

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de aprovechamiento del mucílago de café para la producción de etanol mediante hidrólisis enzimática**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Hermila Elizabeth Perez Vela**

**ASESOR**

**Danny Adolfo Bustamante Sigueñas**

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

**Chiclayo, 2023**

**Propuesta de aprovechamiento del mucílago de café para la  
producción de etanol mediante hidrólisis enzimática**

PRESENTADA POR

**Hermila Elizabeth Perez Vela**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Mariella Annie Vidarte Llaja

PRESIDENTE

Diana Peche Cieza  
SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y vida hasta llegar a cumplir cada uno de mis objetivos, de tal manera a mis padres que en el transcurso de mi vida han velado por mi bienestar y soporte emocional en el lapso de mi formación universitaria.

A mi familia por demostrarme su sincera confianza, no dudar ni un solo momento de mí y saber que puedo contar con ellos en todo momento.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, a Dios; así como a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por la excelente formación profesional como personal.

A mi asesor, Danny Adolfo Bustamante Sigueñas, por brindarme sus conocimientos, orientaciones, paciencia y motivación, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de mi investigación.

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

7%

2

[tesis.usat.edu.pe](http://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

5%

3

[idoc.pub](http://idoc.pub)

Fuente de Internet

1%

4

[fup.edu.co](http://fup.edu.co)

Fuente de Internet

1%

5

[red.uao.edu.co](http://red.uao.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to UTEC Universidad de Ingenieria  
& Tecnologia

Trabajo del estudiante

<1%

7

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

<1%

8

[renati.sunedu.gob.pe](http://renati.sunedu.gob.pe)

Fuente de Internet

<1%

9

[repositorio.utmachala.edu.ec](http://repositorio.utmachala.edu.ec)

Fuente de Internet

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>13</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>14</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>36</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>37</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>41</b>

## Resumen

El diseño de la planta industrial de etanol a base de mucílago de café, se efectuó en el departamento de San Martín - provincia de Moyobamba, el cual llega a ser un proyecto viable, tanto en lo comercial, técnico y económico. En primer lugar, se llevó a cabo el estudio de mercado, determinando una demanda insatisfecha, el cual es cubierto por importaciones, para ello se tomará participación del 0,45%; en base a la disponibilidad de la materia prima. Para el diseño de ingeniería, la planta industrial tendrá una capacidad de utilización de 72%, además se determinó el área total de la planta industrial mediante el método de Guerchet y el SLP, siendo 4 907,35 m<sup>2</sup>. Por último, se analizó la parte económica – financiera del proyecto, siendo este viable para la instalación, obteniendo como resultados, en primer lugar, el VAN de S/1 150 700, un TIR de 28% y un TMAR de 14%, con un costo – beneficio de S/ 1,27; por cada sol que se invierta ingresa S/ 0,27 y la recuperación de la inversión se dará en un tiempo de 2 años, 9 meses y 19 días.

**Palabras clave:** Etanol, mucílago de café, hidrólisis enzimática

### **Abstract**

The design of the industrial plant for ethanol based on coffee mucilage was carried out in the department of San Martín - Moyobamba province, which becomes a viable project, both commercially, technically and economically. In the first place, the market study was carried out, determining an unsatisfied demand, which is covered by imports, for this a 0,45% share will be taken; based on the availability of the raw material. For the engineering design, the industrial plant will have a utilization capacity of 72%, in addition, the total area of the industrial plant was determined using the Guerchet method and the SLP, 4 907,35 m<sup>2</sup>. Finally, the economic - financial part of the project was analyzed, being this viable for the installation, obtaining as results, in the first place, the NPV of S / 1 150 700, an IRR of 28% and a MARR of 14%, with a cost - benefit of S / 1,27; For each sun that is invested, S / 0,27 enters and the recovery of the investment will take place in a period of 2 years, 9 months and 19 days.

**Keywords:** Ethanol, coffee mucilage, enzymatic hydrolysis

## Introducción

El café, según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), a nivel mundial en los años 2017 – 2018, alcanzó una producción 158,9 millones de sacos de 60 kg y para los años 2019 - 2020 se estimó un récord de 174,5 millones de sacos, el cual impulsa al crecimiento de las cosechas del café Arábica en un 9,8%, llegando a ocupar Brasil el primer lugar de producción de café con 46 900 millones de sacos de 60 kg, convirtiéndose de tal manera en el primer productor de café en el mundo, seguido de Colombia y Vietnam. [1]

En el Perú, el café es considerado como un producto bandera, dado que es el principal producto de exportación tradicional por su gran impacto en la economía familiar rural; la producción de café ha ido incrementando anualmente, el año 2019 el rendimiento fue de 4,2% (32,2 mil toneladas) a comparación del año 2018 con (30,9 mil toneladas). Es por ello que el Perú se encuentra dentro de los diez principales países productores de café y tercer lugar como productor de café orgánico. Los departamentos que destacan en la producción de café son San Martín, Junín, Cajamarca, Huánuco, Pasco y Ayacucho en el año 2019, donde el 79% del total producido se encuentra en San Martín y Junín, de los cuales ha venido generando beneficio a 223 mil familias cafetaleras donde intervienen con más de 100 mil hectáreas de café. [1]

En el departamento de San Martín las provincias que destacan con más producción de café son Moyobamba, Lamas y Bellavista, donde a medida que aumenta la producción y cosecha de café, también aumentan diferentes tipos de residuos en grandes cantidades en los últimos años, uno de ellos es el mucílago de café, según el Gobierno Regional de San Martín en el año 2020 se obtuvo 19 703,60 toneladas de mucílago, el cual tiene una incorrecta disposición final, este es desechado al mismo campo de cultivo; presentando grandes problemas al medio ambiente como la emanación de mal olor, propagación de insectos, y en muchas ocasiones son desechados a los lagos o ríos, donde estos pueden llegar a consumir rápidamente el oxígeno del agua por medio de un proceso natural de oxidación, también mediante la fermentación se llega a generar aguas mieles creando bacterias lácticas; los cuales llegan a causar un impacto negativo a las fuentes hídricas como la muerte de animales acuáticos y plantas [2].

Actualmente el café, se viene usando como materia prima específicamente el grano del fruto, para diversos tipos de productos como licores, café instantáneo; es por ello para ser transferido a la planta de producción de las industrias, pasa por diversos tipos de procesos de renovación en base húmeda, generando diferentes tipos de subproductos como pulpa (40%), mucílago (20%), agua (17%), pergamino y película plateada (3%) [3]; específicamente en la etapa de desmucilaginado se genera el mucílago siendo un hidrogel, que se encuentra entre la cáscara y

la pulpa del grano del café, convirtiéndose en un subproducto de beneficio para la creación y elaboración de nuevos productos que logren satisfacer las necesidades del cliente [4].

El mucílago de café viene presentando muy buenos beneficios, ya que contienen cenizas, humedad, azúcares reductores, hemicelulosa, celulosa, lignina [5]; los cuales pueden llegar a generar productos de beneficio y de calidad para la sociedad, como: conservas, ensilaje para alimento animal, compost y etanol [6], donde al analizar cada uno de los productos mencionados, se llega a la conclusión que el etanol es un producto potencial en el mercado nacional, puesto que los últimos años muestra un aumento considerable del consumo como un biocombustible, donde en el año 2019 fue 204 millones de litros a comparación del año 2016 con 180 millones de litros de etanol [7]. Es por ello se plantea la siguiente interrogante de la investigación: ¿Cómo aprovechar el mucílago de café para producir etanol mediante hidrólisis enzimática en el departamento de San Martín?

En relación a la problemática expuesta, el objetivo general de la investigación es proponer el aprovechamiento del mucílago de café para la producción de etanol mediante hidrólisis enzimática, teniendo como objetivos específicos realizar un estudio de mercado del etanol, elaborar el diseño para la instalación de la planta productora de etanol y determinar la viabilidad económica – ambiental.

Es así, la presente investigación permitirá conocer la cantidad de mucílago de café generados en el departamento de San Martín, lo cual será aprovechado al máximo en la elaboración del etanol, dando lugar a disminuir el gran impacto negativo en las fuentes hídricas como la muerte de animales acuáticos y plantas, así mismo aumentar la producción de café generando oportunidades de trabajo, mejorando la calidad de vida de los agricultores y comunidad entera, además pretende determinar los procesos y operaciones en la elaboración de etanol, así mismo proponer la tecnología y maquinaria adecuada, mediante conocimientos obtenidos en la carrera de ingeniería industrial.

### **Revisión de literatura**

El etanol también conocido como alcohol etílico, llega a ser compuesto líquido incoloro, volátil e inflamable con olor agradable, sus moléculas están compuestas por carbono, hidroxilos e hidrógeno. El producto es elaborado por la fermentación de los azúcares que se localizan en productos vegetales como la caña de azúcar, remolacha, sorgo, cereales o biomasa [8]. Así mismo según [9] indica que los materiales o biomasa lignocelulósicos más estudiados para la obtención de etanol, son los agrícolas y forestales como el café, que son materia orgánica con altos porcentajes de azúcares reductores.

El café es conocido como drupa, éste es el fruto y grano de la planta llamado cafeto, con nombre científico *Coffea arábica*, perteneciente a la familia *Rubiaceae*, este comienza con un color verdoso, pasando por amarillo, para terminar con un color rojo tan similar como a una cereza cuando llega al punto de maduración. [10]

La composición de un fruto de café está conformada por 7 partes los cuales se presentan en el anexo 1 como la pulpa, mucílago pergamino, almendra, película plateada, ombligo y las semillas [11], donde para el presente estudio se utilizarán como materia prima el mucílago del café.

El mucílago es un subproducto, el cual es la parte gelatinosa de la cereza del café, está ubicado entre la parte de la pulpa con aproximadamente 0,5 mm de espesor, con grandes cantidades de azúcares y pectinas, lo que lo hacen un subproducto de beneficio, dentro de la composición química del mucílago, los azúcares reductores representan el 75,8% como la maltosa, glucosa, fructosa y lactosa y con 29,8% está los azúcares no reductores como la sacarosa y la celulosa con 19,26 %, los cuales toman participación en la elaboración del etanol, que será utilizado como biocombustible [12]. Por lo tanto, el mucílago de café como es biomasa lignocelulósica, para ser transformada en etanol, en primer lugar, la celulosa primero debe ser convertida en azúcares simples, esto mediante un proceso llamado hidrólisis [9].

La hidrólisis es una reacción química, se deriva de vocablos griegos como *Hydro* (agua) y *Lýsis* (ruptura), donde se desarrolla la destrucción, descomposición o alteración de una sustancia orgánicas e inorgánicas complejas en sustancias más sencillas por el agua. Típicamente el agua es usada como un disolvente [13]. Existen tipos de hidrólisis como la enzimática, ácida y alcalina, de las cuales los mayores rendimientos para la producción de etanol se alcanzaron mediante el proceso de hidrólisis enzimática.

La hidrólisis enzimática es un proceso catalítico, este se produce mediante un grupo de enzimas llamadas hidrolasas o también por la acción de enzimas propias del mucílago, estas realizan un efecto catalítico hidrolizante, es decir; provoca la ruptura de enlaces por agua [13]. Al mismo tiempo, este proceso se realiza para aumentar los azúcares reductores en el residuo del café, para convertir la celulosa en glucosa con la ayuda de reactores y a partir de dos horas de iniciado el proceso de hidrólisis, acrecienta la cantidad máxima de azúcares reductores a medida que aumenta la cantidad de Grados Brix [5].

En su investigación Hernández y Ulloa [5] identificaron que el problema es la contaminación continua por el mucílago de café, este residuo contamina en mayores proporciones los cuerpos de agua natural, debido a la alta carga orgánica que contiene, el cual conlleva a la extinción de

las especies acuáticas. Tuvo como objetivo general, realizar una propuesta para el mejoramiento de la distribución en la planta de biocombustible de la fundación entorno para aumentar la productividad y calidad de etanol que se obtiene a partir del mucílago de café. La metodología que se llevó a cabo fue experimental (laboratorio) aplicando hidrólisis enzimática al mucílago; en primer lugar, se analizó sus características físicas – química del residuo, donde para la obtención de etanol, se realizó un pasteurizado al mosto para reducir la cantidad de microorganismos que influyen en el porcentaje de los azúcares reductores, luego se aplicó el proceso de hidrólisis enzimática para aumentar la concentración de azúcares, para ello se aprovecharon enzimas como CellicHtec2 y CellicCtec2 que se encuentra en la hemicelulosa y celulosa, los cuales se presentan en la composición química del mucílago, logrando obtener un aumento de los grados Brix, seguida de una fermentación donde se obtuvo etanol al 6%, luego una pre calentamiento y por último una destilación, llegando el etanol a un 94%. Por lo tanto, se concluyó que se obtuvo etanol a un 94%, aprovechando enzimas mediante el proceso de hidrólisis enzimática para aumentar el porcentaje de azúcares obteniendo mejor rendimiento de etanol como un biocombustible de segunda generación.

Valencia y Vélez [14] en su investigación tuvo como problema el impacto negativo que provoca el mucílago de café al ser desechado a las corrientes hídricas por los caficultores sin tener en cuenta el daño que causan a los seres vivos y la calidad del agua. Así mismo presentó como objetivo general, evaluar el aprovechamiento del mucílago generado en el proceso de beneficio convencional del café, a través de estrategias para incrementar el rendimiento de la fermentación, se utilizó la metodología experimental (laboratorio), donde se analizaron los azúcares reductores que contiene el mucílago de café, por ende para poder aumentar los grados Brix se aprovecharon las enzimas encontradas en la hemicelulosa y la celulosa mediante un reactor de hidrólisis enzimática para aumentar la obtención de etanol. Se concluyó que se puede aprovechar la biomasa como la celulosa y hemicelulosa, aplicando el proceso de hidrólisis enzimática para mejorar la obtención de etanol y evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

Gutiérrez et. al [4] en su artículo indicó que el problema es el gran impacto negativo que tiene el mucílago de café, este puede llegar a ser una fuente de contaminación muy peligrosa si no tiene una buena disposición final llegando a causar gran contaminación equivalentes a las excretas y orina de una población de 868 736 habitantes durante un año. Se tuvo como objetivo indagar sobre los beneficios del uso y los procesos de reutilización de las aguas mieles y de los compuestos que la forman (agua y mucílago) como una técnica adecuada de utilización, los

cuales se derivan del proceso del beneficio húmedo del café de alta calidad en Colombia. Se aplicó una metodología descriptiva, dado que evaluó y describió sus características del residuo, en primer lugar este se genera en la etapa de desmucilaginado, representando el 20% del fruto en base húmeda y 5% en base seca, además posee 35,8% de sustancias pécticas, 17% por celulosas y cenizas, el 45,8% por azúcares; el cual una vez obtenido el mucílago es depositado en tanques y mediante la acción de enzimas propias del mucílago y de microorganismos se lleva a cabo el proceso de hidrólisis mediante un reactor, donde los azúcares se transforman en energía y compuestos como etanol, ácido láctico, acético y butírico; En conclusión, se logra aclarar que la utilización de mucílago en la producción de etanol mediante fermentación con levadura comercial (*Sachharomyces cerevisiae*) es viable y recomendado para ser manejado como un biocombustible.

Cabrera [15] en su investigación presentó como problema la generación de cascarilla de arroz, el cual genera la disminución de  $CO_2$  por la quema de este residuo, es por ello tuvo como objetivo, determinar la demanda de mercado del proyecto de biocemento. Para el desarrollo de la investigación utilizó el diseño de investigación no experimental y método longitudinal, para el desarrollo de su objetivo, en primer lugar, realizó un estudio de mercado, para ello se describió el producto y sus sustitutos, además analizó oferta y demanda con proyecciones a 5 años para determinar la demanda del proyecto y establecer el precio del producto. Así mismo realizó la localización de planta mediante el método de factor de ponderación; por otro lado, para el análisis de ingeniería, describió el proceso productivo, tecnología, distribución de planta y parte organizacional de la empresa, finalmente realizó el financiamiento de la inversión y calculó el VAN (valor actual neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), el beneficio y el periodo de recuperación de la inversión del proyecto. En conclusión, se analizó y determinó la demanda del mercado existente para el producto, del cual se tuvo que la cantidad máxima de la demanda insatisfecha a abastecer será del 4,5%, así mismo en la localización de planta fue el departamento de Cajamarca; por último, en la evaluación económica y financiera el TIR fue de 33% a comparación de TMAR que fue de 10 %, por lo tanto, llega a ser viable la instalación de la planta industrial de biocemento.

Orrego et. al [16] en su artículo mencionó que a medida que la producción de café aumenta, los subproductos también, uno de ellos es el mucílago, el cual es una fuente de contaminación al ambiente y mayormente a las fuentes hídricas, ya que estos al momento de ser desechados forman grandes volúmenes, ocupando gran cantidad espacio terrestre, es por ello que mucho

agricultores ven mejor desecharlos por los ríos o lagos cercanos, llegando a generar grandes impactos como el consumo rápido de oxígeno del agua, causando la muerte de animales y plantas debido a la falta de oxígeno y al aumento de acidez en el agua. Donde se tuvo como objetivo determinar la condición experimental óptima para la fermentación de etanol a partir del mucílago de café, se utilizó una metodología experimental (laboratorio); donde los azúcares reductores del residuo se fermentaron eficazmente convirtiéndose en etanol a 32°C, con un pH de 5,1 y con levadura comercial (*Sachharomyces cerevisiae*) el cual ayudó a mejorar el proceso de transformación de los azúcares en alcoholes. En conclusión, se utilizó con éxito el mucílago de café como materia prima potencial para la producción de etanol de segunda generación.

## **Materiales y métodos**

Para el desarrollo de la investigación se tomó en cuenta cada objetivo específico, el cual es necesario plasmar metodologías y materiales, detalladas a continuación.

*Realizar un estudio de mercado del etanol:* Para el primer objetivo se describió el producto como sus características, composición, usos y productos sustitutos, ayudándonos a conocer más a profundidad sobre él [15]; luego a partir de una data histórica (2016 – 2020) obtenidas mediante reportes de SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria) y Ministerio de Energía y Minas; se llega a conocer cómo ha ido la participación tanto de la demanda, oferta y precios en el mercado nacional, así mismo a partir de los datos históricos, se usaron métodos de proyección a 5 años [15] haciendo uso del Microsoft Excel y aplicando la fórmula de regresión lineal ( $ax + b$ ), con el fin de conocer las tendencias futuras. Posteriormente, se calculó la demanda del proyecto de acuerdo a la disponibilidad de la materia prima, datos que fueron brindados por reportes del gobierno regional de San Martín; por último, se determinó un plan de ventas para el desarrollo del proyecto [17].

*Elaborar el diseño para la instalación de la planta productora de etanol:* Para la elaboración del segundo objetivo se empezó localizando la planta industrial de etanol, analizando a nivel macro y micro localización, considerando factores como disponibilidad de materia prima, mano de obra, proximidad del mercado consumidor, condiciones climáticas, vías y acceso; para ello se manejó el método factor de ponderación [18] y haciendo uso del Microsoft Excel para determinar la puntuación de cada lugar; para posteriormente definir el lugar apto de la instalación de la planta industrial; también se calculó la capacidad utilizada de la planta industrial mediante la siguiente fórmula (capacidad utilizada = capacidad real / capacidad

diseñada) [15]; por otro lado para el proceso y tecnología se consideró antecedentes de la investigación, donde se describe a detalle el proceso de elaboración de etanol, para ello se analizaron mediante el diagrama de bloques y DOP, detallando el balance de materia, el cual a partir de ello se seleccionó las máquinas y equipos necesarios, luego para la distribución de planta se hizo uso del método de Guerchet [19] y SLP (Systematic Layout Planning) [20] para calcular los espacios físicos que requiere la planta industrial y finalmente se empleó un organigrama para la representación ordenada de la estructura organizacional que requiere la planta industrial de etanol [21].

*Determinar la viabilidad económica – ambiental:* Para la evaluación económica se tuvo en consideración la metodología de Morales y Morales [22], teniendo en cuenta los materiales, gastos administrativos, comerciales y el financiamiento para conocer los ingresos y egresos del proyecto, esto mediante el uso de Microsoft Excel, donde se determinó la viabilidad del proyecto mediante el valor actual neto (VAN), la tasa de interés de retorno (TIR) y una Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR); con respecto al estudio ambiental se aplicó el método de Leopold [23] para la identificación y valoración de impactos negativos y positivos en el proceso de elaboración de etanol, luego se propuso mejoras de mitigación de los impactos negativos identificados, tanto en el proceso industrial y administrativo.

## **Resultados y discusión**

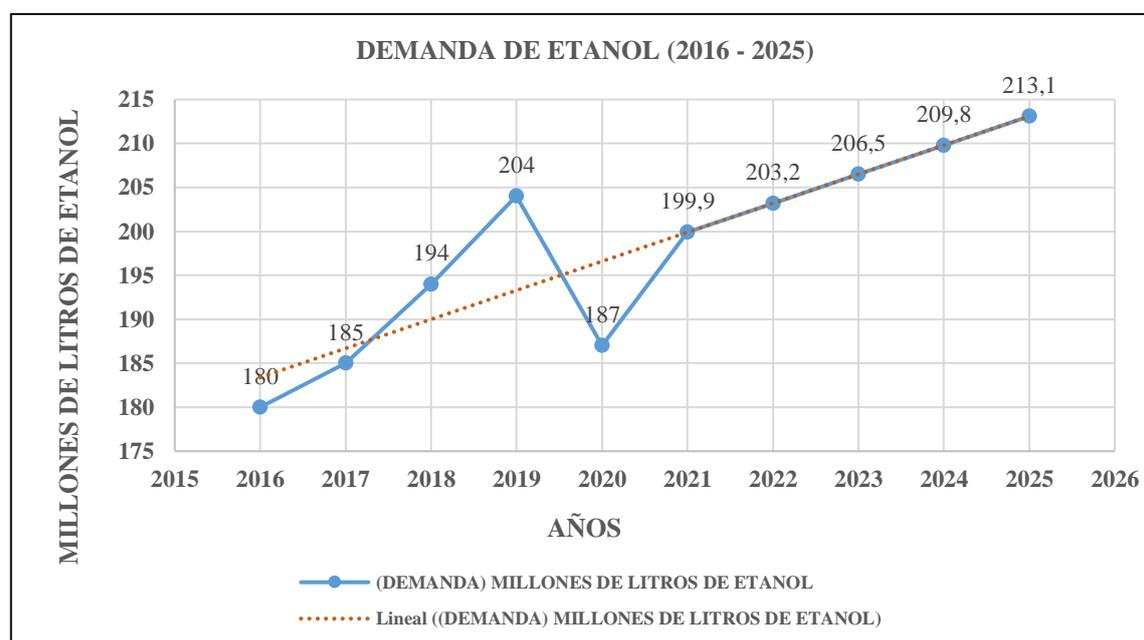
### *Estudio de mercado del etanol*

Para el estudio de mercado fue necesario conocer las características y propiedades del producto en estudio, el cual es el etanol; éste es un compuesto líquido incoloro, volátil e inflamable con una densidad relativa de 0,785 g/ml [24] compuesto por moléculas de carbono e hidrógeno. Así mismo la materia prima que se asignó para su elaboración es el mucílago de café, siendo el residuo obtenido después del despulpado de fruto. El etanol se utilizará específicamente como un biocombustible, llegando a ser aditivo en la mezcla con la gasolina.

En el Perú según el artículo 7 del Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-EM se estableció que el 7,8 % de la mezcla sea etanol y el resto gasolina, esto para reducir los gases emitidos por los automóviles y favoreciendo la combustión de la gasolina en el motor [25], así mismo el producto cuenta con productos similares los cuales son MTBE (Metil tert - butil éter) y ETBE (Etil - tert butil éter) siendo también aditivos en la mezcla con gasolina [26]. Además, el factor para determinar el área de mercado fue con respecto al índice de crecimiento de las importaciones de vehículos

motorizados en el Perú, según asociación automotriz del Perú (AAP) el año 2016 tuvo 416 120 importaciones y en el año 2019 con 428 115 importaciones de vehículos motorizados en el Perú, demostrando un índice de crecimiento anual (ver anexo 2) [27].

El escenario actual de la demanda de etanol, ha ido incrementando anualmente, donde el consumo de este producto ha contribuido al crecimiento de las refinerías del Perú, según el Ministerio de Energía y Minas (MEM) muestra un comportamiento creciente en los últimos 5 años, en el 2016 con 180 millones de litros y con 204 millones de litros para el año 2019, a excepción del año 2020 que por motivos de pandemia (Covid-19) no se realizaron diversas actividades por ende disminuyó a 187 millones de litros de etanol; para conocer el comportamiento a futuro se proyectó mediante el método regresión lineal en relación con los datos históricos en los años 2016 – 2020; obteniendo un coeficiente de ( $R^2 = 0,91$ ) este valor indica que existe relación positiva entre las variables [28]; como se observa en la figura 1 la tendencia para el año 2025 será de 213,10 millones de litro de etanol; obteniendo un crecimiento considerado en este periodo de tiempo.

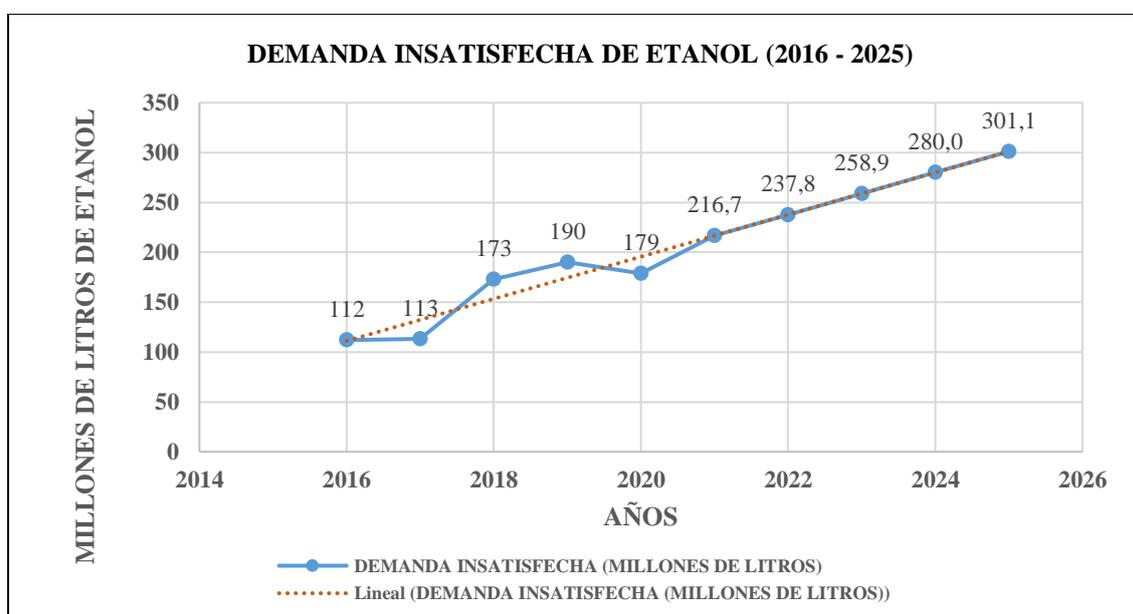


**Figura 1. Demanda de etanol en los años 2016-2025**

Fuente: Elaboración propia. En base a Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Con respecto a la oferta de etanol a nivel nacional, si bien es cierto el país produce etanol, pero no lo suficiente, por eso está sujeta gran parte por las importaciones, donde anualmente han ido incrementando para cubrir la demanda nacional, por lo tanto se llega a sumar tanto la oferta nacional e internacional llegando a obtener 317 millones de litros en el año 2016 y para

el año 2020 con 349 millones de litros de etanol, para conocer el comportamiento futuro se proyectó mediante el método de regresión lineal óptimo para patrones con tendencia creciente, al momento de aplicar el método se obtuvo un coeficiente de ( $R^2 = 0,93$ ), este valor indica que existe relación positiva entre las variables [28], por ende para el año 2025 se llegará a obtener 428,30 millones de litros de etanol. Es así para la demanda insatisfecha del producto se tomarán en cuenta las importaciones detalladas en el anexo 3, alcanzando 112 millones de litros en el año 2016 y para el año 2020 por motivos de (Covid-19) alcanzó 179 millones de litros de etanol; el cual proyectados mediante el método regresión lineal, se obtuvo 301,10 millones de litros para el año 2025 señalados en la figura 2; por ende, se evidencia que existe una demanda insatisfecha amplia, el cual presenta una oportunidad de lanzamiento del producto y poder tomar participación con un cierto porcentaje en el mercado.



**Figura 2. Demanda insatisfecha de etanol en los años 2016-2025**

Fuente: Elaboración propia. En base a Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Para hallar la demanda del proyecto se tomó en cuenta la disponibilidad de materia prima (mucílago) en el departamento de San Martín, donde según [3] el mucílago representa el 20 % del peso fresco del fruto, a partir de ello se determinó la cantidad de mucílago, por ende en el año 2016 se alcanzó 16 463,80 toneladas y para el año 2020 con 19 703,60 toneladas; por lo tanto para conocer el comportamiento futuro se aplicó los pasos del método de regresión lineal, obteniendo un coeficiente de ( $R^2 = 0,93$ ), donde el valor indica que la relación entre las variables es positiva [28]; consiguiendo 23 587,92 toneladas de mucílago para el año 2025 como se detalla en la tabla 1.

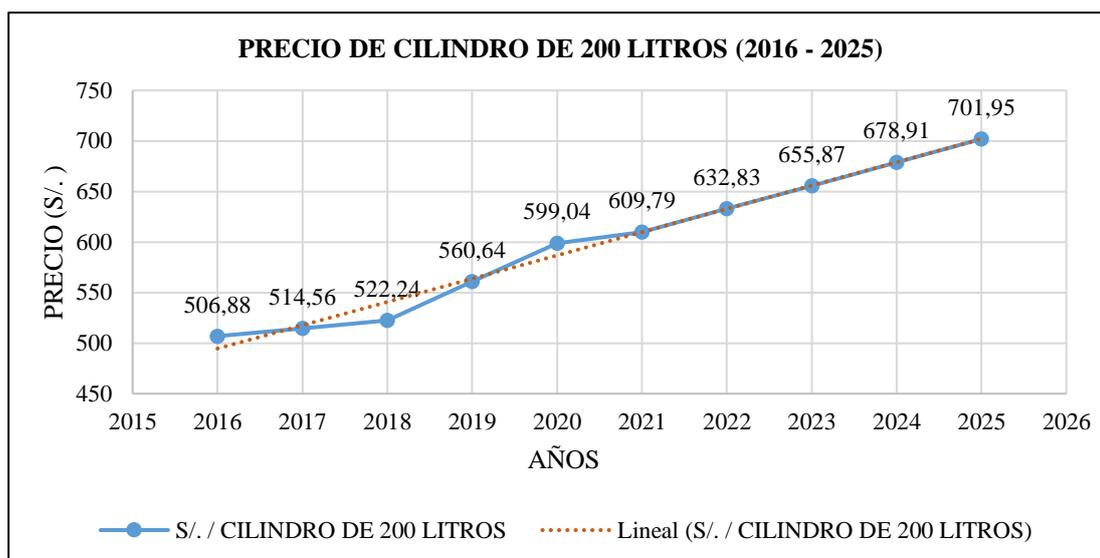
Según Rodríguez [29] menciona que, a partir de una tonelada de mucílago de café se obtiene 58,37 litros de etanol, de esta manera se obtiene las cantidades presentadas en la Tabla 1, de 1 376 826,89 litros de etanol para el año 2025; una vez analizada anteriormente la cantidad de materia prima y el rendimiento en etanol se tomó la participación del 0,45% para la demanda del proyecto, por lo tanto para el año 2025 se obtendrá 1 354 500 litros de etanol lo cual son 6 773 cilindros de 200 litros detallada en la tabla 1, dando lugar a la generación de nuevos mercados, además el área seleccionada para la comercialización de etanol serán las refinerías de hidrocarburos del oriente del Perú, por el hecho que cuentan con capacidades bajas, teniendo en cuenta que la demanda del proyecto es menor al 1% y considerando que se encuentran más cerca de la planta industrial de etanol.

**Tabla 1. Pronóstico de mucílago de café y demanda del proyecto (2021 - 2025)**

Años	Mucílago de café (t)	Mucílago a etanol (litros)	Demanda del proyecto (0,45%) (litros)	Demanda del proyecto en cilindros de 200 litros
2021	20 522,48	1 197 897,16	972 000	4 860
2022	21 288,84	1 242 629,59	1 066 500	5 333
2023	22 055,20	1 287 362,02	1 161 000	5 805
2024	22 821,56	1 332 094,46	1 260 000	6 300
2025	23 587,92	1 376 826,89	1 354 500	6 773

Fuente: Elaboración propia

Mediante la información proporcionada por la SUNAT, se analizó el índice de precios de etanol el cual viene presentado un aumento sucesivo anual desde el año 2016 con 506,88 soles y para el año 2020 fue de 599,04 soles por cilindro; por consiguiente, se proyectó mediante el método de regresión lineal hasta el año 2025 obteniendo un coeficiente de ( $R^2 = 0,93$ ), con la finalidad de tener referencia del comportamiento futuro del precio de etanol para tomar decisiones con respecto al proyecto, obteniendo S/ 701,95 para el año 2025 detallado en la figura 3.



**Figura 3. Precios de etanol de cilindro en los años 2016-2025**

Fuente: Elaboración propia. En base a la SUNAT

Con respecto a la política de precios está sujeta bajo el siguiente criterio, teniendo en cuenta que la empresa es nueva en el mercado; se aplicará un porcentaje de descuento al momento de realizar la compra, tal descuento se planteará de acuerdo a la cantidad de volumen pedido del producto. Por otro lado, el sistema de comercialización, empezará desde la planta industrial hasta la empresa mayorista (refinerías), los cuales utilizan el etanol para la mezcla con gasolina. Por último, se determinó el plan de ventas considerando los 5 años proyectados tanto de la demanda del proyecto y precios por cilindro, donde para su fácil almacenamiento, distribución y transporte el producto será vendido en cilindros metálicos de 200 litros; por lo tanto, en el año 2021 se percibirá un ingreso de S/ 2 963 579,40 el cual irá incrementando hasta el año 2025 con S/ 4 753 956,38 (ver anexo 4).

#### Diseño de la planta productora de etanol

Para empezar con el diseño de la planta industrial de etanol, primero se consideró un análisis a nivel macro localización, para ello se tomará en cuenta los departamentos de San Martín, Ucayali y Loreto, esta selección tuvo influencia en la disponibilidad de materia prima, por el hecho que el abastecimiento de esta dependerá el ritmo de la producción de la planta industrial; por otro lado, se analizó factores como disponibilidad de mano de obra, energía eléctrica, agua, cercanía al mercado, entre otros; por ende dicho estudio se efectuó con el método de los factores ponderados, donde el departamento de San Martín representa la mejor opción para la instalación de la planta de etanol por tener un peso relativo de 27,39 en el análisis (ver anexo 5). Así mismo, para tener una idea más concreta de la ubicación de la planta industrial se analizó a nivel micro

localización, los lugares seleccionados fueron las provincias de Moyobamba, Lamas y Bellavista, teniendo en cuenta la disponibilidad de materia prima, mano de obra, abastecimiento de energía eléctrica, agua, servicios de comunicación y transporte; dicho análisis se realizó mediante el método de los factores ponderados, el cual la provincia de Moyobamba representa la mejor opción para la instalación de la planta de etanol, por tener un peso relativo de 33,57 (ver anexo 6); de tal manera que el terreno propuesto estará ubicado en el sector el Calvario, Lote 16 – Moyobamba del departamento de San Martín (ver anexo 7), este cuenta con redes de agua potable, infraestructura urbana y vial asfaltada, servicios de teléfono, redes de alumbrado público y domiciliario.

Es importante especificar el sistema de acopio de la materia prima que abastecerá a la planta industrial de etanol, teniendo en cuenta que el mucílago se obtendrá en los campos de cultivo de café del departamento de San Martín específicamente de provincias como Moyobamba, Lamas y Bellavista, se asumirá 2 modalidades de acopio; en primer lugar, se firmará un contrato con el agricultor para la compra y abastecimiento del mucílago, el cual será almacenado en tanques de plástico Rotoplas de 1100 litros, este lleva una capa antibacteriana y una tapa hermética, facilitando su limpieza y traslado sin inconvenientes, además el producto en su interior no pierde sus propiedades y no forman microorganismos ni agentes contaminantes [30]; siendo el agricultor responsable únicamente de la compra de los tanques de almacenamiento. La primera modalidad establece que, el agricultor cargará el tanque de mucílago recolectado y mediante un furgón transportar hasta donde se encuentre la movilidad de la empresa, esto para aquellos agricultores que cuentan con campos de cultivos distanciados de las pistas, carreteras o en alturas donde el transporte no puede llegar particularmente al destino donde se genera la materia prima, segunda modalidad propuesta y más simple será para los agricultores que cuentan con sus campos de cosecha de café cerca de las pistas o con carreteras para el ingreso de sus propias movilidades para la carga de su café; de tal manera se aprovechará aquellas vías de acceso para el ingreso de la movilidad de la planta de etanol sin ningún inconveniente; simplemente el agricultor almacenará el mucílago y dará aviso para su respectivo acopio y traslado a la planta industrial.

Para el plan de producción, se consideró el plan de ventas del producto, además de tener un mes de inventario con 405 cilindros y producirlo en partes iguales en los dos primeros meses (ver anexo 8). Así mismo, se tuvo en cuenta el índice de consumo para la elaboración de un cilindro de 200 litros; para ello, los materiales directos son: mucílago (292,51 kg); levadura (0,1

kg) [31] y como materiales indirectos: cilindro (1 unidad); etiquetas (1 unidad), teniendo un monto por cilindro de S/ 208,6. En la tabla 2 se especifica el requerimiento y el presupuesto de materiales para los 5 años pronosticados (2021 – 2025).

**Tabla 2. Requerimiento y presupuesto de materiales por año (2021 – 2025)**

<b>Requerimiento de materiales (índice de consumo)</b>					
<b>Materiales directos</b>	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
Mucílago (kg)	1 540 059,5	1 559 803,9	1 698 014,3	1 842 806,3	1 981 016,7
Levadura (kg)	586,67	594,19	646,84	702,00	754,65
<b>Total</b>	<b>1 540 646,18</b>	<b>1 560 398,05</b>	<b>1 698 661,17</b>	<b>1 843 508,25</b>	<b>1 981 771,37</b>
<b>Materiales indirectos</b>					
Cilindros (unidad)	5 265	5 332	5 805	6 300	6 772
Etiqueta (unidad)	5 265	5 332	5 805	6 300	6 772,5
<b>Total</b>	<b>10 530,00</b>	<b>10 665,00</b>	<b>11 610,00</b>	<b>12 600,00</b>	<b>13 545,00</b>
<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES (S/)</b>					
<b>Materiales directos</b>	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
mucílago	308 011,90	311 960,77	339 602,87	368 561,25	396 203,34
levadura	187,73	190,14	206,98	224,64	241,48
<b>Total</b>	<b>308 199,64</b>	<b>312 150,91</b>	<b>339 809,86</b>	<b>368 785,89</b>	<b>396 444,83</b>
<b>Materiales indirectos</b>					
cilindros	789 750,00	799 875,00	870 750,00	945 000,00	1 015 875,00
Etiqueta	526,50	533,25	580,50	630,00	677,25
<b>Total</b>	<b>790 276,50</b>	<b>800 408,25</b>	<b>871 330,50</b>	<b>945 630,00</b>	<b>1 016 552,25</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de elaboración de etanol se tomó en cuenta los antecedentes, el cual está constituido por las siguientes etapas mencionadas a continuación.

Recepción de materia prima: El mucílago, siendo la materia prima de beneficio, llega a la planta industrial directamente desde los campos productivos del café del departamento de San Martín. Este residuo es biomasa lignocelulósica, el cual ingresa con aproximadamente 7° Brix y es recibido mediante una orden. [5].

Pasteurización: Esta etapa se da mediante el encuentro térmico para reducir o eliminar la cantidad de microorganismos patógenos del mucílago que pueden influir en el porcentaje de azúcares reductores, con el fin de mejorar la fermentación; los cuales son absorbidos en la biomasa, este proceso se realiza a una temperatura de aproximadamente de 80° C por 15 minutos. [32]

Hidrólisis enzimática: Este proceso tiene la finalidad de aumentar la concentración de azúcares reductores de la materia prima, donde inicialmente contiene 3,6 g/100 ml de mucílago,

además mediante una mezcla de distintas actividades enzimáticas se produce la degradación de la celulosa en glucosa con el refuerzo de un reactor con control de agitación, temperatura y pH, ayudando a facilitar y acelerar el proceso. Así mismo, de acuerdo a su composición química del mucílago se pueden aprovechar enzimas como: CellicHtec2 encontradas en la hemicelulosa (25,98%) y la CellicCtec2 en la celulosa (22,92%) [14]; con el fin de obtener un aumento en los grados Brix en un tiempo aproximado de 2 hora [5]. Una vez terminado el proceso se obtiene mucílago hidrolizado al 97,78 % pasando de 7° Brix a 12° Brix, para posteriormente pasar a la etapa de fermentación [33].

**Fermentación:** Una vez hidrolizado el mucílago se realiza la fermentación del mosto para estabilizar la celulosa que se ha liberado durante la hidrólisis enzimática, este proceso se toma un tiempo de 10 horas, para lo cual se agrega levadura comercial (*Sachharomyces cerevisiae*) [16] y su rol es transformar los azúcares en alcoholes, convirtiendo la glucosa en etanol, por lo tanto mediante este proceso los azúcares del aguamiel son transformados en etanol al 6% con un pH de 4,5; por ende aún el 94% es agua, es por ello se calcula una densidad de agua + etanol obteniendo un resultado de 0,98 kg/litro [5].

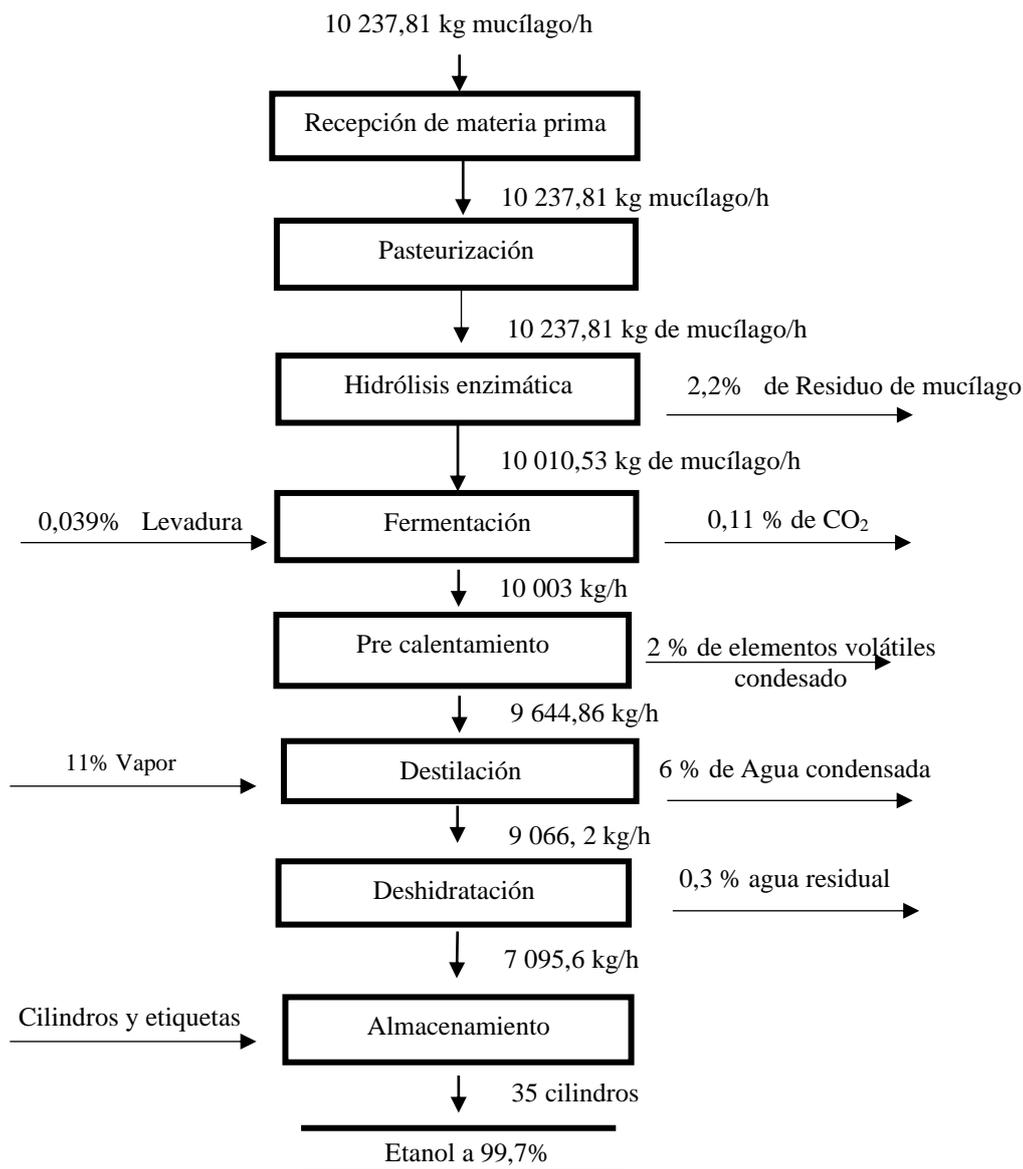
**Pre calentado:** En esta etapa se recibe el alcohol de los tanques fermentadores y se calienta la solución que proviene de la fermentación, se realiza por 50 min para disminuir y evaporar una parte del agua que contenga, llegando a tener un etanol al 51% y con 47% de agua [5].

**Destilación:** Este proceso es para lograr separar las mezclas de los líquidos cuyos componentes se diferencian entre sí por sus temperaturas de ebullición; manteniendo una temperatura entre 90 – 94 °C; donde se concentra a un 94% de etanol y se pierde el 6% de agua condensada, además es alimentada por vapor con un 11% por un tiempo de 3 horas en recirculación [5], con una densidad de 0,98 kg/litro.

**Deshidratación:** Los destilados pasan por tamices moleculares para lograr obtener el alcohol deshidratado a una concentración alta de 99,7% [33].

**Almacenamiento:** El etanol se almacenará en cilindros de 200 litros, al final de todo el proceso se medirá con un Refractómetro el porcentaje de alcohol del producto, obteniéndose etanol de alta concentración, dado que se utilizará como aditivo en la mezcla con la gasolina.

Para realizar el balance de masa se consideró la cantidad de materia prima proyectado del año 2025, el cual representa una cantidad de 23 587,92 toneladas por año, para poder desarrollar el balance se pasó a kg/h, resultando un valor de 10 237,81 kg de mucílago por hora, demostrado en la figura 4.



**Figura 4. Balance de masa**

Fuente: Elaboración propia, en base a [5] [14] [16] [33]

De la misma forma se calculó la capacidad de planta e indicadores de producción en base a la demanda del proyecto, con respecto a la capacidad diseñada se consideró el año 2025 siendo la más alta, llegando a producir 1 354 500 litros de etanol (ver tabla 3), considerando una jornada laboral de 24 días/mes y 12 meses/año, se obtuvo 4 703 litros/día y para la capacidad real se tomó el primer año 2021 llegando a tener 972 000 litros de etanol ( ver tabla 3), el cual se obtuvo 3 375 litros/día, por ende la capacidad utilizada es 72 % para el año 2021; así mismo para calcular la productividad del proceso, se consideró la disponibilidad de materia prima del año 2025 (23 587,92 t) siendo igual a 81 902,5 kg/ día, además la producción obtenida del año

2025 (1 354 500 litros de etanol) es igual a 3 691,95 kg de etanol/día; para realizar el cambio de litros a kg, se consideró la densidad del etanol siendo 0,785 kg/l; por lo tanto, mencionado lo anterior se obtuvo una productividad de 0,05 kg de etanol / kg de mucílago.

Para la selección de la tecnología que interviene en el proceso de elaboración de etanol se tomó en cuenta la cantidad de kg/hora según el balance de materia de cada etapa; por lo tanto, de acuerdo a las capacidades de las máquinas se determinó los indicadores de producción, detalladas en la tabla 3 como el tiempo de ciclo (ver anexo 9), el cuello de botella, el número mínimo de estaciones (ver anexo 10) y la eficiencia con la que trabajará la planta industrial. Además, se calculó el requerimiento de mano de obra, siendo este de 3 operarios por turno teniendo en cuenta que el área de producción operará en dos turnos, por lo tanto, se necesitarán 6 operarios que estarán a disposición en el área de producción, laborando 8 horas/turno.

**Tabla 3. Indicadores de producción**

Indicadores de producción	
Productividad	0,05 kg de etanol/kg de mucílago
Tiempo de ciclo	0,038 min/kg
Cuello de botella	0,008 min/kg
Nº mínimo de estaciones	6 estaciones
Eficiencia	79 %
Capacidad diseñada	1 354 500 litros de etanol/año
Capacidad real	972 000 litros de etanol/año

**Fuente. Elaboración propia**

Según el balance de materia, se seleccionó la maquinaria apropiada en el proceso de elaboración de etanol, tomando en cuenta la cantidad de kg/hora de cada etapa; en la tabla 4 se detalla la cantidad requerida de las máquinas con su respectiva capacidad y el consumo diario de energía en kWh.

**Tabla 4. Maquinaria utilizada en el proceso de etanol**

Máquinas	Cantidad requerida	Consumo por unidad (kWh)	Capacidad (t/h)
Pasteurizadora (intercambiador de calor)	1	13	10
Reactor de hidrólisis enzimática	2	4	10
Tanque de fermentación	8	8	10
Pre calentadora (intercambiador de calor)	1	13	10
Torre de destilación	3	15	10
Tamiz molecular de deshidratación	1	8	8
Caldera de vapor	1	37	1

**Fuente. Elaboración propia. En base a Alibaba**

De igual manera la distribución de planta será lineal, por el hecho que cada proceso será colocado según a la secuencia que pasa el producto para su elaboración; es decir de forma continua, así mismo con respecto a la maquinaria serán ubicadas uno junto a la otra de acuerdo a la secuencia del proceso con sus respectivas dimensiones exactas, así mismo mediante el método de Guerchet se determinó los espacios físicos que se requieran en la planta industrial, para ello se cuenta con el número de maquinaria y equipos (elementos estáticos) y el total de número de operarios (elementos móviles).

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (NORMA A,060 INDUSTRIA) el área de producción deberá contar con iluminación de 300 luxes. Así como también, de acuerdo con el artículo 18 se consideró una altura de 9m (mínima 3m entre el piso terminado y el punto más bajo de la estructura de un ambiente para uso industrial); por otro lado, de acuerdo a la norma A.060, en el artículo 19 se especifica la cantidad de m<sup>2</sup> por persona, siendo 10m<sup>2</sup> para las áreas administrativas. Según el Art.121 del Decreto Supremo No 42 – F, se debe disponer en todo momento de pasillos continuos y seguros, que tengan un espacio ancho libre no menor de 1,12 m; por ende el área destinada para los pasillos será el 50% del área total; así mismo para las áreas verdes se tomó en cuenta la norma A.010 que establece que el total de áreas verdes es igual al 5% del total de área de planta y por último según el Reglamento Nacional de Edificaciones Decreto Supremo N° 011-2006 – Vivienda, en su artículo 21 menciona que toda industria se debe proveer con servicios higiénicos según la cantidad de trabajadores que se dispongan, dado que en el artículo 22 indica la responsabilidad que tiene

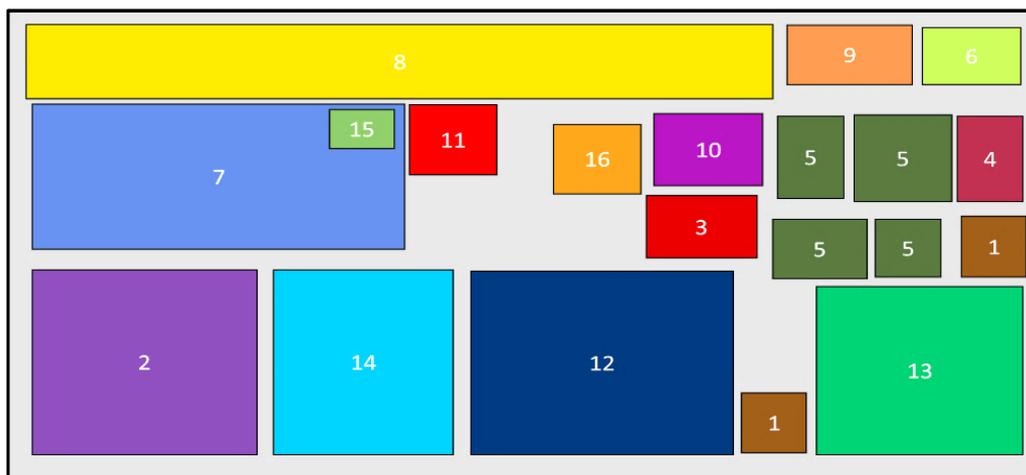
una industria de tener a su disposición una ducha por cada 10 trabajadores en cada turno. El área de vestuario debe ser no menor a 1,50 m<sup>2</sup>, es así teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se presenta la tabla 5, el resultado de áreas totales, siendo 4 907,4 m<sup>2</sup> que se requiere para la instalación de la planta industrial de etanol; así mismo en el anexo 11 se detalla el plano, con las medidas establecidas.

De igual forma se aplicó el método de SLP (Systematic Layout Planning) para determinar la relación de proximidad o intensidad de comunicación entre áreas, para ello se consideró tres propuestas de diseño de acuerdo al diagrama de relación de actividades y la designación de áreas; en la figura 5 se presenta un croquis de la propuesta ganadora, como modelo base, tomando en cuenta el código de proximidad: (A) absolutamente, (E) Especialmente, (I) Importante, (O)Ordinario, (U) Indiferente, (X) indeseable. Para conocer qué número corresponde a cada área del croquis, se recomienda ver anexo 12.

**Tabla 5. Resultados de áreas totales y cantidad de trabajadores**

<b>Dimensiones de áreas de planta</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Trabajadores</b>
Área de producción	246,6	6
Área de oficina de gerencia general	10,6	1
Área de oficina de logística	12,3	1
Área de oficina de recursos humanos	12,3	1
Área de sala de reuniones	20,1	
Área de calidad	10,8	2
Área de vigilancia	12	2
Área de descanso	45,3	
Área de carga, descarga y patio de maniobras	2 208,2	2
Área de producto terminado	474	2
Área de Estacionamiento	125	
Área de pasillos	1 529,2	
Área de limpieza	6,1	2
Área de residuos sólidos	9,2	
Áreas verdes	152,9	
Área de SS. HH Administrativos	4,1	
Área de SS. HH producción	10,2	
Área de vestuarios y duchas	18,4	
Área total de la planta industrial	4 907,4	

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 5. Croquis de la planta industrial de etanol**  
**Fuente: Elaboración propia**

Por otro lado, se planteó la estructura organizacional que tendrá la empresa, este estará complementado por los siguientes puestos de trabajo:

**Gerente general:** Es el representante y la máxima autoridad de una empresa, comprometido por la representación y dirección, es el que establece las políticas generales para mejor funcionamiento de la organización, dentro de sus funciones está la planeación, organización y fijación de una serie de objetivos.

**Encargado de recursos humanos:** Garantizar una buena comunicación entre todos los niveles de la organización, lo cual permite mantener un ambiente organizacional adecuado donde sea más armónica la comunicación, dentro de sus funciones está identificar y gestionar las plantillas de personal y administrar el personal existente.

**Encargado de logística:** Supervisar las actividades diarias, prever los requerimientos del cliente y mantener una buena relación con el mismo, así como gestionar el lanzamiento de nuevos programas dentro de la planta, dentro de sus funciones está coordinar, supervisar, controlar y asegurar las actividades de recepción, despacho, almacenamiento y distribución de la materia prima y producto terminado.

**Encargado de calidad:** El jefe de control de calidad tiene la función de conocer las normas establecidas en la industria para cumplir los estándares de calidad del producto, así mismo realizar la medición de indicadores de calidad y proponer acciones correctivas; realizar y presentar informes de auditoría, además como área deben cumplir con diferentes funciones con respecto a la calidad de la materia prima: Recepción de materia prima, medición de los °Brix con la que llega el mucílago, medición de la concentración de azúcares reductores de la materia prima, test de prueba de calidad o conformidad de los parámetros establecidos de ingreso del

mucílago, en la etapa de hidrólisis enzimática también se medirá el aumento de los ° Brix al finalizar el proceso y por último dentro de la etapa de fermentación, pre calentamiento, destilación y deshidratación se medirá el aumento de % de alcohol que surge de cada etapa.

Jefe de producción: Controlar y supervisar las líneas de producción, dando mejoras y ajustes puntuales, que se siguen en los procedimientos determinados por el dpto. de calidad y de igual manera los procesos y paradas de mantenimiento de las máquinas.

Una vez explicado y detallado anteriormente el diseño de la planta de etanol, es necesario conocer que el café en el departamento de San Martín se cosecha en los meses de Febrero a Julio, lo cual no se tendrá problema con el abastecimiento de la materia prima (mucílago) en ese lapso de tiempo, pero para los siguientes meses del año se consideró reutilizar otro residuo agroindustrial, como el mucílago del cacao. Para conocer más a detalle sobre este residuo se tomará en cuenta datos de [34], este menciona que San Martín es uno de los departamentos que destaca también en producción de cacao durante todo el año, teniendo los mayores niveles de producción de Junio a Febrero. Según Luna [35] el mucílago de cacao es rico con 62,95 % en azúcares totales; 11,98 % de azúcares reductores; 0,09 % de proteína; 0,9 % de pectina; 0,4 % de sales minerales; 0,07 % de ácido cítrico y 0,47 % de fibra cruda; siendo utilizable para elaboración de etanol, actualmente el mucílago de cacao no es aprovechado por el desconocimiento de los productores cacaoteros tanto en su aporte nutricional e innovación; este residuo (mucílago) ha llegado a convertirse en un problema ambiental, causando la muerte de los animales acuáticos y la infestación de los cultivos, así mismo es necesario conocer la producción de cacao a nivel de San Martín de los últimos 5 años, obteniendo 45 996 t para el año 2016 y para el 2020 de 66 786 t de cacao, proyectado mediante el método de regresión lineal, se obtuvo 68 205,6 t para el año 2021 y para el 2025 de 85 935,2 t (ver anexo 13). Por otra parte [36] menciona que por cada kilo de grano fresco de cacao se obtiene 114 ml de mucílago, así mismo utilizando 100 ml de mucílago de cacao se tiene un rendimiento de 13 ml de etanol; a partir de los datos mencionados se tendrá 1 010 806,99 litros de etanol para el año 2021 y con 1 273 559,66 litros para el año 2025, por ende se cumplirá con el 0,42 % (ver anexo 13) de la demanda insatisfecha de etanol con respecto a la disponibilidad de la materia prima (mucílago de cacao); esto se realizó para tener en cuenta si cumple o asimila con la misma demanda del proyecto del mucílago de café siendo 0,45 %; teniendo una variación del 0,3 %; así mismo con el mucílago de café se tiene una capacidad diseñada 1 354 500 litros de etanol/año y con el mucílago de cacao de 1 264 200 litros de etanol/año; por ende se concluye que se trabajará con las mismas capacidades de las máquinas, aplicando el mismo proceso y no

se tendría dificultades con el abastecimiento de materia prima, dado que en los meses de Junio a Febrero la planta industrial se abastecerá con mucílago de cacao, el cual garantizará la producción de etanol durante todo el año.

### Evaluación de la viabilidad económica – ambiental

Para analizar la viabilidad económica, se empezó evaluando la inversión fija (tangibile), considerando lo siguiente:

**Terreno:** El precio de venta de  $m^2$  es de S/ 120, el cual se requiere para la planta industrial de  $4907,35 m^2$ ; calculado un precio total de S/ 588 881,76.

**Construcción:** Para la inversión de la construcción de la planta industrial, se consideró el precio del  $m^2$ , según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [37], teniendo un total de S/ 5 399 922,29.

**Instalaciones:** Para el costo de las instalaciones eléctricas y sanitarias de la planta industrial se tomó en base a Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [37], dado que el  $m^2$  en la selva tiene un costo de S/ 129; por ende, se tendrá un monto total de S/ 637 366,36.

**Maquinaria y equipos:** En la elaboración del producto es necesario el uso de máquinas (ver tabla 6), y equipos, teniendo presente el transporte y almacenamiento que ayudaran a mejorar el proceso productivo.

**Mobiliarios y equipos de oficina:** Este costo es importante para el funcionamiento en la parte administrativa de la planta industrial, siendo las sillas, estantes, escritorios, entre otros.

**Transporte:** Un costo importante para trasladar la materia prima hacia la planta industrial. Por lo tanto, en la tabla 6, se detallan todos los costos totales de la inversión tangible, con un total de S/ 6 601 583,37.

Así mismo se realizó el análisis de la inversión intangible, como el estudio de mercado (S/4 500); capacitaciones (S/1 300); permisos (S/3 400), planos (S/1 800), publicidad (S/1 500), certificado de defensa civil (S/4 000); siendo un total de S/16 500; tomando en cuenta que el costo para realizar las capacitaciones a todo el personal de la planta industrial será el 4% del costo laboral.

Tabla 6. Costos de la inversión tangible

	Cantidad (unidades)	Precio (S/)	Precio total (S/)
<b>Maquinaria y equipos</b>			
Intercambiador de calor	2	s/ 60 000,00	s/ 120 000,00
Reactor de hidrólisis enzimática	2	s/ 10 140,00	s/ 20 280,00
Tanque de fermentación	8	s/ 10 000,00	s/ 80 000,00
Torre de destilación	3	s/ 65 000,00	s/ 195 000,00
Tamiz molecular de deshidratación	1	s/ 20 500,00	s/ 20 500,00
Caldera de valor	1	s/ 10 100,00	s/ 10 100,00
Generador eléctrico	1	s/ 14 633,79	s/ 14 633,79
Pallet	10	s/ 25,00	s/ 250,00
Balanza electrónica	1	s/ 150,00	s/ 150,00
Plataforma con báscula de peso	1	s/ 10 653,00	s/ 10 653,00
Refractómetro	1	s/ 38,00	s/ 38,00
Tanque de almacenamiento	2	s/ 2 000,00	s/ 4 000,00
Carretilla manual de manejo de cilindros	2	s/ 150,00	s/ 300,00
Sub total			s/ 475 904,79
<b>Mobiliarios y equipos de oficina</b>			
Mesa de directorio	1	s/ 250,00	s/ 250,00
Sillas de escritorio	12	s/ 120,00	s/ 1 440,00
Estantes	6	s/ 250,00	s/ 1 500,00
Computadora de escritorio	5	s/ 1 300,00	s/ 6 500,00
Impresoras	2	s/ 1 118,99	s/ 2 237,98
Escritorios	4	s/ 144,00	s/ 576,00
Carrito de limpieza	1	s/ 51,00	s/ 51,00
Mesa de comedor	1	s/ 102,00	s/ 102,00
Bancas (comedor)	6	s/ 41,00	s/ 246,00
Bancas (área de descanso)	4	s/ 51,00	s/ 204,00
Sillas	10	s/ 98,00	s/ 980,00
Sub total			s/ 14 086,98
<b>Transporte</b>	3	s/ 40 941,85	s/ 122 825,55
	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Precio total (S/)</b>
<b>Construcción y terreno</b>			
Muros y columnas	4 907,3	s/ 325,00	s/ 1 594 888,10
Techos de zona producción	246,6	s/ 104,99	s/ 25 894,45
Techos de oficinas	2 844,4	s/ 200,22	s/ 569 514,75
Pisos de oficina	4 660,7	s/ 162,44	s/ 757 085,85
Pisos de transporte	246,6	s/ 23,83	s/ 5 877,37
Puertas y ventanas	4 907,3	s/ 144,54	s/ 709 308,08
Revestimiento	4 907,3	s/ 223,93	s/ 1 098 902,44
Baños	14,3	s/ 75,83	s/ 1 084,91
Instalaciones eléctricas y sanitarias	4 907,3	s/ 129,88	s/ 637 366,36
Terreno	4 907,35	s/ 120,00	S/ 588 881,76
Sub total			S/ 5 988 804,05
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 6 601 621,37</b>

Fuente: Elaboración propia

El capital de trabajo se evaluó teniendo en cuenta en primer lugar los ingresos que se generó en el plan de ventas, luego se consideró los egresos aquí están incluidos los costos de producción (materiales directos e indirectos, mano de obra, gastos generales de fabricación; teniendo un total de S/1 333 535 en el primer año), también están los gastos administrativos (sueldos, materiales de oficina, energía eléctrica, internet, teléfono y agua, con un total de S/438 507,63 en el primer año) y por último los gastos de comercialización; para ellos se consideró los sueldos de los encargados de comercialización, gastos de marketing, gastos de ventas, gastos de distribución, siendo un total de S/194 390; sumando los egresos se obtuvo para el primer año un total de S/1 966 433; con una utilidad acumulada de S/8 942 149,06 para el año 5. Todo lo mencionado anteriormente se detalla en la tabla 7.

Así mismo se consideró los gastos financieros, aquí se agregan los intereses y las amortizaciones, estos son importantes para tener la adquisición de los activos fijos y del capital del trabajo; por ende, el financiamiento será establecida por el banco BBVA Continental, con un interés de préstamos al 5%, en 5 plazos.

Una vez calculado los costos anteriores, se determinó la inversión total para la instalación del proyecto siendo S/ 7 200 296,91; el cual el 60% será financiada por el banco y el 40% por el promotor de proyecto, demostrado en la tabla 8.

**Tabla 7. Capital de trabajo**

<b>AÑO</b>	<b>1 años</b>	<b>2 años</b>	<b>3 años</b>	<b>4 años</b>	<b>5 años</b>
<b><u>Ingresos</u></b>	S/3 210 544,35	S/3 374 565,98	S/3 807 325,35	S/4 277 133,00	S/4 753 956,38
<b>Total de ingresos</b>	<b>S/3 210 544,35</b>	<b>S/3 374 565,98</b>	<b>S/3 807 325,35</b>	<b>S/4 277 133,00</b>	<b>S/4 753 956,38</b>
<b><u>Egresos</u></b>					
Costos de producción	S/1 333 535,58	S/1 347 618,61	S/1 446 199,80	S/1 549 475,34	S/1 648 056,53
Gastos administrativos	S/438 507,63				
Gastos de comercialización	S/194 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40
<b>Total de egresos</b>	<b>S/1 966 433,61</b>	<b>S/1 978 516,64</b>	<b>S/2 077 097,83</b>	<b>S/2 180 373,36</b>	<b>S/2 278 954,55</b>
Saldo (déficit/supervit)	S/1 244 110,74	S/1 396 049,34	S/1 730 227,52	S/2 096 759,64	S/2 475 001,82
<b>Utilidad acumulada</b>	<b>S/1 244 110,74</b>	<b>S/2 640 160,08</b>	<b>S/4 370 387,60</b>	<b>S/6 467 147,24</b>	<b>S/8 942 149,06</b>

**Fuente: elaboración propia**

**Tabla 8. Inversión total**

Descripción	Inversión Total S/	Promotor del proyecto S/	Financiamiento S/
<b>Capital del trabajo</b>	S/111 127,97	S/44 451,19	S/66 676,78
<b><u>Inversión tangible</u></b>			
<b>Terrenos</b>	S/588 881,76	S/235 552,70	S/353 329,06
<b>Construcciones</b>	S/5 399 922,29	S/2 159 968,92	S/3 239 953,37
<b>Maquinaria de producción</b>	S/460 513,79	S/184 205,52	S/276 308,27
<b>Equipo de producción</b>	S/15 391,00	S/6 156,40	S/9 234,60
<b>Equipo de oficina</b>	S/14 086,98	S/5 634,79	S/8 452,19
<b>Transporte</b>	S/122 825,55	S/49 130,22	S/73 695,33
<b>Total inversión tangible</b>	S/6 601 621,37	S/2 640 648,55	S/3 960 972,82
<b><u>Inversión intangible</u></b>			
<b>Gastos pre operativos</b>	S/16 500,11	S/6 600,04	S/9 900,07
<b>Total inversión intangible</b>	S/16 500,11	S/6 600,04	S/9 900,07
<b>Imprevistos 7 %</b>	S/471 047,46	S/188 418,98	S/282 628,48
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	S/ 7 200 296,91	S/2 880 118,76	S/4 320 178,14
<b>Porcentaje</b>	<b>100,00%</b>	<b>40,00%</b>	<b>60,00%</b>

Fuente: elaboración propia

Por consiguiente, se obtuvo el punto de equilibrio en soles y en unidades, es así para el primer año se tiene un total de S/2 929 916,03 y en unidades de 4 805 cilindros y para el quinto año se obtendrá un total de S/2 354 302,82 con 3 354 cilindros.

Con respecto al flujo de caja de la evaluación económica - financiera, detallada en la tabla 9, se obtiene un valor actual neto (VAN) de S/1 150 700,32; una tasa de interés de retorno (TIR) con 28%. De acuerdo al diario El Peruano se consideró una tasa de inflación de 2% [38], también se tomó en consideración que el 20% sea para beneficio de inversión propia y el 10% de inversión financiera, por lo tanto, se determinó una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de 14%. Es así, al ser el TIR mayor que el TMAR se considera un proyecto de inversión viable para su instalación. Por último, se alcanzó un costo - beneficio de S/ 1,27; esto quiere decir que por cada sol que se invierta, ingresa S/ 0,27. Después de todo lo invertido en el proyecto de inversión se recupera en un tiempo de 2 años, 9 meses y 19 días respectivamente.

Por último, se analizó la sostenibilidad ambiental, este es una parte esencial en todo proyecto de inversión para poder llevar a cabo su ejecución y estabilidad, es así para la presente investigación se analizó el proceso productivo mediante la matriz de Leopold (ver anexo 14), donde el aspecto negativo con más relevancia es la afectación a la calidad de agua por la generación de agua residual en la etapa de deshidratación y como segundo aspecto negativo es

la contaminación acústica generado por el ruido de la maquinaria; seguido de la contaminación del aire, debido a elementos volátiles,  $CO_2$  dentro del proceso productivo y del propio residuo (mucílago) dentro del proceso productivo. Además, se tuvo en cuenta los procesos administrativos, los cuales generan contaminación del suelo, debido a los residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores y el consumo de energía en los equipos (laptop, impresoras, etc.) e iluminación en la planta industrial; es por ello se planteó medidas de mitigación, mencionadas a continuación:

Tratamiento de las aguas residuales, mediante la ósmosis inversa, para la purificación del agua y pueda ser utilizada en otras actividades de la planta industrial, como en los SS. HH, lavado de manos, etc.

Realizar mantenimientos (preventivos, correctivos) y calibración de equipos y maquinaria para evitar su mal funcionamiento y generación de ruido.

Para la contaminación del aire, se recomienda el monitoreo de emisiones de acuerdo a los límites máximos permisibles que brinda el ministerio del ambiente.

Para los residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores, se recomienda implementar un programa de segregación, esto para fomentar el reciclaje de materiales usados en las oficinas.

Así mismo, para consumo de energía de los equipos, se planteó apagar o minimizar los sistemas de aire acondicionado en las salas no ocupadas como: sala de reuniones vacías, fuera de las horas de trabajo, con el fin de maximizar la eficiencia de los equipos de climatización y reducir costos de energía eléctrica y también aprovechar la iluminación natural, manteniendo limpias las ventanas y abriendo las cortinas en los puestos de trabajo, con el fin de recibir luz natural.

Y capacitar al personal sobre los peligros y riesgos presentes en la planta industrial, además de instruir como utilizar correctamente los EPP en las áreas de trabajo, con el fin de evitar las enfermedades y accidentes ocupacionales.

En función a lo planteado anteriormente; sobre los impactos negativos identificados por la matriz de Leopold y sus respectivas medidas de mitigación, se presentan en el anexo 15 más a detalle.

Tabla 9. Flujo de caja anual

Año	0	1	2	3	4	5
<b><u>Inversión</u></b>						
Capital social	S/2 880 118,76					
Préstamos a CP Y LP	S/4 320 178,14					
<b>Total inversión</b>	<b>S/7 200 296,91</b>					
<b><u>Ingresos</u></b>						
Cuentas por cobrar (ventas a crédito)		S/1 177 199,60	S/1 237 340,86	S/1 396 019,30	S/1 568 282,10	S/1 743 117,34
Cobranzas ventas al año (contado)		S/1 926 326,61	S/2 024 739,59	S/2 284 395,21	S/2 566 279,80	S/2 852 373,83
<b>Total, de ingresos</b>		<b>S/3 103 526,21</b>	<b>S/3 262 080,44</b>	<b>S/3 680 414,51</b>	<b>S/4 134 561,90</b>	<b>S/4 595 491,16</b>
<b><u>Egresos</u></b>						
Costos de producción		S/1 333 535,58	S/1 347 618,61	S/1 446 199,80	S/1 549 475,34	S/1 648 056,53
Gastos administrativos		S/438 507,63	S/438 507,63	S/438 507,63	S/438 507,63	S/438 507,63
Gastos de comercialización		S/194 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40	S/192 390,40
Amortización de préstamos		S/864 035,63	S/864 030,75	S/864 035,63	S/864 035,63	S/864 035,63
<b>Total, de egresos</b>		<b>S/2 830 469,24</b>	<b>S/2 842 547,39</b>	<b>S/2 941 133,46</b>	<b>S/3 044 408,99</b>	<b>S/3 142 990,18</b>
<b>Saldo bruto (antes de impuestos)</b>		<b>S/273 056,97</b>	<b>S/419 533,06</b>	<b>S/739 281,05</b>	<b>S/1 090 152,91</b>	<b>S/1 452 500,98</b>
Impuestos a la renta (0,3)		S/81 917,09	S/125 859,92	S/221 784,31	S/327 045,87	S/435 750,29
<b>Saldo (después de impuestos)</b>		<b>S/191 139,88</b>	<b>S/293 673,14</b>	<b>S/517 496,73</b>	<b>S/763 107,04</b>	<b>S/1 016 750,69</b>
Depreciación		S/725 502,51	S/696 062,53	S/696 062,53	S/651 462,23	S/539 992,23
Saldo final (déficit/superávit)	-S/2 880 118,76	S/916 642,38	S/989 735,67	S/1 213 559,26	S/1 414 569,27	S/1 556 742,91
<b>Utilidad acumulada</b>	<b>-S/2 880 118,76</b>	<b>-S/1 963 476,38</b>	<b>-S/973 721,03</b>	<b>S/239 815,13</b>	<b>S/1 654 384,40</b>	<b>S/3 211 127,31</b>
Valor actual neto (VAN)		<b>S/ 1 150 700,32</b>				
Tasa de interés de retorno (TIR)		<b>28 %</b>				
Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)		<b>14 %</b>				
B/C		<b>S/ 1,27</b>				

Fuente: Elaboración propia

### Discusiones

Según Orjuela y Sandoval [39] mencionan que al momento de realizar un estudio de mercado se debe seguir una serie de pasos mediante un conjunto de investigaciones para conocer finalmente si es viable o no el proyecto. En la investigación de Cabrera [15] empezó conociendo el producto como sus características, usos, productos sustitutos, así mismo su demanda, oferta, demanda del proyecto, formas de comercialización y su plan de ventas. En otra investigación [21] se realizó etanol a partir de la vaina de algarroba, este estudio logrará cumplir con el 1% de su demanda insatisfecha, obteniendo para el año 2022 una cantidad de 509 618 gal de etanol. Es por ello, la planta industrial de etanol a base de mucílago de café, tuvo en cuenta el rendimiento del mucílago en etanol, para lograr satisfacer el 0,45% de la demanda insatisfecha; por lo tanto, para el año 2025 se obtendrá 6 773 cilindros de 200 litros, dando a conocer que el producto es indispensable para la generación de nuevos mercados, debido a la alta demanda que presenta.

Con respecto al diseño de la planta industrial de etanol, menciona Rodríguez y Lazo [40] en su investigación, elaboración de etanol de yuca, este propuso tres lugares tanto para la macro y micro localización, siendo como resultado final, Loreto – Maynas; analizando diversos factores como proximidad a materia prima, disponibilidad de terrenos, abastecimiento de agua, etc.; así mismo propone un balance de materia de acuerdo a la disponibilidad de su materia prima, donde obtuvo 5 406 litros de etanol desnaturalizado; para la selección de equipos y maquinaria tuvo en consideración factores técnicos, económicos y ambientales que se encuentren relacionados con la producción, respecto a su área total de su planta industrial tuvo 1 833,29  $m^2$ . En una segunda investigación [21] propuso la elaboración de etanol a partir de la vaina de algarroba, en donde planteó un diseño ingenieril para la instalación de una planta industrial, para ello empezó con la localización de su empresa, analizando factores como costo de hectárea, materia prima, mano de obra, clima, servicio públicos, etc., quedando establecido en Lambayeque – Olmos con una superficie total de 4 304  $m^2$ , así mismo realizó el balance de masa de acuerdo a su disponibilidad de materia prima, donde obtuvo 6 250 kg de etanol de algarrobo por hora, además para su selección de equipo y maquinaria fue con respecto a la capacidad por hora. Por ende, la planta industrial de etanol a partir de mucílago de café estará ubicado en el departamento de San Martín – Moyobamba, siendo más accesible a la materia prima; además se calculó un área total de 4 907  $m^2$ , diferenciándose de los antecedentes, por el hecho que cuenta con una capacidad alta, dando lugar a obtener mayor cantidad de máquinas; además en el balance de materia se obtuvo 7 095,6 kg/h, a diferencia de los antecedentes presentados,

puesto que los rendimientos que se obtiene es de acuerdo a la disponibilidad de materia prima que se utilice en la elaboración de etanol, para lograr satisfacer la demanda del producto.

El análisis económico financiero según Rodríguez y Lazo [40] en su estudio de prefactibilidad obtuvo un VAN de S/ 621 389 y un TIR de 35,01%; además el periodo de retorno de su inversión fue de 7 años, 9 meses y 9 días. Por otro lado, en la investigación de Muro [21], determinó el VAN de S/ 1 783 803, un TIR de 39%, con un costo beneficio S/ 1,97; siendo rentable dado que es mayor a la tasa pasiva (8,14%). El presente artículo alcanzó un VAN de S/1 150 728, un TIR de 28% y un TMAR de 14%, siendo viable para la instalación de la planta industrial de etanol a base de mucílago, dado que el TMAR es menor que el TIR y con un VAN positivo de S/ 1 150 728 y con respecto al estudio ambiental en la investigación de Muro [21] identificó impactos mediante la matriz de Leopold, donde la generación de vinazas es el impacto más negativo en su proceso generado en la etapa de destilación, donde recomendó un biodigestor para aprovechar al máximo la vinaza. Teniendo en cuenta el presente artículo el impacto negativo con más relevancia es la afectación a la calidad de agua por la generación de agua residual en la etapa de deshidratación, el cual se propuso el tratamiento de las aguas residuales mediante la ósmosis inversa para la purificación del agua; si bien es cierto los impactos negativo identificados en el proceso de los diferentes estudios son diferentes; por el hecho que se trata de diferentes materia primas con diferente composición química, llegando a generar diferentes tipos de residuos en sus diferentes etapas que causan impactos negativos, a pesar de obtener el mismo producto (etanol).

## **Conclusiones**

El aprovechamiento del mucílago de café para la producción de etanol mediante hidrólisis enzimática, es viable en el aspecto comercial, tecnológico y económico – ambiental.

En el análisis de mercado se determinó la existencia de demanda insatisfecha nacional de etanol, que es cubierta por la oferta internacional; donde este proyecto tomó una participación del mercado menor al 1% en base a la oferta, el cual se encuentra limitada por la disponibilidad de materia prima.

La instalación de la planta industrial de etanol estará situada en el sector el Calvario, Lote 16 – Moyobamba siendo la provincia que cuenta con mayor cantidad de materia prima del departamento de San Martín; así mismo con respecto a la máquina para el proceso de hidrólisis

enzimática se utilizará un reactor continuo, por el tipo de flujo y desde el cual sale continuamente el producto que ha reaccionado, además de evitar la contaminación de microorganismos a fin de extender la vida útil del producto y mejorar su calidad.

Se analizó la viabilidad económica de la instalación de la planta industrial de etanol, llegando a obtener una inversión de S/ 7 200 296,91; del cual el 60% será financiada por el banco; además se determinó el VAN con S/1 150 700,32; un TIR de 28% siendo mayor a la TMAR (14%) y con respecto al estudio ambiental, el aspecto negativo con más relevancia es la afectación a la calidad de agua por la generación de agua residual en la etapa de deshidratación; para ello se planteó el tratamiento de aguas residuales mediante la ósmosis inversa para la purificación del agua y pueda ser utilizada en otras actividades de la planta industrial, como en los SS. HH, lavado de manos; pero también hay que destacar que existen impactos positivos como la generación de empleo e ingresos económicos para la población.

### **Recomendaciones**

Priorizar en otros tipos de residuos agroindustriales como fuente de elaboración de etanol como biocombustible, por el hecho que existe una alta demanda insatisfecha en el país.

Para el agua residual generada en la etapa de deshidratación se recomienda el diseño de una planta de tratamiento de agua y ser utilizada en otros tipos de actividades.

Realizar una propuesta del sistema de gestión ambiental, basado en la norma ISO 14001:2008, para controlar los problemas ambientales que trae los sub productos del café, aparte del mucílago en el departamento de San Martín.

## Referencias

- [1] Ministerio de Agricultura y riego (MINAGRI), «Observatorio de commodities: Café,» Enero 2019. [En línea]. Available: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/economia/e71/commodities\\_cafe\\_marzo2019.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/economia/e71/commodities_cafe_marzo2019.pdf).
- [2] Pro Naturaleza, «Devida,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.devida.gob.pe/documents/20182/335453/Manual+t%C3%A9cnico+sobre+manejo+de+aguas+mieles.pdf/5daea0b5-5c66-4ef2-8702-43b213d848af#:~:text=El%20muc%C3%ADlago%20es%20uno%20de,contaminaci%C3%B3n%20equivalente%20a%20la%20generada>.
- [3] D. Hernández Uribe y J. S. Ulloa Molina, «Evaluación de la producción de etanol a partir de mucílago de café en el valle del cauca,» Santiago de Cali, 2020.
- [4] C. R. Gutiérrez Cruz, K. A. Gomez Burbano y R. M. Imbachi Chávez, «Perspectiva del desarrollo de la técnica de reutilización del mucílago en el proceso de beneficio húmedo del café de alta calidad,» 19 Marzo 2019.
- [5] D. Hernández Uribe y J. S. Ulloa Molina, «Propuesta de rediseño de la planta de producción de etanol a partir del mucílago de café en la fundación entorno,» Santiago de Cali, 2019.
- [6] «Universidad Autónoma de manizales (UAM),» 3 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://archivo.autonoma.edu.co/noticias/en-la-uam-investigacion-sobre-los-usos-del-mucilago-de-cafe>.
- [7] Global Agricultural Information Network (GAIN), «Biofuels Annual,» Lima, 2020.
- [8] P. Barrientos Felipa, «Los combustibles y su efecto en la agricultura peruana,» vol. X, LIMA, 2009, pp. 43-66.
- [9] M. Viñals Verde, A. Bell García, G. Michelena Álvarez y M. Ramil Mesa, «Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica,» vol. XLVI, nº 1, pp. 7-16, 2012.
- [10] Ministerio de Agricultura y Riego, «Cultivo de café (Coffea arabica),» 2018. [En línea].

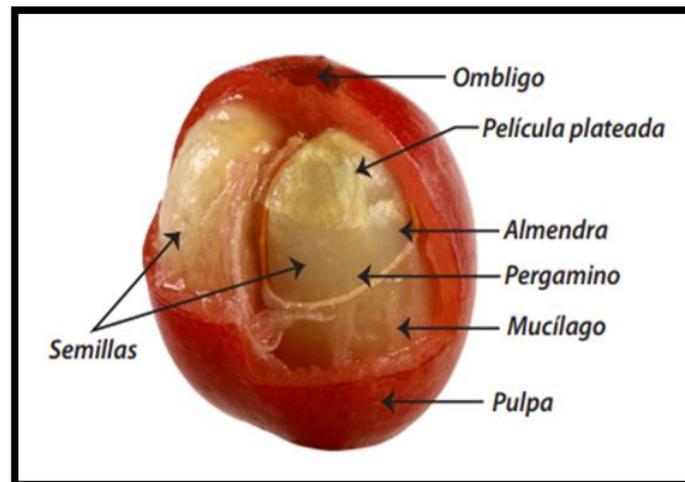
- [11] P. J. Ramos Giraldo, J. . R. Sanz Uribe y C. . E. Oliveros Tascón, «Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición de color,» vol. IV, pp. 315 - 326, 2010.
- [12] N. V. V. Virgüez Garzón y E. Ciro Castro, «Evaluación del mucílago del café (*Coffea arabica* L. Caturra) como potencial prebiótico en una bebida de arroz,» Bogotá, 2012.
- [13] T. K. Artega Castillo y L. C. Casiano Blas, «Influencia de la temperatura y pH en la fermentación de azúcares hidrolizados para la obtención de etanol a partir de la cáscara de café,» Trujillo, 2018.
- [14] N. Valencia Castillo y Y. M. Velez Duran, «Aprovechamiento del mucílago de café para mejorar la producción de etanol en una planta piloto para mitigar impactos negativos en corrientes hídricas,» Santiago de Cali, 2020.
- [15] J. C. Cabrera Arenas, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de biocemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz,» Chiclayo, 2015.
- [16] D. Orrego, A. D. Zapata Zapata y D. Kim, «Optimization and Scale-Up of coffee mucilage fermentation for ethanol production,» n° 11, 5 Marzo 2018.
- [17] S. Orjuela Cordova y P. Sandoval Medina, «Guia de estudio de mercado para la evaluación de proyectos,» Chile.
- [18] R. Carro Paz y D. Gonzáles Gámez, «Localización de instalaciones,» Argentina.
- [19] N. H. Cruz Villarraga, «La formación a través de la lúdica en el diseño de áreas de trabajo,» Colombia.
- [20] Torres Soto y Flóres Peña, «Metodología SLP para la Distribución en Planta de Empresas Productoras de Guadua Laminada Encolada (GLG),» *Revista ingeniería*, pp. 103 - 116, 24 Abril 2020.
- [21] A. Y. Muro Baca, «Diseño y evaluación económica – financiera para la instalación de una planta industrial de etanol anhidro a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) con fines de exportación,» Chiclayo, 2014.
- [22] A. Morales Castro y J. A. Morales Castro, *Proyectos de inversión, evaluación y formulación*, México, 2009.
- [23] S. C. Pinto Arroyo, «Valoración de impactos ambientales,» Sevilla, 2007.
- [24] Xiquim S.A, «Hoja de datos de seguridad de etanol anhidro 99,5 %,» 2016.

- [25] Ministerio de Energía y Minas, «Resolución Directorial N° 127-2020-MINEM/DGH,» Lima, 2020.
- [26] . M. Carrasco y E. Guevara, «Efectos ambientales del uso del metil terc butil eter (MTBE) como oxigenante en la formulación de gasolinas,» vol. VIII, n° 12, 2001.
- [27] «Asociación automotriz del Perú,» 2021. [En línea]. Available: <https://aap.org.pe/estadisticas/>.
- [28] «Fisterra,» 30 Marzo 2001. [En línea]. Available: <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/relacion-entre-variables-cuantitativas/>.
- [29] N. Rodríguez Valencia, «Producción de alcohol a partir de la pulpa de café,» vol. II, n° 64, pp. 78 - 93, 2013.
- [30] Rotoplas, Tanques de agua: Medidas de acuerdo a tus necesidades, Lima, 2020.
- [31] E. H. Rodriguez Yagui y R. D. Lazo Rodriguez , «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca,» Lima, 2020.
- [32] D. F. F. Tirado Armesto, B. Yacub Bermudez, J. V. Cajal Barrios, L. Murillo Fernández y R. F. Leal Betancour, «Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño,» n° 21, pp. 36-41, 2017.
- [33] N. Rodríguez Valencia , «Producción de alcohol a partir de la pulpa de café,» *Revista Cenicafé*, vol. II, n° 64, pp. 78-93, 2013.
- [34] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Dirección general de políticas agrarias,» Enero 2022. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3561419/Commodities%20Cacao%3A%20ene-mar%202022.pdf>.
- [35] T. A. Luna Calderón, «Producción de etanol a partir del mucílago de cacao (Theobroma cacao) mediante fermentación alcohólica,» Ecuador, 2018.
- [36] Y. C. Cardenas Hinostraza, E. García Saavedra y C. Leandro Laguna, «Rendimiento de alcohol de mucílago de cacao (Theabroma cacao L) de los clones CCN-51 E IMC-67 con el uso de levadura comercial ((Saccharomyces cerevisae),» Ucayali, 2015.
- [37] El Peruano, «Aprueban los Valores Unitarios Oficiales de Edificación para las localidades de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, la Sierra y la Selva, vigentes para el Ejercicio Fiscal 2021,» Lima, 2020.

- [38] «Diario El Peruano,» 2 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://elperuano.pe/noticia/100543-inei-inflacion-se-situo-en-046-en-julio-de-este-ano>.
- [39] S. Orjuela Córdova y P. Sandoval Medina, «Guía del estudio de mercado para la evaluación de proyectos,» Chile, 2002.
- [40] E. H. Rodriguez Yagui y R. D. Lazo Rodrigue, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de etanol a partir de yuca (*Manihot esculenta*),» Lima, 2020.
- [41] D. Navia P, R. Velasco M y J. Hoyos C, «Production and evaluation of ethanol from coffee processing by-products,» *Vitae*, vol. XVIII, n° 3, pp. 287-294, 2011.
- [42] B. Y. Pérez Sariñana, A. León Rodríguez, S. Saldaña Trinidad y S. Pathiyamattom Joseph, «Optimization of bioethanol production from coffee mucilage,» vol. III, n° 10, pp. 4326-4338, 2015.

## Anexos

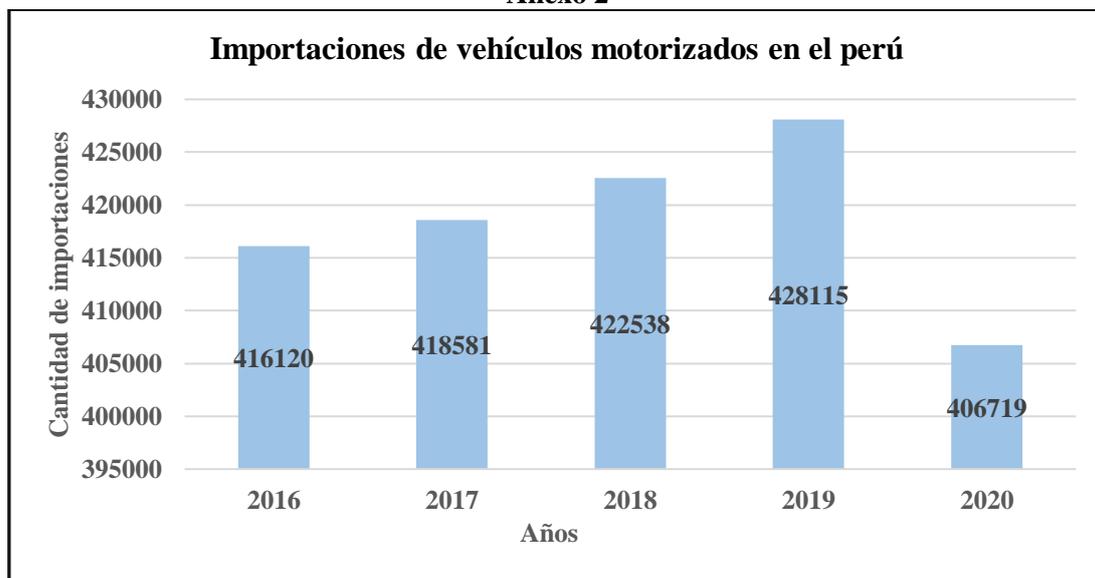
## Anexo 1



**Figura 6. Composición de un fruto de café**

Fuente: [11]

## Anexo 2



**Figura 7. Importaciones de vehículos motorizados en el Perú**

Fuente: Elaboración propia. En base a asociación automotriz del Perú (AAP)

**Anexo 3. Importaciones de etanol en los años (2016 – 2025)**

<b>Años</b>	<b>Importaciones (millones de litros)</b>	<b>Años</b>	<b>Importaciones proyectadas (millones de litros)</b>
2016	112	2021	216,7
2017	113	2022	237,8
2018	173	2023	258,9
2019	190	2024	280,0
2020	179	2025	301,1

Fuente: Elaboración propia. En base a Ministerio de Energía y Minas MEM

**Anexo 4. Plan de ventas por cilindro de 200 litros, 2021 – 2025**

<b>Años</b>	<b>Ventas (cilindros de 200 litros)</b>	<b>Precio de venta (S/.)</b>	<b>Ingresos totales (S/.)</b>
2021	4 860	609,79	2 963 579,40
2022	5 333	632,83	3 374 566,98
2023	5 805	655,87	3 807 325,35
2024	6 300	678,91	4 277 133,00
2025	6 773	701,95	4 753 956,38

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 5. Método de factores ponderados para macro localización

Factores	A	B	C	D	E	F	G	H	Puntaje	Porcentaje
Disponibilidad de materia prima	X	1	1	1	1	0	1	1	6	26%
Disponibilidad de mano de obra	1	X	0	1	1	0	0	0	3	13%
Disponibilidad de energía eléctrica	1	1	X	0	0	0	0	0	2	9%
Disponibilidad de agua	1	1	0	X	0	0	1	0	3	13%
Facilidad de transporte	1	0	0	0	X	0	1	1	3	13%
Servicios de comunicación	1	0	0	0	0	X	0	0	1	4%
Condiciones climáticas	1	0	0	1	1	0	X	0	3	13%
Cercanía al mercado	1	0	0	0	1	0	0	X	2	9%
<b>TOTAL</b>									<b>23</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia. En base a [18]

0	No existe relación en los factores
1	Existe relación en los factores

**Tabla 10A. Matriz de selección de macro localización**

FACTOR	PESO	SAN MARTÍN		UCAYALI		LORETO	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Disponibilidad de materia prima	0,26	30	7.83	20	5.22	10	2.61
Disponibilidad de mano de obra	0,13	30	3.91	20	2.61	40	5.22
Disponibilidad de energía eléctrica	0,09	20	1.74	30	2.61	40	3.48
Disponibilidad de agua	0,13	40	5.22	30	3.91	20	2.61
Facilidad de transporte	0,13	30	3.91	40	5.22	20	2.61
Servicios de comunicación	0,04	40	1.74	20	0.87	30	1.30
Condiciones climáticas	0,13	10	1.30	20	2.61	40	5.22
Cercanía al mercado	0,09	20	1.74	10	0.87	40	3.48
<b>TOTAL</b>	<b>1.00</b>		<b>27.39</b>		<b>23.91</b>		<b>26.52</b>

Fuente: Elaboración propia. En base a [18]

**Tabla 11A. Escala de calificación**

Escala de calificación	
Excelente	40
Bueno	30
Regular	20
Deficiente	10

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 6. Método de factores ponderados para micro localización

Factores	A	B	C	D	E	F	Puntaje	Porcentaje
Disponibilidad de materia prima	X	1	1	1	1	0	4	29%
Disponibilidad de superficie y mano de obra	1	X	0	1	0	1	3	21%
Abastecimiento de energía eléctrica	1	0	X	1	0	0	2	14%
Abastecimiento de agua	1	1	1	X	0	0	3	21%
Facilidad de transporte	1	0	0	0	X	0	1	7%
Servicios de comunicación	0	1	0	0	0	X	1	7%
<b>TOTAL</b>							<b>14</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia. En base a [18]

0	No existe relación en los factores
1	Existe relación en los factores

**Tabla 12A. Matriz de selección de micro localización**

FACTOR	PESO	MOYOBAMBA		LAMAS		BELLAVISTA	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Disponibilidad de materia prima	0,29	40	11.43	30	8.57	10	2.86
Disponibilidad de superficie y mano de obra	0,21	30	6.43	20	4.29	10	2.14
Abastecimiento de energía eléctrica	0,14	40	5.71	30	4.29	20	2.86
Abastecimiento de agua	0,21	30	6.43	30	6.43	30	6.43
Facilidad de transporte	0,07	20	1.43	40	2.86	30	2.14
Servicios de comunicación	0,07	30	2.14	30	2.14	30	2.14
<b>TOTAL</b>	<b>1.00</b>		<b>33.57</b>		<b>28.57</b>		<b>18.57</b>

Fuente: Elaboración propia. En base a [18]

**Tabla 13A. Escala de calificación**

Escala de calificación	
Excelente	40
Bueno	30
Regular	20
Deficiente	10

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 7. Ubicación de la planta de etanol



**Figura 8. Ubicación de la planta de etanol**

Fuente: Google Maps

### Anexo 8. Plan de producción

Periodo	Inv. inicial	Producción	Inv. total	Ventas	Inv. final
Enero (1er mes)	0	608	608	405	203
Febrero (2do mes)	203	608	810	405	<b>405</b>
Marzo (3er mes)	405	405	810	405	405
<b>Total primer trimestre</b>		<b>1,620</b>		<b>1,215</b>	
2do trimestre	405	1,215	1,620	1,215	405
3er trimestre	405	1,215	1,620	1,215	405
4to trimestre	405	1,215	1,620	1,215	405
<b>1 año</b>	<b>0</b>	<b>5,265</b>		<b>4,860</b>	<b>405</b>
2 año	405	5,333	5,738	5,333	405
3 año	405	5,805	6,210	5,805	405
4 año	405	6,300	6,705	6,300	405
5 año	405	6,773	7,178	6,773	405
<b>Inventario (1 mes)</b>	<b>405</b>				

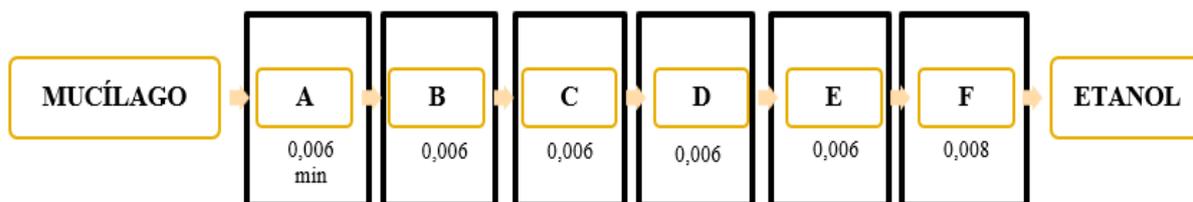
Fuente: Elaboración propia

**Anexo 9. Tiempos de ciclos para la línea de producción de etanol**

<b>Etapas de proceso</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Tiempo de ciclo (min/kg)</b>
Pasteurización	A	0,006
Hidrólisis enzimática	B	0,006
Fermentación	C	0,006
Pre calentado	D	0,006
Destilación	E	0,006
Deshidratación	F	0,008
<b>Total</b>		<b>0,038 min/kg</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 10**



**Figura 9. Línea de producción de etanol y sus estaciones de trabajo**

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Plano de la planta industrial de etanol

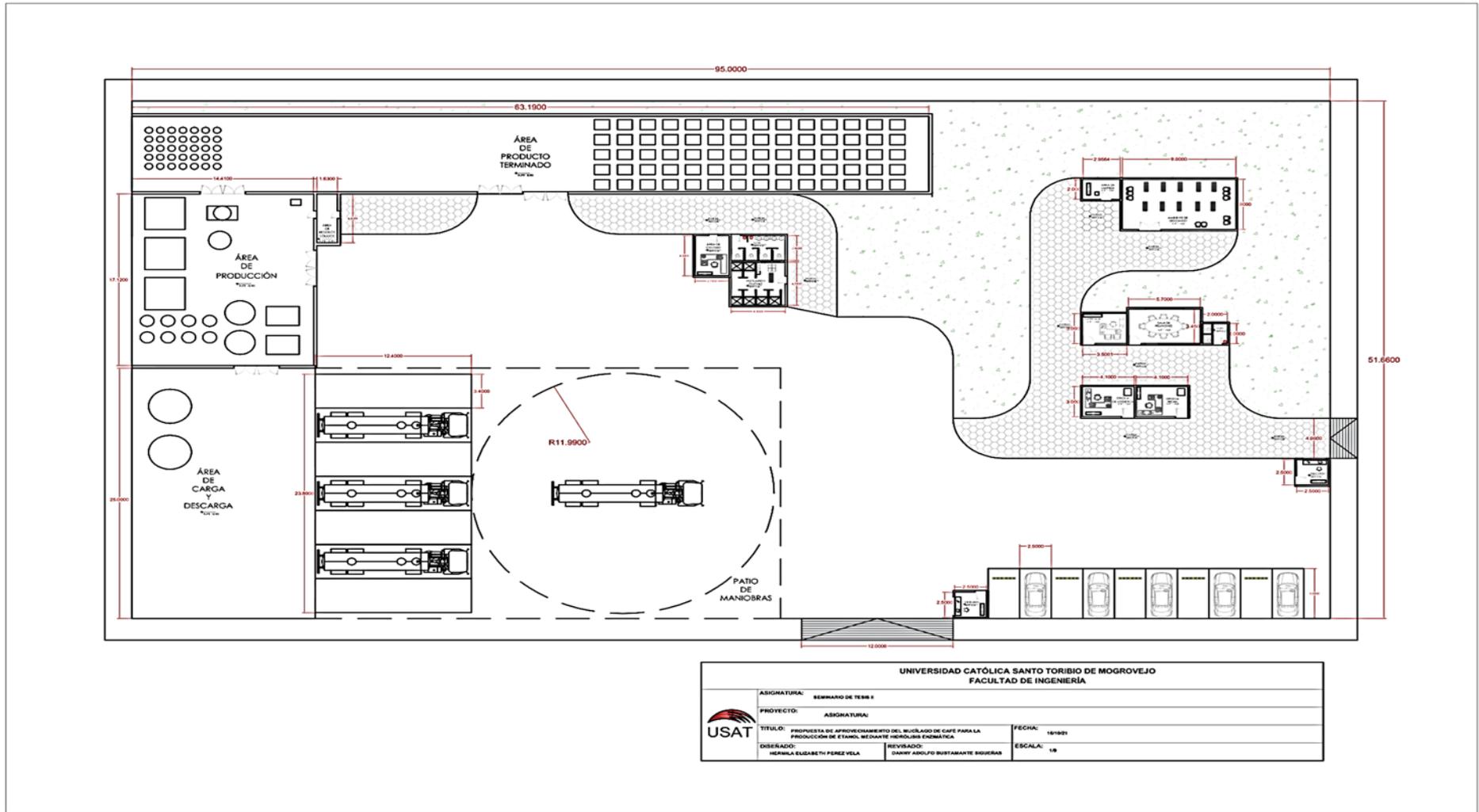


Figura 10. Plano de la planta industrial de etanol  
Fuente: Elaboración propia

**Anexo 12. Diagrama SLP y de relación de actividades**

Clave	Razón	Valor	PROXIMIDAD
1	Uso de Información común	A	Absolutamente necesaria
2	Comparten el mismo personal	E	Especialmente necesaria
3	Comparten el mismo espacio	I	Importante
4	Grado de contacto personal	O	Ordinario
5	Existe contacto a través de papeleo	U	Indiferente
6	Secuencia de flujo de trabajo	X	Indeseable
7	Realizan trabajo similar		
8	Usan mismo equipo		
9	Molestia por causa de olores		

1	Puesto de Vigilancia																
2	Área de Carga y Descarga	O															
3	S.S.H.H. de Producción	O	U														
4	S.S.H.H. Administrativos	U	U	U													
5	Áreas de Administrativas	I 4	U	I 1,5	U												
6	Ambiente de Descanso y Comedor	O	O	O	O	O											
7	Área de Producción	O	I 1,5	U	I 4	O	U										
8	Área de Almacén de P.T.	U	I 1,5	A 1,4,6	U	E 1,5	U	I 4									
9	Área de Limpieza	U	U	U	U	U	U	U	U								
10	vestuarios y duchas	U	U	I 1,5	U	U	U	E 1,5	U	U							
11	Áreas de Residuos	U	U	U	U	U	U	X 9	U	U	U						
12	Patio de Maniobras	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A 4,6	O					
13	Estacionamiento General	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	O				
14	Estacionamiento de Camiones	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	O			
15	Generador eléctrico	U	O	U	U	U	U	A 1,2,8	U	U	U	U	U	U	U		
16	Área de Calidad	U	U	U	I 4	I 1,4	O	O	U	U	U	U	U	U	U	U	U

**Figura 11. Diagrama SLP**

Fuente: Elaboración propia. En base a [20]

**Anexo 13. Pronóstico de mucílago de cacao y demanda del proyecto (2021 - 2025)**

<b>Años</b>	<b>Producción de cacao (t)</b>	<b>Mucílago de cacao (t)</b>	<b>Mucílago a etanol (litros)</b>	<b>Demanda del proyecto (0,42%) (litros)</b>	<b>Demanda del proyecto en cilindros de 200 litros</b>
<b>2021</b>	68 205,6	6 103,7	1 010 806,99	907 200	4 536
<b>2022</b>	72 638,0	6 500,4	1 076 495,16	995 400	4 977
<b>2023</b>	77 070,4	6 897,0	1 142 183,33	1 083 600	5 418
<b>2024</b>	81 502,8	7 293,7	1 207 871,50	1 176 000	5 880
<b>2025</b>	85 935,2	7 690, 3	1 273 559,66	1 264 200	6 321

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 14. Matriz de Leopold de planta industrial de procesamiento de etanol en cilindros de 200 litros**

ACCIONES			FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA INDUSTRIAL DE ETANOL							Total Acción	
			Recepción MP	Pausterización	Hidrólisis enzimática	Fermentación	Pre calentado	Destilación	Deshidratación		Almacenamiento PT
PARÁMETROS											
	FÍSICO	Aire	Material Particulado	-1							-1
Emisión de Gases de Combustión			1			-5	-4	-5		1	-19
Olores					-3	-6	-1	-1	-2		-25
Ruido		Nivel de ruido		-2	-2	-2	-2	-3	-3		-42
				3	3	2	3	3	3		
Suelo		Contaminación del suelo			-5						-10
		Calidad del suelo			2						-4
Agua	Calidad de agua			-4				-8		-48	
				1				6			
BIOLÓGICOS	Flora	Arboles				-1	-1	-2			-4
						1	1	1			
	Fauna	Animales terrestre			-2	-1	-2	-3			-8
					1	1	1	1			
SOCIO ECONÓMICO	Demográfico	Ingresos económicos		6		6		6			126
				7		7		7			
	Economía	Generación de empleo		8		8		8			168
				7		7		7			
Promedios positivos			0	2	0	2	0	2	0	0	18,75%
Promedios negativos			1	1	5	5	5	5	3	1	81,25%

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 15. Medidas de mitigación en el funcionamiento de la planta industrial de etanol**

Actividad	Impacto	Medidas de mitigación
<b>Procesos administrativos</b>	Consumo de energía de los equipos (laptop, impresoras, etc.) e iluminación en la planta industrial	Aprovechar la iluminación natural, manteniendo limpias las ventanas y abriendo las cortinas en los puestos de trabajo, con el fin de recibir luz natural
		Apagar o minimizar los sistemas de aire acondicionado en las salas no ocupadas: sala de reuniones vacías, fuera de las horas de trabajo, con el fin de maximizar la eficiencia de los equipos de climatización y reducir costos de energía eléctrica
		Apagar el ordenador, impresoras y demás aparatos eléctricos una vez que finalice la jornada de trabajo
	Contaminación del suelo, debido a los residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores	Implementar un programa de segregación en la fuente para fomentar el reciclaje de materiales usados en las oficinas
<b>Proceso industrial</b>	Contaminación del aire, debido a elementos volátiles, $CO_2$ dentro del proceso productivo	El monitoreo de emisiones de acuerdo a los límites máximos permisibles que brinda el ministerio del ambiente
	Contaminación acústica, generado por el ruido de la maquinaria	Realizar mantenimientos (preventivos, correctivos) y calibración de equipos y maquinaria para evitar su mal funcionamiento y ruido
	Contaminación de suelo, debido a los residuos orgánicos (mucílago generado en la etapa de hidrólisis enzimática)	Recolección de los residuos orgánicos (mucílago de café), el cual será vendido a las ganaderías cercanas de la planta industrial, como sustituto en la alimentación animal.

	Contaminación del agua debido a la generación de aguas residuales en la etapa de deshidratación	Tratamiento de las aguas residuales, mediante la ósmosis inversa, para la purificación del agua, y pueda ser utilizada en otras actividades de la planta industrial, como en los SS. HH, lavado de manos, etc.
	Enfermedades y accidentes ocupacionales debido a las emisiones contaminantes y trabajos realizados en la planta industrial	<p>Capacitar al personal sobre los peligros y riesgos presentes y como utilizar correctamente los EPP en las áreas de trabajo, con el fin de evitar las enfermedades y accidentes ocupacionales.</p> <p>Brindar equipos de protección personal a los trabajadores.</p>

Fuente: Elaboración propia