **4.2 Descripción del modelo operativo**

A continuación, se describe el modelo operacional para recoger, transportar y disponer de los insumos por parte de la empresa:

- *Proceso 1: Programación:* Se realiza la programación de la hora y el día para la recolección del bagazo con los conductores de los camiones en las plantas de extracción de aceite asociadas.
- *Proceso 2: Recolección:* En este proceso se da comienzo a la recolección del bagazo en las distintas fuentes generadoras (plantas de extracción de aceite).

- *Proceso 3: Cargue de la MP:* Una vez obtenido el bagazo de la palma y otros residuos de provecho se realiza el cargue y descargue de la materia prima, donde el encargado realiza esa labor con ayuda de un transpaleta manual que facilita la operación.
- *Proceso 4: Traslado del bagazo a la planta:* La materia prima finalmente es transportada a la planta ubicada en el municipio de Cumaral.
- *Proceso 5: Recepción y Pesaje:* El camión recolector ingresa a la planta, donde se descarga el bagazo y se realiza la tarea de pesaje.
- *Proceso 6: Almacenamiento:* Luego de ser recepcionada la materia prima, esta es almacenada en un lugar destinado por la empresa para su depósito bajo condiciones de temperatura óptima.
- *Proceso 7: Acondicionamiento preoperacional:* La materia prima recibida debe acondicionarse ya que esta será recibida de diferentes plantas de aceite en el departamento del Meta, las cuales cuentan con diferentes procesos de producción y por lo tanto el bagazo resultante tendrá diferencias fisicoquímicas, como por ejemplo la cantidad de humedad presente.

### **4.3 Selección de los equipos de producción**

El análisis obtenido a partir de la metodología de recolección y análisis de información, permitió obtener los parámetros necesarios y las características sobre los equipos que se necesitarían para el desarrollo del proyecto, Junto con esto se tuvo en cuenta también la proyección de cantidad materia prima (Bagazo) que se encontraba en el departamento del meta, los rendimientos obtenidos de la literatura para cada proceso, para saber las cantidades de maquinarias necesitadas dentro de la planta de producción.

#### *4.3.1 Molino para reducción de tamaño de partícula*

**Figura 16.** HAAS



Tomado de Unoreciclaje (2019).

Se calcula que para suplir la demanda y la capacidad máxima de materia prima entrante a la planta sería necesario contar con 2 molinos con capacidad de 100 Toneladas/hora.

Teniendo en cuenta la capacidad proyectada de la producción para los próximos años se utilizará 2 veces al día durante un tiempo de 5 a 7 horas en cada turno, en donde se introducirá la materia prima (Bagazo de palma africana) obtenida del proceso de recolección.

#### 4.3.2. *Tanque de pretratamiento*

**Figura 17.** *Reactor químico material mixto.*



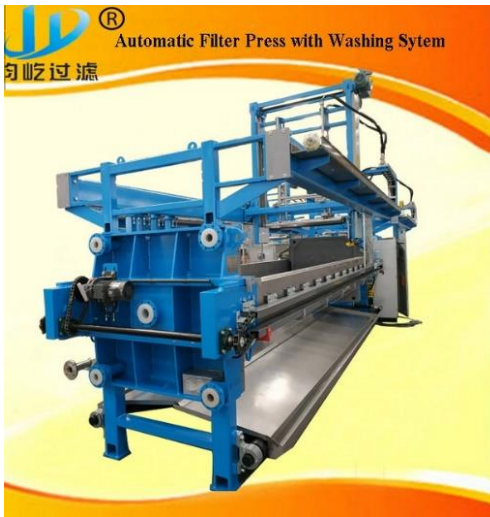
Tomado de Xuchen zhao (2022).

Para la fase del pretratamiento químico se necesitará el uso de reactores químicos, donde sea posible realizar las mezclas de las soluciones con la materia prima, para esto se tiene proyectado usar un reactor de acero inoxidable cerrado de mezcla de material químico que tiene un rango de capacidad de los 5000 litros a los 10.000 litros.

Es importante mencionar que existe la necesidad de contar con 4 de estos dentro del funcionamiento normal la planta y uno alterno en llegado caso de que alguno presente fallas o se tenga en mantenimiento.

#### 4.3.3. *Filtro-prensa 1*

**Figura 18.** *Filtro prensa tratamiento de aguas residuales.*



Tomado de Shanghai Junyi Filter Plant Co (2022).

Los sólidos evacuados de los reactores presentan una humedad alta y se estima que su peso sea el doble. Para ello se usa un filtro prensa con el fin de reducir el peso de la materia prima y separar la mayor parte del insumo usado en el pretratamiento químico, con el fin de reutilizarlo.

Luego de ello, se obtiene un sólido de menor peso y un residuo líquido que se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se usará un filtro prensa para cada uno de los reactores utilizados en la sección anterior.

#### ***4.3.4. Reactor de Hidrólisis***

Los reactores destinados para la hidrólisis serán una cantidad de (14), el mismo diseño y distribuidor que los reactores propuestos para el pretratamiento químico, ya que estos cuentan con funciones de agitación suave, control de temperatura y presión que son condiciones esenciales y primordiales dentro del proceso.

#### **4.3.5. Filtro-prensa 2**

Luego de obtener el jarabe glucosado este debe separarse de los residuos, para lo cual se usa una filtro-prensa, en donde se conserva el líquido filtrado y la torta se envía a una planta de compostaje. Al igual que en el filtro prensa 1 se utilizará un filtro prensa para cada uno de los reactores de hidrólisis.

#### **4.3.6. Fermentador**

**Figura 19.** *Fermentador isobárico cilíndrico 1000 L.*



Tomado de Eficrea (2022).

De acuerdo con el proceso la fermentación toma un tiempo de 72 h en donde se agregará la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*) y los nutrientes requeridos. En este proceso se dispondrá

de 14 fermentadores provistos de controladores de temperatura, dispositivos para toma de muestra y medidor de pH.

#### **4.3.7. Tamizado**

El licor fermentado es tamizado para eliminar la levadura y demás residuos. Para esto se requiere de un canal provisto de un sistema de mallas que retienen los sólidos.

#### **4.3.8. Torre de Destilación**

**Figura 20.** Torre de destilación rectificadora de etanol.



Tomado de Yang, D. (2020).

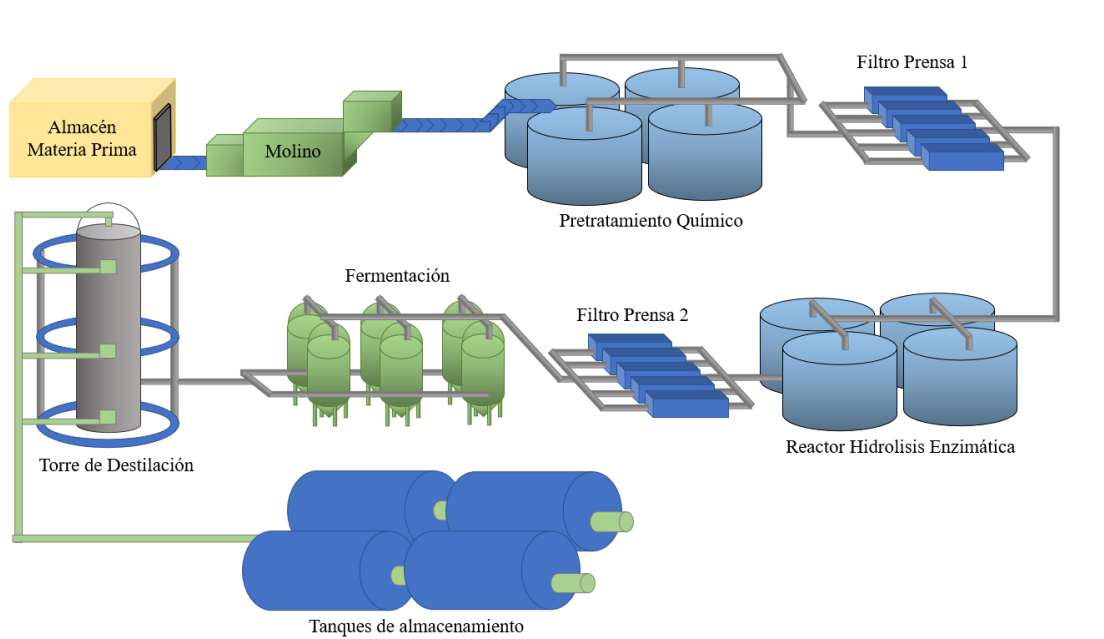
La torre de destilación pasa el licor ya fermentado y tamizado. El proceso de destilación aprovecha que cada material tiene su volatilidad o punto de ebullición a una cierta temperatura, por lo que los alcoholes que poseen menor volatilidad e impurezas que venían en el jarabe, salen

por la parte preeminente de la columna con una concentración de 40 a 45% de etanol; En lo que la más grande proporción de impurezas sale por la parte inferior de la misma. Los vapores que proceden de la columna despojadora, con un contenido del 40 al 45% de etanol se envían a la columna rectificadora, donde se incrementa su concentración hasta alrededor del 95%. El líquido resultante que mayormente es agua es enviado a una planta de procedimiento.

#### 4.3.9. *Microtamices*

Para que el etanol logre ser deshidratado, es decir obtener el etanol anhidro al 98% se aplican tamices moleculares, donde resinas de trueque retienen el agua presente en los vapores del alcohol rectificado, obteniéndose al final de 940 a 950 litros de alcohol carburante con una concentración del 99.5%.

**Figura 21.** Representación del modelo general del proceso de producción



#### **4.4 Identificación y evaluación de los impactos ambientales**

##### ***4.4.1 Matriz de identificación de actividades en el escenario "Sin y con proyecto"***

En las matrices realizadas según la metodología de arboleda (Fig. 19 a 21), se evaluó de manera cuantitativa y cualitativa los impactos generados por el proyecto en la zona en dos escenarios cruciales, sin proyecto y con proyecto, clasificando la naturaleza de dichos impactos en la primera matriz de color rojo en caso de ser negativos (-) y de color azul en caso de ser positivos (+) y en las dos siguientes como se clasificó como “muy bajo” “bajo” “medio” “alto” y “muy alto” según el valor obtenido en los cálculos y teniendo en cuenta la categoría de importancia ambiental.



tóxicos disminuyendo la calidad del aire y afectando la salud de los trabajadores, la compactación, el cambio del uso del suelo, la eliminación de la capa edáfica provocan la disminución de la cobertura vegetal nativa y el desplazamiento o reducción de la fauna silvestre presente en la zona.

#### ***4.4.2 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "sin proyecto"***

En esta matriz se evaluaron los impactos generados por aquellas actividades realizadas o llevadas a cabo antes de entrar en operación la construcción de la planta, de manera que se encuentran actividades de estudio de terreno, evaluaciones de este y las primeras fases de contratación de personal.

**Figura 23.** Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "sin proyecto".

Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "sin proyecto"			IMPORTANCIA						VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			ATRIBUTOS						CUALITATIVA
			CLASE	PRESENCIA	DURACION	EVOLUCION	MAGNITUD	CALIFICACION AMBIENTAL	NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL
			C	P	D	E	M	CA	I
Componente	Factor Ambiental	Impacto	C	P	D	E	M	CA	I
ABIOTICO	AGUA	Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial	-	0,1	0,7	0,5	0,4	0,35	Muy Baja
		Alteración a la calidad del recurso hídrico subterráneo	-	0,05	0,01	0,1	0,1	0,005	Muy Baja
	ATMOSFERICO	Generación de Material particulado en obra y gases tóxicos	-	0,7	0,2	0,2	0,4	0,812	Muy Baja
		Aumento en el nivel de presión sonora	-	0,7	0,39	0,39	0,5	1,7745	Muy Baja
	SUELO	Aumento en la compactación del suelo	-	0,99	1	0,4	0,7	4,9104	Media
		Disminución de la calidad del suelo	-	0,5	0,39	0,2	0,6	1,005	Muy Baja
		Eliminación de la capa edáfica	-	0,7	0,3	0,4	0,5	1,61	Muy Baja
		Cambio en el uso del suelo	-	1	1	0,39	0,4	4,092	Media
		Alteración de la geoforma del terreno	-	0,5	1	0,39	0,3	1,9095	Baja
	PERCEPTUAL	Cambio en la fisionomía del paisaje	-	0,8	1	0,4	0,5	3,52	Baja
BIÓTICO	FLORA	Modificación y disminución de la cobertura vegetal	-	0,7	0,7	0,5	0,4	2,45	Baja
	FAUNA	Alteración a comunidades de fauna terrestre	-	0,5	0,9	0,35	0,45	1,90125	Baja
		Fragmentación de los ecosistemas	-	0,1	0,4	0,2	0,01	0,1214	Muy Baja
		Desplazamiento o ahuyentamiento de fauna	-	0,69	0,4	0,4	0,4	1,6008	Muy Baja
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Aumento en la producción de empleo	+	1	0,98	0,8	0,8	7,42	Alta
	ESPACIAL	Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad local	+	0,2	0,4	0,2	0,3	0,324	Muy Baja
	ECONOMICO	Aumento en los ingresos municipales	+	0,7	1	0,4	0,6	3,276	Baja
		Modificación de las actividades económicas de la zona	+	0,7	1	0,4	0,5	3,08	Baja

Ahora bien, en la figura 21 la evaluación de los impactos generados por las actividades que se realizan en la zona durante el escenario sin proyecto, principalmente identificó que en el

componente abiótico la mayor afectación se da en el factor ambiental suelo debido a los impactos de aumento de la compactación de este y el cambio de uso, con un nivel de importancia ambiental media, mientras que en el componente socioeconómico el factor social presentó un alto impacto positivo debido al aumento en la producción de empleo.

#### ***4.4.3 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "con proyecto"***

Por otra parte, en la última matriz se evaluaron los impactos de la fase operacional, es decir todas aquellas actividades que se presentan cuando se inicia la construcción, producción y actividades dentro del terreno de estudio que en principio generan impactos, cambios y alteraciones sobre el medio ambiente.

**Figura 24.** Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "con proyecto".

Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales en el escenario "con proyecto"			IMPORTANCIA						VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			ATRIBUTOS						CUALITATIVA
			CLASE	PRESENCIA	DURACION	EVOLUCION	MAGNITUD	CALIFICACION AMBIENTAL	NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL
			C	P	D	E	M	CA	
Componente	Factor Ambiental	Impacto	C	P	D	E	M	CA	I
ABIOTICO	AGUA	Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial	(+/-)	0,69	1	0,1	0,19	2,16177	Baja
		Alteración a la calidad del recurso hídrico subterráneo	(+/-)	0,29	1	0,18	0,18	0,93577	Muy Baja
	ATMOSFERICO	Generación de Material particulado en obra y gases tóxicos	-	0,68	0,09	0,39	0,2	0,55488	Muy Baja
		Aumento en el nivel de presión sonora	-	0,69	1	0,19	0,4	2,43708	Baja
	SUELO	Aumento en la compactación del suelo	(+/-)	0,7	1	0,78	0,79	5,11938	Media
		Disminución de la calidad del suelo	(+/-)	0,7	1	0,2	0,6	2,688	Baja
		Eliminación de la capa edáfica	(+/-)	0,69	1	0,2	0,4	2,4564	Baja
		Cambio en el uso del suelo	-	0,99	1	0,19	0,6	3,76002	Baja
		Alteracion de la geoforma del terreno	-	0,5	1	0,2	0,3	1,71	Muy Baja
	PERCEPTUAL	Cambio en la fisionomía del paisaje	-	0,7	1	0,5	0,39	3,0555	Baja
BIÓTICO	FLORA	Modificación y disminución de la cobertura vegetal	-	0,7	0,7	0,2	0,4	1,862	Muy Baja
	FAUNA	Alteración a comunidades de fauna terrestre	-	0,3	0,8	0,6	0,5	1,35	Muy Baja
		Fragmentación de los ecosistemas	-	0,1	0,4	0,2	0,01	0,1214	Muy Baja
		Desplazamiento o ahuyentamiento de fauna	-	0,7	0,39	0,19	0,4	1,1914	Muy Baja
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Aumento en la producción de empleo	+	1	0,99	0,8	0,79	7,394	Alta
	ESPACIAL	Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad local	+	0,3	0,6	0,4	0,4	0,876	Muy Baja
	ECONOMICO	Aumento en los ingresos municipales	+	0,7	0,99	0,4	0,6	3,255	Baja
		Modificación de las actividades económicas de la zona	+	0,99	0,7	0,6	0,6	4,5738	Media

Finalmente, en la figura 22, al realizarse la evaluación de los impactos generados por las actividades que se llevarían a cabo durante la construcción de la planta por la empresa, es decir durante el escenario con proyecto, se resalta que dentro de esta matriz no se generaría una variedad de impactos negativos puesto que la realizar la comparación con la matriz anterior en esta únicamente se presenta una clasificación media para el factor suelo debido a la compactación del mismo y por el lado del factor socioeconómico se encontraron dos impactos positivos gracias al aumento en la producción de empleo y la modificación de las actividades económicas de la zona, demostrando que la construcción de la planta contrae beneficios para el municipio y el departamento.

Es importante mencionar que en dicha matriz no se evaluaron actividades que llegasen a generar impactos positivos por el uso del bioetanol como por ejemplo los beneficios al diversificar la matriz energética y aquellos con respecto al medio ambiente por el cambio de combustibles fósiles tradicionales, debido a su complejidad de medición puesto que tales efectos son indirectos sobre las economías y actividades tanto sociales como ambientales del país.

### **4.5 Planes de manejo ambiental**

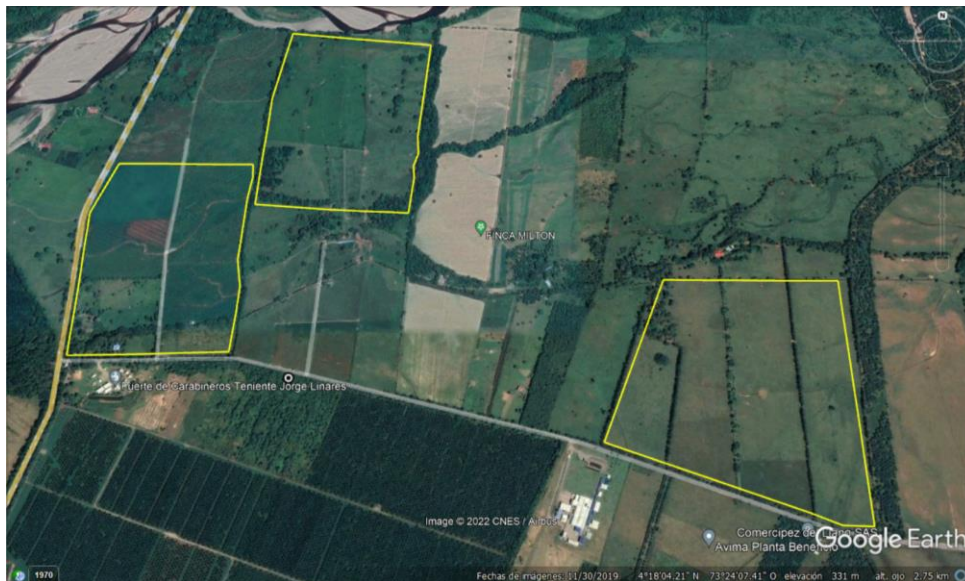
Una vez ya identificados los procesos que se encontraran dentro de la planta de bioetanol, y ya también evaluados los impactos ambientales que generan las actividades de la planta, se presentan unos planes de manejo ambiental que están orientados a prevenir, mitigar, corregir o compensar los efectos o impactos ambientales sobre los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos de la zona de estudio.

4.5.1 Componente abiótico

Tabla 6. Plan de monitoreo y seguimiento de residuos.

**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

Objetivo	Meta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la efectividad de las medidas de manejo implementadas para mantener la calidad de los cuerpos de agua presentes en el área de influencia directa.</li> <li>• Verificar que las actividades del proyecto no estén afectando el recurso hídrico.</li> <li>• Verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en los planes de manejo de cada una de las acciones realizadas en relación con el manejo de los residuos generados por las actividades del proyecto a través de los monitoreos.</li> <li>• Realizar monitoreos ambientales que indiquen el estado de calidad del área de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que los programas de manejo ambiental y disposición final de residuos generados se estén implementando en un 100%.</li> <li>• Realizar el 100 % de los monitoreos programados mensualmente de los residuos líquidos para evaluar si se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normatividad ambiental vigente.</li> <li>• Asegurar el cumplimiento de la política 3R: Reducción, reusó y reciclaje de los residuos sólidos</li> <li>• Garantizar la seguridad de los cuerpos de agua de la zona en donde se está llevando a cabo el proyecto.</li> </ul>
<b>Localización</b>	



La ubicación mostrada en la anterior imagen hace referencia a las zonas que presentan mayor viabilidad para la construcción de la planta, por lo tanto, también corresponderá a toda la zona en donde se deberán aplicar el plan de seguimiento y monitoreo para educación ambiental.

<b>Etapa</b>	
<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>
<b>Impactos</b>	<b>Tipo de medida</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de las propiedades fisicoquímicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar</li> </ul>

**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

y/o biológicas del agua.	• Prevenir
• Alteración de las propiedades del suelo.	• Corregir
• Alteración a la calidad visual y al paisaje.	• Compensar
• Contaminación de suelos por procesos de lixiviación.	
• Contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.	
• Generación de vectores y olores ofensivos	
<b>Responsable en ejecución</b>	<b>Responsable del control</b>
Contratista con supervisión del profesional ambiental encargado.	Interventoría – CORMACARENA

**Actividades por realizar**

**Residuos líquidos**

- Realizar monitoreos del área de influencia.
- Detectar cambios en las características fisicoquímicas de las corrientes de agua del área de influencia directa, identificando posibles fuentes de contaminación; de forma que se puedan establecer medidas de control o mitigación necesarias si se presentan alteraciones del recurso hídrico como consecuencia de las actividades del proyecto.
- El plan de monitoreo y seguimiento deberá ser ajustado, según la normatividad ambiental vigente y usos del recurso hídrico, condicionado por el tipo de vertimiento y actividades del proyecto.

**Fase de construcción.**

**Aguas residuales domésticas a bordo.**

La fuente de generación de aguas residuales domésticas en la fase de construcción está asociada al uso de las unidades sanitarias móviles y contenedor de baterías sanitarias en los frentes de obra. Para tal fin, las actividades de seguimiento propuestas son:

1. El contratista entregará a la Interventoría Ambiental la documentación de la firma encargada para el mantenimiento, transporte y disposición de las aguas residuales domésticas procedentes de las unidades sanitarias móviles y baterías, para verificar la existencia y vigencia de los permisos ambientales correspondientes.
2. La Interventoría Ambiental verificará el cumplimiento a la frecuencia de mantenimiento, recolección y disposición de las aguas residuales domésticas generadas en las unidades sanitarias móviles y contenedor.
3. El contratista hará entrega a la Interventoría Ambiental, la relación de volúmenes de agua residual doméstica entregada a la firma encargada para el mantenimiento,
4. transporte y disposición de las aguas residuales domésticas, así como de las actas de disposición final emitidas por la empresa receptora de las mismas.

Se realizará el seguimiento a la cadena de custodia de las aguas residuales domésticas provenientes de los baños portátiles desde su generación, hasta su entrega al gestor autorizado quien deberá contar con los respectivos permisos vigentes otorgados por la autoridad ambiental competente para la realización de dicha actividad. De esta forma, mediante un informe escrito se compilarán los registros de volúmenes de residuos líquidos generados, y el entregado a los gestores para su tratamiento y disposición final para comprobar el cumplimiento total de la medida.

Se verificarán las condiciones de calidad de agua través de un laboratorio debidamente acreditado con el IDEAM para los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 84 (o normativa que se encuentre vigente hasta en tanto se reglamenten los parámetros de conformidad con lo establecido en el Decreto 3930/2010), y que se presentan en la siguiente imagen:

**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

**Imagen 1. Parámetros para cualquier vertimiento de agua decreto 1594 de 1984.**

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Fuente: IDEAM.

Tomado de IDEAM

**Tabla 1. Parámetros calidad del agua.**

Parámetro	Método	Unidades
Temperatura	Termómetro SM 2550B	°C
pH	Electrométrico SM 4500-H+	Unidades de pH
Caudal	Volumétrico	L/s
Conductividad eléctrica	Conductímetro	µS/cm
DBO5	Incubación 5 días, electrodo de membrana – SM 5210B; 4500-OG	Mg O2/L
DQO	Reflujo cerrado – volumétrico – SM 5220C	Mg/ O2/L
Sólidos disueltos totales	Gravimétrico – SM 2540D	Mg/L
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico – SM 2540D	mg/L
Grasas y aceites	Gravimétrica, partición líquido – líquido SM5520B	Mg/L
Coliformes fecales	Número más probable (NMP)	ml
Coliformes totales	Membrana	Número más probable (NMP/100 ml)

Fuente: autores.

**Residuos Sólidos**

**Fase de operación**

Como mecanismo de control y seguimiento, se realizarán monitoreos de eficiencia y de descarga cada mes, teniendo en cuenta parámetros como grasas y aceites, hidrocarburos y fenoles.

A través del seguimiento y control del manejo de los residuos sólidos, es posible determinar el tipo de residuos generados por las actividades realizadas en el proyecto y las acciones que se llevan a cabo para su manejo según las políticas ambientales de la empresa.

A partir de ello, se espera que la mayor cantidad de residuos puedan ser reutilizados, por lo tanto, se establecieron una serie de actividades que permitan cumplir con dicho propósito, como lo es la separación en la fuente, clasificación de residuos, construcción de sistemas de almacenamiento temporal, transporte de residuos y disposición final.

**Clasificación de residuos desde la fuente**

El equipo encargado del control ambiental del proyecto realizará las mediciones del volumen de los residuos generados, permitiendo establecer la cantidad de residuos aprovechables o reciclables, orgánicos y ordinarios. Cabe resaltar que cada área contará con un punto de recolección.

Para una mejora de dicho proceso permanentemente se capacitará al personal del proyecto sobre la importancia de cumplir con la adecuada clasificación de los residuos, resaltando los impactos positivos de carácter ambiental.



**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

---

**Almacenamiento temporal y transporte interno**

El equipo encargado del control ambiental mensualmente verificará el estado en el que se encuentran los recipientes para el almacenamiento temporal de los residuos y asu vez el uso dado en cada una de las áreas en donde se encuentran instalados. Cada messe presentará un reporte sobre los avances que han presentado los trabajadores en la separación de los residuos.

El grupo de gestión ambiental verificará que se cumpla con las pautas de separación de modo que los residuos no sean mezclados en el transporte, sin embargo, el departamento de servicios generales es el encargado de la gestión interna de los residuos ya sea desde los recipientes de menor volumen, es decir los puntos ecológicos hasta la caseta de residuos.



---

**Revisión de la caseta de almacenamiento de residuos**

Mensualmente el equipo de gestión ambiental se encargará de revisar las condiciones de almacenamiento de los residuos sólidos con el fin de verificar que no se presenten filtraciones de agua o malos olores y evitar que los componentes susceptibles a degradarse sean generadores de vectores.

Al revisar las condiciones de estos lugares deben asegurar que cuentan con buena ventilación ya que la temperatura acelera los procesos de descomposición de la materia orgánica.

---

**Disposición final**

Después de ejecutar todos los procesos de reciclaje, los residuos generados serán entregados para la disposición final en un relleno sanitario autorizado y entregado a un encargado externo.



---

**Cronograma**

**Costos**

**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

CRONOGRAMA R.L						
Actividad / mes	1	2	3	4	5	6
Monitoreo fase de construcción	x	x	x	x	x	x
Monitoreo fase de operación	x	x	x	x	x	x

CRONOGRAMA R. S						
Actividad / mes	1	2	3	4	5	6
Clasificación de los residuos desde la fuente	x	x	x	x	x	x
Almacenamiento temporal y transporte interno	x	x	x	x	x	x
Revisión de las casetas v disposición final	x	x	x	x	x	x

**Costos de personal por monitoreo:** \$4.500.000

**Informe:** \$500.000

**Balanzas para el pesaje de los residuos:** \$200.000

**Recipientes de almacenamiento temporal de los residuos:** \$800.000

**Materiales para el correcto reciclaje de los residuos:** \$500.000

**TOTAL:** \$19.500.000

**Indicadores**

**Residuos Líquidos**

- (%) *Cumplimiento de los monitoreos:*  $CM = (\text{No. De monitoreos realizados} / \text{No. (\%)} \text{ De monitoreos programados}) \times 100$   
*Unidad de medida:* Porcentaje Frecuencia: Cada 2 semanas.  
*Pertinencia:* Se lleva un seguimiento sobre el número de monitoreos que se han realizado a lo largo de la ejecución del proyecto.
- (%) *Calidad del vertimiento:*  $CV = (\text{No. de Parámetros medidos que cumplen la norma} / \text{No. de parámetros medidos}) \times 100$   
*Unidad de medida:* Porcentaje Frecuencia: Cada 2 semanas.  
*Pertinencia:* Número de parámetro medidos que cumplan la normativa legal vigente, y estén avalados por un laboratorio certificado por el IDEAM.
- (Unidad dependiendo del parámetro) *Comportamiento de la calidad del agua:*  $CCA = \text{Valor inicial por parámetro fisicoquímico y Bacteriológico} / \text{Valor de monitoreo por parámetro fisicoquímico y Bacteriológico}$ .  
*Unidad de medida:* Porcentaje Frecuencia: Cada 2 semanas.  
*Pertinencia:* Seguimiento de la calidad del agua respecto a los diferentes parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar la contaminación del agua.

**Procedimiento para el manejo, almacenamiento provisional y disposición final de los residuos líquidos y sólidos generados en la construcción de una planta de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos provenientes de la palma africana (*elaeis guineensis*)**

**Residuos Sólidos**

- Cantidad de residuos producidos / cantidad de residuos reciclados \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje  
*Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se mantendrá un control acerca de los monitoreos realizados durante el proyecto. Se presentará un informe que indique el aprovechamiento de los residuos y pesaje de estos.
  
- Cantidad de residuos producidos / cantidad de residuos orgánicos generados \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje  
*Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se generará un seguimiento sobre la cantidad de residuos aprovechados. Se presentará un informe que indique el aprovechamiento para compostaje de los residuos y un registro del material orgánico producido mensualmente.
  
- Estaciones de monitoreo instaladas / estaciones de monitoreo programadas \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje  
*Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se identificará el cumplimiento del programa de monitoreo en términos de estaciones instaladas, presentando informes de las concentraciones de residuos sólidos hallados.
  
- Concentración de residuos sólidos / concentración de residuos sólidos permitidos. La relación debe ser inferior a 1 y entre más bajo mejor.  
*Unidad de medida:* Porcentaje  
*Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se determinará si se cumplen con los límites establecidos de la cantidad de residuos producidos por el proyecto.

**4.5.2 Componente biótico**

**Tabla 7.** Plan monitoreo para el manejo de hábitats y organismos.

**Plan de monitoreo para la pérdida y ahuyentamiento de la fauna**

Objetivo	Meta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la perturbación de ecosistemas terrestres y acuáticos para la fauna silvestre amenazada en las áreas de ejecución del proyecto.</li> <li>• Implementar los protocolos para prevenir los impactos negativos que pueden presentarse en las poblaciones faunísticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que el 100% de los hábitats o ecosistemas dentro del área del proyecto no presenten algún tipo de perturbación.</li> <li>• En caso de presentarse algún impacto a las poblaciones faunísticas actuar de manera inmediata con las pautas establecidas mitigando el daño.</li> <li>• Mitigar el impacto generado por las obras del proyecto sobre la fauna presente en el área de influencia, garantizando el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna terrestre y evitar la afectación de especies de fauna acuática.</li> </ul>

**Plan de monitoreo para la pérdida y ahuyentamiento de la fauna**

- Prevenir la desaparición de especies o disminución de poblaciones.

**Localización**



La ubicación mostrada en la anterior imagen hace referencia a las zonas que presentan mayor viabilidad para la construcción de la planta, por lo tanto, también corresponderá a toda la zona en donde se deberán aplicar el plan de seguimiento y monitoreo para educación ambiental.

**Etapa**

Construcción	Operación
<p><b>Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de los hábitats de los ecosistemas terrestres o acuáticos.</li> <li>• Desplazamiento de la fauna.</li> <li>• Pérdida de valores ecosistémicos.</li> </ul>	<p><b>Tipo de medida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar</li> <li>• Prevenir</li> <li>• Corregir</li> <li>• Compensar</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Responsable en ejecución</b></p> <p>Contratista con supervisión del profesional ambiental encargado.</p>	<p><b>Responsable del control</b></p> <p>Interventoría – CORMACARENA</p>

**Actividades por realizar**

<p><b>1. Ubicación de los sitios de protección e identificación de las especies</b></p>	<p>Con el fin de reducir al máximo la perturbación de las áreas de importancia ecológica, zonas de refugio y alimentación para la fauna se establecieron las siguientes actividades:</p>
<p><b>2. Acceso restringido a la vegetación</b></p>	<p>Inicialmente entre las acciones a desarrollar se deberá informar la ubicación en la que se encuentran los sitios de alimentación y refugio para la población faunística puesto que al ser considerados como fuente de los principales hábitats, esto los convierte en áreas de mayor importancia, además de ser primordiales en la preservación del equilibrio de las comunidades hidrobiológicas del área y presentar imágenes de las especies que requieran mayor interés, a partir de ello se realizará una comparación del estado de</p>

**Plan de monitoreo para la pérdida y ahuyentamiento de la fauna**

los ecosistemas, identificando si se han desarrollado afectaciones con las actividades del proyecto desarrolladas o no ha generado ninguna perturbación.

**3. Reubicación de las especies**

Seguido de ello, en caso de que se presente alguna afectación a la vegetación aledaña a las áreas del proyecto, se establecerá el acceso restringido, limitándola con una cinta de seguridad de color amarillo-negro a 1.5m de altura del suelo, para protegerlo de intervención adicional innecesaria. Así mismo, se evitará la intervención de zonas con anidación, madrigueras, zonas de refugio y alimentación para la fauna.

**4. Señalización**

En caso de requerirse la utilización inevitable de alguna de estas áreas, las especies deberán ser reubicadas en zonas con condiciones que permitan su desarrollo natural, dicha reubicación estará a cargo del personal de la obra, más específicamente un biólogo con experiencia en fauna silvestre o bajo la supervisión de este, informando a la CVC del hecho, la especie y el lugar.



Finalmente se reitera la restricción del uso de las áreas de protección establecidas por la normatividad ambiental vigente nacional y se instalarán elementos de señalización en algunos puntos sobre las vías a utilizar en la obra y en algunas zonas de intervención para indicar la presencia de fauna susceptible.



**Cronograma**

**Costos**

**Plan de monitoreo para la pérdida y ahuyentamiento de la fauna**

CRONOGRAMA						
Actividad / mes	1	2	3	4	5	6
Ubicación de los sitios de protección e identificación de las especies	X	X	X	X	X	X
Acceso restringido a la vegetación		X		X		X
Reubicación de las especies		X		X		X
Señalización	X		X		X	

**Cámaras fotográficas y accesorios** \$2.000.000

**Sistemas de captura y transporte de fauna:**  
\$3.000.000

**Redes japonesas:** \$1.000.000

**Trampas Tomahawk:** \$1.000.000

**Guantes de cuero:** \$300.000

**Computadores con sistemas de información cartográfica:** \$1.500.000

**GPS:** \$500.000

**Radios de comunicación:** \$500.000

**Total:** \$29.400.000

**Indicadores**

- N° de trabajadores y comunidad capacitados - sensibilizados / N° de trabajadores contratados y de la comunidad \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje *Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se determinará la sensibilización en los aspectos ambientales por parte de todo el personal contratado a través de las capacitaciones realizadas.
- N° de actividades de remoción de coberturas vegetales, extracción de madera, apertura de trochas o vías, deposición de estériles, levantamiento de infraestructura o ahuyentamiento de especie en zonas de conservación \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje *Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Protección de aquellas zonas identificadas como hábitats clave dentro del área del proyecto.
- N° acciones tomadas / N° de hallazgos \* 100.  
*Unidad de medida:* Porcentaje  
*Frecuencia:* Mensualmente  
*Pertinencia:* Se determinará si se cumplen con las medidas de manejo en las madrigueras, nidos y demás refugios.

**4.5.3 Componente socioeconómico**

**Tabla 8.** Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores.

**Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores y operadores que participen en la construcción de la planta de producción de bioetanol**

Objetivo	Meta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una capacitación a los operadores que participan en la construcción de la planta, en temas ambientales y de seguridad industrial, garantizando que estos puedan realizar sus actividades de una forma limpia, previniendo la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un taller de inducción y capacitación para establecer e implementar el Plan de Manejo Ambiental para la construcción de la planta, dirigido a los trabajadores.</li> </ul>

**Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores y operadores que participen en la construcción de la planta de producción de bioetanol**

contaminación, cumpliendo con las normas HSE, los requisitos de la CAR y con el PMA establecido.

- Realizar charlas con los trabajadores, antes de iniciar actividades mensuales, reforzando los aspectos claves sobre la seguridad y la prevención de la contaminación.

**Localización**



La ubicación mostrada en la anterior imagen hace referencia a las zonas que presentan mayor viabilidad para la construcción de la planta, por lo tanto, también corresponderá a toda la zona en donde se deberán aplicar el plan de seguimiento y monitoreo para educación ambiental.

**Etapa**

Construcción	Operación
<b>Impactos</b>	<b>Tipo de medida</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de expectativas de las autoridades, comunidad y usuarios del departamento del Meta, por la construcción de la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar</li> <li>• Prevenir</li> <li>• Compensar</li> </ul>
<b>Responsable en ejecución</b>	<b>Responsable del control</b>
Contratista con supervisión del profesional ambiental encargado.	Interventoría – CORMACARENA

**Actividades por realizar**

**1. Capacitación al personal vinculado al proyecto**

Se determinará el cumplimiento de las medidas de educación a los trabajadores relacionada con los temas operativos teniendo en cuenta (introducción, charlas diarias, prácticas de conducta, entre otros), también se tendrá en cuenta que las personas que capaciten cuenten con experiencia y competencia en pedagogía y en temas relacionados al proyecto, para ello la interventoría deberá realizar una evaluación a las personas que capaciten propuestas por el contratista.

**Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores y operadores que participen en la construcción de la planta de producción de bioetanol**



**2. Programación del cronograma**

Semanalmente, el contratista encargado deberá entregar programaciones de talleres, charlas, y demás actividades relacionadas a las capacitaciones del personal vinculado al proyecto, en la cual se indicará la siguiente información:

- Temáticas por dictar, por frente de trabajo.
- Programa de divulgación.
- Responsable de la capacitación.
- Instrumento de medición sobre la asimilación y acogida de la temática atendida.

**3. Corroboración del cumplimiento del cronograma**

Con el fin llevar un seguimiento a estas actividades el contratista hará un informe sobre el cumplimiento de las actividades programadas dentro de la capacitación y educación del personal vinculado al proyecto, donde irá registrado:

- Fechas de realización de los eventos.
- La asistencia del personal.
- Los temas tratados.
- Las áreas o departamentos involucrados. Los medios utilizados.

**Cronograma**

CRONOGRAMA						
Actividad / mes	1	2	3	4	5	6
Capacitación al personal vinculado al proyecto	x	x	x			
Programación del cronograma	x	x	x	x	x	x
Corroboración del cumplimiento del cronograma		x		x		x

**Costos**

- Oficina:** \$1.200.000
- Alquiler de proyectores:** \$500.000
- Remuneración por uso de servicios:** \$300.000
- Transporte personal y materiales:** \$250.000
- Personal de apoyo:** \$1.500.000
- Hoja de vida c/u:** \$1.000.000
- Fotocopias:** \$100.000
- Total:** \$14.550.000

**Indicadores**

- Gestión social: (Actividades ejecutadas / Total de actividades programadas planes de gestión social) x 100

**Plan de fortalecimiento de capacidades en educación ambiental para los trabajadores y operadores que participen en la construcción de la planta de producción de bioetanol**

*Unidad de medida:* Porcentaje

*Frecuencia:* Cada 15 días

*Pertinencia:* Se lleva un control sobre las actividades que se están realizando.

- Supervisión: Número de informes revisados.
- Registros fotográficos.
- Informes mensuales de actividades entregados por el contratista.

#### 4.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación

Las medidas de mitigación ambiental que se encuentran a partir de la tabla 10 hasta la 12, son un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que se dan por el desarrollo del proyecto, con el fin de asegurar un uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

##### 4.6.1 Recurso suelo

**Tabla 9.** *Medidas para la protección del recurso suelo.*

<b>Medidas PREMICOCO recurso suelo</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>Impactos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preservar el recurso suelo.</li> <li>• Evitar el aporte de sedimentos a cuerpos de agua.</li> <li>• Controlar los procesos erosivos y deslizamientos en áreas sensibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de la capacidad agrológica del suelo.</li> <li>• Pérdida del suelo por arrastre de aguas de escorrentía.</li> <li>• Aumento de procesos de inestabilidad.</li> <li>• Aumento de procesos erosivos.</li> <li>• Incremento de turbiedad en cuerpos de agua.</li> </ul>
<b>Responsables</b>	<b>Criterios ambientales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad de ejecución física: Ingeniero a cargo del proyecto.</li> <li>• Responsabilidad de seguimiento: Autoridades ambiental a cargo.</li> <li>• Responsabilidad de asistencia técnica: La entidad del subsector a través del delegado en campo.</li> <li>• Responsabilidad del desarrollo y cumplimiento de las actividades: Interventor a cargo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La inestabilidad de taludes y laderas constituye la causa fundamental de los daños ecológicos causados por arrastre de material.</li> <li>• Es de gran importancia la prevención de la erosión y el consecuente aporte de sedimentos a los cuerpos de agua para evitar la afectación de los ecosistemas y alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	

- Se realizará excavaciones que se limiten a labores planificadas y estrictamente necesarias con el fin de generar el mínimo impacto a la topografía del suelo.
- Reutilizar el suelo removido de las excavaciones para su relleno y protegerlo de la contaminación.
- Durante la operación de la maquinaria en el proceso constructivo, se deberá restringir el uso de equipo y maquinaria pesada al horario diurno (6:00 a.m.- 6:00 p.m., como máximo).
- Prevenir la operación innecesaria de motores con el fin de reducir molestias causadas por ruidos.
- Aquellas actividades de mantenimiento o que tengan riesgo de contaminar el suelo deben realizarse en un sitio impermeabilizado y cercano al área de trabajo.
- El material por almacenar debe ser acordonado, apilado y cubierto en forma tal, que no impida el paso de los peatones o dificulte la circulación vehicular. Al finalizar los trabajos, los sitios de las obras y sus zonas contiguas deberán entregarse en óptimas condiciones de limpieza y libres de cualquier tipo de material de desecho, garantizando que las condiciones sean similares o mejores a las que se encontraban antes de iniciar las actividades.
- El manejo y disposición de desechos y escombros, deberá hacerse de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente en materia de residuos sólidos ordinarios y peligrosos.

#### 4.6.2 Recurso agua

**Tabla 10.** Medidas para la protección del recurso agua

<b>Medidas PREMICOCO recurso agua</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>Impactos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir, mitigar, corregir y compensar el impacto ambiental que se produce sobre los cuerpos de agua por las descargas de aguas residuales provenientes de los procesos de operación.</li> <li>• Controlar las aguas residuales con carga de sólidos.</li> <li>• Control de aguas residuales ácidas o alcalinas.</li> <li>• Control de aguas de escorrentía.</li> <li>• Control a la protección del recurso hídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la concentración de sólidos en suspensión.</li> <li>• Contaminación de cuerpos de agua con grasas y aceites.</li> <li>• Aumento en la temperatura de los cuerpos de agua.</li> <li>• Aumento de organismos patógenos.</li> </ul>
<b>Responsables</b>	<b>Criterios ambientales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad de ejecución física: Ingeniero a cargo del proyecto.</li> <li>• Responsabilidad de seguimiento: Autoridades ambiental a cargo.</li> <li>• Responsabilidad de asistencia técnica: La entidad del subsector a través del delegado en campo.</li> <li>• Responsabilidad del desarrollo y cumplimiento de las actividades: Interventor a cargo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se debe realizar ningún tipo de vertimiento líquido, sin tratamiento, a cuerpos de agua.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se adecuará la zona para drenaje natural para permitir la escorrentía de agua y evitar anegaciones, erosión o lodos.</li> <li>• Limitar las actividades de movimiento del suelo en periodo de lluvias con el fin de incrementar los sedimentos hacia cuerpos de agua receptores.</li> </ul>	

- Se deberá monitorear la calidad del agua potable en base a los parámetros establecidos por el protocolo para monitoreo y seguimiento del agua del IDEAM, tomando muestras periódicas, por lo menos dos veces al año. Los parámetros recomendados para analizar el agua potable son los siguientes: cloro residual, dureza, nitritos, nitratos, olor, sabor, coliformes fecales, coliformes termotolerantes y pH.

#### 4.6.3 Recurso aire

**Tabla 11.** Medidas para la protección del recurso aire

<b>Medidas PREMICOCO recurso aire</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>Impactos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de emisión de partículas al aire.</li> <li>• Control de emisión de gases a la atmósfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la concentración de partículas en la atmósfera.</li> <li>• Aumento en la concentración de gases en la atmósfera.</li> </ul>
<b>Responsables</b>	<b>Criterios ambientales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad de ejecución física: Ingeniero a cargo del proyecto.</li> <li>• Responsabilidad de seguimiento: Autoridades ambientales a cargo.</li> <li>• Responsabilidad de asistencia técnica: La entidad del subsector a través del delegado en campo.</li> <li>• Responsabilidad del desarrollo y cumplimiento de las actividades: Interventor a cargo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es de gran importancia tener plenamente identificados el tipo de contaminantes que pueden ser expulsados a la atmósfera.</li> <li>• Se debe conocer el correcto dimensionamiento para el adecuado cálculo de tasas de emisión de ruido, gases y partículas a la atmósfera para la apropiada elección del sistema de control.</li> <li>• Es necesario contar con un buen mantenimiento realizado por personal idóneo con la frecuencia y calidad que la operación lo requiera, para garantizar la efectividad de los sistemas de control y logro de los estándares de operación.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mantenimiento a maquinaria que produzca emisiones de grado contaminante de manera que cumpla con la legislación vigente.</li> <li>• Se utilizará solo el equipo estrictamente necesario, y con la mayor eficiencia posible, de forma tal que se limiten al máximo las fuentes de impacto ambiental.</li> </ul>	

#### 4.7 Plan de participación ciudadana

Identificadas las necesidades de la zona de implementación y también del municipio en la que se encuentra el proyecto, se propone un plan de participación ciudadana como un instrumento de gestión para mejorar las actividades del proyecto con base en la incorporación del conocimiento

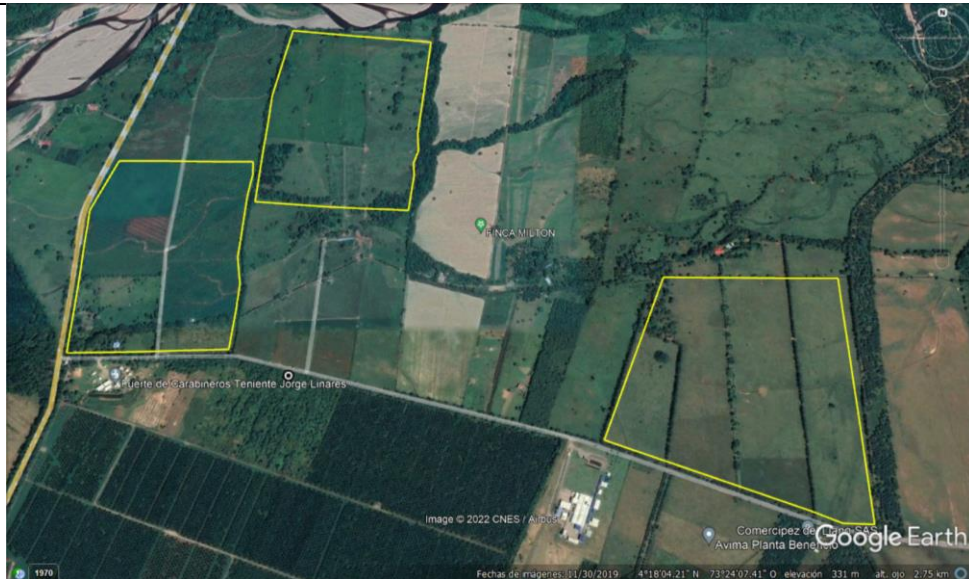
y la experiencia de la población local y distintos actores sociales, durante todas las etapas de su diseño, aprobación y desarrollo.

**Tabla 12.** *Plan de seguimiento y monitoreo acerca de la participación ciudadana y el suministro de información.*

**Plan de monitoreo en la participación ciudadana localizada en la zona establecida para la construcción de la planta de producción de bioetanol a partir de los residuos lignocelulósicos y el suministro de información por parte de las autoridades.**

Objetivo	Meta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la información suministrada por parte de CORMACARENA y los contratistas a las autoridades ambientales locales, regionales y a la comunidad sobre el plan de construcción de la planta se esté cumpliendo en su totalidad sin la afectación de las áreas de estudio.</li> <li>• Identificar los cambios presentados en la calidad y cobertura de los servicios públicos y sociales en la totalidad de la zona que forma parte del área de influencia directa.</li> <li>• Identificar los cambios generados en las actividades económicas tradicionales, industriales y comerciales que formen parte de la zona del área de influencia directa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener informadas a las autoridades del avance.</li> <li>• Aclarar las dudas actuales provenientes de las autoridades y la comunidad a través de canales de comunicación permanentes.</li> </ul>

**Localización**



La ubicación mostrada en la anterior imagen hace referencia a las zonas que presentan mayor viabilidad para la construcción de la planta, por lo tanto, también corresponderá a toda la zona en donde se deberán aplicar el plan de seguimiento y monitoreo para educación ambiental.

**Plan de monitoreo en la participación ciudadana localizada en la zona establecida para la construcción de la planta de producción de bioetanol a partir de los residuos lignocelulósicos y el suministro de información por parte de las autoridades.**

Etapa	
Construcción	Operación
Impactos	Tipo de medida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de expectativas a la comunidad y usuarios del departamento del Meta, por la construcción de la planta.</li> <li>• Generación de molestias o conflictos</li> <li>• Traslado involuntario de población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar</li> <li>• Prevenir</li> <li>• Corregir</li> </ul>
Responsable en ejecución	Responsable del control
Contratista con supervisión del profesional ambiental encargado.	Interventoría – CORMACARENA

**Actividades por realizar**

<b>1. Corroboración del suministro de información permanente</b>	<p>Para el seguimiento y control del suministro de información por parte de CORMACARENA y los contratistas se llevarán a cabo las siguientes actividades: Inicialmente se deben verificar los procesos de convocatoria según han sido establecidos, a través de los registros y copias de los documentos dirigidos a la población beneficiaria, registros de llamadas, listados de asistencia, registros fotográficos, entre otros. Estos serán los soportes que se anexarán a los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) presentados a la Autoridad.</p>
--	---

**2. Verificación de la realización de las reuniones informativas**



Una vez verificada la convocatoria se deberá corroborar la realización de las reuniones teniendo en cuenta el estado actual en el que se encuentra el proyecto. Es necesario tener en cuenta los registros y soportes por cada una de las reuniones tales como las actas de las reuniones informativas, listados de asistencia y registros audiovisuales. Otra herramienta que será utilizada para evidenciar la gestión realizada consiste en un informe de cumplimiento de indicadores, donde se evidenciará de forma cuantitativa la dimensión de la gestión social

**3. Calidad de la información suministrada e implementación de nuevas estrategias**

Finalmente, se revisarán los soportes de evaluación de calidad de la información brindada, de acuerdo con el tipo de evaluación

**Plan de monitoreo en la participación ciudadana localizada en la zona establecida para la construcción de la planta de producción de bioetanol a partir de los residuos lignocelulósicos y el suministro de información por parte de las autoridades.**

propuesta para cada reunión y a partir de ello se establecerán nuevas estrategias de información y comunicación teniendo en cuenta las herramientas presentes, para lo cual se diseñó un formato de informe mensual que será diligenciado por la persona responsable de la gestión social y a través de este se podrá identificar las necesidades de fortalecimiento de algunos programas y permitirá ajustar los métodos implementadas que no presenten los resultados esperados.

Acciones	Población beneficiaria (#)	Dificultades	Fortalezas	Observaciones
Reuniones, talleres, atención a la comunidad, entre otros, que permiten la ejecución de la Actividad	Número de personas asistentes o beneficiarias de la actividad relacionada	Aspectos negativos o dificultades para la realización de la actividad	Aspectos positivos identificados en la ejecución de la actividad	Anotaciones adicionales de importancia para el destinatario de informe

**Cronograma**

Actividades /mes	1	2	3	4	5	6
Corroboración del suministro de información	X	X	X	X	X	X
Verificación de las reuniones informativas		X		X		X
Calidad de la información suministrada e implementación de nuevas estrategias		X		X		X

**Costos**

**Oficina:** \$1.200.000  
**Profesional social:** \$2.000.000  
**Cámara fotográfica:** \$300.000  
**Computador:** \$1.600.000  
**Alquiler de proyectores:** \$500.000  
**Remuneración por uso de servicios:** \$300.000  
**Transporte personal y materiales:** \$250.000  
**Fotocopias:** \$100.000  
**TOTAL:** \$18.750.000

**Indicadores**

- (No. de reuniones de inducción ambiental realizadas / No de reuniones Proyectadas) \*100  
 Unidad de medida: Porcentaje  
 Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se lleva un seguimiento y control sobre las actividades que si se están realizando.
- % de servicios públicos y sociales de la zona de influencia directa / % de servicios públicos y sociales en la caracterización para el proyecto  
 Unidad de medida: Porcentaje Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se mantiene un seguimiento sobre la prestación de los servicios informando si esta ha disminuido, aumentado o si es estable.

**Plan de monitoreo en la participación ciudadana localizada en la zona establecida para la construcción de la planta de producción de bioetanol a partir de los residuos lignocelulósicos y el suministro de información por parte de las autoridades.**

- 
- Actividades económicas en la zona de influencia directa / actividades económicas en la caracterización para el proyecto.  
 Unidad de medida: Porcentaje Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se mantiene un seguimiento sobre la zona indicando si las actividades económicas han presentado aumento, disminución o si permanecen estables.
  
  - No. de pobladores identificados en la zona de influencia directa / No de pobladores identificados en la caracterización para el proyecto.  
 Unidad de medida: Porcentaje Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se realiza un control de la cantidad de pobladores, determinando si hay disminución, si es estable o si presenta un aumento por la llegada de población migrante.
  
  - Registros fotográficos.  
 Unidad de medida: Porcentaje Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se lleva un seguimiento y control sobre las actividades que si se están realizando.
  
  - Métodos informativos.  
 Unidad de medida: Porcentaje Frecuencia: Quincenalmente  
 Pertinencia: Se lleva un seguimiento y control sobre las actividades que si se están realizando.
- 

**4.8 Plan de contingencias**

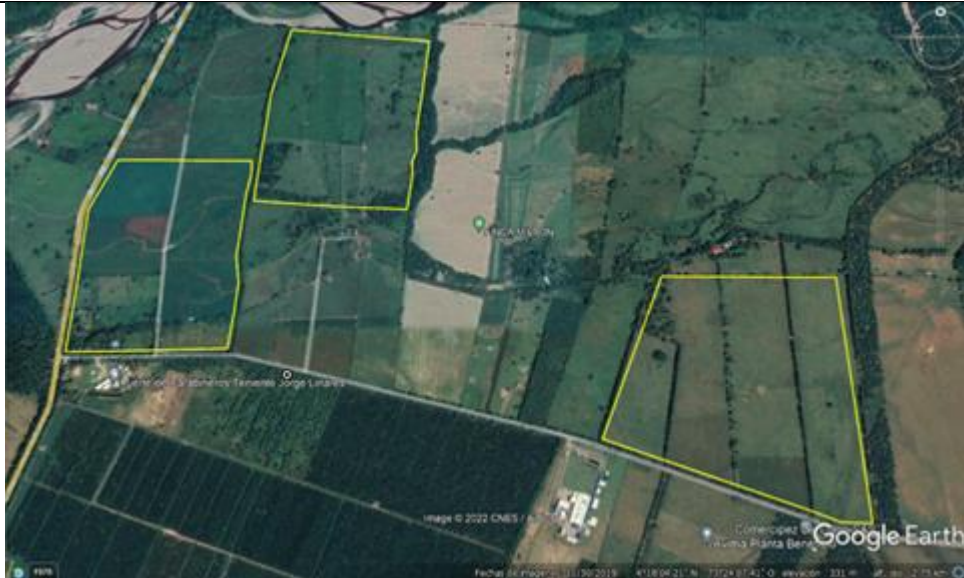
El plan de contingencias se planteó a nivel estratégico, operativo, organizacional y de personal, con el fin de controlar cualquier incidente que ponga en riesgo la continuidad de los procesos productivos, la integridad y salud de los trabajadores o como tal el funcionamiento de la compañía.

**Tabla 13.** *Plan de contingencias*

<b>Plan de contingencias</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>Metas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer las medidas y/o acciones inmediatas en caso de desastres naturales o provocados por el hombre.</li> <li>• Brindar protección de alto nivel contra todo posible evento la integridad física de las instalaciones, empleados, medio ambiente, población local y propiedad privada.</li> <li>• Reducir los impactos potenciales ambientales y otros impactos durante la construcción y operación del proyecto.</li> <li>• Ejecutar las acciones de control durante y después de la ocurrencia de desastres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responder por las operaciones de la planta entender cada una de las implicancias en su operación, así como utilizar todos los medios humanos y técnicos para poder controlar la contingencia en el menor tiempo posible. Este mismo también ayudara a la identificación de la naturaleza del riesgo ya sea tecnológico por algún mal funcionamiento del sistema o de carácter natural.</li> </ul>

- Capacitar e instruir a todo el personal en cuanto a la acción ante emergencias.

**Localización**



La ubicación mostrada en la anterior imagen hace referencia a las zonas que presentan mayor viabilidad para la construcción de la planta, por lo tanto, también corresponderá a toda la zona en donde se deberán aplicar el plan de seguimiento y monitoreo para educación ambiental.

<b>Etapas</b>	
<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>
<b>Tipo de medida</b>	<b>Impactos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir.</li> <li>• Mitigar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocurrencia de algún incidente tanto en etapa de construcción como de operación.</li> <li>• Incremento en la contaminación del agua, aire y suelo.</li> <li>• Incremento en la contaminación por altos niveles de ruido.</li> <li>• Afectación sobre la salud de los trabajadores.</li> </ul>
<b>Responsable en ejecución</b>	<b>Responsable en control</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de Unidad de Contingencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brigada de Primeros Auxilios.</li> <li>• Brigada de Extinción.</li> <li>• Brigada de Seguridad.</li> <li>• Brigada de Logística.</li> <li>• Brigada de Evacuación, Rescate y Búsqueda.</li> </ul>
<b>Actividades por realizar</b>	

1. **Brigadas de emergencia.**

Realizar brigadas de emergencia con el personal permanente del proyecto ya sea de construcción u operación, cuyas tareas especializadas los hacen responsables de coordinar y ejecutar todas las actividades para la prevención, preparación y respuesta ante un desastre. El personal de los comités deberá estar en comunicación con las autoridades respectivas en caso de una emergencia mayor para así poder acatar lo establecido, por lo cual se debe

mantener un monitoreo y registro de las actividades consideradas relevantes en caso de emergencia para poder verificar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y del mismo plan.

<p><b>2. Señalización del proyecto.</b></p>	<p>Tanto en la etapa constructiva como operativa de las diferentes zonas, la señalización es un componente que transmite información sobre el estado, ubicación, características del equipo y las distintas áreas destinadas a las diversas actividades que se realizarán en el proyecto. El sistema de señalización permite dar mejor ubicación y orientación, al personal en general y personas ajenas al proyecto.</p> <p>Es por ello que, la señalización se debe de realizar mediante rótulos visibles, claros y entendibles, a través de un respectivo recorrido en el sitio para la identificación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas seguras.</li> <li>• Rutas de evacuación.</li> <li>• Velocidades internas para vehículos.</li> <li>• Puntos de encuentro o puntos seguros.</li> <li>• Áreas inflamables.</li> <li>• Ubicación de extintores.</li> <li>• Salidas de emergencia.</li> <li>• Áreas de trabajo (bodegas, carpintería, parqueos, oficinas, etc).</li> <li>• Áreas de peligro latente.</li> <li>• Utilización de dispositivos de seguridad personal.</li> <li>• Zonas no seguras y de uso restringido.</li> </ul>
<p><b>3. Ubicación de botiquines de primeros auxilios.</b></p>	<p>Este deberá ser equipado con los siguientes medicamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analgésicos para el dolor de cabeza.</li> <li>• Analgésico o antiespasmódico para el dolor estomacal</li> <li>• Desinfectantes de heridas de primer grado</li> <li>• Alcohol.</li> <li>• Agua Oxigenada.</li> <li>• Algodón.</li> <li>• Esparadrapo y gasas.</li> <li>• Medicina para la curación de heridas.</li> <li>• Ungüento para torceduras y dolores musculares.</li> <li>• Vendas.</li> </ul> <p>La ubicación de este botiquín deberá ser en un lugar que esté al alcance de los empleados expuestos a sufrir accidentes de cualquier índole, con el fin de poder utilizar los medicamentos en el momento que se necesiten.</p>
<p><b>4. Unidades móviles de desplazamiento rápido.</b></p>	<p>La unidad de contingencias deberá contar con vehículos que, aunque cumplan funciones dentro de</p>

las actividades normales para el desarrollo del proyecto, en caso de presentarse una situación de emergencia deberán acudir rápidamente al llamado que se le haga durante un siniestro. Dichos vehículos deberán permanecer en buen estado y ser revisados periódicamente para que su funcionamiento sea adecuado y en caso de no estar en buen estado deberá reemplazarse. Se deberá identificar el hospital o centro de salud más cercano en caso de presentarse heridos o alguna situación en que se necesitare movilizar personal para ellos.

**5. Equipo contra incendios.**

Se contará con extintores en todas las instalaciones del proyecto, ubicados de manera estratégica en los sitios de mayor riesgo. Así mismo se realizarán actividades como:

- Simulacro anual de respuesta ante un principio de incendio.
- Entrenamientos mensuales en el uso de equipo de respuesta para incendio y en cómo manejar un derrame de hidrocarburos.

**6. Equipo de protección para todo el personal.**

La dotación del personal debe reunir las condiciones mínimas de resistencia, durabilidad, comodidad para lograr la protección de los empleados contratados ante la ocurrencia de cualquier suceso durante la ejecución del proyecto.

**Cronograma**

CRONOGRAMA					
Actividad / mes	1	2	3	4	5
Realización de brigadas de emergencia	x			x	
Señalización del proyecto	x	x	x	x	x
Colocación de un botiquín de primeros auxilios	x	x	x	x	x
Unidades móviles de desplazamiento rápido	x	x	x	x	x
Equipo contra incendios	x	x	x	x	x
Equipo de protección para todo el personal	x	x	x	x	x

**Costos**

**Costos de personal y materiales por brigada:** \$3.600.000  
**Señalización:** \$1.000.000  
**Botiquines:** \$150.000  
**Unidades móviles:** \$2.000.000  
**Extintores:** \$250.000  
**Dotación:** \$200.000  
**TOTAL:** \$21.600.000

**Indicadores**

- $(N^{\circ} \text{ de sitios con señalización} / N^{\circ} \text{ de sitios intervenidos por equivocación}) * 100$
- $(\text{Área total intervenida en Ha} / \text{Área total restaurada en Ha}) * 100$
- $(N^{\circ} \text{ de accidentes auxiliados de manera inmediata} / N^{\circ} \text{ de kits especializados con los que se cuenta para afrontar dichos accidentes}) * 100$

#### 4.9 Evaluación financiera

Para el análisis financiero se realizaron diferentes estimaciones sobre ítems como: la cantidad de bagazo de palma africana disponible en el departamento del Meta, la estimación y proyección de costos de insumos adicionales de procesos de producción, el personal requerido para el funcionamiento mismo de la planta, los materiales y equipos, entre otros tipos de costos que se generan o se deben tener en cuenta durante la planeación de un proyecto como este. También se generó una proyección sobre la producción estimada que tendría la planta con el fin de poder dar respuesta a cuantos ingresos generaría esta y por ende hallar la viabilidad financiera de la misma a través de unos indicadores económicos.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Figura 25.** Cantidad de fruto, biomasa y etanol producido.

CANTIDAD DE FRUTO, BIOMASA Y ETANOL PRODUCIDO					
Concepto	2024	2025	2026	2027	2028
Cantidad de fruto procesado en zona oriente del país (Ton/año)	3.106.366	3.106.366	3.106.366	3.106.366	3.106.366
Porcentaje que se transforma en residuo ( Tuza y fibra)	31%	31%	31%	31%	31%
Cantidad de residuo saliente de las plantas (Ton/año)	962.973	962.973	962.973	962.973	962.973

Tomado de Bastidas B. (2013).

**Figura 26.** Balance de biomasa en cada proceso.

Concepto	Entrada	Salida	Rendimiento
Cantidad biomasa - Pretratamiento Físico (Ton/día)	2.675	2.621	98%
Cantidad biomasa - Pretratamiento Químico (Ton/día)	2.621	1.311	50%
Cantidad biomasa - Hidrólisis enzimática (Ton/día)	1.311	1.049	80%
Cantidad biomasa - Fermentación (Ton/día)	1.049	944	90%
Cantidad biomasa - Destilación (Ton/día)	944	944	100%

Tomado de Bastidas B. (2013).

**Figura 27.** Cantidad de producción de Bioetanol en Toneladas.

Transformación a BIOETANOL					
Cantidad etanol obtenido del proceso (Ton/año)	339.737	339.737	339.737	356.724	356.724
Cantidad etanol obtenido del proceso (Ton/mes)	28.311	28.311	28.311	29.727	29.727
Cantidad etanol obtenido del proceso (Ton/día)	944	944	944	991	991

**Figura 28.** Cantidad de producción de Bioetanol en Litros.

Transformación a BIOETANOL					
Cantidad etanol obtenido del proceso (Litros/año)	435.560.303	435.560.303	435.560.303	457.338.319	457.338.319
Cantidad etanol obtenido del proceso (Litros/mes)	36.296.692	36.296.692	36.296.692	38.111.527	38.111.527
Cantidad etanol obtenido del proceso (Litros/día)	1.209.890	1.209.890	1.209.890	1.270.384	1.270.384

**Figura 29.** Calculo Costos Personal operativo.

Concepto	Año Base 2023			CMO Año 2024		
	Empleados	Sueldo integral	Total Sueldo	Jornales	Sueldo integral	Total Sueldo
Operarios	30	\$ 2.000.000	\$ 60.000.000	30	\$ 2.200.000	\$ 66.000.000
Subsidio de Transporte	30	\$ 117.172	\$ 3.515.160	30	\$ 123.031	\$ 3.690.918
Pensiones	30	\$ 120.000	\$ 3.600.000	30	\$ 126.000	\$ 3.780.000
Riesgos profesionales	30	\$ 5.220	\$ 156.600	30	\$ 5.481	\$ 164.430
Parafiscales	30	\$ 40.000	\$ 1.200.000	30	\$ 42.000	\$ 1.260.000
Salud	30	\$ 85.000	\$ 2.550.000	30	\$ 89.250	\$ 2.677.500
Prima de Servicios	30	\$ 93.060	\$ 2.791.800	30	\$ 97.713	\$ 2.931.390
Cesantías	30	\$ 93.060	\$ 2.791.800	30	\$ 97.713	\$ 2.931.390
Vacaciones	30	\$ 41.700	\$ 1.251.000	30	\$ 43.785	\$ 1.313.550
<b>Total Mensual</b>	30	\$ 2.595.212	\$ 77.856.360	30	\$ 2.824.973	\$ 84.749.178
<b>Total Anual</b>		\$ 31.142.544	\$ 934.276.320		\$ 33.899.671	\$ 1.016.990.136

CMO Año 2025			CMO Año 2026		
Jornales	Sueldo integral	Total Sueldo	Jornales	Sueldo integral	Total Sueldo
30	\$ 2.420.000	\$ 72.600.000	30	\$ 2.662.000	\$ 79.860.000
30	\$ 129.182	\$ 3.875.464	30	\$ 135.641	\$ 4.069.237
30	\$ 132.300	\$ 3.969.000	30	\$ 138.915	\$ 4.167.450
30	\$ 5.755	\$ 172.652	30	\$ 6.043	\$ 181.284
30	\$ 44.100	\$ 1.323.000	30	\$ 46.305	\$ 1.389.150
30	\$ 93.713	\$ 2.811.375	30	\$ 98.398	\$ 2.951.944
30	\$ 102.599	\$ 3.077.960	30	\$ 107.729	\$ 3.231.857
30	\$ 102.599	\$ 3.077.960	30	\$ 107.729	\$ 3.231.857
30	\$ 45.974	\$ 1.379.228	30	\$ 48.273	\$ 1.448.189
<b>Total Mensual</b>	\$ 3.076.221	\$ 92.286.637	30	\$ 3.351.032	\$ 100.530.969
<b>Total Anual</b>	\$ 36.914.655	\$ 1.107.439.643	30	\$ 40.212.387	\$ 1.206.371.625

CMO Año 2027			CMO Año 2028		
Jornales	Sueldo integral	Total Sueldo	Jornales	Sueldo Básico	Total Sueldo
30	\$ 2.928.200	\$ 87.846.000	30	\$ 3.221.020	\$ 96.630.600
30	\$ 142.423	\$ 4.272.699	30	\$ 149.544	\$ 4.486.334
30	\$ 145.861	\$ 4.375.823	30	\$ 79,49	\$ 2.384,61
30	\$ 6.345	\$ 190.348	30	\$ 29,81	\$ 894,24
30	\$ 48.620	\$ 1.458.608	30	\$ 59,62	\$ 1.788,45
30	\$ 103.318	\$ 3.099.541	30	\$ 56,30	\$ 1.689,09
30	\$ 113.115	\$ 3.393.450	30	\$ 55,18	\$ 1.655,31
30	\$ 113.115	\$ 3.393.450	30	\$ 55,18	\$ 1.655,31
30	\$ 50.687	\$ 1.520.598	30	\$ 27,62	\$ 828,66
<b>Total Mensual</b>	\$ 3.651.684	\$ 109.550.517	<b>T. Mens.</b>	\$ 3.370.928	\$ 101.127.830
<b>Total Anual</b>	\$ 43.820.207	\$ 1.314.606.206	<b>T. Anual</b>	\$ 40.451.132	\$ 1.213.533.955

ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 90

**Figura 30.** *Costos personal preoperativo*

Personal de Preoperativo		
	Sueldo Base	Sueldo Total
Coordinador del proyecto	\$ 15.000.000,00	\$ 15.595.212,00
Gerente financiero	\$ 10.000.000,00	\$ 10.595.212,00
Director comercial	\$ 9.000.000,00	\$ 9.595.212,00
Jefe de área administrativa	\$ 8.000.000,00	\$ 8.595.212,00
Jefe de área Técnica	\$ 8.000.000,00	\$ 8.595.212,00
Asesor Jurídico	\$ 5.000.000,00	\$ 5.595.212,00
Ingeniero ambiental	\$ 5.000.000,00	\$ 5.595.212,00
Ingeniero industrial	\$ 5.000.000,00	\$ 5.595.212,00
Auxiliares de metalmeccanica	\$ 2.000.000,00	\$ 2.595.212,00
Tecnico nivel 1 en electricidad	\$ 2.000.000,00	\$ 2.595.212,00
Auxiliar administrativo	\$ 2.000.000,00	\$ 2.595.212,00
<b>Total mensual</b>		<b>\$ 77.547.332,00</b>
<b>Total anual</b>		<b>\$ 930.567.984,00</b>

**Figura 31.** *Total costos personal*

Costos Personal	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Personal Operarios, Ayudantes y Auxiliares						
Total mensual	\$ 77.856.360,00	\$ 84.749.178	\$ 92.286.637	\$ 100.530.969	\$ 109.550.517	\$ 101.127.830
Total anual	\$ 934.276.320,00	\$ 1.016.990.136	\$ 1.107.439.643	\$ 1.206.371.625	\$ 1.314.606.206	\$ 1.213.533.955
Total Personal Preoperativo						
Total mensual	\$ 77.547.332,00	\$ 83.906.213	\$ 90.702.616	\$ 97.958.826	\$ 106.285.326	\$ 115.425.864
Total anual	\$ 930.567.984,00	\$ 1.006.874.559	\$ 1.088.431.398	\$ 1.175.505.910	\$ 1.276.599.418	\$ 1.386.386.968
<b>TOTAL ANUAL (Operarios + Preoperativo)</b>	<b>\$ 1.864.844.304</b>	<b>\$ 2.023.864.695</b>	<b>\$ 2.195.871.041</b>	<b>\$ 2.381.877.535</b>	<b>\$ 2.591.205.624</b>	<b>\$ 2.599.920.923</b>

**Figura 32.** *Proyección de costos bagazo de palma africana.*

PROYECCION DE COSTOS BAGAZO DE PALMA AFRICANA						
	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026	AÑO 2027	AÑO 2028
<b>Precio/Ton</b>	\$0	\$0	\$140.940	\$152.356	\$164.545	\$178.531
<b>Total</b>	\$0	\$0	\$135.721.479.452	\$146.714.919.288	\$158.452.112.831	\$171.920.542.422

**Figura 33.** *Proyección de costos Materia Prima e insumos*

Hidróxido de Sodio (NaOH)			
Concepto	2022	Ton/día	Kg/día
Precio/Kg	\$5.000	26,2	26214,27752
TOTAL			\$131.071.388
Total costo mensual			\$3.932.141.628
Total costo anual			\$47.185.699.540

Sulfato de Calcio (CaSO4)			
Concepto	2022	Ton/día	Kg/día
Precio/Kg	\$1.800	26,2	26214,27752
TOTAL			\$47.185.700
Total costo mensual			\$1.415.570.986
Total costo anual			\$16.043.137.844

Levadura			
Concepto	2022	Ton/día	Kg/día
Precio/Kg	\$15.000	2,5	2500
TOTAL			\$37.500.000
Total mensual			\$1.125.000.000
Total costo anual			\$12.750.000.000

Enzimas			
Concepto	2022	Ton/día	Kg/día
Precio/Kg	\$80.000	2,9	2900
TOTAL			\$232.000.000
Total costo mensual			\$6.960.000.000
Total costo anual			\$78.880.000.000

**Figura 34.** *Costo total materia prima.*

	Costo total materia prima					
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Bagazo	\$ 0	\$ 0	\$ 135.721.479.452	\$ 146.714.919.288	\$ 158.452.112.831	\$ 171.920.542.422
Hidróxido de Sodio (NaOH)	\$ 47.185.699.540	\$ 51.054.926.902	\$ 55.190.375.981	\$ 59.605.606.060	\$ 64.672.082.575	\$ 70.233.881.676
Sulfato de Calcio (CaSO4)	\$ 16.043.137.844	\$ 17.358.675.147	\$ 18.764.727.834	\$ 20.265.906.060	\$ 21.988.508.075	\$ 23.879.519.770
Levadura	\$ 25.500.000.000	\$ 27.591.000.000	\$ 29.825.871.000	\$ 32.211.940.680	\$ 34.949.955.638	\$ 37.955.651.823
Enzimas	\$ 78.880.000.000	\$ 85.348.160.000	\$ 92.261.360.960	\$ 99.642.269.837	\$ 108.111.862.773	\$ 117.409.482.971
<b>Total anual</b>	<b>\$ 167.608.837.384</b>	<b>\$ 181.352.762.049</b>	<b>\$ 331.763.815.227</b>	<b>\$ 358.440.641.925</b>	<b>\$ 388.174.521.892</b>	<b>\$ 421.399.078.662</b>

**Figura 35. Costo dotaciones del personal**

Dotación	Valor
Concepto	
Batas	\$ 50.000,00
Tapabocas	\$ 1.000,00
Gafas de seguridad	\$ 6.900,00
Cascos	\$ 20.000,00
Botas	\$ 40.000,00
Total	\$ 117.900,00

**Figura 36. Variación del IPC Y PIB estimada**

VARIACION	IPC	PIB
2023	10,20%	3,90%
2024	8,00%	4,20%
2025	8,10%	4,10%
2026	8,00%	4,00%
2027	8,50%	3,90%
2028	8,60%	3,90%

**Figura 37. Proyección costos indirectos de fabricación.**

Proyección Costos Indirectos de Fabricación						
Concepto	Año Base 2023	2024	2025	2026	2027	2028
Energía Eléctrica	\$ 603.108.000	\$ 652.562.856	\$ 705.420.447	\$ 761.854.083	\$ 826.611.680	\$ 897.700.285
Agua	\$ 500.000.000	\$ 541.000.000	\$ 584.821.000	\$ 631.606.680	\$ 685.293.248	\$ 744.228.467
Transporte M.P	\$ 506.711.111	\$ 548.261.422	\$ 592.670.597	\$ 640.084.245	\$ 694.491.406	\$ 754.217.667
Planes y Programas ambientales	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000
Personal Preoperativo	\$ 77.547.332	\$ 83.906.213	\$ 90.702.616	\$ 97.958.826	\$ 106.285.326	\$ 115.425.864
Ayudante Carga-descargue MP	\$ 1.500.000	\$ 1.623.000	\$ 1.754.463	\$ 1.894.820	\$ 2.055.880	\$ 2.232.685
Mantenimientos de equipos	\$ 50.000.000	\$ 54.100.000	\$ 58.482.100	\$ 63.160.668	\$ 68.529.325	\$ 74.422.847
<b>Total CIF Mensual</b>	<b>\$ 1.838.866.443</b>	<b>\$ 1.981.453.491</b>	<b>\$ 2.133.851.224</b>	<b>\$ 2.296.559.322</b>	<b>\$ 2.483.266.865</b>	<b>\$ 2.688.227.815</b>
Dotación Operarios						
Costo Unitario Dotación Oper.	\$ 137.900	\$ 149.208	\$ 161.294	\$ 174.197	\$ 189.004	\$ 196.375
Dotaciones al año	\$ 1	\$ 1	\$ 1	\$ 1	\$ 1	\$ 1
Numero de Operarios	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30
Personal CIF	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20
Total Personal Producción	\$ 50	\$ 50	\$ 50	\$ 50	\$ 50	\$ 50
Costos Indirectos Fabricación Anuales						
AÑO	2023	2024	2025	2026	2027	2028
CIF Anual	\$ 22.066.397.317	\$ 23.777.441.897	\$ 25.606.214.691	\$ 27.558.711.866	\$ 29.799.202.375	\$ 32.258.733.779
Dotación Uniformes	\$ 4.137.000	\$ 4.476.234	\$ 4.838.809	\$ 5.225.914	\$ 5.670.116	\$ 5.891.251
<b>TOTAL CIF ANUAL</b>	<b>\$ 22.070.534.317</b>	<b>\$ 23.781.918.131</b>	<b>\$ 25.611.053.500</b>	<b>\$ 27.563.937.780</b>	<b>\$ 29.804.872.491</b>	<b>\$ 32.264.625.030</b>

**Figura 38.** Producción de bioetanol en toneladas.

PRODUCCION DE BIOETANOL EN TONELADAS						
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<b>Mensual</b>	-	28.311	28.311	28.311	29.727	29.727
<b>Anual</b>	-	339.737	339.737	339.737	356.724	356.724

**Figura 39.** Precios del bioetanol y precio del dólar tomado.

Precio dólar	4698	cop
Toneladas de bioetanol	1	Ton
Densidad Bioetanol	0,78	kg/L
Volumen	1282,051282	L
Volumen	338,2721061	Ga
Precio	\$ 627,00	USD/Ton
Precio	\$ 2.945.646,00	Cop/Ton
Precio	\$ 8.707,92	Cop/Ga
Precio	\$ 2.297,60	Cop/L

**Figura 40.** Ventas presupuestadas anuales.

Año	Ventas Presupuestadas mensuales (Ton)	Precio de venta/Ton	Ventas Reales anuales en Toneladas	Ventas Anuales
2023	0	\$ -	0	\$ -
2024	28311	\$ 3.187.188,97	339737	\$ 1.082.806.136.712
2025	28311	\$ 3.445.351,28	339737	\$ 1.170.513.433.786
2026	28311	\$ 3.720.979,38	339737	\$ 1.264.154.508.488
2027	29727	\$ 4.037.262,63	356724	\$ 1.440.188.023.795
2028	29727	\$ 4.384.467,21	356724	\$ 1.564.044.193.842

**Figura 41.** *Presupuesto de inversión año inicial.*

Presupuesto de Inversión			
			2023
Cantidad	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Vlr. De Compra	Valor Total
	Construccion		\$ 98.339.456.808
2	Molino	\$ 187.920.400	\$ 375.840.800
-	Canales/tuberia	\$ 100.000.000	\$ 100.000.000
5	Reactor Pretratamiento	\$ 16.443.000	\$ 82.215.000
14	Reactor hidrolisis enzimatica	\$ 16.443.000	\$ 230.202.000
20	Filtro prensa	\$ 40.000.000	\$ 800.000.000
14	Fermentador	\$ 23.490.000	\$ 328.860.000
2	Torre destiladora	\$ 300.000.000	\$ 600.000.000
10	Microtamices	\$ 30.000.000	\$ 300.000.000
2	Tanque de almacenamiento	\$ 37.584.000	\$ 75.168.000
	Equipos auxiliares		\$ 1.000.000.000
	Total equipos y maquinaria		\$ 3.892.285.800
1	Vehiculo de carga	\$ 350.000.000	\$ 350.000.000
	<b>Total activos fijos</b>		\$ 102.581.742.608
	Gastos de Legalizacion		\$ 21.634.680.498
	Capital de trabajo		\$ 191.544.216.005
	MOD		\$ 1.864.844.304
	Materia prima e insumo		\$ 167.608.837.384
	CIF		\$ 22.070.534.317
	Imprevistos (9%)		\$ 28.418.457.520
	<b>TOTAL</b>		\$ 315.760.639.111

**Figura 42.** *Proyección presupuestos de inversión.*

Concepto	2024	2025	2026	2027	2028
	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total
Gastos de Legalizacion	\$ 23.408.724.299	\$ 25.304.830.967	\$ 27.329.217.444	\$ 29.652.200.927	\$ 32.202.290.207
Capital de trabajo	\$ 221.349.496.378	\$ 374.906.217.014	\$ 404.943.803.130	\$ 438.522.625.045	\$ 475.966.288.773
MOD	\$ 1.864.844.304,00	\$ 2.023.864.694,69	\$ 2.195.871.040,74	\$ 2.381.877.534,72	\$ 2.591.205.624,20
Materia prima e insumo	\$ 181.352.762.049	\$ 331.763.815.227	\$ 358.440.641.925	\$ 388.174.521.892	\$ 421.399.078.662
CIF	\$ 23.781.918.131	\$ 25.611.053.500	\$ 27.563.937.780	\$ 29.804.872.491	\$ 32.264.625.030
Imprevistos (9%)	\$ 14.349.971.893	\$ 15.507.483.592	\$ 16.743.352.384	\$ 18.161.353.126	\$ 19.711.379.456
<b>TOTAL</b>	\$ 244.758.220.676	\$ 400.211.047.981	\$ 432.273.020.574	\$ 468.174.825.971	\$ 508.168.578.979

# ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 95

**Figura 43. Estado de resultados.**

Estado de resultados esperado					
Concepto	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$ 1.082.806.136.711,95	\$ 1.170.513.433.785,62	\$ 1.264.154.508.488,47	\$ 1.440.188.023.795,49	\$ 1.564.044.193.841,90
Costo de Ventas	\$ 294.125.958.612,93	\$ 221.349.496.377,82	\$ 374.906.217.014,32	\$ 404.943.803.129,72	\$ 438.522.625.044,61
Utilidad Bruta	\$ 788.680.178.099	\$ 949.163.937.407,80	\$ 889.248.291.474,15	\$ 1.035.244.220.665,77	\$ 1.125.521.568.797,29
<b>Gastos de Operación:</b>					
Administrativos	\$ 21.634.680.497,76	\$ 23.408.724.298,58	\$ 25.304.830.966,76	\$ 27.329.217.444,10	\$ 29.652.200.926,85
Depreciacion	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80
De ventas	\$ 28.418.457.519,96	\$ 19.921.454.674,00	\$ 33.741.559.531,29	\$ 36.444.942.281,67	\$ 39.467.036.254,02
Utilidad Operacional	\$ 728.368.865.820,50	\$ 895.575.584.174,42	\$ 819.943.726.715,30	\$ 961.211.886.679,19	\$ 1.046.144.157.355,62
<b>Gastos Financieros</b>	\$ 37.891.276.693,28	\$ 30.313.021.354,63	\$ 22.734.766.015,97	\$ 15.156.510.677,31	\$ 7.578.255.338,66
Otros Ingresos					
Otros Gastos					
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 690.477.589.127,21	\$ 865.262.562.819,79	\$ 797.208.960.699,33	\$ 946.055.376.001,88	\$ 1.038.565.902.016,97
Impuesto de Renta (30%)	\$ 207.143.276.738,16	\$ 259.578.768.845,94	\$ 239.162.688.209,80	\$ 283.816.612.800,56	\$ 311.569.770.605,09
Utilidad Neta antes de Reservas	\$ 483.334.312.389,05	\$ 605.683.793.973,86	\$ 558.046.272.489,53	\$ 662.238.763.201,32	\$ 726.996.131.411,88
Reservas (10%)	\$ 48.333.431.238,91	\$ 60.568.379.397,39	\$ 55.804.627.248,95	\$ 66.223.876.320,13	\$ 72.699.613.141,19
Utilidad Neta del ejercicio	\$ 435.000.881.150	\$ 545.115.414.576,47	\$ 502.241.645.240,58	\$ 596.014.886.881,19	\$ 654.296.518.270,69

**Figura 44. Flujo de caja.**

FLUJO DE CAJA						
Concepto	0	1	2	3	4	5
<b>Flujo de operación</b>						
Ventas	\$ -	\$ 1.082.806.136.712	\$ 1.170.513.433.786	\$ 1.264.154.508.488	\$ 1.440.188.023.795	\$ 1.564.044.193.842
Pago a proveedores	\$ -	\$ 167.608.837.384	\$ 181.352.762.049	\$ 331.763.815.227	\$ 358.440.641.925	\$ 388.174.521.892
Pago mano de obra	\$ -	\$ 1.864.844.304	\$ 1.016.990.136	\$ 1.107.439.643	\$ 1.206.371.625	\$ 1.314.606.206
Pago CIF	\$ -	\$ 22.070.534.317	\$ 23.781.918.131	\$ 25.611.053.500	\$ 27.563.937.780	\$ 29.804.872.491
Gastos administrativos	\$ -	\$ 21.634.680.498	\$ 21.634.680.498	\$ 21.634.680.498	\$ 21.634.680.498	\$ 21.634.680.498
Gasto de ventas	\$ -	\$ 28.418.457.520	\$ 20.500.771.573	\$ 34.210.528.998	\$ 36.796.106.864	\$ 39.683.581.298
Pago impuesto	\$ -	\$ 207.143.276.738	\$ 259.578.768.846	\$ 239.162.688.210	\$ 283.816.612.801	\$ 311.569.770.605
Gasto Depreciacion	\$ -	\$ 10.258.174.261	\$ 10.258.174.261	\$ 10.258.174.261	\$ 10.258.174.261	\$ 10.258.174.261
<b>Total Flujo de operación</b>	\$ -	\$ 623.807.331.690	\$ 652.389.368.291	\$ 600.406.128.152	\$ 700.471.498.042	\$ 761.603.986.591
<b>Flujo de inversion</b>						
Compra de quipos	\$ 102.581.742.608	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo insumos	\$ 191.544.216.005	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201
<b>Total Flujo de inversion</b>	\$ -	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201	\$ 38.308.843.201
<b>Flujo de financiaci3n</b>						
Capitalizaci3n						
Intereses		\$ 37.891.276.693	\$ 30.313.021.355	\$ 22.734.766.016	\$ 15.156.510.677	\$ 7.578.255.339
Abono a capital		\$ 37.891.276.693	\$ 37.891.276.693	\$ 37.891.276.693	\$ 37.891.276.693	\$ 37.891.276.693
Total Flujo de financiaci3n		\$ 75.782.553.387	\$ 68.204.298.048	\$ 60.626.042.709	\$ 53.047.787.371	\$ 45.469.532.032
Total Flujo de efectivo		\$ 586.333.621.505	\$ 622.493.913.445	\$ 578.088.928.644	\$ 685.732.553.872	\$ 754.443.297.760
Saldo inicial en Caja	-\$ 294.125.958.613	\$ -	\$ 586.333.621.505	\$ 1.208.827.534.949	\$ 1.786.916.463.593	\$ 2.472.649.017.465
Saldo Final en caja		\$ 586.333.621.505	\$ 1.208.827.534.949	\$ 1.786.916.463.593	\$ 2.472.649.017.465	\$ 3.227.092.315.225

# ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 96

**Figura 45. Balance general proyectado.**

BALANCE GENERAL PROYECTADO					
ACTIVOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Efectivo	\$ 586.333.621.505	\$ 1.208.827.534.949	\$ 1.786.916.463.593	\$ 2.472.649.017.465	\$ 3.227.092.315.225
Insumos	\$ 191.544.216.005	\$ 153.235.372.804	\$ 114.926.529.603	\$ 76.617.686.402	\$ 38.308.843.201
Total Activo Corriente	\$ 777.877.837.510	\$ 1.362.062.907.753	\$ 1.901.842.993.196	\$ 2.549.266.703.867	\$ 3.265.401.158.426
Construccion, Maquinaria y Equipo	\$ 102.581.742.608	\$ 102.581.742.608	\$ 102.581.742.608	\$ 102.581.742.608	\$ 102.581.742.608
Depreciación Acumulada Cons, Maq y Eq	-\$ 10.258.174.261	-\$ 20.516.348.522	-\$ 30.774.522.782	-\$ 41.032.697.043	-\$ 51.290.871.304
Total Activo Fijo	\$ 92.323.568.347	\$ 82.065.394.086	\$ 71.807.219.826	\$ 61.549.045.565	\$ 51.290.871.304
<b>TOTAL ACTIVO</b>	\$ 870.201.405.857	\$ 1.444.128.301.840	\$ 1.973.650.213.021	\$ 2.610.815.749.432	\$ 3.316.692.029.730
<b>PASIVOS</b>					
Impuestos por pagar	\$ 207.143.276.738	\$ 259.578.768.846	\$ 239.162.688.210	\$ 283.816.612.801	\$ 311.569.770.605
Total Pasivo Corriente	\$ 207.143.276.738	\$ 259.578.768.846	\$ 239.162.688.210	\$ 283.816.612.801	\$ 311.569.770.605
Obligaciones Bancarias L. Plazo	\$ 151.565.106.773	\$ 113.673.830.080	\$ 75.782.553.387	\$ 37.891.276.693	\$ -
Total Pasivo a Largo Plazo	\$ 151.565.106.773	\$ 113.673.830.080	\$ 75.782.553.387	\$ 37.891.276.693	\$ -
<b>TOTAL PASIVO</b>	\$ 358.708.383.511	\$ 373.252.598.926	\$ 314.945.241.596	\$ 321.707.889.494	\$ 311.569.770.605
<b>PATRIMONIO</b>					
Capital Social	\$ 126.304.255.644	\$ 126.304.255.644	\$ 126.304.255.644	\$ 126.304.255.644	\$ 126.304.255.644
Reserva Legal	\$ 48.333.431.239	\$ 60.568.379.397	\$ 55.804.627.249	\$ 66.223.876.320	\$ 72.699.613.141
Utilidades del Ejercicio	\$ 435.000.881.150	\$ 545.115.414.576	\$ 502.241.645.241	\$ 596.014.886.881	\$ 654.296.518.271
Utilidades Acumuladas	\$ -	\$ 435.000.881.150	\$ 980.116.295.727	\$ 1.482.357.940.967	\$ 2.078.372.827.848
<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	\$ 609.638.568.033	\$ 1.166.988.930.768	\$ 1.664.466.823.860	\$ 2.270.900.959.813	\$ 2.931.673.214.905
<b>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</b>	\$ 968.346.951.545	\$ 1.540.241.529.694	\$ 1.979.412.065.457	\$ 2.592.608.849.307	\$ 3.243.242.985.510

**Figura 46. Costo del capital de trabajo.**

Costo del capital de trabajo	0	1	2	3	4	5
Prestamos	\$ 189.456.383.466	\$ 151.565.106.773	\$ 113.673.830.080	\$ 75.782.553.387	\$ 37.891.276.693	-\$ 0
Proveedores		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Impuestos		\$ 207.143.276.738	\$ 259.578.768.846	\$ 239.162.688.210	\$ 283.816.612.801	\$ 311.569.770.605
Patrimonio	\$ 126.304.255.644	\$ 609.638.568.033	\$ 1.166.988.930.768	\$ 1.664.466.823.860	\$ 2.270.900.959.813	\$ 2.931.673.214.905
	\$ 315.760.639.111	\$ 968.346.951.545	\$ 1.540.241.529.694	\$ 1.979.412.065.457	\$ 2.592.608.849.307	\$ 3.243.242.985.510

# ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 97

**Figura 47.** Porcentajes de representación y valor CCPP

	0	1	2	3	4	5
Prestamos	60,00%	15,65%	7,38%	3,83%	1,46%	0,00%
Proveedores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuestos	0,00%	21,39%	16,85%	12,08%	10,95%	9,61%
Patrimonio	40,00%	62,96%	75,77%	84,09%	87,59%	90,39%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
<b>Costo de deuda</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Prestamos	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%
Proveedores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuestos	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Patrimonio ROE	0,00%	71,35%	46,71%	30,17%	26,25%	22,32%
	50,00%	121,35%	96,71%	80,17%	76,25%	72,32%
<b>Costo de deuda</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Prestamos	12,00%	3,13%	1,48%	0,77%	0,29%	0,00%
Proveedores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuestos	0,00%	6,42%	5,06%	3,62%	3,28%	2,88%
Patrimonio ROE	0,00%	44,92%	35,39%	25,37%	22,99%	20,17%
Total	12,00%	54,47%	41,92%	29,76%	26,57%	23,06%
Costo Capital Promedio Ponderado (CCPP)	31,30%					

**Figura 48.** Flujo de caja libre.

Concepto	0	1	2	3	4	5
Utilidad neta		\$ 483.334.312.389,05	\$ 605.683.793.973,86	\$ 558.046.272.489,53	\$ 662.238.763.201,32	\$ 726.996.131.411,88
inversion en equipos	-\$ 102.581.742.608,00					
Inversion en capital de trabajo	-\$ 191.544.216.004,93					
Prestamo	\$ 189.456.383.466,42					
Depreciacion		\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80	\$ 10.258.174.260,80
Recuperacion del capital de trabajo		\$ 38.308.843.200,99	\$ 38.308.843.200,99	\$ 38.308.843.200,99	\$ 38.308.843.200,99	\$ 38.308.843.200,99
Abono a capital		-\$ 37.891.276.693,28	-\$ 37.891.276.693,28	-\$ 37.891.276.693,28	-\$ 37.891.276.693,28	-\$ 37.891.276.693,28
Flujo de caja libre	-\$ 104.669.575.146,52	\$ 494.010.053.157,55	\$ 616.359.534.742,36	\$ 568.722.013.258,03	\$ 672.914.503.969,82	\$ 737.671.872.180,38

**Figura 49.** Tasas de rentabilidad y valor presente neto.

TASA DE RENTABILIDAD ESPERADA (TIO)	31,30%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 529.105.658.067
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	165,9%

**Figura 50.** *Índices de liquidez, nivel de endeudamiento, y rentabilidad.*

INDICES	FORMULA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
De liquidez						
capital de trabajo	Activo Corriente - Pasivo Corriente	\$ 570.734.560.772	\$ 1.102.484.138.907	\$ 1.662.680.304.986	\$ 2.265.450.091.066	\$ 2.953.831.387.821
Razón de corriente	Activo Corriente / Pasivo Corriente	375,53%	524,72%	795,21%	898,21%	1048,05%
De endeudamiento	FORMULA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Nivel de endeudamiento	Total Pasivo / Total Activos	41,22%	25,85%	15,96%	12,32%	9,39%
Endeudamiento a Corto plazo	Pasivo Corriente / Total Activos	23,80%	17,97%	12,12%	10,87%	9,39%
Endeudamiento a Largo plazo	Pasivo no Corriente / Total Activos	17,42%	7,87%	3,84%	1,45%	0,00%
Índice de autonomía	Total Pasivo / Total Patrimonio	58,84%	31,98%	18,92%	14,17%	10,63%
De rentabilidad	FORMULA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Margen bruto	Utilidad Bruta / Ventas Netas	72,84%	81,09%	70,34%	71,88%	71,96%
Margen operacional	Utilidad Operacional /	67,27%	76,51%	64,86%	66,74%	66,89%
Margen Neto	Utilidad Neta / Ventas Netas	40,17%	46,57%	39,73%	41,38%	41,83%
Rentabilidad del activo	Utilidad Neta / Total Activos	49,99%	37,75%	25,45%	22,83%	19,73%
Rentabilidad del patrimonio	Utilidad Neta / Total Patrimonio	71,35%	46,71%	30,17%	26,25%	22,32%

#### 4.9.1 Resultados de la viabilidad financiera

Principalmente se encontró que para la creación de la planta proyectada se necesitaría un presupuesto de inversión de 315.760.639.111 billones de pesos colombianos como se puede observar en la Figura No 39. Dentro de la inversión un 32.5% representa la inversión en activos fijos, un 6.9% gastos de legalización, un 9% estimado para los imprevistos y un 60.66% en capital de trabajo el cual es el factor que más puede variar e influir dentro del presupuesto de inversión del proyecto, ya que este capital de trabajo representa los costos de la materia prima, el sueldo de los trabajadores y los gastos fijos indirectos, cambiando constantemente debido a su dependencia de factores como el valor del dólar, el PIB y la tasa de intereses al consumidor.

Dentro del estado de resultados (Fig. 41) se muestra que, en este análisis inicial sobre la viabilidad de la planta de bioetanol, se tienen ingresos de ventas muy superiores a los costos que

se generan por producción, teniendo una utilidad bruta en el primer año de producción de \$ 788.680.178.099 billones de pesos. Ahora bien, dentro de la planeación y los cálculos realizados para estos indicadores, se tuvo en cuenta que se financiaría el proyecto con un 60% de un crédito bancario, el cual se buscaría que fuera por parte de bancos internacionales que financien proyectos ambientales, ya que estos tienen grandes beneficios a la hora de analizar las tasas de interés y las amortizaciones que generan dentro del proyecto.

Al final del estado de resultados, se encontró que la utilidad Neta del proyecto, ya descontados los gastos financieros, impuestos, reservas y otro tipo de gastos se tendría un valor \$ 435.000.881.150 billones de pesos colombianos, un ingreso suficiente para suplir los costos de ventas e inversión del siguiente año de producción, por lo cual se analiza que no se necesitara de un segundo apalancamiento financiero en los siguientes años de producción de la planta.

Dentro de los indicadores que se calcularon para representar la viabilidad financiera de la planta, se tuvo en cuenta indicadores como el costo capital promedio ponderado (CCPP) el cual es el coste de capital que corresponde a la tasa de rendimiento que esperan los inversionistas sobre los valores del proyecto, la Tasa interna de Retorno (TIR) y el valor presente neto de la empresa que se pueden observar en la Figura 47, de estos indicadores encontramos que la Tasa de rentabilidad esperada por los socios es cerca del 31% y que la rentabilidad que generara el proyecto está alrededor del 166%, este último valor es muy ideal ya que representaría una gran rentabilidad de parte de la empresa pero por bibliografía muy probablemente represente algunas inconsistencias dentro de su cálculo, debido a que se pueden haber omitido gastos adicionales generados en el desarrollo del proyecto ya que al momento de realizar estos proyectos, se encontrarán demás gastos de inversión de los que se proyectaron o se tuvieron en el presupuesto inicial.

## 5. Conclusiones

Se determinó que el departamento más apto para ubicar la planta de producción de bioetanol es el departamento del Meta debido a que presenta la mayor densidad de plantas productoras de aceite de palma con 21 núcleos palmeros y una alta productividad, siendo 3,4 toneladas de aceite de palma crudo por hectárea (durante el 2020).

A través de la metodología de ubicación-asignación para la zonificación realizada, se logró establecer la distancia adecuada de la futura planta de producción de bioetanol teniendo en cuenta las vías tipo 1, 2 y 3, los cuerpos de agua, las áreas protegidas, los centros poblados y las torres o estaciones eléctricas para asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos garantizando el funcionamiento de la planta de bioetanol.

Se encontró que la zona más viable para la construcción de la planta de bioetanol está ubicada al noroeste del municipio de Cumaral, en la parte rural, a más de 1 kilómetro de distancia del Río Guacavia y a 5,4 km de la planta de producción de aceite de palma en la hacienda “La Cabaña”.

Las bases cartográficas incluyen una breve sistematización de todos los elementos espaciales haciendo particular referencia a las bases cartográficas oficiales ya que en ocasiones se requiere desarrollar bases cartográficas específicas, o bien intercambiar el modelo de datos espaciales a través de procesos de rasterización (especialmente para las fases analíticas) y vectorización (más ligados a la presentación de resultados).

Mediante el análisis multicriterio se puede evaluar y observar diversas soluciones a un problema determinado, en el cual se usan herramientas que facilitan la toma de decisiones teniendo en cuenta ciertos criterios para llegar a una solución óptima.

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 101

Se concluyó con base en fuentes secundarias los porcentajes de rendimiento de cada una de las etapas del proceso de producción de bioetanol, sin embargo, se manejó un rendimiento más bajo del encontrado en las proyecciones de producción del biocombustible, para mantener en una visión realista el proceso productivo.

Se concluyó que las etapas de mayor influencia dentro del proceso de producción son las de hidrólisis y fermentación, ya que estas tienen altos tiempos de reacción por lo cual se puede generar un cambio brusco en la cantidad de etanol producido dentro de la planta y por ende en sus ingresos.

Dentro del estudio de viabilidad económica, se halló que en los costos de las materias primas, los insumos como las enzimas, que son usados para la degradación de la lignina y la extracción de los azúcares del interior del bagazo de la palma, son los de mayor costo en los primeros años de producción y además por sus características son difíciles de conseguir en el mercado, por lo cual se recomendaría tener en cuenta alternativas de producción de las mismas ya que estas pueden obtenerse del mismo material lignocelulósico.

Se encontró que la producción de etanol de segunda generación a partir del bagazo de palma es un proyecto altamente rentable, que puede generar grandes beneficios socioeconómicos y que además de esto su producción es un cambio de salida a la gestión de este residuo agroindustrial, el cual termina contribuyendo a diversificar la matriz de biocombustibles del país.

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda establecer un programa de seguridad que evite la sobre carga eléctrica, a causa del exceso de cables con los que se puedan causar cortos circuitos y a su vez que dicha parte sea llevada a cabo en tubería metálica aérea para evitar la exposición por derramamiento de biocombustible en todo el proceso, haciendo que la instalación sea más segura garantizando que los equipos cumplan con la protección y preservación del medio ambiente.

Destinar un área para almacenamiento de residuos el cual debe estar cubierto para evitar que el agua lluvia provoque arrastre de contaminantes, resaltando que debe contar con un sistema de ventilación para evitar la acumulación de gases y malos olores, principalmente en caso de situarse cerca de un efluente hídrico.

Mantener un orden de limpieza con el cual se garantice que las áreas de tránsito se encuentren libres de obstáculos para que se pueda evacuar con facilidad en caso de emergencia y a su vez reducir el factor riesgo físico que se presenta al no existir espacios por donde transitar.

Realizar la respectiva señalización y demarcación de las áreas de trabajo, para evitar contratiempos a lo largo de la construcción de la planta.

Se recomienda seguir los planes y programas para capacitar al operario frente al proceso, para disminuir la posibilidad de que se puedan producir accidentes y cualquier implementación de propuestas que no generen buenos resultados.

Se sugiere que dentro del proceso de producción, en el momento de fermentación se tenga cuidado absoluto con el tiempo establecido puesto que entre más tiempo se deje pasar se disminuyen los azúcares generando un porcentaje de alcohol bajo.

Ciertos equipos, como el tanque de fermentación deben contar con control de temperatura, puesto que el operario no puede evidenciar el cambio de esta y puede causar problemas, por ello el controlador de temperatura debe ser visual y sonoro para minimizar el riesgo.

Se recomiendo realizar un estudio más afondo sobre los gastos legales, jurídicos y administrativos que puede conllevar la creación de una planta de bioetanol, ya con los parámetros establecidos y con el dimensionamiento que se tiene presente en este estudio.

### Referencias

- Agencia Andaluza de la Energía. (2018). Consejería de Hacienda, Industria y Energía. Los biocarburantes en Andalucía. [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/informe\\_biocarburantes\\_dic\\_2018.pdf](https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/informe_biocarburantes_dic_2018.pdf). Último acceso 05/12/2019.
- Altuna, J. M., Bianchi Di Carcano, C., Novaro Hueyo, J. A., y Nagore, P. S. (2018). Instalación de una planta de *Itba*, 121. Obtenido de <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1688/proyecto%20final%20bioetanol.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Álvarez M. (S.F). Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía informa unam*, 359 (2009), 64-88.
- Amiri, H. y Karimi, K. (2018). Pretreatment and hydrolysis of lignocellulosic wastes for butanol production: Challenges and perspectives. *Bioresorce Technology*. 270: 702-721.
- Arboleda, (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Recuperado de [http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1\\_Manual\\_EIA.pdf](http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1_Manual_EIA.pdf).
- Basiron, Y., Chan, KW. (2004). The oil palm and its sustainability. *J Oil Palm Res*. 16:1-10.
- Bastias B. (2013). Sacarificación y Fermentación Simultánea (SSF) de raquis de palma africana (*Elaeis guineensis*) pretratado con ácido y álcali para la producción de etanol de segunda generación. Tomado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8567>.

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 105

Briceño Álvarez, I. C., Valencia Concha, J. F., & Posso Vacca, M. (2015). Potencial de generación de energía de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 36(3), 43-

53. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11575>

BUN-CA-Fundación Red Energía (2002). Manuales sobre energía renovable:

biomasa/biomass. Primera edición - San José, Costa Rica. Recuperado de:

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/5ea2e564af6f41d405257c](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5ea2e564af6f41d405257c)

[c1005b2354/\\$file/manuales\\_sobre\\_energ%c3%ada\\_renovablebiomasa.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5ea2e564af6f41d405257cc1005b2354/$file/manuales_sobre_energ%c3%ada_renovablebiomasa.pdf)

Cuervo, Laura, Folcii, Jorge Luis, y Quiroz, Estela. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. *Biotecnología*, 13-3.

Cepal. (S.F). Comisión Económica para América Latina y Caribe. Obtenido de <https://cepal.org/es>

Cheng, J.J. (2018). Biomass to renewable energy resources. CRC Press Taylor & Francis Group,

L.L.C. New York.

Díaz, J., & Silupú, V. (2017). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora

de bioetanol de segunda generación a partir de casaca de arroz. Lambayeque, Perú:

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Dicyt.com. Recuperado el 3 de febrero de 2023, de <https://www.dicyt.com/noticias/producentendulzante-con-residuos-de-palma-de-aceite>

DOF. (2008). Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Ciudad de México.

Eficrea (2022). Fermentador isobárico cilindrocónico 1000 L.

<https://eficrea.com/producto/fermentador-isobarico-cilindroconico-1000-lts>

Fedepalma. (2016). Fedepalma. Recuperado el 29 de 04 de 2022, de <https://web.fedepalma.org/>

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 106

Federación nacional de biocombustibles de Colombia. (3 de enero de 2022). *Fedebiocombustibles*.

<https://fedebiocombustibles.com/2022/01/03/4-contribuciones-clave-del-sector-de-los-biocombustibles-ante-los-compromisos-del-cop-26/>.

Fernández-Linares, L. C., Montiel-Montoya, J., Millán-Oropeza, A., & Badillo-Corona, A. (2012). Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, N° 8, 101–115.

Granda, M.G. 2011. Determinación de azúcares, productos de fermentación por HPLC en un proceso de obtención de etanol lignocelulósico. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Ibarra, d., redondo, j. M., & fajardo, c. (2013). Modelación de aspectos ambientales en la cadena de suministros del bioetanol. *Revista ingeniería industrial*, 12(2), 79-93.

IEA – International Energy Agency (2012). *Perspectiva Mundial de la Energía 2012*. Recuperado en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf>

Informe anual 2007—IAPG - instituto argentino del petróleo y del gas. (s. F.). Recuperado 29 de abril de 2022, de [https://www.iapg.org.ar/web\\_iapg/estadisticas/informe-anual/informe-anual-2007](https://www.iapg.org.ar/web_iapg/estadisticas/informe-anual/informe-anual-2007)

IPCC. Cambio climático. (2007). Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

López J. (s.f). Fruto de palma en campos de Nicaragua & DiCYT, A. (s/f). Producen endulzante con residuos de palma de aceite. Tomado de <https://es.mongabay.com/2020/07/cinco-claves-palma-africana-america-latina/>

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 107

López, J. S. (2013). Localización óptima de una planta de bioetanol a partir de tubérculos de patata (*helianthus tuberosus l.*) En la cuenca del duero. Tesis doctoral, universidad politécnica, e.t.s.i.

Agrónomos, Madrid, España. Obtenido de <https://oa.upm.es/2590/>.

Medina Morales, Miguel, Lara Fernández, Lorena, Aguilar, Cristóbal, And De La Garza Toledo, Heliodoro. (2011). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante

Mateus Fonlecha, Lady. (2011). Evaluación de los pretratamientos con ácido sulfúrico diluido y afex en la biomasa lignocelulósica del tipo pasto gigante "*pennisetum sp*". Bogotá.

Normatividad. (2022, 8 noviembre). Federación Nacional de Biocombustibles. <https://fedebiocombustibles.com/normatividad/>

Osorio, C. (2013). Uso integral de la biomasa de palma de aceite. PALMAS Vol. 34 No. Especial, Tomo II, pp. 315 – 323.

Patiño, P. (2014). Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Universidad de Santander.

Pasan, P. (2013). Ventajas e inconvenientes de la biomasa. Certificado de eficiencia energética.

PDES (2020). Plan de Desarrollo Económico y Social "Cumaral para Vivirla" 2020-2023.

<https://cumaralmeta.micolombiadigital.gov.co/sites/cumaralmeta/content/files/000210/10473>

[\\_pdm--cumaral-para-vivirla--20202023diagnostico\\_compressed.pdf](#)

Pineda, B., Muñoz, C., & Gil, H. (2018). Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el valle de aburrá: una revisión. *Ingeniería y desarrollo*, 36(2).

Doi:<https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10403>.

Plaza Lázaro, P. E., & García Cubero, M. T. (2017). Valorización de bagazo de la industria cervecera mediante su transformación en biocombustibles avanzados: Biobutanol. Universidad de Valladolid.

Quintero, L. (2017). Evaluación de potencial energético de los residuos sólidos agroindustriales del proceso de extracción de aceite de palma africana como alternativa energética para el reemplazo de la leña en la zona norte del departamento del cesar. Universidad de Manizales.

Ramírez, N., Arévalo, A. Y García, J. (2015). Inventario de la biomasa disponible en plantas de beneficio para su aprovechamiento y caracterización fisicoquímica de la tusa en Colombia. *Palmas*, 36(4), 41-54.

Ramírez, J. Y Taborda, A. (2014). Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción limpia*, 9(1), 99-114.

Redacción Finagro (S.F.). Ventajas de la biomasa. Finagro.

Redacción Twenergy (2019). Ventajas de la biomasa. Twenergy.

Redacción Twenergy (2019). La biomasa en Colombia: el gran reto para generar energía sustentable. Twenergy.

Rezi, a & allam, m. (1995). Techniques in array processing by means of transformations . En control and dynamic systems vol. 69 (págs. 133-180). San diego: academic press.

Rubin, E.M. (2008). Genomics of cellulose biofuels. *Nature*, 4, 844-845.

Sagarpa. (2009). Los bioenergéticos en México. Programa de producción sustentable de insumes para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico.

Salinas Callejas, E., & Gasca Quezada, V. (2009). Los Biocombustibles. *El Cotidiano*, 157(0186–1840), 75–82. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32512739009>

- Sánchez López, J. (2013). Localización óptima de una planta de bioetanol a partir de tubérculos de patata (*Helianthus tuberosus L.*) en la Cuenca del Duero (east=-5.219490299999961; north=42.4231911; name=El Burgo Ranero, León, Castilla y León, España) [Phd, E.T.S.I. Agrónomos (UPM)]. <https://oa.upm.es/22590/>
- Serrano-Ruiz, J. C., & Luque, R. (2011). Biocombustibles líquidos: procesos y tecnologías, 107, 383–389.
- Shanghai Junyi Filter Plant Co (2022). Filtro prensa tratamiento de aguas residuales. [https://es.made-in-china.com/co\\_xsglsb/product\\_Automatic-Industrial-Waste-Water-Treatment-Chamber-Membrane-Filter-Press\\_rouhoshrg.html](https://es.made-in-china.com/co_xsglsb/product_Automatic-Industrial-Waste-Water-Treatment-Chamber-Membrane-Filter-Press_rouhoshrg.html)
- Taherzadeh, Mohammad J Y Karimi, Keikhosro. (2008). Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas production: A review. *International Journal of Molecular Sciences*.1621-1655.
- Toro, F (2012) Palmas del cesar. Colección fotográfica de Fedepalma. Tomado de <https://web.fedepalma.org/palma-de-aceite-captura-co2-un>.
- Pacuar W. (s.f). Caracterización físicoquímica del cuesco y fibra obtenidos del procesamiento de palma africana para un aprovechamiento eficiente de la energía térmica en calderas. Tomado <https://repositorio.uisek.edu.e/PRESENTACION%20FINAL%20PROY%20TIT%20WP.pdf>
- Unoreciclaje (2019). HAAS Molinos de martillos estáticos. <https://www.unoreciclaje.com/productos/haas/HSZ/>
- UPME, U. d. (2009). Biocombustibles en Colombia. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía. Zonificación de Plantas de Bioetanol en Colombia 41
- UPME. (2015). La Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL 110

Van Dam, J. (2016). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa. *Palmas*, 37(Especial Tomo II), pp. 149-156.

Valencia, S. O. (2009). Agroindustria y conflicto armado El caso de la palma de aceite, 169-190

Vita L (2020). Colombia sigue consolidándose como una potencia en fuentes de energías renovables. La República.

Xuchen zhao (2022). Reactor químico material mixto. Made In China. [https://es.made-in-china.com/co\\_laizhoulongjun/product\\_Stainless-Steel-Reactor-5-Cubic-Enamel-Reactor-Chemical-Material-Mixing-Closed-Reactor\\_uohrnoousy.html](https://es.made-in-china.com/co_laizhoulongjun/product_Stainless-Steel-Reactor-5-Cubic-Enamel-Reactor-Chemical-Material-Mixing-Closed-Reactor_uohrnoousy.html)

Yang, D. 2020. Torre de destilación rectificadora de etanol. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000Liters-per-day-ethanol-rectifying-tower-1627153603.html>

Zapata, A. (2007). La Gestión Ambiental en el Sector Empresarial, una visión bajo el enfoque empresa – entorno como estrategia de competitividad. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1134/1/amparozapatagomez.2007.pdf>