

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO  
USFQ**

**Colegio Politécnico de Ciencias e Ingenierías**

**Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de  
un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao.**

**Ariana Gabriela Santos Imbago**

**Ingeniería Química**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERA QUÍMICA**

Quito, 05 de mayo de 2020

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio Politécnico de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao.**

**Ariana Gabriela Santos Imbago**

**Nombre del profesor, Título académico Juan Diego Fonseca, PhD.**

Quito, 05 de mayo de 2020

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Nombres y apellidos: Ariana Gabriela Santos Imbago

Código: 00123516

Cédula de identidad: 172094168-9

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2020

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio de prefactibilidad de una planta productora de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao. Del fruto del cacao se utiliza para comercializar únicamente la semilla y se desperdicia la cáscara, el mucílago y la testa. Se conoce que el mucílago del cacao cuando es fermentado aeróbicamente produce ácido acético y al mezclarlo con el cloruro de sodio (NaCl) tiene un efecto secante en las hojas de la maleza produciendo así su muerte. Además, cuando la maleza está en contacto con el ácido acético produce una mayor cantidad de oxígeno, lo cual ayuda a la oxidación de ácidos grasos haciendo de que la maleza muera. Para la obtener el estudio de prefactibilidad se realizó un balance de masa y de energía del proceso, el dimensionamiento de los equipos necesarios y un análisis económico de la planta. En el caso de este proyecto se está trabajando con una finca que contiene 60 hectáreas de cacao y que produce por cosecha 10,000 kg de cacao en baba, con esta cantidad se genera un desperdicio de 1,500 litros de mucílago. Con la cantidad de mucílago generado la planta puede producir por cosecha 143 canecas de herbicida. Con los resultados obtenidos del dimensionamiento de equipos se realizó un análisis económico de la planta para así conocer si este proyecto es o no viable, este análisis se realizó con diferentes estimaciones de costos como los factores de Lang, Hand y el método factorial detallado; además se realizó un análisis de costos de materias primas, costos de producción e ingresos de la planta. Se obtuvo que el costo de inversión inicial total de planta es de \$ 235,651.21 y el ingreso total de planta es de \$59,514.01. Se obtuvo que el tiempo de recuperación de la inversión es de 4 años. Considerando que el tiempo de recuperación de la inversión se encuentra dentro de los 5 años esperados, se puede concluir que este proyecto es viable para su aplicación. Con la aplicación de este proyecto se espera generar conciencia entre los agricultores que los desechos de un fruto pueden ser utilizados para su beneficio, con este proyecto se espera que el desecho tanto del mucílago de cacao y el mucílago del café sea utilizado para la realización de herbicidas orgánicos.

Palabras clave: Mucílago de cacao, maleza, herbicida orgánico, resistencia, fermentación aeróbica.

## ABSTRACT

The objective of this project is to carry out a prefeasibility study of an industrial plant that produces an organic herbicide from cocoa mucilage. The cocoa fruit is used to commercialize only the seed and the husk, mucilage and testa are wasted. It is known that cocoa mucilage, when aerobically fermented, produces acetic acid and when mixed with sodium chloride (NaCl) it has a drying effect on the leaves of the weed, thus causing its death. Furthermore, when the weed is in contact with acetic acid, it produces a greater amount of oxygen, which helps the oxidation of fatty acids, causing the weeds to die. To obtain the prefeasibility study, a mass and energy balance of the process, the sizing of the necessary equipment and an economic analysis of the plant were carried out. In the case of this project, we are working with a farm that contains 60 hectares of cocoa and produces 10,000 kg of cocoa in slime per harvest, with this amount a waste of 1,500 liters of mucilage is generated. With the amount of mucilage generated, the industrial plant can produce 143 barrels of herbicide per harvest. With the results obtained from the equipment sizing, an economic analysis of the industrial plant was carried out to know if this project is viable or not. This analysis was performed with different cost estimates such as the Lang, Hand factors and the detailed factorial method; in addition, an analysis of raw material costs, production costs and plant income was carried out. It was obtained that the total initial investment cost of the plant is \$ 235,651.21 and the total income of the plant is \$ 59,514.01. It was obtained that the recovery time of the investment is 4 years. Considering that the recovery time of the investment is within the expected 5 years, it can be concluded that this project is viable for its application. With the application of this project it is expected to raise awareness among farmers that the waste of a fruit can be used for their benefit, with this project it is expected that the waste of both the cocoa mucilage and the coffee mucilage will be used for the realization of organic herbicides.

Key words: Cocoa mucilage, weed, organic herbicide, resistance, aerobic fermentation.

**TABLA DE CONTENIDO**

1.	INTRODUCCIÓN .....	16
1.1.	Antecedentes .....	16
1.2.	Justificación.....	18
1.3.	Objetivos .....	20
1.4.	Resultados esperados.....	20
2.	BASES DEL DISEÑO.....	21
2.1.	Fundamentos teóricos.....	21
2.2.	Terminología .....	22
2.3.	Descripción de materias primas .....	23
2.4.	Descripción del producto .....	23
2.5.	Limitaciones y Normas .....	24
3.	DISEÑO DEL PROCESO .....	30
4.	DISEÑO DE LA PLANTA .....	33
4.1.	Dimensionamiento del cajón despulpador de cacao .....	33
4.2.	Dimensionamiento del tanque fermentador .....	34
4.3.	Dimensionamiento del filtro.....	35
4.4.	Dimensionamiento del mezclador.....	35
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	38
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
6.1.	Conclusiones .....	42
6.2.	Recomendaciones.....	44

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXO A: METODOLOGÍA .....	54
A.1: Determinación de la efectividad del herbicida.....	54
A.2: Determinación de las condiciones de operación .....	54
A.3: Determinación de operaciones unitarias .....	55
A.4: Determinación del caudal.....	55
A.5: Balance de masa [47] .....	55
A.6: Balance de energía [47].....	56
A.7: Diagrama de bloque [47].....	56
A.8: Diagrama de flujo [47] .....	57
A.9: Layout de la planta .....	57
A.10: Selección de equipos .....	57
A.11: Dimensionamiento de equipos .....	57
A.11.1.: Cajón despulpador de semillas de cacao [43]. .....	57
A.11.2.: Tanque fermentador [47].....	58
A.11.3.: Filtro [47]. .....	60
A.11.4.: Mezcladora [47]. .....	63
A.12: Análisis económico .....	64
A.12.1.: Análisis de costos por factor de Lang [47].....	64
A.12.2.: Análisis de costos por factor de Hand [47]. .....	66
A.12.3.: Análisis de costos con el método factorial detallado [47].....	66

A.12.4.: Determinación de costos de la planta [47].	67
A.12.5.: Determinación de ingresos de la planta [47].	68
A.12.6.: Determinación del tiempo de recuperación de inversión [47].	68
ANEXO B: CÁLCULOS	69
B.1: Efectividad del herbicida	69
B.2: Balance de masa	74
B.3: Balance de energía	81
B.4: Dimensionamiento de equipos	82
B.4.1.: Despulpador de cacao	82
B.4.2.: Tanque fermentador	84
B.4.3.: Filtro	87
B.4.4.: Mezclador	93
B.5: Análisis económico	101
B.5.1.: Factor de Lang	101
B.5.2.: Factor de Hand	103
B.5.3.: Método factorial detallado	104
B.5.4.: Inversión capital fijo	105
B.5.5.: Capital de trabajo	106
B.5.6.: Costos de producción	107
B.5.7.: Ingresos	111
B.5.8.: Tiempo de recuperación	113

ANEXO C: NORMATIVAS ..... 114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Formulaciones de los herbicidas [42][41][25].....	31
Tabla 2: Resultados de las diferentes formulaciones. ....	31
Tabla 3: Resultados del balance de masa del proceso.....	32
Tabla 4: Resultados del balance de energía. ....	33
Tabla 5: Dimensiones de un solo cajón despulpador de cacao. ....	34
Tabla 6: Dimensiones del tanque fermentador.....	35
Tabla 7: Dimensiones del filtro.....	35
Tabla 8: Dimensiones del mezclador. ....	36
Tabla 9: Costo de los equipos. ....	39
Tabla 10: Estimación de costos de instalación de los equipos.....	39
Tabla 11: Total del costo de inversión de capital fijo. ....	39
Tabla 12: Total de capital de trabajo.....	40
Tabla 13: Costo total de producción anual.....	40
Tabla 14: Ingreso total. ....	41
Tabla 15: Tiempo de recuperación de la inversión. ....	41
Tabla 16: Peso del cacao.....	71
Tabla 17: Porcentaje de la formulación 1[42].....	72
Tabla 18: Porcentaje de la formulación 2 [41].....	73
Tabla 19: Porcentaje de la formulación 3 [25].....	73
Tabla 20: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 1.....	73
Tabla 21: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 2.....	74
Tabla 22: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 3.....	74
Tabla 23: Análisis de grados de libertad.....	74
Tabla 24: Parámetros para obtener el balance de energía.....	81

Tabla 25: Parámetros para el balance de energía del proceso de fermentación.....	82
Tabla 26: Dimensiones de un cajón fermentador de semillas de cacao.....	83
Tabla 27: Dimensiones para un solo cajón fermentador de semillas de cacao.....	84
Tabla 28: Parámetros necesarios para la masa del cajón [43] [57].....	84
Tabla 29: Volumen del mucílago.....	84
Tabla 30: Parámetros para obtener el espesor de pared del tanque.....	85
Tabla 31: Densidad del acero inoxidable 304 [58]. .....	86
Tabla 32: Constante para el terminal plano del tanque [47]. .....	86
Tabla 33: Volumen de la cantidad de mucílago que entra al filtro. ....	87
Tabla 34: Factores necesarios para obtener el espesor de pared del tanque del filtro. ....	88
Tabla 35: Parámetros para el número de Reynolds del fluido del filtro [59][52]. .....	92
Tabla 36: Volumen que entra a la mezcladora.....	93
Tabla 37: Factores para obtener el espesor de pared del tanque del mezclador. ....	94
Tabla 38: Parámetros para obtener el número de Reynolds del fluido de la mezcladora. .....	97
Tabla 39: Cantidades de materia prima que entra al mezclador. ....	98
Tabla 40: Masa del agua y del mucílago que entran al mezclador. ....	98
Tabla 41: Fracciones másicas de los componentes que entran al mezclador.....	98
Tabla 42: Costo de cada equipo. ....	102
Tabla 43: Costo de instalación de la planta con el Factor de Lang.....	103
Tabla 44: Costo de instalación de la planta con el factor de Hand. ....	104
Tabla 45: Costos de instalación de la planta con el método factorial detallado. ....	105
Tabla 46: Costo con el factor Hand y el método factorial con el margen de +- 30%. .....	105
Tabla 47: Costo ISBL. ....	105

Tabla 48: Costos del capital fijo. ....	106
Tabla 49: Costo total del capital de trabajo.....	107
Tabla 50: Costo de materia prima anual. ....	107
Tabla 51: Costo anual de agua de la planta como servicio básico. ....	108
Tabla 52: Costos incluidos en la planilla de agua para el sector Industrial [64].....	108
Tabla 53: Costo energético de los equipos anual. ....	108
Tabla 54: Costo energético de los equipos de oficina anual. ....	109
Tabla 55: Costo energético anual total.....	109
Tabla 56: Costo total de servicios básicos anual.....	109
Tabla 57: Costo de canecas de plástico anual. ....	109
Tabla 58: Costo de producción variable anual. ....	109
Tabla 59: Costo de labor de operación anual. ....	110
Tabla 60: Elementos de costos de producción fijos. ....	110
Tabla 61: Costo de producción fijo anual. ....	110
Tabla 62: Costo de producción anual.....	111
Tabla 63: Costo de producción total semanal. ....	111
Tabla 64: Ingreso por venta del producto anual.....	111
Tabla 65: Margen del producto bruto anual.....	112
Tabla 66: Costo en efectivo de producción anual. ....	112
Tabla 67: Beneficio bruto anual. ....	112
Tabla 68: Beneficio neto anual. ....	113
Tabla 69: Ingreso mensual de la planta.....	113
Tabla 70: Tiempo de recuperación de la inversión. ....	113
Tabla 71: ROI de la planta. ....	113
Tabla 72: Costo de equipos por reales en el mercado.....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de bloque del proceso. ....	32
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso.....	37
Figura 3: Layout 2D de la planta. ....	37
Figura 4: Layout 3D de la planta. ....	38
Figura 5: Esfuerzo máximo permisible de diferentes materiales [47]. ....	59
Figura 6: Relaciones para calcular las dimensiones del agitador[49].....	61
Figura 7: Valores de kT para diferentes tipos de agitadores [49]. ....	62
Figura 8: Lista de potencia de motores y velocidades de los agitadores [51].....	63
Figura 9: Lista de equipos con las constantes de costos [47].....	65
Figura 10: Lista de otros equipos con las constantes de costos [47].....	65
Figura 11: Factor de material [47]. ....	66
Figura 12: Factor de instalación de Hand [47].....	66
Figura 13: Factor de instalación según el método factorial detallado [47]. ....	67
Figura 14: Recolección de cacao.....	69
Figura 15: Recolección del mucílago.....	70
Figura 16: Mucílago fermentado.....	70
Figura 18: Filtración del mucílago.....	71
Figura 19: Preparación de las diferentes formulaciones. ....	71
Figura 20: Diagrama de bloque del proceso de despulpación del cacao.....	75
Figura 21: Diagrama de bloque del proceso de fermentación. ....	76
Figura 22: Diagrama de bloque del proceso de filtración. ....	78
Figura 23: Diagrama de bloque del proceso de mezclado. ....	79
Figura 24: Dimensiones de un fermentador de semillas de cacao en cajón [43]. ....	83
Figura 25: Esquema de las dimensiones de un agitador [49].....	91

Figura 26: Viscosidades dinámicas del NaCl [60].....	100
Figura 27: $N_p$ vs $N_{re}$ para agitadores tipo turbina de seis palas planas [50]. .....	101

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

El Ecuador ocupa el cuarto lugar en la producción mundial del cacao [1]. Este es muy reconocido a nivel mundial por el gran aroma y sabor que tiene su semilla. En el 2018, el Ecuador exportó un total 315,571 toneladas métricas [2]. El cacao representa uno de los principales productos de exportación que tiene el Ecuador. Los principales países a los que Ecuador comercializa su cacao son la Unión Europea y Estados Unidos [3]. La semilla del cacao es ampliamente utilizada en el mundo para fabricar productos muy comercializados como: el chocolate, manteca de cacao, licor de cacao, cremas, etc.

Del fruto del cacao únicamente se utiliza el 10%, el cual representa a la semilla [4]. El resto de los componentes del fruto como la cáscara, el mucílago y la testa de la semilla son desperdiciados. Según una encuesta realizada el desperdicio del mucílago se da por las siguientes razones: 72% debido a la carencia de conocimiento, 22% desinterés de los agricultores y 6% falta de innovación [5]. Este problema sucede con los demás desperdicios que genera el cacao. Según la cantidad de cacao generado para exportación en Ecuador en el 2018 se estima que se desperdician aproximadamente 60,000 m<sup>3</sup> de mucílago al año.

En el caso de este proyecto, se trabaja con una finca que se encuentra en el kilómetro 34 en Santo Domingo de los Tsáchilas. Esta finca contiene un cultivo de cacao de alrededor de 60 hectáreas. Anualmente se generan 60 quintales de cacao en baba al año por hectárea, considerando que la cosecha del cacao se realiza cada 8 o 15 días según la estación del año, se obtiene que se realizan 36 cosechas al año [6]. Esta finca genera un aproximado de 10,000 kg de cacao en baba por cosecha. Con esta cantidad de cacao en baba generada, se produce un desperdicio de aproximadamente 1,500 litros de mucílago.

El mucílago del cacao se obtiene del proceso de la fermentación de la semilla. Este componente del cacao es desechado en su mayoría en el suelo y en las aguas de los campos. El desperdicio del mucílago ha causado grandes problemas ambientales, debido a los olores fétidos que se puede generar en su descomposición; además ha generado deterioro del paisaje debido a que no se tiene una disposición final de estos desechos adecuado [4]. Esto ha producido pérdidas económicas en la actividad cacaotera del país, debido a que se utiliza para comercializar un solo componente del fruto del cacao. Los productores del cacao podrían comercializar el mucílago para la fabricación de mermeladas, licor, herbicidas orgánicos y biocombustibles. Suiza ha comenzado a comprar el mucílago de cacao para fabricar mermeladas [7]. Al comercializar también el mucílago se generaría un doble ingreso para los productores de cacao.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año 3 millones de personas terminan envenenadas por plaguicidas, de las cuales 20,000 mueren [8]. Este problema ocurre más en países en vías de desarrollo como es el caso del Ecuador, producido por la falta de conocimiento de los agricultores sobre los plaguicidas que usan, no se tiene un control adecuado de la seguridad que se debe tener al momento de fumigar los cultivos. Muy pocos agricultores utilizan equipo de protección para colocar los plaguicidas que en su mayoría son altamente tóxicos. Según una encuesta realizada por el INEC en el año 2012 solo el 25% de los agricultores recibieron una supervisión y capacitación sobre la correcta aplicación de los plaguicidas en el cultivo [9]. En el Ecuador no se tiene un correcto manejo de los plaguicidas y es la razón por la cual varios agricultores se llegan a envenenar.

Los herbicidas son necesarios para poder mantener un cultivo sano. Los herbicidas representan un 40% del uso total de agroquímicos en el mundo, ya que es utilizado para el control de malezas de los cultivos [10]. Los herbicidas químicos son los más utilizados en el mundo, pero estos en su mayoría son altamente tóxicos. Los herbicidas químicos son

utilizados como un modo económico y efectivo para el control de la maleza, pero existe una preocupación debido a que se han encontrado restos de componentes químicos en los alimentos, además se les asocian a malformaciones congénitas, disminución de fertilidad en las mujeres que se encuentran expuestas a estos químicos por procesos de fumigación [11]. Los herbicidas químicos generan una mayor resistencia en las plantas, es por esta razón que los agricultores tienen que ir aumentando la dosis.

El Glifosato y el Paraquat son los herbicidas más utilizados en el Ecuador [12]. Estos herbicidas se consideran altamente tóxicos para el ser humano y para los animales. El Glifosato es un herbicida sistemático no selectivo de tratamiento posemergente, su ingrediente activo es la sal isopropilamina de glifosato. Este herbicida es absorbido por las hojas y se transloca en los conductos que transportan la savia [13]. El Glifosato tiene una letalidad de 3 al 30% causando problemas en distintos órganos del cuerpo humano [14]. El Paraquat es otro herbicida mayormente usado en el Ecuador, es un herbicida no selectivo, este es absorbido por el cloroplasto y actúa en presencia de luz haciendo que las hojas se sequen [15]. El Paraquat se encuentra en la categoría II que es moderadamente tóxico, pero debido a sus capacidades toxicológicas debería encontrarse en la categoría Ia que es altamente tóxico [16]. Este tipo de herbicida ataca principalmente a los pulmones en caso de intoxicación, es muy peligroso para el ser humano por su gran letalidad [17]. Es por esta razón que se busca reemplazar los herbicidas químicos por herbicidas orgánicos.

## **1.2. Justificación**

En la agricultura se busca generar cultivos que produzcan alimentos para que sean consumidos por el ser humano. Los cultivos deben encontrarse sanos para producir una mayor cantidad de productos vegetales y de mejor calidad. En los cultivos se generan malezas, que son otros cultivos vegetales que no han sido sembradas por el ser humano, estas malezas compiten con el cultivo por nutrientes, agua y luz [18]. La presencia de la maleza en los

cultivos interfiere en los procesos de cosecha y reduce la capacidad de producir una mayor cantidad de productos vegetales, perjudicando así al agricultor [18]. Debido a esta razón es necesario tener un control de la maleza adecuado en los cultivos. Los pequeños agricultores realizan el desyerbe manual para el control de la maleza, este proceso ocupa un 40% del tiempo de los agricultores en su trabajo y usualmente se lo realiza cuando el cultivo ya ha sido perjudicado por la maleza [19]. Los herbicidas es una alternativa para controlar la maleza, ayudando así a reducir el tiempo de trabajo de los agricultores.

Debido a los diversos problemas generados por los herbicidas químicos, los herbicidas orgánicos se han convertido en una alternativa para el control de las malezas. En la actualidad existe una conciencia en las personas en consumir productos orgánicos, por lo que varios agricultores han optado por tener plantaciones totalmente orgánicas. Un bioherbicida es un tipo de herbicida cuyos ingredientes activos son el resultado del metabolismo de microorganismos, estos ingredientes activos son encontrados en plantas o vegetales [10]. Los herbicidas orgánicos ayudan al medio ambiente, ya que se utilizan compuestos que son desechos y que se degradan fácilmente, al poseer la capacidad de degradarse fácilmente los alimentos no contienen residuos de estos herbicidas. No son tóxicos, no causan resistencia en las plantas y además por su precio muy bajo reducen los costos para los agricultores, generándoles así una mayor ganancia.

En el Ecuador, la mayoría de los plaguicidas son importados. Ecuador no es un país productor de agroquímicos como plaguicidas. Los principales países comerciantes de estos productos son China y Colombia. El precio del herbicida en el Ecuador aumenta un 74% por costos de importación [20]. Debido a esta razón los herbicidas orgánicos tiene un costo menor y al ser producido dentro del Ecuador no aumentarían los precios.

El uso de los herbicidas en los cultivos representa un gasto importante. En el caso de la finca con la que se va a trabajar en este proyecto utiliza un matamalezas que tiene el costo de \$80 por caneca, el cual le genera un gasto de \$1,600 anuales. Considerando que, como se indica en el capítulo, 2 la caneca del herbicida propuesto tendrá un costo de alrededor de \$30 para la venta generando así un ahorro de 62.5% para el agricultor.

### **1.3. Objetivos**

Con los antecedentes mostrados en la Sección 1.1 se ha planteado como objetivo general del proyecto el realizar un estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao.

Para poder lograr el objetivo general se han planteado diferentes objetivos específicos que serán desarrollados en los Capítulos 3, 4 y 5. Los objetivos específicos son:

- Determinar la eficiencia del herbicida en la maleza.
- Definir el proceso de producción del herbicida orgánico con el mucílago del cacao.
- Diseñar la planta de producción del herbicida orgánico.
- Realizar un análisis económico de la planta.

### **1.4. Resultados esperados**

Con la creación de esta nueva planta se busca implantar un nuevo herbicida en el mercado. Este herbicida es fabricado con un desecho del cacao que puede ser utilizado para generar una mayor ganancia en los productores del cacao y así aprovechar todas las bondades que esta fruta puede dar. Con la creación de esta nueva planta se busca crear conciencia en la población sobre los beneficios que se tiene al buscar una aplicación de un desecho.

Un problema similar existe con el mucílago del café que contamina de igual manera suelos y aguas. Existe un desperdicio muy grande del mucílago del café, el cual debería ser utilizado para realizar herbicidas orgánicos. El mucilago del café tiene quinonas, glicósidos

taninos y fenoles que han sido reportados como metabolitos bioherbicidas [21]. Se busca en un futuro generar la implantación de una planta de producción de un herbicida utilizando también el mucílago del café.

## **2. BASES DEL DISEÑO**

### **2.1. Fundamentos teóricos**

Los mecanismos de acción de los herbicidas varían según el tipo que se utilice. A su vez, la decisión sobre que herbicida utilizar depende del tipo de maleza que se desea controlar. Los herbicidas se diferencian según su acción: los selectivos estos se caracterizan por eliminar únicamente la planta deseada, respetando así al cultivo y los no selectivos se caracterizan por eliminar todo tipo vegetal que se encuentre en contacto [22]. Además, estos se pueden dividir según el tipo de tratamiento que son: preemergente estos se aplican antes de la nascencia del cultivo y posemergente después de la nascencia del cultivo [22]. Un mecanismo de acción es la absorción del herbicida que se basa en la penetración del herbicida en la planta, este debe moverse del lugar de penetración al lugar donde el herbicida actúa [23].

Otro tipo de mecanismo de acción es por la inhibición de la fotosíntesis, este tipo de herbicida penetra hasta el cloroplasto de la planta y su acción depende del proceso de transpiración de la planta en el proceso de la fotosíntesis. Se debe tomar en cuenta que a más transpiración mayor cantidad de herbicida penetra. Estos herbicidas interfieren en el flujo de electrones en el proceso de la fotosíntesis marchitando así a la planta, debido a que la planta deja de captar la luz para producir azúcares [24]. El mecanismo de acción de los herbicidas que regulan el crecimiento se basa en alterar el desarrollo normal de planta, reduciendo así su crecimiento, alterando el sistema hormonal de planta para que este muera [23].

El herbicida fabricado a partir del mucílago del cacao es eficiente debido a que este contiene en su composición ácido cítrico que es beneficioso para el biocontrol de maleza [25]. Además, al ser fermentado el mucílago produce ácido acético que es utilizado como un herbicida orgánico. La acidez de este ácido acético ayuda a deteriorar a la maleza, ya que ayuda a la oxidación de ácidos grasos que constituye en sí a la mayor parte de la pared celular de las plantas dando como resultado subproductos con mucha cantidad de oxígeno causando así la muerte de la maleza [26]. Este herbicida ayuda a marchitar a la planta después de unas horas de haber sido aplicado, pero no actúa sobre la raíz de la planta. El ácido acético del vinagre tiene un modo de acción desecante en los tejidos de las plantas similar al Paraquat, puede controlar malezas de hojas anchas con una efectividad del 80%, su modo de acción es no selectivo, y al mezclar el vinagre con la sal ayuda aumentar su efecto desecante [27].

## 2.2. Terminología

**Plaguicida:** Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluidos enfermedades humanas o animales, especies no deseadas de plantas o animales que causen daños con la producción, almacenamiento, transporte o comercialización de productos alimenticios, agrícolas [28].

**Resistencia:** Según la Weed Science Society of America (WSSA) la Resistencia de las plantas es la capacidad heredada de una planta para sobrevivir y reproducirse después de la exposición a una dosis de herbicida normalmente letal para el tipo salvaje [29].

**Maleza:** Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) la maleza es aquella planta que causa problemas económicos y sociales al agricultor. Los problemas que causa la maleza en el cultivo se deben a que se tiene una competencia con los cultivos por los nutrientes, luz y agua [30].

### **2.3. Descripción de materias primas**

El mucílago constituye el 15% del fruto del cacao, el cual es desperdiciado. El mucílago contiene, en base al peso: Agua: 79.2 – 84.2%, Proteína: 0.09 – 0.11%, Azúcares: 12.50 – 15.9%, Glucosa: 11.6 – 15.32%, Pectinas: 0.9 – 1.19%, Ácido cítrico: 0.77 – 1.52% y Cenizas: 0.40 – 0.50% [31]. Este contiene una gran cantidad de azúcares en su composición, el cual es beneficioso para la fermentación acética. El ácido acético es producido con la fermentación del mucílago, el cual cuando entra en contacto con la planta, esta la marchita y mata a la maleza [26].

Adicionalmente al mucílago, para la fabricación del herbicida se utiliza agua y cloruro de sodio. El agua es utilizada para bajar la acidez del ácido acético y evitar que se altere la composición del suelo. El cloruro de sodio se utiliza en el herbicida para detener el crecimiento de la maleza y evitar su propagación dentro del cultivo [32]. Con la mezcla de los 3 componentes se obtiene un herbicida efectivo para el control de la maleza sin alterar la composición del suelo, aguas y sin perjudicar al ser humano.

La cantidad de materia prima indicada está calculada para una unidad de producción que en este caso es una caneca. Para una caneca se utiliza 9.75 L de ácido acético, el cual al ser un desecho no tiene costo en materia prima. Se utiliza 9.37 L de agua, su proveedor es EPMAPA-SD y su costo es de \$3 [64]. Por último, se utiliza 2 kg de cloruro de sodio, su proveedor es Sal “Cris-Sal” y su costo es de \$1. Al trabajarse con un desecho disminuye el costo por materia prima que es de \$4 para una caneca.

### **2.4. Descripción del producto**

El herbicida que se obtiene como producto final es un líquido de color café claro y su olor característico a vinagre, debido a la fermentación acética del proceso. El producto va a ser comercializado en canecas de plástico. Cada caneca contiene 49% de ácido acético,

47% de agua y 4% de cloruro de sodio. Este producto debe ser almacenado en un lugar fresco a temperatura ambiente y debe sellarse correctamente, debido a que se puede evaporar con el calor generando una pérdida del producto.

Este es un producto orgánico y amigable con el medio ambiente. Es un producto hecho con residuos vegetales y se degrada muy fácilmente en el medio ambiente. Al ser un herbicida orgánico este se degrada rápido y existe un riesgo mucho menor de encontrar trazas de este en los alimentos. Además, que no afecta al suelo, al agua, ni al ser humano, ya que no es tóxico. Con la elaboración de este producto se reducirá la contaminación de suelos y aguas por el desperdicio del mucílago.

Para poder conocer el precio de venta de este herbicida se debe tomar en cuenta: el costo de materia prima, el gasto energético, el gasto del salario de los trabajadores. Este producto va a ser utilizado en el control de maleza de la finca con la que se está diseñando la planta para eliminar así su gasto en herbicidas químicos. El restante va a ser comercializado a otros agricultores. El costo de venta del producto considerando los diversos factores sería de \$25 – 30.

## **2.5. Limitaciones y Normas**

El diseño de la planta está sujeto a varias limitaciones externas, en donde no se tiene un control alguno sobre cambios o variaciones. Las leyes internacionales y nacionales son la principal limitante que se debe tener en cuenta. Estas normas se deben cumplir para poder comercializar el producto de manera correcta. En primer lugar, se deben cumplir las normas indicadas en el “Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas”, establecido por la FAO. Esta normativa internacional toma en cuenta la forma del etiquetado, envasado y toxicidad del plaguicida. En el Anexo C se encuentran

establecidas otras normas sobre el etiquetado del producto. Las normas más importantes para el caso del proyecto son [33]:

La norma 3.4.1 indica que se debe suministrar únicamente plaguicidas de calidad adecuada, envasados y etiquetados de la forma apropiada, para cada mercado específico prestar atención especial a la selección de formulaciones de los plaguicidas y a su presentación, envasado y etiquetado a fin de disminuir los riesgos para los usuarios y reducir al mínimo los efectos adversos en el medio ambiente.

La norma 3.4.4 indica que se debe facilitar a través de cada envase de plaguicida información e instrucciones en una presentación y lenguaje adecuado, para asegurar el uso seguro y efectivo y reducir los riesgos durante la manipulación.

La norma 5.2.3.4 indica que se debe utilizar envases retornables y rellenables cuando existan sistemas eficaces de recolección de envases.

La norma 5.2.3.6 indica que se debe utilizar envases que no sean atractivos o fácilmente abiertos por los niños, particularmente cuando se trate de productos de uso doméstico.

Todas estas normas se deben cumplir para tener un uso correcto del producto y en caso de ser comercializado tener una etiqueta correcta según la norma. Para las normativas de seguridad se debe tener en cuenta que es un producto fuerte para los ojos y nariz, debido a esta razón se debe tener cuidado y se debe utilizar un cubrebocas y guantes de látex para su aplicación [34]. Estas normas de manejo del herbicida implican proveer a los trabajadores la protección adecuada para aplicar el herbicida y para utilizarlo dentro de la finca manteniendo la seguridad de los trabajadores. Según la FAO, se debe informar al trabajador con que herbicida se está trabajando e implementar con los equipos de seguridad necesarios y se debe capacitar al trabajador sobre el uso de los herbicidas [34]. Para un buen manejo del herbicida

se debe utilizar ropa protectora como: guantes, delantal, botas, gafas, mascarilla para evitar accidentes y mantener la seguridad adecuada de los trabajadores.

En las limitaciones gubernamentales se encuentran las normas INEN: NTE INEN 1 838:98 en la que se especifican la definición y clasificación de plaguicidas y sus productos afines [35]. En esta norma se está especificando las definiciones de cada uno de los productos afines a los plaguicidas donde se encuentra de igual manera los herbicidas y su clasificación que puede ser orgánico e inorgánico. Según la normativa, el producto obtenido es un plaguicida, cuya clasificación es un herbicida orgánico. La Normativa establece que [35]:

La norma 2.1 indica la definición de plaguicidas que se basa en que es cualquier sustancia química de origen natural o sintético u organismo vivo que se utilizan solas, combinadas o en mezcla para la protección de los cultivos y productos agrícolas.

La norma 2.13 que indica la definición de herbicida: plaguicida destinado a prevenir, mitigar y combatir plantas no deseadas.

La norma 2.13.2 que indica la definición de herbicida orgánico: compuesto que dispone de radicales orgánicos en su molécula y que posee la propiedad de actuar como herbicida.

En la Norma NTE INEN 1 913: 1996 se indican las condiciones y requisitos que los plaguicidas deben cumplir en el etiquetado [35]. Según las normas se debe tener un correcto etiquetamiento de las canecas de herbicidas donde se indique el nivel de toxicidad que es de categoría IV y se indique con letras claras y con los pictogramas adecuados sus instrucciones de uso, precauciones e instrucciones que se deben evitar. Esto implica que cada caneca debe estar bien etiquetada y con letra visible para que los operarios pueden manejarlo de manera

correcta. En el Anexo C se encuentran especificados otras normativas sobre la forma de etiquetado. La normativa establece que [35]:

La norma 3.6 indica que, en caso de envases de forma no cilíndrica, la franja distintiva y su contenido, debe colocarse en las dos caras laterales de mayor tamaño.

La norma 4.3.1.5 indica que cuando el producto corresponda a la categoría IV, plaguicidas, plaguicidas biológicos, productos a fines que probablemente no presentan riesgos en condiciones normales de uso, debe llevar en el extremo inferior una franja distintiva de color verde, cuyo ancho será igual al 15% del alto total de la etiqueta, en la misma franja se colocará los pictogramas impresos en blanco y negro, y la leyenda “Cuidado”.

La norma 4.3.3.1 indica que debe indicarse las precauciones del producto como que es irritante: para los ojos, piel.

La norma 4.3.3.2 son las indicaciones durante la preparación y utilización del producto como que cosas se deben evitar, las protecciones que se deben ocupar.

La norma 4.3.3.4 indica las instrucciones para los primeros auxilios y consejos para los médicos.

La norma 4.3.5.2 son las instrucciones para el uso, donde se debe incluir el nombre común y científico de los cultivos, plagas, enfermedades o maleza, la dosis de aplicación utilizando el sistema internacional de unidades, frecuencia de aplicación.

En la Norma NTE INEN 1 898: 1996 se indica la clasificación toxicológica de los plaguicidas [36]. Según la norma se puede determinar la clasificación y toxicidad del herbicida. Esta norma implica tener las consideraciones necesarias según el nivel de toxicidad

que el herbicida tenga y así tener un mejor cuidado entre los operarios al manejar el plaguicida. La normativa establece que:

La norma 3.2.4 indica la Categoría IV de toxicidad, este incluye los plaguicidas, plaguicidas biológicos, productos afines que probablemente no presentan riesgos en condiciones normales de uso [36].

Para poder comercializar el herbicida de manera correcta se debe seguir el reglamento del registro sanitario. Este reglamento fue elaborado en el 2015 por el ARCSA, que es la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. En el Anexo C se encuentra especificado otras normas que se deben cumplir para poder comercializar el producto. Las normas que se deben cumplir para obtener el registro sanitario son [37]:

El Artículo 4 indica que: “Previo a la fabricación, importación, exportación y comercialización de plaguicidas de uso doméstico, industrial y en salud pública, se requiere obtener de forma obligatoria, el respectivo certificado de Registro Sanitario otorgado por la Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria - ARCSA.”.

El Artículo 8 indica para el Registro Sanitario y control de los plaguicidas de uso doméstico, industrial y en salud pública se adoptan los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la clasificación toxicológica de las sustancias químicas.

El Artículo 17 indica que las etiquetas deberán estar redactadas en idioma castellano tal como se comercializará el producto en el territorio nacional, y debe contener la información sobre la toxicidad y acciones a tomar en caso de ser ingerido el producto de manera clara y legible. Los envases deben ser elaborados de un material químicamente compatible con el contenido y de difícil ruptura, además debe evitar derrame y exposición del producto. Se prohíben envases de vidrio.

Las limitaciones externas para este proyecto son las leyes de la naturaleza, no se puede controlar la temperatura ambiental del lugar o sus condiciones ambientales.

Limitaciones económicas: el precio de las exportaciones del cacao está sujetos por el mercado internacional y se basa en la oferta y la demanda que estos tengan [38]. Esto implica que en cuanto a la ganancia y a los ingresos de la finca pueden variar, ya que con el tiempo varía los precios del cacao a nivel mundial.

Para las condiciones de transporte se debe evitar tener al cloruro de sodio bajo el sol y se lo debe transportar en condiciones de temperatura ambiente, además se debe tener cuidado que el cloruro de sodio entre a la vista y si es el caso se debe lavar la cara con abundante agua, se debe tener cuidado por el polvo generado por la sal, ya que puede generar un incendio [39]. Esto implica que la sal se debe almacenar en un recipiente cerrado y conservarlo a temperatura ambiente. Para el manejo del ácido acético se debe almacenar un lugar fresco y bien sellado, ya que se puede evaporar en el ambiente fácilmente. Se debe utilizar protección como gafas, mascarilla y guantes para evitar irritación en ojos, garganta y piel [40].

Las limitaciones internas del proyecto ayudan a delimitar las condiciones de operación del proceso, estas condiciones se pueden manipular para alcanzar a las características de operación deseadas. El herbicida no debe tener un pH menor 3 para no alterar la composición del suelo, por lo que pH del mucílago debe ser de 3.74 [41], esto implica que el operador debe tener un control en el pH de cada parte del proceso. Para la fermentación del mucílago se debe tomar en cuenta que la temperatura es de 22 °C y el tiempo de fermentación es de 15 a 1 mes. Esto implica que el operador debe tener un control sobre las fechas de fermentación para evitar errores en el proceso, además de que la

fermentación se debe realizar en un tanque cerrado para evitar que evapore el líquido a temperatura ambiente.

Para los equipos se va a utilizar acero inoxidable, ya que se trata de un proceso biológico donde es necesario tener los equipos esterilizados y limpios de cualquier microorganismo que pueda alterar al proceso de fermentación, al ser de acero inoxidable estos equipos pueden ser útiles por muchos años. Esto implica que los operarios al terminar el proceso y obtener el herbicida tendrán que limpiar correctamente cada equipo y esterilizarlos con agua caliente. Con estas limitaciones se puede tener un mejor control dentro del funcionamiento de la planta.

### **3. DISEÑO DEL PROCESO**

Para el diseño del proceso se debe seleccionar el proceso más adecuado, el cual se determinó por medio de resultados bibliográficos y experimentales. Además, se deben definir los caudales, las composiciones de cada corriente, así como las condiciones de operación y los requerimientos energéticos de cada operación unitaria. Para la determinación de las composiciones y caudales se realizaron balances de masa del proceso. Para el requerimiento energético se realizaron balances de energía de las operaciones unitarias y para la determinación de las condiciones de operación se obtuvieron mediante referencias bibliográficas del proceso.

Para poder seleccionar la formulación adecuada del herbicida se realizaron experimentalmente 3 diferentes formulaciones, las cuales requirieron previamente de un proceso de obtención del mucílago y fermentación aeróbica por 15 días. Las formulaciones son:

*Tabla 1: Formulaciones de los herbicidas [42][41][25].*

<b>Componente</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>	<b>Formulación 3</b>
Mucílago de cacao	71%	15%	49%
Agua	29%	80%	47%
NaCl	--	5%	4%

Para determinar que formulación fue la más efectiva se comparó su comportamiento y su rapidez de acción después de ser aplicado. Las diferentes formulaciones de herbicidas fueron aplicadas en malezas encontradas en un jardín, se observó el cambio de color de la maleza de verde a café después de haber sido aplicado el herbicida. Se tenía un control para observar los cambios de la planta dentro de 6 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas. Se pudo observar que la formulación 1 actuó dentro de 72 horas después de haber sido aplicado el herbicida sin matar completamente a la hoja, para poder observar el cambio de color de la hoja de la maleza de verde a amarillo se debía colocar una cantidad mucho mayor a comparación de las demás formulaciones. Con la formulación 2 se pudo observar que este actuó a las 48 horas de haber sido aplicado secando de manera efectiva a la maleza, se obtuvo que las hojas de la maleza se tornaban color café dentro de las 48 horas de haber sido aplicado el herbicida. La formulación 3 actuó dentro de las 24 horas de haber sido aplicado secando a la hoja de manera efectiva, tornando el color verde de las hojas de la maleza a un color café. Los resultados se pueden observar en la Tabla 2:

*Tabla 2: Resultados de las diferentes formulaciones.*

<b>Formulación</b>	<b>pH</b>	<b>Costo materia prima [\$]</b>	<b>Efectividad [%]</b>
1	4.6	\$3	30%
2	4.4	\$4	50%
3	4.3	\$4	70%

Se considera que la formulación 3 fue la más efectiva, por lo que se realizó el diagrama de bloque del proceso.

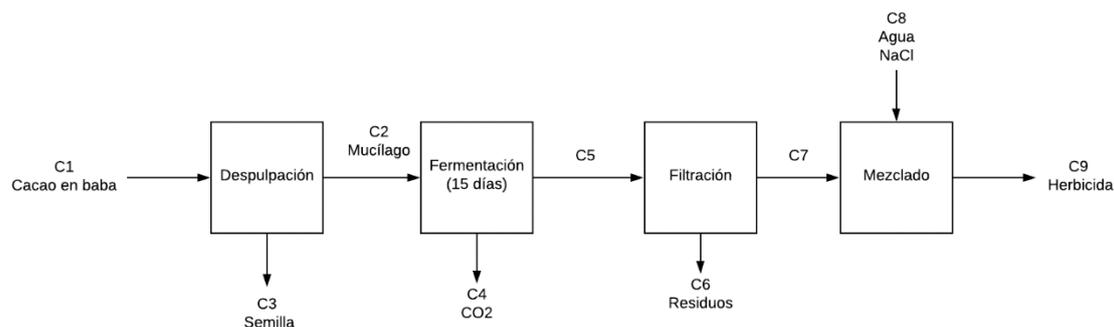


Figura 1: Diagrama de bloque del proceso.

Con el diagrama de bloque se realizó el balance de masa del proceso cuya resolución se encuentra en Anexos B.2. Los resultados obtenidos de cada corriente del proceso son:

Tabla 3: Resultados del balance de masa del proceso.

Código	Corriente	Cantidad	Unidad
C1	Cacao en baba	10,000	kg
C2	Mucílago	1,500	L
C3	Semilla	8,377	kg
C4	CO <sub>2</sub>	0.187	kg
C5	Mucílago fermentado	1,400	L
C6	Residuos	10.82	kg
C7	Mucílago filtrado	1,390	L
C8	NaCl	272.55	kg
	H <sub>2</sub> O	1335.49	L
C9	Herbicida	2851.67	L

El proceso de obtención del mucílago requiere de una fermentación de la semilla del cacao, al ser una fermentación se genera calor. Esto también sucede con el proceso de fermentación aeróbica, por lo que es necesario conocer cuanto calor se genera. Se debe considerar que este calor generado se va al ambiente y no es utilizado por el proceso. Los cálculos realizados para obtener el calor del proceso se encuentran en Anexos B.3. Los resultados del balance de energía son:

*Tabla 4: Resultados del balance de energía.*

<b>Proceso</b>	<b>Q</b>	<b>Unidad</b>
Obtención del mucílago	0.8	kW
Fermentación	0.04	kW

Se obtiene que con un caudal de entrada de 10,000 kg de cacao en baba por cosecha se pueden producir 143 canecas de herbicida. Finalmente, se logró balancear cada corriente conociendo así los volúmenes de cada corriente, con los valores obtenidos se va a dimensionar los equipos necesarios para la planta en Capítulo 4.

#### **4. DISEÑO DE LA PLANTA**

Para el diseño de la planta se deben considerar los resultados del balance de masa obtenido en el capítulo anterior y así poder dimensionar los equipos. Para el dimensionamiento de los equipos se basaron en procedimientos de fuentes bibliográficas. En este capítulo se añadirá el diagrama de flujo y el layout de la planta.

##### **4.1. Dimensionamiento del cajón despulpador de cacao**

Para obtener las dimensiones del cajón despulpador de cacao se debe considerar que se va a utilizar 3 cajones fermentadores de semilla de cacao en cascada, en las cuales cada sección de cajón en cascada va a contener 5 cajones con un total de 15 cajones fermentadores. Se consideró utilizar cajones fermentadores en cascada debido a que este modelo permite utilizar una mayor cantidad de cajones sin ocupar mucho espacio, además se consideró ocupar 15 cajones debido a que sus dimensiones son más pequeñas por lo que reduce su costo de manufactura. El material que se va a utilizar es la madera debido a que este ayuda a mantener el calor del proceso para poder obtener una fermentación de la semilla y del mucílago efectiva [43]. Se considera que cada cajón debe contener una tabla de madera que debe estar a unos 30 cm separados del fondo con ranuras de 0.5 cm para poder obtener el

mucílago en la parte inferior de cada cajón [43]. Los cálculos realizados para obtener las dimensiones del equipo se encuentran en Anexos B.4.1. Las dimensiones para 1 cajón son:

*Tabla 5: Dimensiones de un solo cajón despulpador de cacao.*

<b>Dimensiones para cada cajón</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Largo	1.76	m
Ancho	0.71	m
Alto	1.06	m
Espesor de pared	0.02	m
Masa de cada cajón	22.77	kg
Ranuras	0.5	cm

#### **4.2. Dimensionamiento del tanque fermentador**

Para obtener las dimensiones del tanque fermentador es necesario conocer que en el proceso de obtención del mucílago se realiza una fermentación anaeróbica que con las levaduras producidas por el fruto del cacao se genera alcohol mediante la degradación de azúcares totales que tiene el mucílago además se produce el rompimiento del ácido cítrico el cual permite que el pH del mucílago incremente [44]. Hay cepas de levaduras pectinolítica que ayudan a degradar la pectina y reducir la viscosidad del mucílago transformando en un jugo mucho más líquido [44]. Al momento de traspasar el mucílago obtenido al tanque fermentador, y al estar en presencia de oxígeno este comienza a producir bacterias como el *Acetobacter acetii*, el cual ayuda a oxidar el alcohol y comienza a producir el ácido acético [45]. Debido a esta razón el tanque fermentador en su cabezal superior se encontrará la mayor parte del tiempo abierto, pero tendrá su tapa para ser colocado y evitar que se reproduzcan mosquitos a su alrededor. El material que se va a utilizar para el tanque fermentador es el acero inoxidable 304. Los cálculos para obtener las dimensiones del tanque se encuentran en el Anexo B.4.2, las dimensiones del tanque son:

*Tabla 6: Dimensiones del tanque fermentador.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	0.98	m
Longitud	2.36	m
tw tanque	2.36	mm
tw terminales planas	10.44	mm
m total	647.10	kg

#### **4.3. Dimensionamiento del filtro**

Para obtener las dimensiones del filtro es necesario considerar que el material que se va a utilizar para este equipo es el acero inoxidable 304, debido a que se va a estar trabajando en un Provincia del Ecuador que se caracteriza por ser muy húmeda y hay que evitar que los equipos se oxiden. El filtro va a contener un agitador con una velocidad de 20 rpm para ayudar a que el proceso de filtración sea eficaz y rápida. La potencia obtenida para el motor del agitador es de  $1.05 \times 10^{-3}$  hp, al ser una potencia muy pequeña se va a utilizar un motor de 1 hp. Los cálculos realizados para obtener el dimensionamiento del filtro se encuentran en el Anexo B.4.3, las dimensiones del filtro son:

*Tabla 7: Dimensiones del filtro.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	0.96	m
Longitud	2.31	m
tw tanque	2.35	mm
tw terminales planas	10.25	mm
Masa total	608.62	kg
Tipo de agitador	Paleta plana de 2 palas	
Velocidad de agitación	20	rpm
Diámetro del agitador	0.32	m
Potencia del motor	1.05E-03	hp
Material del filtro	Nylon 150 micrones	

#### **4.4. Dimensionamiento del mezclador**

Para obtener las dimensiones del tanque del mezclador se debe tomar en cuenta que el NaCl tiene una solubilidad es de  $360 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  en agua, esto indica que el proceso de mezclado va

a ser fácil por la alta solubilidad del NaCl [46]. La velocidad del agitador es de 60 rpm, no se busca tener una velocidad alta porque el mezclado es rápido y además para tener la seguridad de que todos los componentes que entran al mezclador están homogenizados se va a tener un tiempo de residencia de 30 minutos a 60 minutos. La potencia necesaria para el motor es de 0.102 hp, al ser una potencia muy baja se va a utilizar un motor de 1 hp que se encuentra en el mercado. El material del mezclador es de acero inoxidable 304 debido no se oxida y su tiempo de vida es de 10 años aproximadamente. Los cálculos para obtener las dimensiones del mezclador se encuentran en el Anexo B.4.4. Las dimensiones del mezclador son:

*Tabla 8: Dimensiones del mezclador.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	1.22	m
Longitud	2.93	m
tw tanque	2.45	mm
tw terminales planas	12.46	mm
Masa total	1151.61	kg
Tipo de agitador	Turbina de 6 palas planas	
Velocidad de agitación	60	rpm
Diámetro del agitador	0.41	m
Potencia del motor	0.102	hp

Una vez obtenido las dimensiones de cada uno de los equipos necesarios para el proceso, se realizó el diagrama de flujo del proceso con las condiciones y capacidades de cada equipo. El diagrama de flujo del proceso es:

**E-1: Fermentador en Cajón de semillas de Cacao.**  
 Capacidad: 1.32m<sup>3</sup>  
 Longitud: 1.76 m  
 Altura: 1.06 m  
 Ancho: 0.71 m  
 Material: Madera  
 Grosor: 2 cm  
 Q: 0.8 kW

**E-2: Tanque Fermentador**  
 Capacidad: 1.5 m<sup>3</sup>  
 Diámetro: 0.98 m  
 Longitud: 2.36 m  
 Q: 0.04 kW

**E-3: Filtro**  
 Capacidad: 1.4 m<sup>3</sup>  
 Diámetro: 0.96 m  
 Longitud: 2.31 m  
 Tipo de filtro: Nylon 150 micrones  
 Tipo agitador: Turbina de 2 palas planas.  
 Diámetro agitador: 0.32 m  
 Velocidad agitador: 20 rpm  
 Potencia motor: 1 hp

**E-4: Mezcladora**  
 Capacidad: 2.85 m<sup>3</sup>  
 Diámetro: 1.2 m  
 Longitud: 2.93 m  
 Tipo agitador: Turbina de 6 palas planas.  
 Diámetro agitador: 0.41 m  
 Velocidad agitador: 60 rpm  
 Potencia motor: 1 hp

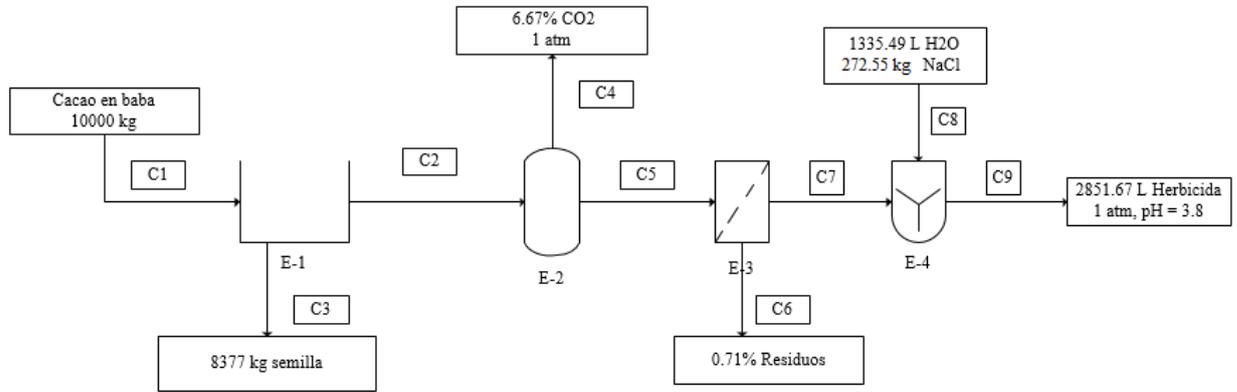


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso.

Con el dimensionamiento de los equipos se estableció los espacios para cada parte del proceso y se obtuvo el siguiente layout de la planta donde se indica la disposición de cada uno de los espacios.

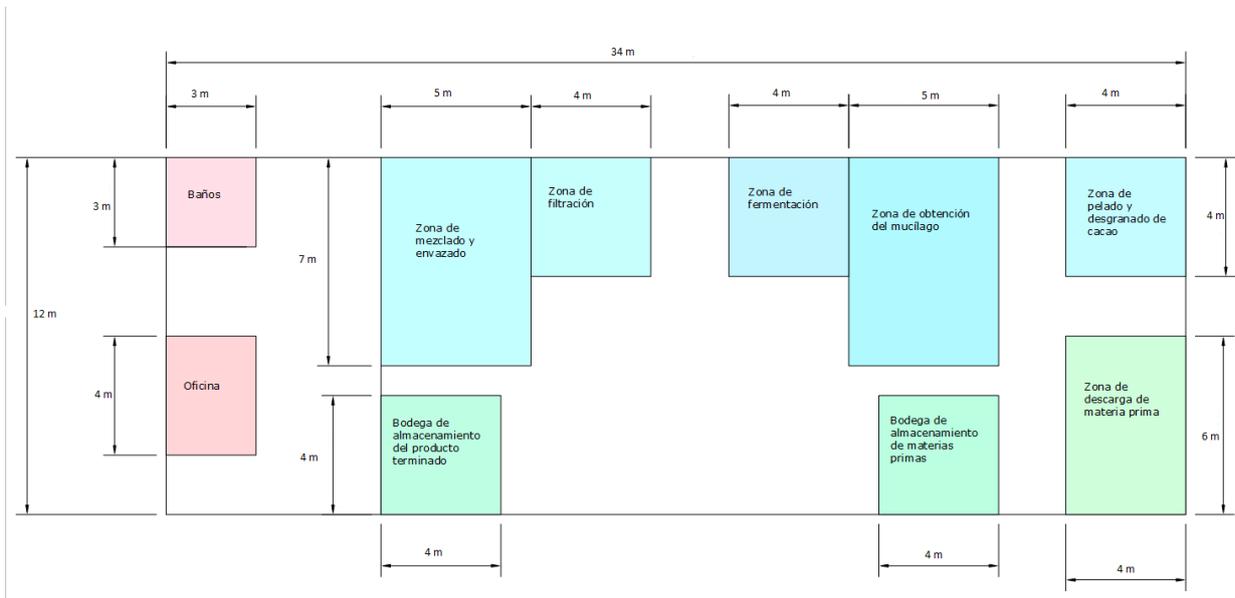
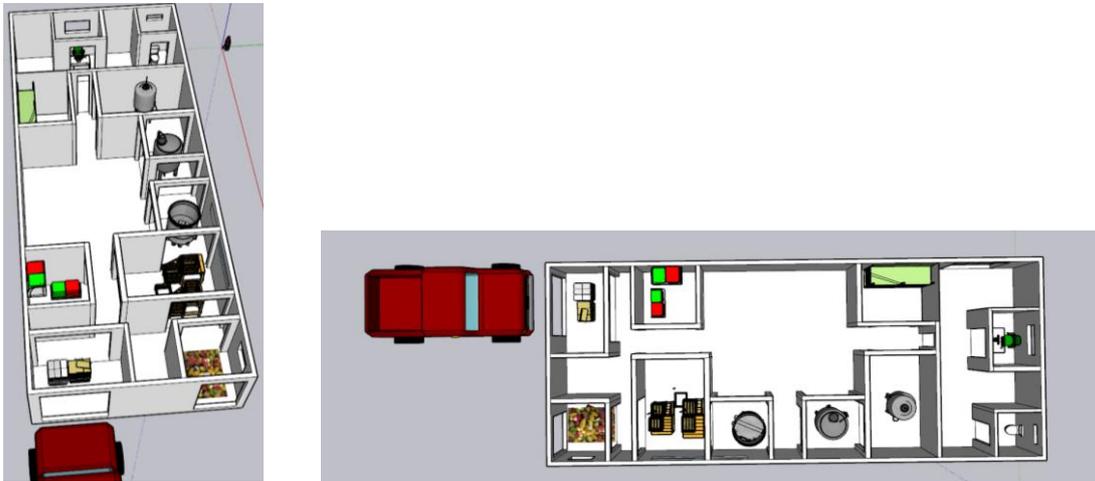


Figura 3: Layout 2D de la planta.

Una vez obtenido las dimensiones para cada sección de la planta se realizó un layout 3D.



*Figura 4: Layout 3D de la planta.*

En este capítulo se logró obtener las dimensiones para cada uno de los equipos necesarios para el proceso. Estas dimensiones van a ayudar a establecer las capacidades de los equipos, esto va a ser necesario para establecer los costos de la planta y así poder determinar si el proyecto es o no económicamente viable; cómo se puede observar en el Capítulo 5.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para determinar el análisis económico de la planta fue necesario utilizar las dimensiones y capacidades de los equipos determinados en el Capítulo 4 y los valores de materia prima determinado en el Capítulo 2. Para realizar el análisis económico se basó en fuentes bibliográficas.

Se realizó una estimación de costos de instalación de los equipos donde se obtuvo primero los costos de cada uno de los equipos como se puede observar en la Tabla 42. Se analizó los costos de los equipos que existen el mercado también como se puede observar en

la Tabla 72. Se debe tomar en cuenta que los precios de los equipos realizado por medio de las estimaciones con las tablas mostradas en Figura 9 y la Figura 10 son precios sobreestimados, ya que se están trabajando con capacidades mucho más pequeñas a las capacidades mínimas indicadas en las tablas. Pero también se debe considerar que los precios de los equipos en el mercado real son precios subestimados, ya que no se consideran todos los costos reales por importación y por instalación.

*Tabla 9: Costo de los equipos.*

Costo real equipos	\$	14,911.73
Costo teórico equipos	\$	38,817.84

Se estimaron los costos de instalación de la planta mediante el Factor de Lang, el Factor de Hand y el método factorial detallado, los costos de instalación que se obtuvieron fueron:

*Tabla 10: Estimación de costos de instalación de los equipos.*

<b>Método</b>	<b>Costo de instalación</b>	
Factor de Lang	\$	194,089.22
Factor de Hang	\$	114,754.62
Método factorial detallado	\$	112,305.01

Con un promedio entre los valores del costo de instalación por el factor de Hand y el método factorial detallado se obtiene el costo ISBL en el que consta los costos de los equipos principales, obras civiles, trabajos de instalación, costos que se requiera en la instalación de los equipos [47]. Con el costo ISBL es posible obtener los costos necesarios para conocer el total de la inversión del capital fijo como se muestra en el Anexo B.5.4. El total de la inversión de capital fijo obtenido es de:

*Tabla 11: Total del costo de inversión de capital fijo.*

Inversión capital fijo	\$224,024.25
------------------------	--------------

Para conocer el costo de la inversión inicial total que se requiere para la implementación de la planta se realizó un análisis sobre el costo del capital de trabajo como se muestra en el Anexo B.5.5. El costo del capital de trabajo total fue de:

*Tabla 12: Total de capital de trabajo.*

Total capital de trabajo	\$11,626.96
--------------------------	-------------

Para obtener el costo de producción del producto se realizó un análisis de costo de materia prima, envase del producto y los servicios básicos de la planta anual para así obtener el costo de producción variable como se lo puede observar en la Tabla 13. Para el costo de producción fijo se analizó el costo salarial de los operadores. En el caso de esta planta se va a contratar 2 operarios que van a trabajar en una jornada de 8 am a 2 pm con un sueldo de \$400 cada uno. Con el costo de los sueldos anuales de los operarios se analizó el costo de supervisión, gastos salariales, mantenimiento, impuestos sobre la propiedad, gastos generales de la planta, gastos medio ambientales y licencias, el costo total de producción fijo se lo puede observar en la Tabla 13. Para este proyecto no se cuenta el costo de alquiler de la tierra debido a que ya se dispone de un terreno para la construcción de la planta. Los valores de cada uno de los componentes de los costos de producción fijos y variables se encuentran en el Anexo B.5.6. El costo de producción total anual es de:

*Tabla 13: Costo total de producción anual.*

Costo de producción variable	\$ 10,426.69
Costo de producción fijo	\$ 47,885.92
Costo total de producción anual	\$ 58,312.61

Una vez obtenidos los costos de producción se hizo un análisis sobre los ingresos que tendría la planta anualmente, los cálculos realizados se encuentran en el Anexo B.5.7. Se consideran los ingresos que se generan anualmente por la venta del producto y se restan los costos de materia prima, los costos de producción y los impuestos. En el caso de los

impuestos se debe tomar en cuenta que el único impuesto que se está considerando es el impuesto a la renta, debido a que el IVA el cliente pagará cuando compre el producto. El producto será comercializado a \$30 dólares en el mercado, considerando que una caneca de herbicida en el mercado se comercializa a \$80 dólares aproximadamente. Se obtiene que el ingreso total de la planta anualmente es de:

*Tabla 14: Ingreso total.*

Beneficio neto	\$ 59,514.01
----------------	--------------

Conociendo el valor del ingreso anual de la planta y de la inversión inicial total se calculó el tiempo en el que se puede recuperar la inversión y ROI (Retorno de inversión) de la planta, considerando que para una empresa pequeña que corre más riesgo un ROI entre 15 y 30% es bueno [48]. El ROI obtenido es de 25% y se puede observar que esta entre el rango recomendable para que un negocio sea viable. Los resultados del tiempo de recuperación y del ROI son:

*Tabla 15: Tiempo de recuperación de la inversión.*

Tiempo de recuperación de capital	4	años
ROI	25.26	%

En este capítulo se logró realizar un análisis económico de la planta en base a estimaciones de costos obteniendo que la inversión se recupera en 4 años y la planta tiene un ingreso mensual de \$ 4,959 dólares: por lo tanto, se puede considerar que la implementación de esta planta es viable.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Para este proyecto se identificó como problema el desperdicio que existe del mucílago en las plantaciones de cacao, además de la falta de conciencia de los agricultores sobre los daños que causa para el medio ambiente desechar este producto en los suelos y aguas de los campos. Se tomó en cuenta que los herbicidas químicos son muy tóxicos y que en el Ecuador no existe un control adecuado sobre la utilización de los herbicidas químicos. Debido a estas razones se decidió utilizar al mucílago del cacao para fabricar un herbicida orgánico que no sea tóxico y no cause daños en los seres humanos, es por lo que en este proyecto se plantea un estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida orgánico a partir del mucílago del cacao. Para la realización de este proyecto se definió la efectividad del herbicida en la maleza, se definió el caudal de producción, se diseñó el proceso de producción, además del diseño de la planta y se realizó un análisis económico de la planta.

El herbicida obtenido tiene una efectividad del 70% con la capacidad de actuar dentro de 24 horas, actúa de mejor manera en presencia de luz. Este herbicida tiene la capacidad de secar a las hojas de la maleza debido a la acidez que este contiene. El herbicida actúa en malezas de hojas anchas.

Se obtiene que con un flujo de 10,000 kg de cacao en baba se puede obtener un aproximado de 1,500 L de mucílago del cacao, produciendo así un total de 143 canecas de herbicida al final de proceso.

Para el proceso de obtención del mucílago se obtiene que se va a trabajar con 3 cajones en cascada de madera y cada cajón en cascada va a contener 5 cajones. Las dimensiones de un cajón son de: 1.76 m de largo, 0.71 m de ancho y 1.06 m de alto.

Para el proceso de fermentación se va a trabajar con un tanque de acero inoxidable 304, cuyos terminales son planos. Las dimensiones de tanque son: 0.98 m de diámetro, 2.36 m de longitud, espesor de pared del tanque de 2.36 mm y espesor de pared de los terminales de 10.44 mm.

Para el proceso de filtración se va a trabajar con un tanque de acero inoxidable, una malla de Nylon de 150 micrones y un agitador para que la filtración sea más rápida y eficaz. Las dimensiones del filtro son: 0.96 m de diámetro, 2.31 m de longitud, espesor de pared del tanque de 2.35 mm y espesor de los terminales planos de 10.25 mm. El agitador va a tener una velocidad de 20 rpm y la potencia del motor va a ser de 1 hp.

Para el proceso de mezclado se va a trabajar con un tanque de acero inoxidable 304 y el tanque tiene terminales planos. Las dimensiones del tanque del mezclador son: 1.22 m de diámetro, 2.93 m de longitud, espesor de pared del tanque de 2.45 mm y el espesor de pared de los terminales de 12.46 mm. El agitador tiene un diámetro de 0.41 m, las aspas tienen una longitud de 0.10 m y una altura de 0.08 m. El agitador va a tener una velocidad de 60 rpm y un motor con potencia de 1 hp.

El costo de inversión inicial de la planta es de \$ 235,651.21, el costo de producción anual es de \$58,312.61 y los ingresos anuales es de \$59,514.01. Teniendo como resultado que el tiempo de recuperación de la inversión es de 4 años. Con un ROI de 25% se puede concluir que la implementación de esta planta si es viable, ya que su tiempo de recuperación de la inversión es corto.

El tiempo de recuperación de la inversión es de 4 años, considerando que los equipos que se van a manejar son de acero inoxidable y su tiempo de vida útil es de 10 años, se puede recuperar la inversión dentro del tiempo de operación de la planta sin llegar al tiempo de

envejecimiento de la planta. Por lo que se puede concluir que la implementación de la planta es factible.

## **6.2. Recomendaciones**

Para tener una fermentación y una producción de un ácido acético más eficaz se puede considerar la utilización de bacterias productoras de ácido acético. Con esta mejora se puede incrementar la cantidad del herbicida.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anecacao, “Ecuador Ocupa el cuarto lugar en la producción mundial del cacao,” 2015.  
<http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/ecuador-ocupa-el-cuarto-lugar-en-la-produccion-mundial-del-cacao.html>.
- [2] El telégrafo, “Exportaciones del cacao subieron 4,65% en 2018,” 27-Apr-2019.
- [3] Anecacao, “El cacao ecuatoriano incrementa su mercado a nivel mundial,” 2015.  
<http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/el-cacao-ecuatoriano-incrementa-su-mercado-a-nivel-mundial.html>.
- [4] D. L. LUZURIAGA PEÑA, “EXTRACCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*) COMO MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE VINO,” Universidad tecnológica equinoccial, 2012.
- [5] Y. Arteaga Estrella, “Estudio del desperdicio del mucilago de cacao en el cantón Naranjal (Provincia del Guayas),” *ECA Sinerg.*, vol. 4, no. 1, pp. 49–59, 2013.
- [6] Anecacao, “Floración, Fructificación y cosecha del cacao,” 2015.  
<http://www.anecacao.com/index.php/es/servicios/articulos-tecnicos/floracion-fructificacion-y-cosecha-del-cacao.html>.
- [7] A. Márquez and E. Salazar, “ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE DESPERDICIO DEL MUCÍLAGO DE CACAO Y SU APROVECHAMIENTO COMO ALTERNATIVA DE BIOCOMBUSTIBLE,” Univeridad Estatal de Milagro, 2015.
- [8] El Universo, “Agricultores, en riesgo por el uso de los agroquímicos,” 10-May-2015.
- [9] INEC, “Encuesta sobre uso de agroquímicos y su destino final,” *Www.Inec.Gob.Ec*, vol. 2012, 2012.
- [10] H. Pujisiswanto, “Pengaruh Fermentasi Limbah Cair Pulp Kakao terhadap Tingkat

- Keracunan dan Pertumbuhan Beberapa Gulma Berdaun Lebar Effect of Fermentation Liquid Waste Cocoa Pulp on the level of Toxicity and Growth Some broad-leaved Weeds,” *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 13–19, 2017.
- [11] J. G. González, C. N. Flies, A. M. Navarrete, J. G. López, and C. T. Troncoso, “Bioherbicide from phenolic extract obtained from almazara waste,” *Sci. Agropecu.*, vol. 10, no. 4, pp. 497–503, 2019, doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.04.06.
- [12] El Comercio, “Los mata malezas, los más usados,” 28-Nov-2009.
- [13] J. L. Cuervo Andrade, “Los pros y los contra del glifosato,” *Un periódico digital*, 2018. <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/los-pros-y-los-contra-del-glifosato/>.
- [14] C. C. Cortina *et al.*, “Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema,” *Rev. CES Salud Pública*, vol. 8, no. 1, pp. 121–133, 2017, doi: 10.21615/4427.
- [15] La ciencia detras del Paraquat, “Modo de acción: Cómo actúan los herbicidas.” <https://paraquat.com/es/datos/modo-de-accion-como-actuan-los-herbicidas>.
- [16] R. Isenring, “Riesgos inaceptables para la salud de los usuarios,” pp. 1–95, 2006.
- [17] P. Importantes, “Paraquat y Diquat, puntos importantes,” 2015, [Online]. Available: <https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2015-09/documents/spch12.pdf>.
- [18] F. D. Menalled, “Programas De Manejo Integrado De Malezas,” *Agroecología*, pp. 73–78, 2010, [Online]. Available: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581/140441>.
- [19] R. Elena, G. Mora, O. Segundo, and D. Romero, “USO DE HERBICIDAS EN EL CONTROL DE MALEZAS. IMPORTANCIA DE SU CONOCIMIENTO PARA EL PROFESIONAL AGRÓNOMO,” *Opuntia Brava*, vol. 11, pp. 5–10, 2019, [Online].

Available: <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/view/712/671>.

- [20] Plan V, “El estudio que busca determinar el alcance de la contaminación de alimentos en el Ecuador,” *Redacción Plan V*. El estudio que busca determinar el alcance de la contaminación de alimentos en el Ecuador.
- [21] M. R. Hipo, “APLICACIÓN DE MUCILAGO DE SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL CONTROL DE MALEZAS,” 2017.
- [22] E. P. D. E. Psicología, “Universidad nacional de tumbes,” 2019.
- [23] A. Anzalone, “Herbicidas. Modos y mecanismos de acción,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2005, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [24] A. Pitty, “Modo de Acción y Resistencia de los Herbicidas que Interfieren en el FOTOSISTEMA II de la Fotosíntesis,” *Ceiba*, vol. 55, no. 1, pp. 45–59, 2018, doi: 10.5377/ceiba.v55i1.5453.
- [25] M. Pérez and D. López, “Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA EL PORVENIR- INIA, 2018,” 2019.
- [26] G. D. Arce Reyes, “Evaluación técnica del vinagre para el manejo de malezas,” 2001.
- [27] A. Allan, C. Dolores, and Y. Geovanny, “Estudio del impacto en el control natural de malezas a partir del vinagre,” *Rev. Caribeña Ciencias Soc.*, no. January 2016, 2018, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/324164176\\_Estudio\\_del\\_impacto\\_en\\_el\\_control\\_natural\\_de\\_malezas\\_a\\_partir\\_del\\_vinagre](https://www.researchgate.net/publication/324164176_Estudio_del_impacto_en_el_control_natural_de_malezas_a_partir_del_vinagre).
- [28] G. Barberis and J.-P. Chiaradia-Bousquet, *Pesticide registration legislation*. Rome, 1995.

- [29] W. K. Vencill *et al.*, “Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops,” *Weed Sci.*, vol. 60, no. SP1, pp. 2–30, 2012, doi: 10.1614/ws-d-11-00206.1.
- [30] FAO, “Recomendaciones para el manejo de malezas,” *FAO (Organización las Nac. Unidas para la Aliment. y la Agric.*, vol. 1, pp. 1–61, 2008, [Online]. Available: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0884s/a0884s00.pdf>.
- [31] K. L. Ortiz-Valbuena and R. Álvarez-León, “Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de Yaguará (Huila, Colombia),” *Bol. Cient. del Cent. Museos*, vol. 19, no. 1, pp. 65–84, 2015, doi: 10.17151/bccm.2015.19.1.5.
- [32] N. Palou, “6 maneras de acabar con las malas hierbas sin productos químicos,” *La vanguardia*, 2016.  
<https://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20160412/401052559115/hierbas-herbicida-natural-huerto-jardin.html>.
- [33] OMS and FAO, *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*. 2014.
- [34] Organización Mundial de la salud, *Manual de Seguridad y Salud en la Industria bananera*. 2017.
- [35] N. T. E. N. I.-I. 15189:2009 INEN, *Instituto Ecuatoriano De Nacionalización*, vol. 2007. 2010, p. 15.
- [36] INEN, *Instituto Ecuatoriano de Normalización Plaguicidas Clasificación toxicológica*. 2008, pp. 2–8.

- [37] ARCOSA, *Reglamento Registro Sanitario Plaguicidas Uso Doméstico, Industrial*. 2015, p. 12.
- [38] Anecacao, “Libre mercado regula el precio del Cacao,” 2015.  
<http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/libre-mercado-regula-el-precio-del-cacao.html>.
- [39] S. Cartridge *et al.*, “Cloruro de sodio Ficha de datos de seguridad Cloruro de sodio,” 2014. 160905\_Salt cartridge for Giselle\_MSDS\_SPA\_RP.pdf.
- [40] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química: Ácido Acético,” *IPCS Int. Program. Chem. Saf.*, p. 2, 2010, [Online]. Available:  
<https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0363.pdf>.
- [41] N. C. Mendoza Trillo, “Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas y la composición del suelo en el fundo Bio Selva - Satipo,” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, 2011.
- [42] O. Valencia, E. Gavilanes, and J. Fuentes, “Herbicida a Partir De La Baba De Cacao,” *Reserch Gate*, no. February, p. 12, 2019, [Online]. Available:  
[https://www.researchgate.net/publication/331317774\\_HERBICIDA\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_LA\\_BABA\\_DE\\_CACAO](https://www.researchgate.net/publication/331317774_HERBICIDA_A_PARTIR_DE_LA_BABA_DE_CACAO).
- [43] J. Castillo, “ORIENTADO A MEJORAR EL CACAO CRIOLLO BLANCO DE PIURA José Castillo-Ramos,” UNIVERSIDAD DE PIURA, 2019.
- [44] P. Garcia-Alamilla, “Caracterización microbiana, bioquímica y cinética del proceso de fermentación durante el beneficio de cacao,” Universidad Autónoma Metropolitana-

- Iztapalapa, 2000.
- [45] C. Noroña Bastidas, “Determinación De La Fitotoxicidad Del Mucilago De La Semilla De Cacao Ccn-51 Sobre Las Malezas En El Cultivo De Cacao,” 2018.
- [46] Contek, “Hoja De Datos De Seguridad Cloruro De Sodio,” *Ctr Sci.* , pp. 1–5, 2016, [Online]. Available: <https://www.ctr.com.mx/pdfcert/Cloruro de Sodio.pdf>.
- [47] G. Towler and R. Sinnott, *Chemical Engineering Design. Principles, practice and economics of plant and process design.* 2008.
- [48] Smallbiz rising, “Cómo calcular el ROI antes de comprar un negocio,” *Smallbiz rising*, 2017. <https://www.smallbizrising.com/calculate-roi-buying-business/>.
- [49] W. McCabe, J. Smith, and P. Harriott, *Operaciones Unitarias en Ingeniería química*, Séptima Ed. 2007.
- [50] C. Geankoplis, *Procesos de transporte y operaciones unitarias*, Tercera Ed. México, 1998.
- [51] E. L. Paul, V. A. Atiemo-obeng, and S. M. Kresta, *HANDBOOK OF INDUSTRIAL MIXING.* 2003.
- [52] C. Vallejo, R. Díaz Ocampo, W. Morales, R. Velasco, J. Vera, and C. Baren, “Utilización Del Mucilago De Cacao, Tipo Nacional Y Trinitario, En La Obtención De Jalea,” *Espamciencia*, vol. 7, no. 1, pp. 51–58, 2016, [Online]. Available: <http://www.uteq.edu.ec/doc/page/35/Grupos de Investigaci3n/APRODEFRUTA/Utilizaci3n del mucilago tipo nacional y trinitario, en la obtenci3n de jalea.pdf>.
- [53] C. de herramientas para el Cacao, “Métodos de fermentación.” <http://www.cacaomovil.com/guia/8/contenido/fermentacion/>.

- [54] C. GUACHAMÍN, “Diseño de un secador de cacao Fino de aroma,” Escuela Politecnica Nacional, 2007.
- [55] W. Teneda, “Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51,” *Univ. Int. Andalucía*, p. 140, 2016.
- [56] Quimbita and Rodríguez, “Aprovechamiento del exudado y la placenta del cacao para la producción de una bebida alcoholica de baja concentración y elaboración de nectar,” Escuela Politecnica Nacional, 2008.
- [57] Maderas Medina S.L, “Nogal Americano.” <https://www.maderasmedina.com/fichas-propiedades/maderas-frondosas/nogal-americano.html>.
- [58] S. Steel, “Stainless steel 304 304L,” *AK Steel*, pp. 7–8, 2014, doi: 10.1038/041416a0.
- [59] Y. Ruiz, J. Sánchez, E. Hernández, J. M. Auleda, and M. Raventós, “Viscosidad de zumos comerciales de melocotón, manzana y pera a temperaturas cercanas a la congelación,” *Afinidad*, vol. 67, no. 546, pp. 114–118, 2010.
- [60] A. A. Aleksandrov, E. V. Dzhuraeva, and V. F. Utenkov, “Viscosity of aqueous solutions of sodium chloride,” *High Temp.*, vol. 50, no. 3, pp. 354–358, 2012, doi: 10.1134/S0018151X12030029.
- [61] Minagri, “ESTRUCTURA DE COSTOS MANTENIMIENTO CACAO – CAC ALTO URUBAMBA.” [https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/anexo\\_03\\_costos\\_urubamba.pdf](https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/anexo_03_costos_urubamba.pdf).
- [62] Shangshai, “150 micras filtro de malla de Nylon 400 micras de malla de filtro,” *Alibaba*. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/150-Micron-Nylon-Filter-Mesh-Nylon-62409823699.html?spm=a2700.8699010.normalList.2.13154347ipHEyK&s=p>.

- [63] R. Creese, M. Adithan, and B. Pabla, *Estimating and Costing for the Metal Manufacturing Industries*. New York: Marcel Dekker, Inc, 1992.
- [64] Empresa Pública Municipal EPMAPA-SD, “Calculadora de planilla de agua en Santo Domingo de los Tsáchilas,” 2019. [https://www.epmapasd.gob.ec/?page\\_id=820](https://www.epmapasd.gob.ec/?page_id=820).
- [65] Redacción Quito (I), “El consumo de agua en Quito crece en un 20% durante el verano,” *El Comercio*, 23-Jul-2019.
- [66] El Universo, “En nuevo pliego de tarifas eléctricas ya constan las rebajas,” *El Universo*, 14-Jan-2018.
- [67] Redacción MN Del Golfo, “¿Sabes cuánto consumen tus focos?,” *MN Su asesor confiable en la construcción*. <http://www.mndelgolfo.com/reportaje/sabes-cuanto-consumen-tus-focos/>.
- [68] J. Gomar, “¿Cuánto consume realmente nuestro ordenador? | Fuente de alimentación recomendada,” *Profesional review*, 2017.  
<https://www.profesionalreview.com/2017/08/07/cuanto-consume-realmente-nuestro-ordenador/>.
- [69] Epson, “Especificaciones eléctricas.”  
[https://files.support.epson.com/docid/cpd4/cpd40325/source/printers/source/specifications/reference/11300\\_11800/spex\\_electrical\\_printer\\_11300\\_11800.html](https://files.support.epson.com/docid/cpd4/cpd40325/source/printers/source/specifications/reference/11300_11800/spex_electrical_printer_11300_11800.html).
- [70] Panasonic, “Teléfono inalámbrico DECT fácil de usar,” *Panasonic*, 2020.  
<https://www.panasonic.com/pa/consumo/telecomunicaciones/telefonos-inalambricos-dect/kx-tgd210.html>.
- [71] R. Soto, “Controla el consumo de tu modem wifi,” *Ahorradores*, 2012.  
<http://ahorradores.net/article1273.html>.

- [72] “Canecas de aceite vacías,” *Mercado libre Ecuador*.  
[https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-424914048-canecas-de-aceite-vacias-\\_JM#position=2&type=item&tracking\\_id=34af4b31-e4e0-44d4-8594-2e555d9644cb](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-424914048-canecas-de-aceite-vacias-_JM#position=2&type=item&tracking_id=34af4b31-e4e0-44d4-8594-2e555d9644cb).
- [73] C. Sanitario, *Tasas registros sanitarios/ notificaciones sanitarias*, no. 1. 2016.
- [74] “Ecuador: El SRI expide tabla de Impuesto a la Renta de personas naturales para el año 2020.,” *Ferrere*, 2019. <https://www.ferrere.com/es/novedades/ecuador-el-sri-expide-tabla-de-impuesto-a-la-renta-de-personas-naturales-para-el-ano-2020/>.
- [75] Affinity, “Tanque De Agua Acero Inox Affinity Linea Milenios 3000 Lts,” *Mercado libre Argentina*. [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-617011159-tanque-de-agua-acero-inox-affinity-linea-milenios-3000-lts-\\_JM?variation=48471282483&quantity=1#reco\\_item\\_pos=0&reco\\_backend=machinalis-pads&reco\\_backend\\_type=low\\_level&reco\\_client=vip-pads-related&reco\\_i](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-617011159-tanque-de-agua-acero-inox-affinity-linea-milenios-3000-lts-_JM?variation=48471282483&quantity=1#reco_item_pos=0&reco_backend=machinalis-pads&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-pads-related&reco_i)
- [76] KAIQUAN, “Food Grade Sanitary Stainless Steel Jacketed Tank 2018,” *Alibaba*, 2018. [https://www.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Sanitary-Stainless-Steel-Jacketed\\_60717410372.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.283d494cOWmCmn](https://www.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Sanitary-Stainless-Steel-Jacketed_60717410372.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.283d494cOWmCmn).
- [77] Industrial Motors, “Leeson Electric 192266.00, 1 HP-0.75 kW, 3600 RPM, D80C FR, 230/460 Vac, 3 PH, TEFC, Rigid Base, B3/B14 Flange, AC Metric Motor (IEC),” 2001. [https://www.industrialmotors.com/leeson-electric-192266-00-1-hp-0-75-kw-3600-rpm-d80c-fr-230-460-vac-3-ph-tefc-rigid-base-b3-b14-flange-ac-metric-motor-iec.html?gclid=CjwKCAjw3-bzBRBhEiwAgnnLCvVuRARTASnQ4Fir4Oi52fbcqNn2IrlLFOjqNE3WQMDoy\\_GuiA\\_uqUBoClagQAvD\\_](https://www.industrialmotors.com/leeson-electric-192266-00-1-hp-0-75-kw-3600-rpm-d80c-fr-230-460-vac-3-ph-tefc-rigid-base-b3-b14-flange-ac-metric-motor-iec.html?gclid=CjwKCAjw3-bzBRBhEiwAgnnLCvVuRARTASnQ4Fir4Oi52fbcqNn2IrlLFOjqNE3WQMDoy_GuiA_uqUBoClagQAvD_).

## ANEXO A: METODOLOGÍA

### A.1: Determinación de la efectividad del herbicida

- Obtener el mucílago del cacao [41].
  - Cosechar cacaos maduros.
  - Partirlos en la mitad para obtener el fruto.
  - Colocar el fruto en una caja de fermentación que contiene una malla como un colador para obtener el mucílago del cacao y almacenarlo en un recipiente previamente esterilizado.
- Fermentar el mucílago del cacao.
  - El líquido del mucílago del cacao se lo debe almacenar en un recipiente esterilizado.
  - Se debe fermentar aeróbicamente.
  - Dejarlo fermentar por 15 días aproximadamente.
- Experimentar en la maleza con las diferentes composiciones.
  - Realizar las diferentes composiciones y colocar en diferentes atomizadores.
  - Colocar en la maleza de la plantación los diferentes herbicidas.
  - Medir el pH de cada mezcla.
  - Determinar el costo por materia prima para cada mezcla.
- Determinar cuál composición tuvo una mayor eficiencia en el control de la maleza.
  - Observar el nivel de eficiencia de los herbicidas con la mortalidad de la maleza del cultivo en 7 días.
  - Observar el control de la maleza con diferentes herbicidas.
  - Determinar que mezcla es la más efectiva para el control de la maleza.

### A.2: Determinación de las condiciones de operación

- Investigar sobre el herbicida con el que está trabajando.

- Investigar sobre el pH del mucílago del cacao.
- Investigar sobre los beneficios del ácido acético en el control de la maleza.
- Investigar sobre los efectos de una sustancia ácida en el suelo.
- Condicionar el proceso con una temperatura de fermentación.

### **A.3: Determinación de operaciones unitarias**

- Investigar sobre el procedimiento experimental del desarrollo del herbicida.
- Separar en pasos el procedimiento.
- Establecer las operaciones unitarias del proceso.

### **A.4: Determinación del caudal**

- Conocer la cantidad de cacao en baba que se obtiene en la finca.
- Conocer la cantidad de mucílago que se obtiene por un fruto de cacao.
- Conocer los tiempos de cosecha del cacao.
- Realizar una relación por regla de tres para obtener la cantidad de mucílago que se obtiene por cosecha.

### **A.5: Balance de masa [47]**

- Elegir una base de cálculo, estableciendo uno de los caudales principales ya sea el de entrada o del producto final.
- Realizar el diagrama de bloque con los caudales y las composiciones conocidas del proceso.
- Determinar las incógnitas del proceso con símbolos definidos.
- Tener consistencia en las unidades y si es necesario convertir unidades.
- Realizar un análisis de los grados de libertad del sistema global y de cada operación unitaria.

- Al no tener reacción en el proyecto se puede hacer el análisis de grado de libertad atómico.
- Análisis de grado de libertad del balance atómico:
  - + número de incógnitas.
  - - número de balances de especies atómicas independientes.
  - - número de balances moleculares de especies moleculares no reactivas.
  - - otras ecuaciones que son datos del proceso que se relacionan con las incógnitas.
  - = Entrada – Salida = Acumulación
- Determinar las ecuaciones necesarias para el balance de masa en orden de complejidad.
- Resolución el sistema de ecuaciones del balance de masa del proceso.

#### **A.6: Balance de energía [47]**

- Determinar el flujo másico.
- Determinar el Cp de la materia prima.
- Determinar los cambios de temperatura obtenido en diferentes procesos.
- La ecuación que se utiliza es:

$$\dot{Q} = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad (1)$$

#### **A.7: Diagrama de bloque [47]**

- Colocar al inicio con una flecha las materias primas que entran al proceso.
- Colocar en rectángulos y en orden las operaciones unitarias del proceso.
- Colocar con flechas los componentes que salen del proceso.
- Colocar los caudales que entran y salen del proceso.
- Colocar las condiciones del proceso importantes.

### **A.8: Diagrama de flujo [47]**

- Colocar los equipos principales del proceso con su código, nombre y numeración.
- Escribir los caudales de las corrientes principales.
- Escribir las composiciones de las corrientes principales.
- Escribir las condiciones de operación importantes.
- Escribir los resultados del balance de energía dentro del diagrama.

### **A.9: Layout de la planta**

- Con los resultados obtenidos por el dimensionamiento de los equipos se puede calcular el espacio que ocuparía cada equipo.
- Estimar el área de terreno necesaria para la construcción de la planta.
- Establecer la ubicación física de cada equipo.
- Graficar la disposición final de cada equipo.

### **A.10: Selección de equipos**

- Determinar las operaciones unitarias del proceso.
- Determinar los equipos necesarios de cada operación unitaria.
- Determinar los materiales de cada equipo.
  - Considerar la vida útil del material.
  - Hay que considerar que se está trabajando un lugar con una alta humedad.
  - Se debe considerar un material que no se oxide fácilmente.
- Observar en el mercado si existe de cada equipo.

### **A.11: Dimensionamiento de equipos**

#### **A.11.1.: Cajón despulpador de semillas de cacao [43].**

- Hay que considerar que la mejor forma de recuperar el mucílago es a partir de una fermentadora de la semilla de cacao en cajón.

- Definir la geometría del fermentador que en este caso va a ser rectangular.
- Definir el tamaño de las ranuras que debe tener para obtener el mucílago.
- Determinar la altura a la que este debe estar del suelo.
- Determinar el grosor de la pared.
- Considerar las relaciones de Largo, Ancho y Alto de los cajones.
- Conociendo los kilogramos de cacao en baba obtenidos por el balance de masa. Se puede obtener las dimensiones necesarias para un fermentador de cacao de cajón.

#### **A.11.2.: Tanque fermentador [47].**

- Con el balance de masa se obtiene el volumen del mucílago con el que se va a trabajar.
- Definir la geometría del fermentador, que en este caso va a ser cilíndrico.
- Utilizar la relación de  $L= 2D$  para obtener las dimensiones del tanque de fermentación.
- Para el dimensionamiento se debe considerar un 20% más en la altura del tanque por motivos de seguridad.
- Para el diseño del tanque se considera la norma ASME BPV.
- En esta norma se indica cual es espesor mínimo de la pared según el diámetro del recipiente.
- Se obtiene el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304.

**Table 13.2.** Typical Maximum Allowable Stresses for Plates Under ASME BPV Code Sec. VIII D.1 (The Appropriate Material Standards Should be Consulted for Particular Grades and Plate Thicknesses)

Material	Grade	Min Tensile Strength (ksi)	Min Yield Strength (ksi)	Maximum Temperature (°F)	Maximum Allowable Stress at Temperature °F (ksi = 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Carbon steel	A285 Gr A	45	24	900	12.9	12.9	12.9	11.5	5.9
Killed carbon steel	A515 Gr 60	60	32	1000	17.1	17.1	17.1	14.3	5.9
Low alloy steel	A387 Gr 22	60	30	1200	17.1	16.6	16.6	16.6	13.6
1½ Cr, ½ Mo, Si	410	65	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel	13 Cr								
Stainless steel	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
18 Cr, 8 Ni									
Stainless steel	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
18 Cr, 10 Ni, Cb									
Stainless steel	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
18 Cr, 10 Ni, Ti									
Stainless steel	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5
16 Cr, 12 Ni, 2 Mo									

*Figura 5: Esfuerzo máximo permisible de diferentes materiales [47].*

- Se calcula espesor de la pared.

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2Pi} + 2 \text{ mm} \quad (2)$$

Donde: S es el esfuerzo máximo permisible.

tw es el espesor de la pared.

Di es el diámetro interno del tanque.

Pi es la presión interna del tanque.

E es la efectividad de la soldadura.

- Se calcula la masa del tanque.

$$m = \pi * D * L * tw * \rho \quad (3)$$

Donde: D es el diámetro del tanque.

L es la longitud del tanque.

tw es el espesor de pared.

$\rho$  es la densidad del acero inoxidable.

- Se calcula el espesor de pared para los terminales del tanque, en este caso van a ser terminales planas.

$$tw = De \sqrt{\frac{CPi}{SE}} \quad (4)$$

Donde: De es el diámetro interno.

C es una constante 0.1.

Pi presión interna.

S es el esfuerzo máximo permisible.

E es la efectividad de soldadura.

- Se calcula la masa de los terminales.

$$m = \pi * D^2 * tw * \rho \quad (5)$$

Donde: D es el diámetro del tanque.

tw es el espesor de pared.

$\rho$  es la densidad del acero inoxidable.

- Se suman las masas para obtener la masa total del tanque.

### **A.11.3.: Filtro [47].**

- Con el balance de masa se obtiene el volumen del mucílago fermentado con el que se va a trabajar.
- Definir la geometría del filtro, que en este caso es cilíndrica.
- Utilizar la relación de  $L= 2D$  para obtener las dimensiones del tanque de filtración.
- Para el dimensionamiento se debe considerar un 20% más en la altura del tanque por motivos de seguridad.

- Para el diseño del tanque se considera la norma ASME BPV.
- Se obtiene el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304 que se encuentra en la Figura 5.
- Se calcula espesor de la pared con la ecuación (2).
- Se calcula la masa del tanque con la ecuación (3).
- Se calcula el espesor de pared para los terminales del tanque, en este caso van a ser terminales planas con la ecuación (4).
- Se calcula la masa de los terminales con la ecuación (5).
- Se suma las masas para obtener la masa total del tanque.
- Determinar el tamaño del poro para el filtro.
- Añadir un agitador para un filtrado más eficiente.
- Elegir el tipo de agitador.
- Determinar las medidas del agitador con la siguientes relaciones [49]:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

*Figura 6: Relaciones para calcular las dimensiones del agitador[49].*

- Establecer la velocidad del agitador.
- Obtener el número de Reynolds y determinar el régimen del fluido [50].

$$Nre = \frac{Da^2 * n * \rho}{\mu} \quad (6)$$

Donde: Da es el diámetro del agitador.

N es las revoluciones del agitador por segundo.

$P$  es la densidad del fluido.

$\mu$  es la viscosidad dinámica del fluido.

- Si el flujo es turbulento se utiliza la siguiente fórmula para obtener el consumo de potencia con el agitador [49]:

$$P = K_T \times n^3 \times d a^5 \times \rho \quad (7)$$

Donde:  $P$  es la potencia.

$K_T$  es una constante por el tipo de agitador.

$n$  es velocidad de rotación.

$d$  es el diámetro del agitador.

$\rho$  es la densidad del fluido.

**TABLA 9.2**

Valores de las constantes  $K_L$  y  $K_T$  en las ecuaciones (9.19) y (9.21) para tanques que tienen cuatro deflectores en la pared del tanque, cuya anchura es igual a 10% del diámetro del tanque

Tipo de impulsor	$K_L$	$K_T$
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1,0 <sup>43</sup>	41	0.32
Paso 1,5 <sup>37</sup>	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas <sup>37</sup> ( $S_3 = 0.25$ , $S_4 = 0.2$ )	65	5.75
Seis palas inclinadas <sup>42</sup> ( $45^\circ$ , $S_3 = 0.2$ )	—	1.63
Cuatro palas inclinadas <sup>37</sup> ( $45^\circ$ , $S_3 = 0.2$ )	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas <sup>43</sup> ( $S_2 = 0.2$ )	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Cinta helicoidal	52	—
Ancla <sup>37</sup>	300	0.35

*Figura 7: Valores de  $kT$  para diferentes tipos de agitadores [49].*

- Obtener la potencia del agitador para obtener la potencia del motor que se debe utilizar.
- Determinar que tipo de motor que se requiere [51].

**Table 6-2** Standard Motor Power and Mixer Speeds

Motor Power (hp)						Mixer Speed (rpm)					
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5	6	$7\frac{1}{2}$	9	11
5	$7\frac{1}{2}$	10	15	20	25	$13\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	20	25	30	37
30	40	50	60	75	100	45	56	68	84	100	125
125	150	200	250	300	350	155	190	230	280	350	
400	500	600									

*Figura 8: Lista de potencia de motores y velocidades de los agitadores [51].*

- Calcular el gasto energético que el motor del agitador produce.

**A.11.4.: Mezcladora [47].**

- Con el balance de masa se obtiene el volumen del mucílago filtrado con el que se va a trabajar.
- Definir la geometría de la mezcladora, que va a ser cilíndrica.
- Utilizar la relación de  $L = 2D$  para obtener las dimensiones del tanque mezclador.
- Para el dimensionamiento se debe considerar un 20% más en la altura del tanque por motivos de seguridad.
- Para el diseño del tanque se considera la norma ASME BPV.
- Se obtiene el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304 con la Figura 5.
- Se calcula espesor de la pared con la ecuación (2).
- Se calcula la masa del tanque (3).
- Se calcula el espesor de pared para los terminales del tanque, en este caso van a ser terminales planas (4).
- Se calcula la masa de los terminales (5).
- Se suma las masas para obtener la masa total del tanque.
- Elegir el tipo de aspas con los que se va a trabajar.
- Determinar las dimensiones del agitador con las dimensiones indicadas en la Figura 6.
- Establecer la velocidad del agitador.

- Obtener el número de Reynolds con la ecuación (6).
- Obtener la potencia del agitador para obtener la potencia del motor que se debe utilizar [50].

$$P = Np * n^3 * Da^5 * \rho \quad (8)$$

Donde: P es la potencia.

Np es el número de potencia.

N es velocidad de rotación.

da es el diámetro del agitador.

$\rho$  es la densidad del fluido.

- Determinar que tipo de motor que se va a utilizar con la Figura 8.
- Calcular el gasto energético que el motor del agitador produce.

## A.12: Análisis económico

### A.12.1.: Análisis de costos por factor de Lang [47].

- Se utiliza la fórmula:

$$C = F \sum Ce \quad (9)$$

Donde: F es el factor de Lang.

Ce es el costo de equipos.

- Determinar el factor de Lang según el procesamiento [47].
  - F= 3 Procesamiento sólido.
  - F=5 Procesamiento fluidos.
  - F=4 Procesamiento mixto.

- Obtener el costo de cada equipo con:

$$C_e = a + bS^n \quad (10)$$

**Table 6.6.** Purchased Equipment Cost for Common Plant Equipment

Equipment	Units for Size, S	S <sub>Lower</sub>	S <sub>Upper</sub>	a	b	n	Note
<i>Agitators &amp; mixers</i>							
Propeller	driver power, kW	5.0	75.0	4,300	1,920	0.8	
Spiral ribbon mixer	driver power, kW	5.0	35.0	11,000	420	1.5	
Static mixer	Liters/s	1.0	50.0	780	62	0.8	
<i>Boilers</i>							
Packaged, 15 to 40 bar	kg/h steam	5,000.0	200,000.0	4,600	62	0.8	
Field erected, 10 to 70 bar	kg/h steam	20,000.0	800,000.0	-90,000	93	0.8	
<i>Centrifuges</i>							
High-speed disk	diameter, m	0.26	0.49	63,000	260,000	0.8	
Atmospheric suspended basket	power, kW	2.0	20.0	37,000	1,200	1.2	
<i>Compressors</i>							
Blower	m <sup>3</sup> /h	200.0	5,000.0	4,200	27	0.8	
Centrifugal	driver power, kW	132.0	29,000.0	8,400	3,100	0.6	
Reciprocating	driver power, kW	100.0	16,000.0	240,000	1.33	1.5	
<i>Conveyors</i>							
Belt, 0.5 m wide	length, m	10.0	500.0	21,000	340	1.0	
Belt, 1.0 m wide	length, m	10.0	500.0	23,000	575	1.0	
Bucket elevator, 0.5 m bucket	height, m	10.0	35.0	14,000	1,450	1.0	
<i>Crushers</i>							
Reversible hammer mill	tonne/h	20.0	400.0	400	9,900	0.5	
Pulverizers	kg/h	200.0	4,000.0	3,000	390	0.5	
<i>Crystallizers</i>							
Scraped surface crystallizer	length, m	7.0	280.0	41,000	40,000	0.7	
<i>Distillation columns</i>							
See pressure vessels, packing, and trays							
<i>Dryers</i>							
Direct contact rotary	area, m <sup>2</sup>	11.0	180.0	-7,400	4,350	0.9	1
Pan	area, m <sup>2</sup>	1.5	15.0	-5,300	24,000	0.5	2
Spray dryer	evap rate kg/h	400.0	4,000.0	190,000	180	0.9	
<i>Evaporators</i>							
Vertical tube	area, m <sup>2</sup>	11.0	640.0	17,000	13,500	0.6	
Agitated falling film	area, m <sup>2</sup>	0.5	12.0	29,000	53,500	0.6	

(continued)

Figura 9: Lista de equipos con las constantes de costos [47].

**Table 6.6.** Purchased Equipment Cost for Common Plant Equipment—Cont'd

Equipment	Units for Size, S	S <sub>Lower</sub>	S <sub>Upper</sub>	a	b	n	Note
<i>Exchangers</i>							
U-tube shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	10,000	88	1.0	
Floating head shell and tube	area, m <sup>2</sup>	10.0	1,000.0	11,000	115	1.0	
Double pipe	area, m <sup>2</sup>	1.0	80.0	500	1,100	1.0	
Thermosiphon reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	13,000	95	1.0	
U-tube Kettle reboiler	area, m <sup>2</sup>	10.0	500.0	14,000	83	1.0	
Plate and frame	area, m <sup>2</sup>	1.0	180.0	1,100	850	0.4	3
<i>Filters</i>							
Plate and frame	capacity, m <sup>3</sup>	0.4	1.4	76,000	54,000	0.5	
Vacuum drum	area, m <sup>2</sup>	10.0	180.0	-45,000	56,000	0.3	
<i>Furnaces</i>							
Cylindrical	duty, MW	0.2	60.0	53,000	69,000	0.8	
Box	duty, MW	30.0	120.0	7,000	71,000	0.8	
<i>Packings</i>							
304 ss Raschig rings	m <sup>3</sup>			0	3,700	1.0	
Ceramic intalox saddles	m <sup>3</sup>			0	930	1.0	
304 ss Pall rings	m <sup>3</sup>			0	4,000	1.0	
PVC structured packing	m <sup>3</sup>			0	250	1.0	
304 ss structured packing	m <sup>3</sup>			0	3,200	1.0	4
<i>Pressure vessels</i>							
Vertical, cs	shell mass, kg	130.0	69,200.0	-400	230	0.6	5
Horizontal, cs	shell mass, kg	250.0	69,200.0	-2,500	200	0.6	
Vertical, 304 ss	shell mass, kg	90.0	124,200.0	-10,000	600	0.6	5
Horizontal, 304 ss	shell mass, kg	170.0	114,000.0	-15,000	560	0.6	
<i>Pumps and drivers</i>							
Single-stage centrifugal	flow liters/s	0.2	500.0	3,300	48	1.2	
Explosion-proof motor	power, kW	1.0	2,500.0	920	600	0.7	
Condensing steam turbine	power, kW	100.0	20,000.0	-19,000	820	0.8	
<i>Reactors</i>							
Jacketed, agitated	volume, m <sup>3</sup>	0.5	100.0	14,000	15,400	0.7	
Jacketed, agitated, glass-lined	volume, m <sup>3</sup>	0.5	25.0	13,000	34,000	0.5	
<i>Tanks</i>							
Floating roof	capacity, m <sup>3</sup>	100.0	10,000.0	53,000	2,400	0.6	
Cone roof	capacity, m <sup>3</sup>	10.0	4,000.0	5,700	700	0.7	
<i>Trays</i>							
Sieve trays	diameter, m	0.5	5.0	100	120	2.0	6
Valve trays	diameter, m	0.5	5.0	130	146	2.0	6
Bubble cap trays	diameter, m	0.5	5.0	200	240	2.0	6
<i>Utilities</i>							
Cooling tower & pumps	flow liters/s	100.0	10,000.0	61,000	650	0.9	7
Packaged mechanical refrigerator	evaporator duty, kW	50.0	1,500.0	4,900	720	0.9	
Water ion exchange plant	flow m <sup>3</sup> /h	1.0	50.0	6,200	4,300	0.7	

Figura 10: Lista de otros equipos con las constantes de costos [47].

- Sumar el costo de cada equipo y multiplicar con el factor de Lang.

### A.12.2.: Análisis de costos por factor de Hand [47].

- Determinar la capacidad de cada equipo.
- Obtener el costo de cada equipo con la ecuación (10).
- Tomar en cuenta el factor del material.

**Table 6.5.** Materials Cost Factors,  $f_m$  Relative to Plain Carbon Steel

Material	$f_m$
Carbon steel	1.0
Aluminum and bronze	1.07
Cast steel	1.1
304 stainless steel	1.3
316 stainless steel	1.3
321 stainless steel	1.5
Hastelloy C	1.55
Monel	1.65
Nickel and Inconel	1.7

*Figura 11: Factor de material [47].*

- Tomar en cuenta el factor de instalación de Hand dependiendo del tipo el equipo.

**Table 6.3.** Installation Factors Proposed by Hand (1958)

Equipment Type	Installation Factor
Compressors	2.5
Distillation columns	4
Fired heaters	2
Heat exchangers	3.5
Instruments	4
Miscellaneous equipment	2.5
Pressure vessels	4
Pumps	4

*Figura 12: Factor de instalación de Hand [47].*

- Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y el factor de Hand.
- Sumar el costo de cada equipo para obtener el costo total de la planta.

### A.12.3.: Análisis de costos con el método factorial detallado [47].

- Determinar la capacidad de cada equipo.
- Obtener el costo de cada equipo con la ecuación (10).
- Tomar en cuenta el factor del material que se encuentra en la Figura 11.
- Determinar el tipo de procesamiento si es líquido, sólido o mixto.

- Determinar los valores de los factores de: tuberías, montaje de equipo, eléctrico, civil, instrumento de control, estructural, aislamiento.

**Table 6.4.** Typical Factors for Estimation of Project Fixed Capital Cost

Item	Process Type		
	Fluids	Fluids-Solids	Solids
1. Major equipment, total purchase cost	$C_e$	$C_e$	$C_e$
$f_m$ Equipment erection	0.3	0.5	0.6
$f_p$ Piping	0.8	0.6	0.2
$f_i$ Instrumentation and control	0.3	0.3	0.2
$f_{el}$ Electrical	0.2	0.2	0.15
$f_c$ Civil	0.3	0.3	0.2
$f_s$ Structures and buildings	0.2	0.2	0.1
$f_l$ Lagging and paint	0.1	0.1	0.05

*Figura 13: Factor de instalación según el método factorial detallado [47].*

- Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y los factores de instalación de cada equipo.
- Fórmula para obtener el costo de la planta:

$$C = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_s + f_l)] \quad (11)$$

- Para determinar el costo total de la planta se debe sumar el costo de cada equipo.

#### **A.12.4.: Determinación de costos de la planta [47].**

- Con el costo total del Factor de Hand y el método factorial detallado se obtiene el costo ISBL.
- El costo OSBL se obtiene del 40% del ISBL.
- El costo del gasto de imprevisto es el 10% del (ISBL + OSBL).
- El costo de ingeniería y construcción es el 30% del (ISBL + OSBL).
- El costo del capital de trabajo es el 5% del capital fijo que es ISBL + OSBL.
- Obtener el costo de producción.
  - Obtener el costo de producción variable considerando el costo de materia prima, servicios de agua potable y de electricidad, transporte y envasado del producto final.

- Obtener el costo de producción fijo se toma en cuenta:
  - Labor operación.
  - Supervisión que es el 25% costo de operación + administración.
  - Gastos salariales que es el 50% costo de operación + administración.
  - Mantenimiento que es 3 – 5 % ISBL.
  - Impuestos sobre la propiedad que es el 1 – 2 % ISBL.
  - Alquiler tierra que es 1 – 2% ISBL + OSBL.
  - Gastos generales que es el 65% costo operación + administración
  - Gastos medio ambientales que es el 1% ISBL + OSBL.
  - Costo por licencias de funcionamiento.
  - Gastos del capital que es el pago de intereses por préstamos.

#### **A.12.5.: Determinación de ingresos de la planta [47].**

- Obtener el margen del producto bruto que es la resta entre los ingresos por la venta del producto y los costos de materia prima.
- Obtener el costo en efectivo por producción que es la suma del costo variable y el costo fijo.
- Obtener el beneficio bruto que es el ingreso por venta del producto principal – costo en efectivo de producción.
- Obtener el beneficio neto que es el beneficio bruto - impuestos.

#### **A.12.6.: Determinación del tiempo de recuperación de inversión [47].**

- Con el costo de inversión total de planta obtener el tiempo de recuperación del capital con la siguiente fórmula:

$$T. \text{recuperación} = \frac{\textit{inversión inicial total}}{\textit{flujo de caja neto anual promedio}} \quad (11)$$

- Con el tiempo de recuperación se puede observar desde que año se puede obtener una ganancia total por el producto.
- Determinar si el proyecto es viable o no.

## ANEXO B: CÁLCULOS

### B.1: Efectividad del herbicida

Para poder seleccionar el proceso adecuado para el herbicida se realizó experimentalmente diferentes formulaciones del herbicida, las cuales fueron probadas en diferentes plantas.



*Figura 14: Recolección de cacao.*



*Figura 15: Recolección del mucílago.*



*Figura 16: Mucílago fermentado.*



*Figura 17: Filtración del mucílago*



*Figura 18: Preparación de las diferentes formulaciones.*

Se escogieron cacaos ya maduros de la finca con la que se está trabajando y se analizaron los pesos de la fruta con cáscara, el peso de la cáscara únicamente y el de la semilla con el mucílago. A partir, de estos pesos se establecieron los promedios de los pesos de cada uno de los componentes. Como se muestra en la Tabla 16:

*Tabla 16: Peso del cacao.*

<b>Peso Cacao total [kg]</b>	<b>Peso cáscara [kg]</b>	<b>Peso fruta [kg]</b>	
2.5	2	0.5	
3	2	1	
2.8	2	0.8	
2.5	2	0.5	
2.7	2	0.7	<b>Promedio</b>

Con todo el fruto del cacao obtenido se recolectó un total de 300 mL de mucílago. Este fue fermentado durante 15 días a temperatura ambiente. Posteriormente fue filtrado para así preparar las diferentes formulaciones de los herbicidas y poder determinar que formulación tiene un mayor efecto en las plantas.

Por medio de diferentes fuentes bibliográficas se determinó cada una de las formulaciones que se hicieron y se calculó el porcentaje presente de cada componente en las distintas formulaciones.

$$\frac{V_T}{V_C} = \frac{100\%}{x} \quad (12)$$

Donde:  $V_T$  es el volumen total [L].

$V_C$  es el volumen de cada componente [L].

En el caso del cloruro de sodio (NaCl) a partir de la masa utilizada se obtuvo el volumen que ocupa este reactivo en la formulación por medio de la densidad de este. La densidad del NaCl es  $2.16 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (13)$$

Donde:  $\rho$  es la densidad del reactivo [g/mL].

$m$  es la masa del reactivo [g].

$V$  es el volumen del reactivo [mL].

*Tabla 17: Porcentaje de la formulación 1[42].*

Porcentajes de cada componente en la formulación 1			
Componente	Cantidad	Unidad	Porcentaje
Agua	8	L	29%
Mucílago	20	L	71%
Total	28	L	100%

*Tabla 18: Porcentaje de la formulación 2 [41].*

<b>Porcentajes de cada componente en la formulación 2</b>			
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Agua	4.02	L	80%
Mucílago	0.75	L	15%
NaCl	0.23	L	5%
Total	5.00	L	100%

*Tabla 19: Porcentaje de la formulación 3 [25].*

<b>Porcentajes de cada componente en la formulación 3</b>			
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Agua	0.49	L	47%
Mucílago	0.51	L	49%
NaCl	0.05	L	4%
Total	1.05	L	100%

Para poder determinar que formulación es más efectiva se analizaron el pH de cada formulación, así como los costos en materia prima y si efectividad. Para poder determinar qué tan efectivo era cada herbicida este fue colocado en diferentes plantas y se observó en cuanto tiempo este actuaba.

Para conocer el costo en materia prima de cada formulación para 1 unidad de producción, que en este caso es para 1 caneca que es equivalente a 20 L, es necesario saber qué cantidad de materia prima se necesita para 1 caneca. Como se puede observar en las siguientes tablas:

*Tabla 20: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 1.*

<b>Formulación 1</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Agua	5.71	L
Mucílago	14.29	L
Total	20	L

Tabla 21: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 2.

<b>Formulación 2</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Agua	16.07	L
Mucílago	3.00	L
NaCl	0.93	L
Total	20.00	L

Tabla 22: Cantidad de materia prima para 1 caneca en la formulación 3.

<b>Formulación 3</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Agua	9.37	L
Mucílago	9.75	L
NaCl	0.88	L
Total	20.00	L

## B.2: Balance de masa

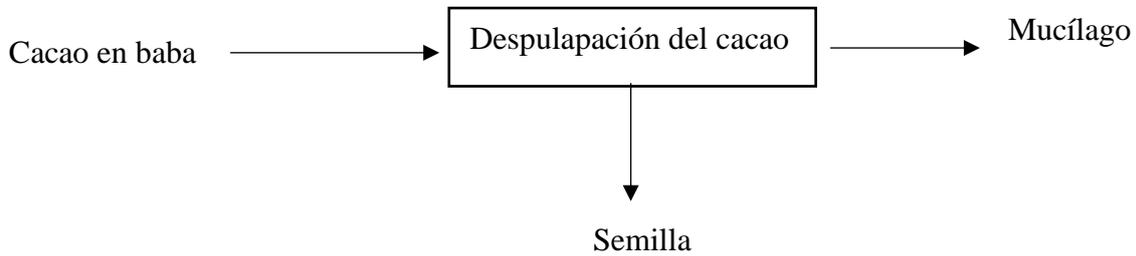
Para la resolución del balance de masa del proceso se siguió el procedimiento establecido en el Anexo A.5. Para realizar el balance primero se analizaron los grados de libertad que se tiene y poder conocer si este balance se puede resolver o no. En la Tabla 23 se puede observar los grados de libertad según un balance de masa atómico.

Tabla 23: Análisis de grados de libertad

<b>Análisis de grados de libertad</b>	
número de incógnitas (+)	7
número de balances de especies atómicas independientes (-)	4
número de balances moleculares de especies moleculares no reactivas (-)	0
otras ecuaciones que son datos del proceso que se relacionan con las incógnitas (-)	3
<b>Total</b>	<b>0</b>

Al tener un grado de libertad igual a 0 se sabe que este balance masa se puede resolver. La resolución de este balance se lo realizó por cada operación unitaria.

- **Despulpación del cacao.**



*Figura 19: Diagrama de bloque del proceso de despulpación del cacao.*

En la Figura 19 se muestra el diagrama de bloque de la primera operación unitaria, en donde se obtiene el mucílago del cacao.

Se conoce que la finca de 60 hectáreas produce por cosecha un aproximado de 10,000 kg de cacao en baba.

Para poder obtener la cantidad de mucílago que se obtiene con el flujo indicado se debe tener en cuenta que de un aproximado de 2 kg de cacao en baba se puede tener 300 mL de mucílago.

$$\begin{array}{ccc} \text{kg cacao en baba} & \text{mucílago de cacao [L]} & \\ 2 & 0.3 & \\ 10,000 & x & \end{array} \quad (14)$$

La cantidad total del mucílago que se tiene es de 1,500 L. Se debe sacar el peso del mucílago para poder obtener el peso de las semillas que salen del proceso. Se conoce que la densidad del mucílago es de  $1,082 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  [52].

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (15)$$

$$m_{\text{mucílago}} = 1,082 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.5 \text{ m}^3 \quad (16)$$

$$m_{\text{mucílago}} = 1,566 \text{ kg}$$

Para poder conocer el peso de la semilla que sale del proceso se debe realizar el balance de masa.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (17)$$

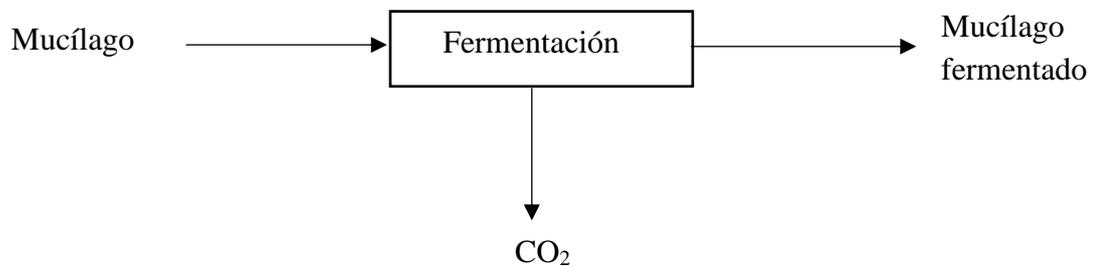
$$m_{\text{cacao en baba}} = m_{\text{semilla}} + m_{\text{mucílago}} \quad (18)$$

$$m_{\text{semilla}} = m_{\text{cacao en baba}} - m_{\text{mucílago}} \quad (19)$$

$$m_{\text{semilla}} = 10,000 \text{ kg} - 1,566 \text{ kg} \quad (20)$$

$$m_{\text{semilla}} = 8,377 \text{ kg}$$

- **Fermentación.**



*Figura 20: Diagrama de bloque del proceso de fermentación.*

En la Figura 20 se tiene el diagrama de bloque de la operación unitaria. Para conocer la cantidad  $\text{CO}_2$  que sale del proceso se analizaron los resultados obtenidos experimentalmente. De los 300 mL obtenidos de mucílago después de 15 días de fermentación se obtuvo un total de 280 mL de mucílago. Se obtuvo primero el porcentaje de  $\text{CO}_2$  que sale para así obtener la cantidad exacta que sale de este proceso.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{mL de mucílago} & \% & \\
 300 & 100 & (21) \\
 280 & x &
 \end{array}$$

Al realizar la regla de 3 y el valor obtenido restarle de 100% se obtuvo que el porcentaje de CO<sub>2</sub> que sale del proceso es de 6.67 %. Con este porcentaje obtenido se obtiene la cantidad de CO<sub>2</sub> del proceso.

$$\begin{array}{rcl}
 1,500 \text{ L} & 100\% & \\
 x & 6.67\% & (22)
 \end{array}$$

Se obtiene que sale 100 L de CO<sub>2</sub> y para saber la masa que sale se considera que la densidad del CO<sub>2</sub> es de 1.87 kg·m<sup>-3</sup>. Se utiliza la ecuación de la densidad para obtener la masa de CO<sub>2</sub>.

$$m_{CO_2} = 1.87 \frac{kg}{m^3} * 0.1 m^3 \quad (23)$$

$$m_{CO_2} = 0.19 kg$$

Se hace el balance de masa para obtener la cantidad de mucílago fermentado.

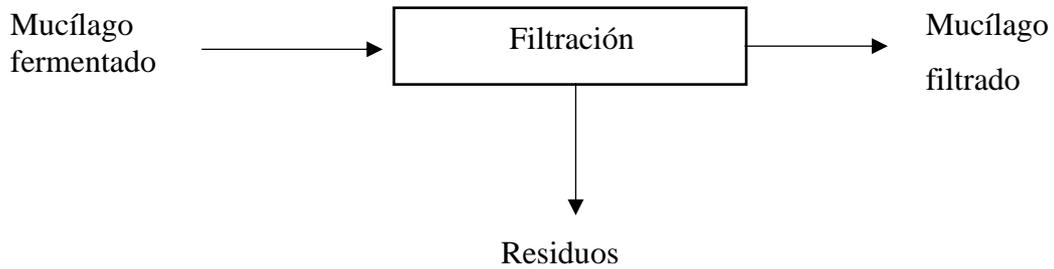
$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (24)$$

$$V_{\text{mucílago}} = V_{\text{mucílago fermentado}} + V_{CO_2} \quad (25)$$

$$V_{\text{mucílago fermentado}} = 1,500 \text{ L} - 100 \text{ L} \quad (26)$$

$$V_{\text{mucílago fermentado}} = 1,400 \text{ L}$$

- **Filtración.**



*Figura 21: Diagrama de bloque del proceso de filtración.*

En la Figura 21 se tiene el diagrama de bloque de la operación unitaria. Para conocer la cantidad de pulpa de cacao y las levaduras, generado por el proceso de la fermentación, que sale del proceso se analizaron los resultados obtenidos experimentalmente. De los 280 mL obtenidos de mucílago después la de fermentación se obtuvo un total de 278 mL de mucílago. Se obtuvo primero el porcentaje de residuos que sale para así obtener la cantidad exacta que sale de este proceso.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{mL de mucílago} & \% & \\
 280 & 100 & (27) \\
 278 & x &
 \end{array}$$

Al realizar la regla de 3 y el valor obtenido restarle de 100% se obtuvo que el porcentaje de pulpa de cacao que sale del proceso es de 0.71 %. Con este porcentaje obtenido se obtiene la cantidad de residuos del proceso.

$$\begin{array}{rcl}
 1,400 \text{ L} & 100\% & \\
 x & 0.71\% & (28)
 \end{array}$$

Se obtiene que sale 10 L de residuos, considerando que en su mayoría son residuos de pulpa de cacao y levaduras que este genera, por esta razón se considera la densidad del mucílago para conocer la masa de los residuos. Para saber la masa que sale se considera que

la densidad del mucílago es de  $1,082 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  [52]. Se utiliza la ecuación de la densidad para obtener la masa de la pulpa de cacao que sale del proceso.

$$m_{residuos} = 1,082 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.01 \text{ m}^3 \quad (29)$$

$$m_{residuos} = 10.82 \text{ kg}$$

Se hace el balance de masa para obtener la cantidad de mucílago filtrado.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (30)$$

$$V_{mucílago \text{ fermentado}} = V_{mucílago \text{ filtrado}} + V_{residuos} \quad (31)$$

$$V_{mucílago \text{ filtrado}} = 1,400 \text{ L} - 10 \text{ L} \quad (32)$$

$$V_{mucílago \text{ filtrado}} = 1,390 \text{ L}$$

- **Mezclado.**

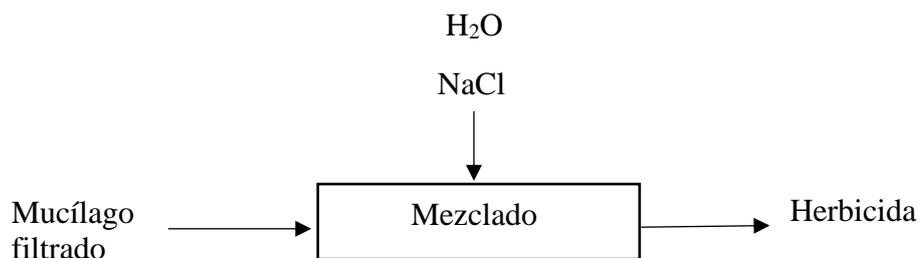


Figura 22: Diagrama de bloque del proceso de mezclado.

En la Figura 22 se tiene el diagrama de bloque de la operación unitaria. Se tiene que el mucílago filtrado que entra al mezclado es de 1,390 L. Para conocer la cantidad de agua y de NaCl que entran al mezclador es necesario hacer una relación con las cantidades de la formulación 3 indicada en el Anexo B.1.

$$\begin{array}{rcl}
 L \text{ mucílago} & L \text{ H}_2\text{O} & \\
 9.75 & 9.37 & (33) \\
 1,390 & x &
 \end{array}$$

Resolviendo la regla de 3 indicada se obtiene en total 1,335.49 L de H<sub>2</sub>O. Se realiza un proceso similar para obtener la cantidad del NaCl que entra al proceso.

$$\begin{array}{rcl}
 L \text{ mucílago} & L \text{ NaCl} & \\
 9.75 & 0.88 & (34) \\
 1,390 & x &
 \end{array}$$

Se obtiene 126.18 L de NaCl. Para obtener la cantidad total que entra al mezclador. Se utiliza la densidad del NaCl que es 2.16 kg·L<sup>-1</sup>.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (35)$$

$$m_{NaCl} = 2.16 \frac{kg}{L} * 126.18 L \quad (36)$$

$$m_{NaCl} = 272.55 kg$$

Se hace el balance de masa para obtener la cantidad de herbicida.

$$Entrada = Salida \quad (37)$$

$$V_{mucílago \text{ filtrado}} + V_{NaCl} + V_{H_2O} = V_{Herbicida} \quad (38)$$

$$V_{Herbicida} = 1,390 L + 1,335.90 L + 126.18 L \quad (39)$$

$$V_{Herbicida} = 2,851.67 L$$

Para conocer la cantidad de canecas que se van a producir por cosecha se tiene que considerar que cada caneca tiene 20 L.

$$Cantidad \text{ de canecas} = \frac{V_{Herbicidas}}{20 L} \quad (40)$$

$$\text{Cantidad de canecas} = \frac{2,851.67 L}{20 L} \quad (41)$$

$$\text{Cantidad de canecas} = 143$$

### B.3: Balance de energía

Para realizar el balance de masa se tiene que considerar que hay dos procesos que generan calor como son: el proceso de obtención del mucílago y el proceso de fermentación.

La ecuación que se utiliza el balance de energía es la ecuación (1).

- **Proceso de obtención del mucílago.**

En el proceso de despulpación se realiza lo que es la fermentación de la semilla, en esta parte se realiza lo que es una fermentación anaeróbica para producir etanol. La temperatura inicial del proceso es de 22 °C y a la temperatura que llega en esta fermentación es de 50 °C [53]. El Cp de la semilla de cacao en el proceso de fermentación es 1,728 J·kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [54].

Tabla 24: Parámetros para obtener el balance de energía.

Parámetros	Cantidad	Unidad
$\dot{m}$	10,000	kg/semana
Cp	1,728	J/kg*K
T1	295	K
T2	323	K

$$\dot{Q} = 10,000 \frac{kg}{semana} * 1,728 \frac{J}{kg * K} * (323 - 295)K \quad (42)$$

Se realizaron los cálculos convirtiendo el tiempo de semana a segundos y se obtiene que el calor generado es de:

$$\dot{Q} = 800 \frac{J}{s} = 0.8 kW$$

- **Proceso de fermentación.**

En el proceso de fermentación se realiza una fermentación aeróbica para obtener el ácido acético. La temperatura inicial del proceso es de 22 °C y a la temperatura que llega en esta fermentación es de 30 °C [55]. El Cp del mucílago es de 3.56 kJ·kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> [56].

Tabla 25: Parámetros para el balance de energía del proceso de fermentación.

Parámetros	Cantidad	Unidad
$\dot{m}$	1623	kg/2semana
Cp	3.56	kJ/kg*°C
T1	22	°C
T2	30	°C

$$\dot{Q} = 1,623 \frac{kg}{2 \text{ semanas}} * 3.56 \frac{kJ}{kg * ^\circ C} * (30 - 22)^\circ C \quad (43)$$

Se realizaron los cálculos convirtiendo el tiempo de semana a segundos y se obtiene que el calor generado es de:

$$\dot{Q} = 0.04 \frac{kJ}{s} = 0.04 kW$$

#### **B.4: Dimensionamiento de equipos**

##### **B.4.1.: Despulpador de cacao.**

Para el dimensionamiento del equipo para despulpar el cacao se sigue la metodología indica en el Anexo A.11.1. Es necesario tomar en cuenta que se va a utilizar los fermentadores de la semilla de cacao en cajones para poder obtener de manera eficiente el mucílago. Para obtener las dimensiones del cajón que se va a utilizar se va a basar en la tabla indicada en la Figura 23:

Tabla 1 Dimensiones y capacidad de los cajones fermentadores de cacao.

Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Kilos de cacao	
			Fresco	Seco
1.00	0.40	0.60	378	141
1.50	0.80	0.80	648	246
2.00	0.80	0.60	756	288

Fuente: Módulo: Tecnología del Cacao; Elizabeth Hernández Alarcón. [13]

Figura 23: Dimensiones de un fermentador de semillas de cacao en cajón [43].

Para obtener las dimensiones del cajón se hace relación del largo, ancho, alto con la cantidad de kilos de cacao fresco.

$$\begin{array}{r} \text{kilos de cacao} \\ 378 \\ 10,000 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Largo [m]} \\ 1 \\ x \end{array} \quad (44)$$

Al realizar la relación indica se tiene que largo es de 26.46 m.

$$\begin{array}{r} \text{kilos de cacao} \\ 378 \\ 10,000 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Ancho [m]} \\ 0.40 \\ x \end{array} \quad (45)$$

Se obtiene que el ancho es de 10.58 m.

$$\begin{array}{r} \text{kilos de cacao} \\ 378 \\ 10,000 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Alto [m]} \\ 0.60 \\ x \end{array} \quad (46)$$

Se obtiene que el alto es de 15.87 m.

Para un solo cajón se tiene las siguientes dimensiones mostradas en la Tabla 26.

Tabla 26: Dimensiones de un cajón fermentador de semillas de cacao.

Dimensiones	Cantidad	Unidad
Largo	26.46	m
Ancho	10.58	m
Alto	15.87	m

Se va a utilizar cajones fermentadores en cascada para tener un cajón más pequeño y para que sea más fácil de manejar en la planta. Se van a ocupar 3 cajones en cascada en las

cuales cada sección va a contener 5 cajones, teniendo un total de 15 cajones. Para obtener las dimensiones de un solo cajón se divide para 15, como se puede observar en la Tabla 27.

Tabla 27: Dimensiones para un solo cajón fermentador de semillas de cacao.

Dimensiones para cada cajón	Cantidad	Unidad
Largo	1.76	m
Ancho	0.71	m
Alto	1.06	m

Se obtiene la masa del cada cajón utilizando la siguiente ecuación:

$$m = Largo * Alto * tw * \rho \quad (47)$$

Tabla 28: Parámetros necesarios para la masa del cajón [43] [57].

Densidad de la madera	610	kg/m <sup>3</sup>
Espesor de pared	0.02	m

$$m_{cajón} = 1.76 \text{ m} * 1.06 \text{ m} * 0.02 \text{ m} * 610 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (48)$$

$$m_{cajón} = 22.77 \text{ kg}$$

#### B.4.2.: Tanque fermentador.

Para el dimensionamiento del tanque fermentador se siguió la metodología indicada en el Anexo A.11.2. Con el resultado obtenido en el balance de masa de la corriente C2 se obtiene el volumen necesario para el tanque y por medio de este obtener las dimensiones.

Tabla 29: Volumen del mucílago.

Volumen	1.5	m <sup>3</sup>
---------	-----	----------------

Para obtener la longitud y el diámetro del tanque se utiliza la siguiente relación:

$$L = 2D \quad (49)$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * L = \frac{\pi}{2} D^3 \quad (50)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}} \quad (51)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * 1.5 \text{ m}^3}{\pi}} \quad (52)$$

$$D = 0.98 \text{ m}$$

$$L = 2 * 0.98 \text{ m} \quad (53)$$

$$L = 1.97 \text{ m}$$

Se debe considerar un factor de seguridad en la longitud del tanque del 20%. Por lo que se obtiene una longitud total de:

$$L_{Total} = L + 20\%L \quad (54)$$

$$L_{Total} = 2.36 \text{ m}$$

Para obtener el espesor de la pared del tanque se deben considerar los siguientes factores:

*Tabla 30: Parámetros para obtener el espesor de pared del tanque.*

S304 (37°C)	137.90	N/mm <sup>2</sup>
Pi	0.101	N/mm <sup>2</sup>
E	1	

Donde: S es el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304 a 37 °C que se indica en la Figura 5.

Pi es la presión interna del tanque que en este caso se encuentra a 1 atm.

E es la eficiencia de la soldadura, se considera una soldadura muy buena que es igual a 1.

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2 Pi} + 2 mm \quad (55)$$

En la ecuación (55) se considera el diámetro del tanque obtenido de los cálculos anteriores y se le suma 2 mm como un factor de seguridad para el tanque.

$$tw = \frac{0.101 \frac{N}{mm^2} * 984.75 mm}{2 * 137.90 \frac{N}{mm^2} * 1 - 1.2 * 0.101 \frac{N}{mm^2}} + 2 mm \quad (56)$$

$$tw = 2.36 mm$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{tanque} = \pi * D * L * tw * \rho_{acero} \quad (57)$$

Tabla 31: Densidad del acero inoxidable 304 [58].

Densidad acero inoxidable 304	8,000	kg/m <sup>3</sup>
-------------------------------	-------	-------------------

$$m_{tanque} = \pi * 0.98 m * 2.36 m * 2.36x10^{-3}m * 8,000 \frac{kg}{m^3} \quad (58)$$

$$m_{tanque} = 138.16 kg$$

Para el tanque fermentador se van a utilizar terminales planos, de los cuales hay que obtener el espesor de pared para el terminal plano.

$$tw = De \sqrt{\frac{C * Pi}{SE}} + 2 mm \quad (59)$$

Donde: De es igual al Diámetro del tanque encontrado anteriormente.

C es una constante.

Tabla 32: Constante para el terminal plano del tanque [47].

C	0.1
---	-----

$$tw = 984.75 \text{ mm} \sqrt{\frac{0.1 * 0.101 \text{ N/mm}^2}{137.90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1}} + 2 \text{ mm} \quad (60)$$

$$tw = 10.44 \text{ mm}$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{terminal} = \pi * D^2 * tw * \rho_{acero} \quad (61)$$

$$m_{terminal} = \pi * (0.98 \text{ m})^2 * 10.44 \times 10^{-3} \text{ m} * 8,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (62)$$

$$m_{terminal} = 254.47 \text{ kg}$$

Para obtener la masa total del tanque se debe sumar las masas de los dos terminales y del tanque.

$$m_{Total} = m_{tanque} + m_{terminal 1} + m_{terminal 2} \quad (63)$$

$$m_{Total} = 138.16 \text{ kg} + 254.47 \text{ kg} + 254.47 \text{ kg} \quad (64)$$

$$m_{Total} = 647.10 \text{ kg}$$

#### **B.4.3.: Filtro.**

Para el dimensionamiento del filtro se siguió la metodología indicada en el Anexo A.11.3. Con el resultado obtenido en el balance de masa de la corriente C5 se obtiene el volumen necesario para el tanque y por medio de este obtener las dimensiones.

*Tabla 33: Volumen de la cantidad de mucílago que entra al filtro.*

Volumen	1.4	m <sup>3</sup>
---------	-----	----------------

Para obtener la longitud y el diámetro del tanque se utiliza la siguiente relación:

$$L = 2D \quad (65)$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * L = \frac{\pi}{2} D^3 \quad (66)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}} \quad (67)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * 1.4 \text{ m}^3}{\pi}} \quad (68)$$

$$D = 0.96 \text{ m}$$

$$L = 2 * 0.96 \text{ m} \quad (69)$$

$$L = 1.92 \text{ m}$$

Se debe considerar un factor de seguridad en la longitud del tanque del 20%. Por lo que se obtiene una longitud total de:

$$L_{Total} = L + 20\%L \quad (70)$$

$$L_{Total} = 2.31 \text{ m}$$

Para obtener el espesor de la pared del tanque se deben considerar los siguientes factores:

*Tabla 34: Factores necesarios para obtener el espesor de pared del tanque del filtro.*

S304 (37 °C)	137.90	N/mm <sup>2</sup>
Pi	0.101	N/mm <sup>2</sup>
E	1	

Donde: S es el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304 a 37 °C que se indica en la Figura 5.

Pi es la presión interna del tanque que en este caso se encuentra a 1 atm.

E es la eficiencia de la soldadura, se considera una soldadura muy buena que es igual a 1.

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2 Pi} + 2 mm \quad (71)$$

En la ecuación (71) se considera el diámetro del tanque obtenido de los cálculos anteriores y se le suma 2 mm como un factor de seguridad para el tanque.

$$tw = \frac{0.101 \frac{N}{mm^2} * 962.36 mm}{2 * 137.90 \frac{N}{mm^2} * 1 - 1.2 * 0.101 \frac{N}{mm^2}} + 2 mm \quad (72)$$

$$tw = 2.35 mm$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{tanque} = \pi * D * L * tw * \rho_{acero} \quad (73)$$

La densidad del acero inoxidable 304 se encuentra en la Tabla 31.

$$m_{tanque} = \pi * 0.96 m * 2.31 m * 2.35 \times 10^{-3} m * 8,000 \frac{kg}{m^3} \quad (74)$$

$$m_{tanque} = 131.49 kg$$

Para el tanque del filtro se van a utilizar terminales planos, de los cuales hay que obtener el espesor de pared para el terminal plano.

$$tw = De \sqrt{\frac{C * Pi}{SE}} + 2 mm \quad (75)$$

Donde: De es igual al Diámetro del tanque encontrado anteriormente.

C es una constante, el valor de la constante se encuentra en la Tabla 32.

$$tw = 962.36 \text{ mm} \sqrt{\frac{0.1 * 0.101 \text{ N/mm}^2}{137.90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1}} + 2 \text{ mm} \quad (76)$$

$$tw = 10.25 \text{ mm}$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{terminal} = \pi * D^2 * tw * \rho_{acero} \quad (77)$$

$$m_{terminal} = \pi * (0.96 \text{ m})^2 * 10.25 \times 10^{-3} \text{ m} * 8,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (78)$$

$$m_{terminal} = 238.57 \text{ kg}$$

Para obtener la masa total del tanque se debe sumar las masas de los dos terminales y del tanque.

$$m_{Total} = m_{tanque} + m_{terminal 1} + m_{terminal 2} \quad (79)$$

$$m_{Total} = 131.49 \text{ kg} + 238.57 \text{ kg} + 238.57 \text{ kg} \quad (80)$$

$$m_{Total} = 608.62 \text{ kg}$$

El filtro va a tener Nylon de 150 micrones para poder filtrar los restos de pulpa de cacao y los restos de la levadura generada. Además, es necesario colocar un agitador para que el proceso de filtración sea más eficiente y rápido.

Para obtener las dimensiones del agitador es necesario tener en mente un esquema de un agitador.

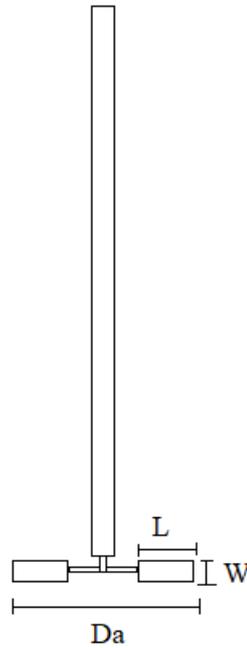


Figura 24: Esquema de las dimensiones de un agitador [49].

Para obtener el diámetro del agitador es necesario tener en cuenta la siguiente relación:

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \quad (81)$$

$$Da = \frac{Dt}{3} \quad (82)$$

$$Da = \frac{0.96 \text{ m}}{3} = 0.32 \text{ m}$$

Para obtener la longitud de las palas se necesita tomar en cuenta la siguiente relación:

$$L = \frac{Da}{4} \quad (83)$$

$$L = \frac{0.32 \text{ m}}{4} = 0.08 \text{ m}$$

Para obtener la altura de las palas del agitador es necesario tener en cuenta la siguiente relación:

$$W = \frac{Da}{5} \quad (84)$$

$$W = \frac{0.32 \text{ m}}{5} = 0.06 \text{ m}$$

Una vez obtenido las dimensiones del agitador es necesario obtener la potencia que necesita el agitador para conocer la potencia del motor. Es necesario obtener el número de Reynolds del fluido por lo que es necesario conocer los siguientes parámetros indicados en la Tabla 35:

Tabla 35: Parámetros para el número de Reynolds del fluido del filtro [59][52].

Parámetro	Cantidad	Unidad
Densidad mucílago	1,082	kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad mucílago	0.0316	kg/m*s

La ecuación para el número de Reynolds es:

$$Nre = \frac{Da^2 * n * \rho}{\mu} \quad (85)$$

Donde: Da es el diámetro del agitador.

N es las revoluciones del agitador por segundo = 0.50 rps

P es la densidad del fluido.

$\mu$  es la viscosidad dinámica del fluido, se asume la viscosidad del jugo de manzana debido a que no se conoce la viscosidad del mucílago, considerando que su viscosidad es similar.

$$Nre = \frac{(0.32\text{m})^2 * 0.50 \text{ rps} * 1,082 \text{ kg/m}^3}{0.0316 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}} \quad (86)$$

$$Nre = 1.76 \times 10^3$$

Al observar el número de Reynolds obtenido se tiene que el régimen del fluido es turbulento. La ecuación para obtener la potencia del motor del agitador es:

$$P = kT * n^3 * Da^5 * \rho \quad (87)$$

KT es una constante según el tipo de impulsor que se utilice, se puede observar los valores en la Figura 7. El kT para el agitador de paletas planas dos palas es de 1.70.

$$P = 1.70 * 0.50 \text{ rps}^3 * 0.32 \text{ m}^5 * 1,082 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (88)$$

$$P = 0.78 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 7.81 \times 10^{-4} \text{ kW} = 1.05 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

#### B.4.4.: Mezclador.

Para el dimensionamiento del mezclador se siguió la metodología indicada en el Anexo A.11.4. Con el resultado obtenido en el balance de masa de la corriente C9 se obtiene el volumen necesario para el tanque y por medio de este obtener las dimensiones.

*Tabla 36: Volumen que entra a la mezcladora.*

Volumen	2.85	m <sup>3</sup>
---------	------	----------------

Para obtener la longitud y el diámetro del tanque se utiliza la siguiente relación:

$$L = 2D \quad (89)$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * L = \frac{\pi}{2} D^3 \quad (90)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{\pi}} \quad (91)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * 2.85 \text{ m}^3}{\pi}} \quad (92)$$

$$D = 1.22 \text{ m}$$

$$L = 2 * 1.22 \text{ m} \quad (93)$$

$$L = 2.44 \text{ m}$$

Se debe considerar un factor de seguridad en la longitud del tanque del 20%. Por lo que se obtiene una longitud total de:

$$L_{Total} = L + 20\%L \quad (94)$$

$$L_{Total} = 2.93 \text{ m}$$

Para obtener el espesor de la pared del tanque se deben considerar los siguientes factores:

*Tabla 37: Factores para obtener el espesor de pared del tanque del mezclador.*

S304 (37 °C)	137.90	N/mm <sup>2</sup>
Pi	0.101	N/mm <sup>2</sup>
E	1	

Donde: S es el esfuerzo máximo permisible del acero inoxidable 304 a 37 °C que se indica en la Figura 5.

Pi es la presión interna del tanque que en este caso se encuentra a 1 atm.

E es la eficiencia de la soldadura, se considera una soldadura muy buena que es igual a 1.

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2 Pi} + 2 \text{ mm} \quad (95)$$

En la ecuación (95) se considera el diámetro del tanque obtenido de los cálculos anteriores y se le suma 2 mm como un factor de seguridad para el tanque.

$$tw = \frac{0.101 \frac{N}{mm^2} * 1,219.91 \text{ mm}}{2 * 137.90 \frac{N}{mm^2} * 1 - 1.2 * 0.101 \frac{N}{mm^2}} + 2 \text{ mm} \quad (96)$$

$$tw = 2.45 \text{ mm}$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{tanque} = \pi * D * L * tw * \rho_{acero} \quad (97)$$

La densidad del acero inoxidable 304 se encuentra en la Tabla 31.

$$m_{tanque} = \pi * 1.22 \text{ m} * 2.93 \text{ m} * 2.45 \times 10^{-3} \text{ m} * 8,000 \frac{kg}{m^3} \quad (98)$$

$$m_{tanque} = 219.78 \text{ kg}$$

Para el tanque del mezclador se van a utilizar terminales planos, de los cuales hay que obtener el espesor de pared para el terminal plano.

$$tw = De \sqrt{\frac{C * Pi}{SE}} + 2 \text{ mm} \quad (99)$$

Donde: De es igual al Diámetro del tanque encontrado anteriormente.

C es una constante, el valor de la constante se encuentra en la Tabla 32.

$$tw = 1219.91 \text{ mm} \sqrt{\frac{0.1 * 0.101 \text{ N/mm}^2}{137.90 \frac{N}{mm^2} * 1}} + 2 \text{ mm} \quad (100)$$

$$tw = 12.46 \text{ mm}$$

Se obtiene la masa de acero inoxidable 304 del tanque con la siguiente ecuación:

$$m_{terminal} = \pi * D^2 * tw * \rho_{acero} \quad (101)$$

$$m_{terminal} = \pi * (1.22 \text{ m})^2 * 12.46 \times 10^{-3} \text{ m} * 8,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (102)$$

$$m_{terminal} = 465.92 \text{ kg}$$

Para obtener la masa total del tanque se debe sumar las masas de los dos terminales y del tanque.

$$m_{Total} = m_{tanque} + m_{terminal 1} + m_{terminal 2} \quad (103)$$

$$m_{Total} = 219.78 \text{ kg} + 465.92 \text{ kg} + 465.92 \text{ kg} \quad (104)$$

$$m_{Total} = 1,151.61 \text{ kg}$$

El diagrama del agitador se puede observar en la Figura 24 mostrada anteriormente.

Para obtener el diámetro del agitador es necesario tener en cuenta la siguiente relación:

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \quad (105)$$

$$Da = \frac{Dt}{3} \quad (106)$$

$$Da = \frac{1.22 \text{ m}}{3} = 0.41 \text{ m}$$

Para conocer la altura de separación entre el fondo del tanque y el agitador es necesario considerar la siguiente relación:

$$\frac{E}{Dt} = \frac{1}{3} \quad (107)$$

$$E = \frac{Dt}{3} \quad (108)$$

$$E = \frac{1.22 \text{ m}}{3} = 0.41 \text{ m}$$

Para obtener la longitud de las palas se necesita tomar en cuenta la siguiente relación:

$$L = \frac{Da}{4} \quad (109)$$

$$L = \frac{0.41 \text{ m}}{4} = 0.10 \text{ m}$$

Para obtener la altura de las palas del agitador es necesario tener en cuenta la siguiente relación:

$$W = \frac{Da}{5} \quad (110)$$

$$W = \frac{0.41 \text{ m}}{5} = 0.08 \text{ m}$$

Una vez obtenido las dimensiones del agitador es necesario obtener la potencia que necesita el agitador para conocer la potencia del motor. Es necesario obtener el número de Reynolds del fluido por lo que es necesario conocer los siguientes parámetros indicados en la Tabla 38:

*Tabla 38: Parámetros para obtener el número de Reynolds del fluido de la mezcladora.*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Densidad mucílago	1,082	kg/m <sup>3</sup>
Densidad de la mezcla	1140.12	kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad mucílago	0.0316	kg/m*s
Factor de moralidad	3.50	--
Viscosidad NaCl + H2O	1.27E-03	kg/m*s
Viscosidad de la mezcla	0.017	kg/m*s

Para conocer la densidad de la mezcla es necesario conocer los componentes y las cantidades que entran al mezclador como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 39: Cantidades de materia prima que entra al mezclador.

Componente	Cantidad	Unidad
NaCl	272.55	Kg
H <sub>2</sub> O	1.34	m <sup>3</sup>
Mucílago	1.39	m <sup>3</sup>

Es necesario conocer las densidades del mucílago que es 1,082 Kg·m<sup>-3</sup> [52] y la densidad del agua que es 997 kg·m<sup>-3</sup>. A partir de la densidad es necesario obtener la masa del mucílago y la del agua con la ecuación (15) y se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 40: Masa del agua y del mucílago que entran al mezclador.

Masa agua	1331.48	Kg
Masa mucílago	1503.98	Kg

Se suman las masas de los 3 componentes y se obtiene:

$$m_{Total} = m_{mucilago} + m_{NaCl} + m_{H_2O} \quad (111)$$

$$m_{Total} = 1,503.98 \text{ kg} + 272.55 \text{ kg} + 1,331.48 \text{ kg} \quad (112)$$

$$m_{Total} = 3,108.01 \text{ kg}$$

Para obtener la fracción másica de cada componente se utiliza la siguiente ecuación:

$$x = \frac{m_x}{m_{Total}} \quad (113)$$

Las fracciones másicas son las siguientes:

Tabla 41: Fracciones másicas de los componentes que entran al mezclador.

Fracción másica agua	0.428
Fracción másica mucílago	0.484
Fracción másica sal	0.088
Total	1

Para obtener la densidad de la mezcla se realiza un promedio ponderado con las densidades de los componentes como se observa en la siguiente ecuación:

$$\rho_{mezcla} = (x_{mucilago} * \rho_{mucilago}) + (x_{NaCl} * \rho_{NaCl}) + (x_{H_2O} * \rho_{H_2O}) \quad (114)$$

Se obtiene una densidad de la mezcla de 1,140.12 kg·m<sup>-3</sup>.

Para obtener la viscosidad de la mezcla se considera primero la viscosidad del NaCl disuelto con agua. Para esto es necesario encontrar el factor medio de la molalidad. Se conoce que la masa molar del NaCl es de 58.44 g·mol<sup>-1</sup>. Es necesario tener el número de moles de NaCl presente en la mezcla con la siguiente relación:

$$\text{número de moles}_{NaCl} = m_{NaCl} / \text{masa molar NaCl} \quad (115)$$

$$\text{número de moles}_{NaCl} = \frac{272,549.02 \text{ g}}{58.44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \quad (116)$$

$$\text{número de moles} = 4,663.74 \text{ mol}$$

Factor de molalidad se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor molalidad} = \frac{mol_{NaCl}}{m_{H_2O}} \quad (117)$$

$$\text{Factor molalidad} = \frac{4,663.74 \text{ mol}}{1,331.48 \text{ kg}} \quad (118)$$

$$\text{Factor de molalidad} = 3.50$$

A partir del este factor se utiliza la tabla que se muestra en la Figura 25 y se realiza una interpolación para obtener la viscosidad, considerando que la temperatura es 22 °C y la presión es 1 atm.

**Table 4.** Dynamic viscosity of aqueous solutions of sodium chloride,  $\mu\text{Pa s}$ 

$t, ^\circ\text{C}$	mol/(kg of water)					
	1	2	3	4	5	6
	$P = 0.1 \text{ MPa}$					
0	1884	2052	2288	2583	2923	3298
25	974	1074	1199	1349	1528	1737
50	610	679	759	853	964	1097
75	426	478	535	601	678	768
100	321	361	405	455	512	577

*Figura 25: Viscosidades dinámicas del NaCl [60].*

Se obtiene la viscosidad dinámica del NaCl que es  $1.27 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

Para obtener la viscosidad de la mezcla se realiza la siguiente operación:

$$\mu_{mezcla} = \mu_{NaCl} + \mu_{mucilago} * x_{mucilago} \quad (119)$$

Y se obtiene una viscosidad de la mezcla de  $0.017 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Con estos valores se puede obtener el número de Reynolds.

La ecuación para el número de Reynolds es:

$$Nre = \frac{Da^2 * n * \rho}{\mu} \quad (120)$$

Donde: Da es el diámetro del agitador.

N es las revoluciones del agitador por segundo = 1 rps

P es la densidad del fluido.

$\mu$  es la viscosidad dinámica del fluido.

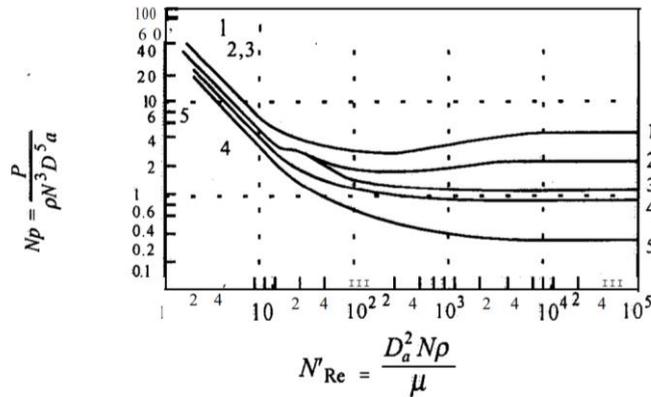
$$Nre = \frac{(0.41\text{m})^2 * 1 \text{ rps} * 1,140.12 \text{ kg/m}^3}{0.017 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}} \quad (121)$$

$$Nre = 1.14 \times 10^4$$

Al observar el número de Reynolds obtenido se tiene que el régimen del fluido es turbulento. La ecuación para obtener la potencia del motor del agitador es:

$$P = Np * n^3 * Da^5 * \rho \quad (122)$$

$Np$  es el número de potencia y se lo puede obtener con el siguiente gráfico de la Figura 26, donde se utiliza un agitador tipo turbina de seis palas planas.



3.4-4 Correlaciones de potencia para diversos impulsores y defectores (véase en la Fig. 3.4-3c las dimensiones  $D_a$ ,  $D_b$ ,  $J$  y  $W$ )

Figura 26:  $Np$  vs  $Nre$  para agitadores tipo turbina de seis palas planas [50].

$Np$  que se obtiene es igual a 6.

$$P = 6 * 1 \text{ rps}^3 * 0.41 \text{ m}^5 * 1,140.12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (123)$$

$$P = 76.05 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0.076 \text{ kW} = 0.102 \text{ hp}$$

## B.5: Análisis económico.

### B.5.1.: Factor de Lang.

Para obtener los costos de la planta con el factor de Lang se sigue el procedimiento establecido en la metodología que se encuentra en Anexos A.12.1. En el caso de los equipos como el fermentador, filtro, mezcladora se utiliza la tabla indicada en la Figura 9 y la Figura 10 y a partir de esta tabla se obtiene los valores de cada equipo. Se utiliza la siguiente ecuación para obtener el costo del equipo:

$$c_e = a + bS^n \quad (124)$$

Donde: los valores de a, b y n se encuentran establecidos en la Figura 9 y la Figura 10.

S es la capacidad del equipo establecida en los Anexos B.4.

Para el caso de los tanques se utilizó los valores del “Tank cone roof” y para el caso de los agitadores se utilizó el agitador tipo turbina donde se toma en cuenta la potencia del motor, debido a esto en el costo de los equipos no se toma en cuenta el motor. Para el caso de cajón despulpador de las semillas del cacao se utilizó valor aproximado del costo comercial de este equipo [61]. Para el caso del filtro que es Nylon de 150 micras se utilizó el valor de venta encontrado en Alibaba considerando un 20% más del valor por costos de importación [62]. Los costos de los equipos que se obtienen son:

*Tabla 42: Costo de cada equipo.*

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
Cajón despulpador de semilla de cacao	15	1.32	m <sup>3</sup>	\$ 6,000.00
Fermentador	1	1.5	m <sup>3</sup>	\$ 6,629.74
Filtro tanque	1	1.4	m <sup>3</sup>	\$ 6,585.91
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00
Malla	1	1.92	m	\$ 4.50
<b>Total</b>				\$12,810.41
Mezclador tanque	1	2.85	m <sup>3</sup>	\$ 7,157.70
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00
<b>Total</b>				\$13,377.70
			<b>Total</b>	\$38,817.84

Una vez obtenido el costo total de los equipos se utiliza la siguiente fórmula para estimar el costo implantación de los equipos.

$$C = F \sum C_e \quad (125)$$

Donde: F es el factor de Lang que se basa según el tipo de procesamiento, los diferentes factores se encuentran en el Anexo A.12.1.

En el caso de esta planta se considera que se trabaja con fluidos debido a que el NaCl es el único que se encuentra en estado sólido como materia prima, pero al entrar al mezclador este se disuelve, por lo que se asume que el procesamiento de la planta es con fluidos.

El factor de Lang para el procesamiento líquido es 5 por lo que se obtiene el siguiente costo:

*Tabla 43: Costo de instalación de la planta con el Factor de Lang.*

Costo con factor Lang	\$ 194,089.22
-----------------------	---------------

### **B.5.2.: Factor de Hand.**

Para obtener el costo con el factor de Hand se obtiene los costos de los equipos como se muestran en el Anexo B.5.1. Para poder estimar con este método hay que considerar el factor del material como se muestra en la Figura 11. El factor del material para el tanque fermentador, el tanque del filtro, el agitador, el tanque del mezclador y el agitador del mezclador se utiliza el acero inoxidable 304 y su factor es de 1.3. Pero para el cajón despulpador de semilla de cacao se utiliza el factor de material de la madera que es 0.54 [63].

Además, se considera el factor de Hand para cada equipo como se indica en la Figura 12, todos los equipos se encuentran en la sección de equipo misceláneo, cuyo factor es 2.5. Para obtener el costo de instalación de cada equipo con el factor de Hand se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = C_e * f_m * f_H \quad (126)$$

Donde:  $F_m$  es el factor del material.

$F_H$  es el factor de Hand para cada equipo y se lo considera para todo el equipo

Tabla 44: Costo de instalación de la planta con el factor de Hand.

Equipo	Cantidad	Capacidad	Unidad	Costo	F. material	F. Hand	C. Hand
Cajón despulpador de semilla de cacao	15	1.32	m <sup>3</sup>	\$ 6,000.00	0.54	2.5	\$ 8,100.00
Fermentador	1	1.5	m <sup>3</sup>	\$ 6,629.74	1.3	2.5	\$ 21,546.66
Filtro tanque	1	1.4	m <sup>3</sup>	\$ 6,585.91	1.3	--	\$ 8,561.68
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00	1.3	--	\$ 8,086.00
Malla	1	1.92	m	\$ 4.50	--	--	\$ 4.50
<b>Total</b>				<b>\$12,810.41</b>		<b>2.5</b>	<b>\$ 41,630.44</b>
Mezclador tanque	1	2.85	m <sup>3</sup>	\$ 7,157.70	1.3	--	\$ 9,305.01
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00	1.3	--	\$ 8,086.00
<b>Total</b>				<b>\$13,377.70</b>		<b>2.5</b>	<b>\$ 43,477.52</b>
			<b>Total</b>	<b>\$38,817.84</b>		<b>Total</b>	<b>\$ 114,754.62</b>

### B.5.3.: Método factorial detallado.

Para obtener una estimación de costos según el método factorial detallado se debe considerar que se está trabajando con fluidos y se debe considerar la siguiente ecuación:

$$C = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)] \quad (127)$$

Donde:  $f_p$  es el factor de tuberías.

$F_m$  es el factor del material.

$F_{er}$  es el factor montado de equipo.

$F_{el}$  es el factor eléctrico.

$F_i$  es el factor de instrumentación y control.

$F_c$  es el factor civil.

$F_s$  es el factor estructural

$F_l$  es el factor de pintura, recubrimiento.

Los valores de estos factores se encuentran la Figura 13, y depende del tipo de procesamiento que en el caso de este proyecto es un procesamiento líquido. Los factores indicados anteriormente se utilizan para equipo en el caso que este lo requiera.

Tabla 45: Costos de instalación de la planta con el método factorial detallado.

Equipo	Cantidad	Capacidad	Unidad	Costo	f. material	f. piping	f. er	f. el	f. i	f. c	f. s	f. l	Ce
Cajón despulpador de semilla de cacao	15	1.32	m <sup>3</sup>	\$ 6,000.00	0.54	0.8	0.3	--	--	0.3	0.2	--	\$ 10,632.00
Fermentador	1	1.5	m <sup>3</sup>	\$ 6,629.74	1.3	0.8	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	\$ 24,795.23
Filtro tanque	1	1.4	m <sup>3</sup>	\$ 6,585.91	1.3	0.8	0.3	--	--	0.3	0.2	0.1	\$ 21,338.34
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00	1.3	0	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	--	\$ 16,172.00
Malla	1	1.92	m	\$ 4.50	--	--	--	--	--	--	--	--	\$ 4.50
<b>Total</b>				<b>\$12,810.41</b>									
Mezclador tanque	1	2.85	m <sup>3</sup>	\$ 7,157.70	1.3	0.8	0.3	--	--	0.3	0.2	0.1	\$ 23,190.94
Agitador	1	1	kW	\$ 6,220.00	1.3	0	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	--	\$ 16,172.00
<b>Total</b>				<b>\$13,377.70</b>									
			<b>Total</b>	<b>\$38,817.84</b>								<b>Total</b>	<b>\$112,305.01</b>

#### B.5.4.: Inversión capital fijo.

Para obtener los costos del capital fijo se sigue el procedimiento indicado en Anexos

#### A.12.4.

Para obtener el Costo ISBL se debe considerar los costos de Factor de Hand y del método factorial detallado, obtener el  $\pm 30\%$  de estos costos y los que costos que se encuentren en el medio de estos rangos se debe obtener un promedio para así tener el costo ISBL.

Tabla 46: Costo con el factor Hand y el método factorial con el margen de  $\pm 30\%$ .

		<b>30%</b>	<b>-30%</b>
<b>Costo Hand</b>	\$ 114,754.62	\$ 149,181.01	\$ 80,328.23
<b>Costo método factorial</b>	\$ 112,305.01	\$ 145,996.51	\$ 78,613.51

Se obtiene el Costo ISBL que es:

Tabla 47: Costo ISBL.

Costo ISBL	\$ 113,162.37
------------	---------------

A partir del costo ISBL y siguiendo la metodología indicada se obtiene que:

$$\text{Costo OSBL} = 40\% \text{ Costo ISBL} \quad (128)$$

$$\text{Costo de ingeniería y construcción} = 40\% (\text{Costo ISBL} + \text{Costo OSBL}) \quad (129)$$

$$\text{Gastos de imprevistos} = 10\% (\text{Costo ISBL} + \text{Costo OSBL}) \quad (130)$$

Tabla 48: Costos del capital fijo.

Costo ISBL	\$113,162.37
Costo OSBL	\$ 45,264.95
<b>ISBL + OSBL</b>	<b>\$158,427.32</b>
Costo de ingeniería y construcción	\$ 49,754.20
Costo computadora	\$ 1,800.00
Costo impresora	\$ 379.00
Costo teléfono	\$ 47.00
Gastos de imprevistos	\$ 15,842.73
<b>Total</b>	<b>\$224,024.25</b>

En la categoría de costos de ingeniería y construcción se le suman los implementos para las oficinas como es computadora, impresora y teléfono. En la Tabla 48 se obtiene el total de la inversión de capital fijo.

#### **B.5.5.: Capital de trabajo.**

Para obtener el capital de trabajo se sigue el procedimiento establecido en metodología en Anexos A.12.4. Una vez obtenidos los costos de producción como se muestran en Anexos B.5.6., se puede calcular los componentes de capital de trabajo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Valor inv. materias primas} = \text{Costo de materias primas para 2 semanas} \quad (131)$$

$$\text{Valor inv. productos} = \text{Costo de producción para 2 semanas} \quad (132)$$

$$\text{Efectivo en caja} = \text{Costo de producción para 1 semana} \quad (133)$$

$$\text{Cuentas a cobrar} = \text{Costo de producción para 1 mes} \quad (134)$$

$$\text{Créditos cuentas pendientes} = \text{Costo de materias primas para 1 mes} \quad (135)$$

$$\text{Inventario repuestos} = 1 - 2\% (\text{Costo ISBL} + \text{Costo OSBL}) \quad (136)$$

Aplicando las fórmulas que se muestran anteriormente se obtiene que el capital de trabajo es:

Tabla 49: Costo total del capital de trabajo.

Valor inventario materias primas	\$ 192.20
Valor inventario productos	\$ 2,242.79
Efectivo en caja	\$ 1,121.40
Cuentas a cobrar	\$ 4,485.59
Créditos cuentas pendientes	\$ 416.44
Inventario repuestos	\$ 3,168.55
<b>Total capital de trabajo</b>	<b>\$11,626.96</b>

### B.5.6.: Costos de producción.

Para obtener los costos de producción de la planta se sigue el procedimiento indicado en Anexos A.12.4. Se debe obtener los costos de producción variables en los que incluye costo de materia prima, servicios básicos y embalaje del producto.

Para los costos de la materia prima se considera que el mucílago es un desecho por lo que su costo es \$0. Para el costo del agua su proveedor es EPMAPA-SD y su costo básico por m<sup>3</sup> es de \$4 [64]. El costo del NaCl es de \$1 por 2 kg, su proveedor es Sal Cristal que se puede obtener en cualquier establecimiento. Los costos de materia prima anual son:

Tabla 50: Costo de materia prima anual.

Materia prima	Cantidad	Unidad	Cantidad/ 1 mes	Unidad	Cantidad/1año	Unidad	Costo anual
Mucílago	1.5	m <sup>3</sup>	4.5	m <sup>3</sup>	54	m <sup>3</sup>	\$ -
Agua	1.34	m <sup>3</sup>	4.01	m <sup>3</sup>	48.08	m <sup>3</sup>	\$ 91.35
NaCl	272.55	kg	817.65	kg	9811.76	kg	\$ 4,905.88
						<b>Total</b>	<b>\$ 4,997.23</b>

Para obtener el costo del agua de las oficinas se toma en cuenta el consumo de agua promedio de 1 persona por día que es de 200 L [65] y se toma en cuenta que son 2 operarios con los que se va a trabajar y así estimar el gasto del agua anual. El costo para el agua como servicio básico es:

*Tabla 51: Costo anual de agua de la planta como servicio básico.*

Consumo de agua 1 persona diario	Unidad	Consumo de agua para 2 operarios diario	Unidad	Consumo por semana	Unidad	Cosumo mensual	Unidad	Consumo anual	Unidad	Costo anual
0.2	m <sup>3</sup>	0.4	m <sup>3</sup>	1.6	m <sup>3</sup>	6.4	m <sup>3</sup>	76.8	m <sup>3</sup>	\$ 144.31

Donde se debe considerar que la planilla del agua se toma en cuenta los siguientes valores:

*Tabla 52: Costos incluidos en la planilla de agua para el sector Industrial [64].*

<b>Costo x 1 m<sup>3</sup></b>	\$ 1.05
<b>Costo alcantarillado x 1m<sup>3</sup></b>	\$ 0.79
<b>Servicio básico</b>	\$ 3.00

Para el consumo energético de la planta se considera el consumo energético de los equipos que contiene un motor y se toma en cuenta que los equipos van a estar operando unas 3 veces al mes. Se considera que mientras un batch este en proceso de fermentación otro se estará filtrando y mezclando, además es necesario de 1 solo día para filtrar y mezclar todo un batch. Se considera que el costo por kwh para el sector industrial es de \$0.08 [66].

*Tabla 53: Costo energético de los equipos anual.*

Equipo	Potencia kW	Horas de trabajo 1 día[h]	Horas de trabajo 1	Horas de trabajo 1 año	Costo x kwh	Consumo energético	Costo energético
Filtro	7.81E-04	4	12	144	\$ 0.08	0.112	\$ 0.01
Mezclador	7.61E-02	0.67	2.01	24.12	\$ 0.08	1.834	\$ 0.15
						<b>Total</b>	<b>\$ 0.16</b>

Además, se toma en cuenta el consumo energético de los equipos de oficina que van a estar prendidos los 5 días a la semana. Se considera que un foco industrial tiene una potencia de 0.08 kW [67], una computadora tiene una potencia 0.322 kW [68], una impresora tiene una potencia 0.019 kW [69], un teléfono inalámbrico tiene una potencia 0.0033 kW [70] y un modem para wifi tiene una potencia de 0.013 kW [71].

*Tabla 54: Costo energético de los equipos de oficina anual.*

Insumo	Cantidad	Potencia [kW]	Horas de trabajo 1 día[h]	Horas de trabajo 1 mes[h]	Horas de trabajo 1 año [h]	Costo x kwh	Consumo energético [kWh]	Costo energético [\$]
<b>Focos industriales</b>	8	0.64	6	120	1440	\$ 0.08	921.6	\$ 73.73
<b>Computadora</b>	2	0.644	6	120	1440	\$ 0.08	927.36	\$ 74.19
<b>Impresora</b>	1	0.019	6	120	1440	\$ 0.08	27.36	\$ 2.19
<b>Teléfono inalámbrico</b>	1	0.0033	6	120	1440	\$ 0.08	4.752	\$ 0.38
<b>Modem wifi</b>	1	0.013	6	120	1440	\$ 0.08	18.72	\$ 1.50
							<b>Total</b>	<b>\$ 151.98</b>

Teniendo un costo por electricidad de:

*Tabla 55: Costo energético anual total.*

Consumo energético total	\$ 152.14
--------------------------	-----------

Considerando el costo del agua y de la electricidad se obtiene un costo de servicios básicos de:

*Tabla 56: Costo total de servicios básicos anual.*

Costo total servicios básicos anuales	\$ 296.45
---------------------------------------	-----------

Para obtener el costo de embalaje se toma en cuenta el costo de las canecas de plásticos y la cantidad de canecas se van a necesitar al año y se obtiene [72]:

*Tabla 57: Costo de canecas de plástico anual.*

Insumo	Cantidad x 1 producción	Cantidad anual	Costo [\$]	Costo anual [\$]
Canecas de plástico	143	5133	\$ 1.00	\$ 5,133.01

Con la suma de los costos de materia prima, los costos de servicios básicos y de embalaje se obtiene un costo de producción variable al año de:

*Tabla 58: Costo de producción variable anual.*

Costo producción variables	\$ 10,426.69
----------------------------	--------------

Para obtener los costos de operación fijos se debe seguir el procedimiento indicado en Anexos A.12.4. Para esta planta como el proceso no es muy complicado se va a tener 2

operarios que van a trabajar medio día y al año se considera que hay 14 sueldos que se deben pagar por décimo tercero y décimo cuarto. Por lo que se obtiene el costo de labor de operación de:

*Tabla 59: Costo de labor de operación anual.*

<b>Labor de operación</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Cantidad de sueldo anual</b>	<b>Sueldo total anual</b>
2 operarios	\$ 400.00	14	\$ 11,200.00

Para el resto de los valores se considera el procedimiento de metodología indicado en Anexos A.12.4.

*Tabla 60: Elementos de costos de producción fijos.*

Supervisión	\$ 2,800.00
Gastos salariales directos	\$ 7,000.00
Mantenimiento	\$ 5,658.12
Impuestos sobre la propiedad	\$ 2,263.25
Gastos generales de la planta	\$ 17,327.78
Gastos medio ambientales	\$ 1,584.27
Licencias	\$ 52.51
Registro sanitario	\$ 262.54

El costo del registro sanitarios para plaguicidas es de \$ 262.54 [73]. Es importante considerar que el costo del registro sanitario se lo realiza cada 5 años su actualización y es por esta razón que su valor se divide para 5 y así obtener el valor de las licencias anuales.

Al sumar todos estos valores se obtiene el costo de producción fijo que es:

*Tabla 61: Costo de producción fijo anual.*

Costo producción fijo x año	\$ 47,885.92
-----------------------------	--------------

Al sumar los costos de producción variable y fijo se obtiene un costo de producción anual de:

*Tabla 62: Costo de producción anual.*

Costo total de producción x año	\$ 58,312.61
---------------------------------	--------------

Para obtener el costo de producción semanal se divide el costo de producción anual para 52 semanas que tiene el año y se obtiene:

*Tabla 63: Costo de producción total semanal.*

Costo de producción semanal	\$ 1,121.40
-----------------------------	-------------

### **B.5.7.: Ingresos.**

Para obtener los ingresos se siguen el procedimiento indicado en Anexos A.12.5. Primero se debe obtener el margen del producto bruto que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Margen del producto bruto} = \text{Ingresos por venta producto} - \text{costo MP} \quad (137)$$

Donde: MP es la materia prima.

Para obtener los ingresos por venta del producto se considera que se realizan 36 cosechas al año y cada caneca se va a vender alrededor de \$30, es decir cada litro va a costar \$1.5. Se considera que se producen 143 canecas, pero 20 canecas van a ser para la finca con la que se está trabajando, por lo que se van a vender 126 canecas por cosecha. Se obtiene:

*Tabla 64: Ingreso por venta del producto anual.*

Ingresos por venta producto anual	\$132,390.20
Costo de venta del producto	\$ 30.00

El costo de la materia prima anual se puede observar en Anexos B.5.6. Por lo que el Margen del producto bruto es:

*Tabla 65: Margen del producto bruto anual.*

Margen del producto bruto	\$127,392.96
---------------------------	--------------

Para obtener el costo en efectivo de producción se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Costo en efectivo de producción} = \text{Costos variables} + \text{Costos fijos} \quad (138)$$

Los valores obtenidos de costos variables y costos fijos se pueden observar en Anexos

B.5.6. El costo en efectivo de producción es:

*Tabla 66: Costo en efectivo de producción anual.*

Costo en efectivo de producción	\$ 58,312.61
---------------------------------	--------------

Para obtener el beneficio bruto se considera la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficio bruto} = \text{Ingresos por venta del producto} - \text{CCOP} \quad (139)$$

Donde: CCOP es el costo en efectivo de producción.

El beneficio bruto es:

*Tabla 67: Beneficio bruto anual.*

Beneficio bruto	\$ 69,080.35
-----------------	--------------

Para obtener el beneficio neto se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficio neto} = \text{Beneficio bruto} - \text{impuestos} \quad (140)$$

Para los impuestos se considera que el cliente va a pagar el IVA, al precio de \$30 se le va a cobrar el 12%. El impuesto que se va a considerar es el impuesto a la renta que se calcula en base a los ingresos por el beneficio bruto, para el impuesto a la renta se debe basar en la tabla impuesta por el SRI [74]. El beneficio neto es:

Tabla 68: Beneficio neto anual.

Beneficio neto	\$ 59,514.01
Impuesto a la renta	\$ 9,566.33

Se considera que la planta va a generar un ingreso mensual de:

Tabla 69: Ingreso mensual de la planta.

Ingreso mensual	\$ 4,959.50
-----------------	-------------

### B.5.8.: Tiempo de recuperación.

Para obtener el tiempo de recuperación de la inversión se debe tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$T. \text{recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial total}}{\text{Flujo de caja neto anual promedio}} \quad (141)$$

Para la inversión inicial total es la suma del capital fijo y capital de trabajo. El flujo de caja neto anual es el beneficio bruto obtenido.

Tabla 70: Tiempo de recuperación de la inversión.

Tiempo de recuperación de capital	4	años
Inversión inicial total	\$235,651.21	
Flujo de caja neto anual promedio	\$ 59,514.01	

Para obtener la tasa del retorno de la inversión se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$ROI = \frac{\text{Beneficio anual neto}}{\text{Inversión inicial}} * 100\% \quad (142)$$

Tabla 71: ROI de la planta.

ROI	25.26	%
-----	-------	---

Para conocer los costos de los equipos que hay a la venta en el mercado se realizó la siguiente tabla con los equipos y su costo en el mercado, considerando un 20% más a su costo originar por valores de importación.

*Tabla 72: Costo de equipos por reales en el mercado.*

<b>Equipo</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Costo</b>	<b>Impuesto</b>	<b>Costo total</b>
Caja fermentadora	Cac alto Urubamba [61]	\$ 6,000.00	\$ -	\$ 6,000.00
Fermentador	Affinity [75]	\$ 1,006.80	\$ 201.36	\$ 1,208.16
Filtro	KAIQUAN [76]	\$ 3,000.00	\$ 600.00	\$ 3,600.00
Malla	Shangshai [62]	\$ 12.00	\$ 2.40	\$ 14.40
Motor	Industrial Motors [77]	\$ 203.82	\$ 40.76	\$ 244.58
Mezclador	KAIQUAN [76]	\$ 3,000.00	\$ 600.00	\$ 3,600.00
Motor	Industrial Motors [77]	\$ 203.82	\$ 40.76	\$ 244.58
			<b>Total</b>	<b>\$14,911.73</b>

### **ANEXO C: NORMATIVAS**

La FAO establece un “Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas”, este código lo debe seguir los gobiernos y los productores de herbicidas. Este Código establece que [33]:

La norma 5.2.3.7 indica que se debe emplear un etiquetado claro y conciso; se ajusten a los requisitos de registro e incluyan recomendaciones coherentes con las de los organismos reconocidos de investigación y asesoramiento del país en que se vende el producto.

La norma 10.2.2 indica que se debe incluir, siempre que sea posible, símbolos y pictogramas adecuados además de las instrucciones, advertencias y precauciones escritas en el idioma o idiomas apropiados.

La norma 10.2.3 indica que se debe cumplir los requisitos nacionales o internacionales para el etiquetado de artículos peligrosos en el comercio internacional y,

cuando corresponda, indiquen claramente la categoría asignada al contenido según la clasificación de peligro de la OMS.

La norma 10.2.5 indica que se debe identificar cada lote o remesa del producto en números o en letras que resulten comprensibles sin necesidad de otros códigos de referencia.

La norma 10.2.6 indica que se debe mostrar claramente la fecha de salida de fábrica (mes y año) del lote o la remesa y la información pertinente sobre la estabilidad en almacén del producto.

Norma NTE INEN 1 913: 1996 donde se indican las condiciones y requisitos que los plaguicidas deben cumplir en el etiquetado. En esta norma se especifica los requisitos que se debe cumplir en el etiquetado de los herbicidas, este debe contener información de que tan toxico es y su diamante de seguridad e información clara y concisa del producto [35]:

La norma 3.1 indica que las etiquetas deben estar redactadas en español, y las representaciones gráficas o diseños incluidos deben aparecer claramente visibles; el tamaño de los caracteres no deberá ser nunca inferior a seis puntos tipográficos.

La norma 3.2 indica que la información contenida en la etiqueta deberá estar impresa horizontalmente con respecto a la posición normal del envase.

La norma 3.3 indica que la etiqueta será de buena calidad para que resista la acción de los agentes atmosféricos y la manipulación bajo condiciones adecuadas de almacenamiento y transporte.

La norma 4.1 indica que las etiquetas serán en fondo blanco con letras negras y en las que no aparecerá ningún otro color, excepto los que identifiquen el nombre comercial y logotipos registrados y la franja correspondiente a la categoría de la clasificación toxicológica.

La norma 4.2.2 indica que, en envases mayores de 4 litros o 5 kilogramos, hasta veinte litros o 25 kilogramos, las etiquetas deberán abarcar por lo menos el 25% de la superficie de la cara lateral de mayor tamaño. En ningún caso el tamaño podrá ser inferior al de las etiquetas empleadas en envases de 4 litros o 5 kilogramos.

Para comercializar el producto dentro del Ecuador se debe seguir el reglamento elaborado por el ARCSA, que es la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. Las normas que se deben cumplir para obtener el registro sanitario son [37]:

El Artículo 5 indica que para la inscripción del Registro Sanitario este sujeto al pago de los importes establecidos en la normativa vigente.

El Artículo 11 indica que para obtener el Registro Sanitario del plaguicida se debe tener lo siguiente:

Informe de estudio de toxicidad, según el formato correspondiente de la OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) del formulado.

Especificaciones del material de envase que contenga información sobre capacidad, resistencia, propiedades físicas y químicas, así como la declaración de que el mismo es apto para contener plaguicidas emitido por el fabricante de este.

Metodología analítica validada o aceptada internacionalmente para el producto terminado.

Diseño de etiqueta del producto.

Hoja de datos seguridad del Plaguicida.

Ficha del estudio de estabilidad del producto natural o acelerada.

Especificaciones del producto terminado.

Descripción e interpretación del código del lote, suscrito por el responsable técnico del laboratorio formulador o fabricante.

Resumen del estudio de eficacia; se podrán presentar estudios internacionales.

Contrato debidamente legalizado para la elaboración del producto por parte de un laboratorio fabricante, cuando el titular es otro laboratorio formulador distinto al que elabora originalmente.