

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Estudio de Prefactibilidad de Planta de Procesamiento de Cacao

Diana Nicole Torres Quintana

Ingeniería Química

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniera Química

Quito, 21 de diciembre del 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

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

Estudio de Prefactibilidad de Planta de Procesamiento de Cacao

Diana Nicole Torres Quintana

Nombre del profesor, Título académico

Juan Diego Fonseca, Ph.D.

Quito, 21 de diciembre del 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 la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Diana Nicole Torres Quintana

Código: 00130798

Cédula de identidad: 1724565955

Lugar y fecha: Quito, 21 de diciembre del 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UNPUBLISHED DOCUMENT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

Conociendo el amplio mercado de los subproductos del cacao y la gran demanda que existe por el cacao ecuatoriano, este documento proporciona un estudio de prefactibilidad para de una planta procesadora de cacao con tres líneas de producción para producir licor, manteca y polvo de cacao. Se realiza esta propuesta tomando en cuenta la oportunidad de implementación en la finca San José, ubicada en el cantón Puerto Quito, donde actualmente se cultiva, fermenta y secan los granos de cacao de la especie CCN-51. Mediante un análisis comparativo de procesos se resuelve que, tomando en cuenta diferentes factores técnicos económicos, el proceso más apropiado para obtener los mencionados productos es el de alcalinización suave del licor a 1.5% de concentración del agente alcalinizante de carbonato de potasio. En cuanto al estudio económico de la construcción y puesta en marcha de la planta, se calcula una inversión de 2.2 millones de dólares americanos; a pesar de este alto costo, se logra una rentabilidad del 61% con un tiempo de retorno de un año y cuatro meses.

Palabras clave: cacao, licor de cacao, manteca de cacao, polvo de cacao, alcalinización.

ABSTRACT

In view of the wide market for cocoa by-products and the great demand that exists for Ecuadorian cocoa, this document provides a pre-feasibility study of a cocoa processing plant with three production lines for cocoa liquor, butter, and powder. This proposal is made considering the opportunity of implementation in the San José farm, located in Puerto Quito, where currently the CCN-51 species of cocoa beans are produced, fermented, and dried. Through the comparative technical and economic analysis of processes, and considering relevant factors, it was determined that the most appropriate process to obtain the mentioned products is the process of mild alkalization of the liquor at a 1.5% concentration of the alkalizing agent, potassium carbonate. Regarding the economic study, the required investment for the construction and operation of the plant is calculated as 2.2 million US dollars. Despite this high cost, a profitability of 61% is achieved with a payback time of one year and four months.

Key words: cocoa, cocoa liquor, cocoa butter, cocoa powder, alkalization.

TABLA CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Justificación	11
1.3. Objetivos	12
1.4. Resultados esperados	13
2. DISEÑO DEL PROCESO	15
2.1. Descripción del producto	15
2.2. Descripción de materias primas, insumos y servicios industriales	19
2.3. Ubicación	20
2.4. Selección del proceso.....	21
2.5. Limitaciones y Normas	22
2.6. Terminología especializada.....	24
3. Resultados	25
3.1. DISEÑO DEL PROCESO	25
3.1.1 Tostado	25
3.1.2 Descascarado	25
3.1.3 Molienda	26
3.1.4 Alcalinización.....	26
3.1.5 Prensado.....	27
3.1.6 Obtención de manteca de cacao	27
3.1.7 Obtención de polvo de cacao	27
3.1.8 Producción.....	27
3.2. DISEÑO DE PLANTA	29
3.2.1 Dimensionamiento de los equipos	29
3.3. EVALUACIÓN DE COSTOS	31
3.3.1 Costos ISBL.....	31
3.3.2 Costos.....	32
3.3.3 Flujo de caja.....	33
4. Conclusiones y recomendaciones	35
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
6. ANEXO A: INTRODUCCIÓN	40
6.1 Descripción del Carbonato de Potasio.....	40
6.2 Lista de normas INEN y otras para procesamiento de cacao	41
7. ANEXO B: METODOLOGÍAS	44
7.1 Estimación de costos	44
7.2 Balance de masa	44
7.3 Balance de energía.....	45
7.4 Diseño de Equipos.....	49
8. ANEXO C: COSTOS	51
8.1 Cálculo de costos por equipo	51
8.2 Cálculo de costos	52
8.3 Cálculo de flujo de caja	53

Tabla 18: Cálculo de ingreso de ventas	53
8.4 Cálculo TIR, VAN y tiempo de retorno	53
9. ANEXO C: FOTOGRAFÍAS	54
9.1 Equipos.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de costos de materia prima y precio internacional	12
Tabla 2: Características del licor de cacao.....	15
Tabla 3: Composición de la manteca de cacao	16
Tabla 4: Composición de polvo de cacao en composición de 100 gramos	17
Tabla 5:Característica de los productos según Codex Standards.....	18
Tabla 6: Proveedores de materia prima, insumos y servicios.....	20
Tabla 7: Comparación de alcalinización en distintas etapas.....	21
Tabla 8. Balance de energía	29
Tabla 9: Descripción de los equipos para el proceso	30
Tabla 10: Resultado de estimaciones de costos ISBL	32
Tabla 11: Descripción de costos	32
Tabla 12: Comparación y detalle de los precios de los productos.....	33
Tabla 13: Flujo de caja.....	33
Tabla 14: Análisis de inversión y tiempo de retorno	34
Tabla 15: Ficha técnica de carbonato de Potasio	40
Tabla 16: Rendimiento de las operaciones unitarias del proceso	44
Tabla 17: Detalles del dimensionamiento de los equipos	50
Tabla 18: Cálculo ISBL	52
Tabla 19: Cálculo de ingreso de ventas	53
Tabla 20: Flujo efectivo neto	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloque del proceso	28
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso.....	28
Figura 3. Cacao	55
Figura 4. Secado de cacao.....	55
Figura 5. Empacado de granos de cacao.....	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El cacao es uno de los cultivos más valorados en el mundo ya que su pleno aprovechamiento propone una amplia variedad de productos muy demandados; esto lo ha puesto en una importante posición en el mercado nacional e internacional. En el 2009, Fairtrade International estimó que alrededor de 14 millones de personas dependen de la producción de cacao [1]. Sin embargo, se puede estimar una elevación de esta cifra teniendo en cuenta que se ha producido un aumento del consumo de productos derivados del cacao, especialmente en Estados Unidos y en países europeos como Reino Unido, Francia, y Bélgica, entre otros [2]. Muchos de estos países han tomado al Ecuador como principal productor de su materia prima para productos más elaborados. De hecho, Ecuador se encuentra en el tercer lugar de productores de cacao y representa el 7% de la producción mundial total [3].

De hecho, el cacao forma una parte importante de la economía del país. Tomando como ejemplo los datos de 2014, se sabe que el cacao generó un valor de más de 700 millones de dólares [4]. Esta es una cifra significativa de la producción total de la agricultura en Ecuador, ya que en total el sector agrícola aporta el 34% de las divisas necesarias para sostener la dolarización; además contribuye generando empleo para el 25% de la población económicamente activa [5]. Sin embargo, a pesar de ser una base fundamental para la economía del país, el trabajo duro del agricultor generalmente no está bien remunerado. En representación de esto, podemos tomar las cifras de 2019, que indican que el 41.8% de la población rural ecuatoriana fue clasificada como pobre y el 18.7% como extremadamente

pobre [6]. Es decir, que gran parte de la zona agricultora tiene mucha más inseguridad económica que en la zona urbana del país.

Conociendo esta realidad del Ecuador, a través de una planta de procesos que añade valor a uno de los cultivos más destacados del país, el cacao, y a su vez paga un precio más justo a quienes lo cultivan, existe la oportunidad de contribuir a la estabilidad económica de muchos agricultores. Existe una finca de cacao llamada "San José", ubicada en el cantón Puerto Quito, sector Bosque de Oro 1, donde actualmente se siembra, cosecha, fermenta y seca el grano de cacao; este proyecto parte del estado actual de esta finca cacaotera como establecimiento representativo de muchas otras fincas similares para llevar a cabo una ampliación de su procesamiento para poder obtener los tres principales productos de cacao: licor, mantequilla y polvo.

1.2. Justificación

Teniendo en cuenta que dentro de la finca "San José" y las fincas vecinas existe suficiente cacao para incorporar al proceso de elaboración de los principales subproductos del cacao, se puede afirmar que existe contacto directo con los proveedores de la materia prima. Esto significaría la evasión total de intermediarios que implican una parte considerable los costos de los productos finales. Precisamente, haciendo los cálculos pertinentes, se constata que existe un ahorro del 15% al realizar una compra directa sin intermediarios.

Otro aspecto que genera ahorros económicos al trabajar directamente con proveedores es que existe un mayor control de calidad de la materia prima, dado que en la planta se realiza una recepción de los granos de cacao en baba. En este estado, se puede visualizar, sin necesidad de evaluaciones muy elaboradas, si el grano de cacao tiene o no alguna enfermedad. Algunas de las enfermedades que afectan a las plantaciones de cacao son la mancha negra, la

antracnosis, el machete, los bubones, la pudrición de la raíz y, en la zona más común, la moniliasis. La moniliasis suele ser una de las principales enfermedades que afecta al cacao ecuatoriano; de hecho, Ecuador es considerado el centro de origen de esta enfermedad. La moniliasis puede ocasionar desde un 30% a un 100% de pérdidas de la plantación, y por esta razón es un tema muy importante para evaluar al momento de receptor la materia prima [7]. De la misma manera, al recibir el cacao en baba se puede verificar si el grano de cacao ha tenido un buen manejo en su cosecha. Muchas veces, por falta de conocimiento no se deja que el grano escurra el mucílago, el líquido que lo envuelve, y el grano absorbe esa humedad innecesaria lo que provoca una mala fermentación y resulta en un mal sabor del producto final.

Considerando todo lo explicado anteriormente, se espera que el costo de la materia prima sea considerablemente menor al de otros procesadores de cacao que no tienen este contacto directo con el cultivo. La mayoría de las industrias que se dedican al procesamiento del cacao se encuentran en países europeos o en Estados Unidos, por lo que la mayor parte del cacao nacional se exporta en grano. Por lo tanto, en el siguiente cuadro se hace una comparación entre el costo de las materias primas y los insumos necesarios para producir un kilogramo de los tres principales subproductos y su valor internacional.

Tabla 1: Comparación de costos de materia prima y precio internacional

Producto (1 kg)	Costo materia prima (\$)	Precio internacional (\$)
Licor	2.54	7.30
Manteca	3.64	9.95
Polvo	3.43	8.50

Fuente: [8]

1.3. Objetivos

El propósito de este proyecto es realizar un estudio de prefactibilidad para el diseño de una planta procesadora de cacao dentro de la finca San José para la obtención de licor, manteca y cacao en polvo como productos.

Para cumplir este objetivo: primero, se debe diseñar el proceso que mejor se adapte a la producción de los tres productos; posteriormente, se puede continuar con el diseño de la planta, presentando todos los equipos y otros accesorios necesarios para su operabilidad; finalmente, se evalúan todos los costos del proyecto con el fin de realizar el análisis económico y verificar su rentabilidad.

1.4. Resultados esperados

Se espera que con este estudio se genere interés y haya una apertura hacia una inversión en una planta procesadora de cacao como la que se presenta en este proyecto. De esta manera se puede apoyar a la economía y la vida del agricultor en la zona del Bosque de Oro 1, aportando amplios conocimientos técnicos que permiten un mejor manejo del cultivo.

Además, la industrialización de esta materia prima implica un mayor número de puestos de empleo en la comunidad donde se ubica. También se espera pagar un precio más justo por el cacao en grano en el sector, ya que de momento no existe competencia para su comercialización debido a la escasez de diferentes centros de acopio. Por esto, se espera tener un impacto tanto económico como social para la zona del cantón de Puerto Quito.

Asimismo, existe una alta posibilidad de expandir la planta de procesamiento, puesto que el cacao es un cultivo muy noble que puede ser utilizado para muchos más productos de los que se han nombrado en este documento. Por ejemplo, tomando en cuenta los desechos que se tienen de este proceso, se puede realizar un herbicida para la eliminación de diferentes malezas en el crecimiento del propio cultivo [9]. Por otra parte, con las cascarillas del cacao

que se tienen del proceso de descascarillado, se puede realizar un proceso simple de limpieza y se las puede comercializar como té de cacao. Para productos más elaborados, se puede tener en consideración velas, aceites, jabones, y cremas por la parte cosmetológica, o incluso chocolate para la parte alimenticia [10].

2. DISEÑO DEL PROCESO

2.1. Descripción del producto

La planta de procesamiento de cacao propuesta tiene tres productos principales: el licor, la manteca y el polvo del cacao. Según la bibliografía, la demanda de los productos se distribuye en el siguiente porcentaje: 47% de licor de cacao, 26% del polvo de cacao y 22% de la manteca del cacao.

El licor de cacao es el producto que se obtiene de la desintegración mecánica de la semilla del cacao fermentado, seco, limpio, tostado y descascarillado. Su color es café, y al no tener ninguna adición ni separación, se conservan las características fisicoquímicas del cacao. Se utiliza principalmente para la industria alimenticia para la elaboración de chocolate y otros productos derivados del cacao [11].

Tabla 2: Características del licor de cacao

Componente	Cantidad peso/peso (%)
Grasa	53.05
Polifenoles	7.54
Almidón	6.10
Humedad	3.65
Nitrógeno	2.28
Pectinas	2.25
Fibra	2.09
Nitrógeno Proteico	1.5
Teobromina	1.71
Cafeína	0.08
Carbohidratos	1.88
Ácidos (Acético y Oxálico)	0.03

Fuente: [11]

La manteca de cacao es la grasa que se extrae de los granos de cacao fermentados, secos limpios, tostados y descascarillados. A temperatura ambiente es sólida y su temperatura de fundición está entre 26 a 36 grados centígrados. Es utilizada principalmente para la elaboración de chocolate, el cual contiene 30% de grasa. También es utilizada en la industria cosmetológica para la elaboración de cremas y jabones por sus propiedades humectantes y antioxidantes. La composición de la manteca de cacao es de aproximadamente un 97% de los siguientes ácidos grasos [11].

Tabla 3: Composición de la manteca de cacao

Componente	Cantidad (%)
Esteárico	34.5
Oleico	34.5
Palmítico	26.0
Linoleico	3.2
Araquidónico	1.0
Palmitoleico	0.3
Otros ácidos grasos	0.5

Fuente: [12]

El polvo de cacao es el producto que se obtiene de la pulverización del licor de la torta de cacao obtenida de su prensado. El polvo de cacao se utiliza en repostería y para bebidas. Este producto contiene tres propiedades principales, que son la humectabilidad, dispersión y disolución. La humectabilidad es la capacidad que posee la partícula sólida de empaparse de un líquido, depende de las fuerzas capilares y la tensión superficial del líquido. El tamaño de la partícula influye sobre la humectabilidad del polvo, pues las partículas menores de 35 micrómetros tienen menor capacidad de humectación porque se tienden a formar grumos. La dispersabilidad es la capacidad de las partículas sólidas para dispersarse o distribuirse en

forma individual en un medio líquido. La solubilidad es la capacidad que posee una partícula sólida de disolverse en un medio líquido a una temperatura dada, y depende de las fuerzas intermoleculares del soluto y el solvente [11].

Tabla 4: Composición de polvo de cacao en composición de 100 gramos

Componente	Cantidad (%)
Agua	2.7
Proteína	18.1
Grasa	13.1
Cenizas	7.8
Carbohidratos	58.3
Fibra	29.8
Minerales	3.8
Vitaminas	0.014
Teobromina	2.634
Cafeína	0.078

Fuente:[13]

Para poder ingresar los productos tanto en el mercado nacional como en el internacional se debe seguir la normativa alimentaria de Codex Alimentarius. El detalle de esta normativa se encuentra en la siguiente tabla y, adicionalmente, se agrega la cantidad de cacao necesario para la obtención de 1 kilogramo de cada uno de los productos.

Tabla 5:Característica de los productos según Codex Standards

Producto	Porcentaje	Cantidad de cacao por 1 kg de producto
<p>Licor de cacao</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cáscara y germen de cacao • Cáscara de cacao • Contenido de manteca de cacao (en base a materia seca) 	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo 5 (en materia seca sin grasa) • Máximo 4.5 (en materia seca sin grasa) • 47-60 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.15 kg de cacao
<p>Manteca de cacao</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácidos grasos libres • Materia insaponificable • En caso de manteca prensada 	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo 1.75 • Máximo 0.7 • Máximo 0.35 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.65 kg de cacao
<p>Polvo de cacao</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad • Polvo de cacao • Polvo de cacao reducido en grasas • Polvo de cacao muy reducido en grasas 	<ul style="list-style-type: none"> • Máximo 7 • Mínimo 20 manteca de cacao (en base a materia seca) • Mínimo 10 y <20 maneca de cacao (en base a materia seca) • <10 manteca de cacao (en base a materia seca) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.53 kg de cacao

Fuentes: [7] [8] [9]

A continuación, se detallan las características de los empaques para cada uno de los productos:

El empaque del licor de cacao constará de tres capas: funda de polietileno de baja densidad que permite prolongar la frescura de los alimentos y evita daños de microorganismos, funda de papel Kraft externa de tres capas para y saco de esparto como aislantes de diferentes temperaturas en las que puedan estar sometidos los productos durante su transporte, venta y utilización. Para la manteca de cacao se utiliza un empaque que se constituye de foil de

aluminio recubierto de polipropileno, esto evita que ingrese luz y oxígeno en la manteca, lo cual puede hacer que se oxide y se vuelva rancia. Por último, está el polvo de cacao, cuyo empaque se constituye de tres capas, funda de polietileno de baja densidad, funda de papel Kraft externa de tres capas y saco de esparto, al igual que el licor de cacao. Todos los empaques serán de 25 kg.

El transporte de los productos finales se realiza por medio de camiones que se movilizan hacia los destinos de distribución de los productos

2.2. Descripción de materias primas, insumos y servicios industriales

La materia prima principal para la obtención de los tres principales subproductos del cacao es el cacao CCN-51. Como parte de los insumos se tiene el carbonato de potasio a 1.5% en masa de concentración, además de todos los empaques para los productos. Para que la planta funcione también se requiere incluir los servicios industriales necesarios para su funcionamiento, que incluyen agua, vapor de agua, aire, energía eléctrica y combustible.

El cacao CCN-51 es un tipo de cacao resultante de la mezcla de tres variedades: Nacional, Trinitario y Oriente 1, el último producido solamente en la Amazonía ecuatoriana. Los granos de este tipo de cacao poseen un alto rendimiento, alto contenido de manteca y buen perfil de aroma y sabor. Se lo puede distinguir a simple vista por su coloración rojiza. Por su alto rendimiento y resistencia a enfermedades y plagas, su cultivo se ha expandido a países como Colombia y Perú [14].

Para la etapa de alcalinización se requiere una solución del 1.5% saturada de carbonato de potasio en agua para que se desarrollen las reacciones que alterarán la composición química de los productos de cacao [11].

Tabla 6: Proveedores de materia prima, insumos y servicios

Materia Prima, insumos y servicios	Proveedor
Cacao CNN-51	Finca San José
Carbonato de Potasio	Quimpac Ecuador S.A.
Cajas cartón	Cartonera Pichincha
Fundas de polietileno	Displast
Sacos de papel kraft	Pachák
Agua potable	Pozo Finca San José
Energía Eléctrica	Empresa Eléctrica
Combustible	Diazce S.A.

Sabiendo la ubicación de la planta de procesamiento de cacao, se conoce que no todos los servicios básicos están disponibles, y uno de esos es el agua potable. Para esto se planea contratar a una empresa dedicada a la potabilización de agua de pozos, como es la empresa Sanitron. La potabilización del agua de pozo se realiza mediante un sistema de osmosis inversa donde se elimina partículas y sustancias nocivas como iones, metales pesados, y microorganismos.

2.3. Ubicación

La ubicación de la planta para procesamiento de cacao es en el sector Bosque de Oro 1, cantón de Puerto Quito, en la Provincia de Pichincha, Ecuador. Esta es la ubicación actual de la finca San José, alrededor de la cual se realiza el diseño del proceso propuesto en este proyecto, y donde se siembra, cosecha, fermenta y seca cacao. En la finca San José existe un galpón de 200 m², y una hectárea de terreno plano preparado para construcción. El lugar tiene una temperatura aproximada de 25 °C y una humedad relativa de 65%. El territorio del cantón está constituido por bosques húmedos tropicales y subtropicales, donde las lluvias

están presentes todo el año. La distancia entre Quito y Puerto Quito por carretera es de 221.1 km. La distancia de Puerto Quito hasta finca San José es de 18 km, 9 km de carretera pavimentada y 9 km de carretera lustrada.

2.4. Selección del proceso

Para la selección del proceso se investiga la etapa más compleja del proceso, la cuál es la alcalinización de las semillas de cacao. La alcalinización reduce la acidez del cacao, y, por lo tanto, también se incrementa el pH. Esto hace que el polvo de cacao aumente su dispersabilidad en el líquido, se cambie a diferente tonos marrones y rojizos, y el sabor sea menos del chocolate sea menos amargo. En la próxima tabla se pueden ver con mayor detalle las ventajas y desventajas que existen al llevar a cabo la alcalinización en distintas etapas. Tomando en cuenta principalmente el costo que implica cada una de ellas, se escoge una alcalinización de licor de cacao al 1.5% de carbonato de potasio. Se puede realizar este proceso en la torta de cacao; sin embargo, el álcali no tendría un efecto significativo en el cambio de color del polvo, limitando solo a colores marrones. Además, la alcalinización en el licor hace que se mezcle más homogéneamente el álcali con el producto y se obtenga un sabor más uniforme[15].

Tabla 7: Comparación de alcalinización en distintas etapas

Alcalinización del grano	Alcalinización de la torta	Alcalinización del licor
<p>Ventajas: El color y el sabor son controlados.</p> <p>Desventajas: la manteca de cacao también se alcaliza. Se requiere de un pretratamiento y desodorización de la manteca de cacao. Pérdida de rendimiento. Suaviza la manteca de cacao e impacta el</p>	<p>Ventajas: Solo la torta es alcalinizada para polvo y no la manteca. Es más económico.</p> <p>Desventajas: Existen limitaciones en el color. Impacta el sabor, menos pronunciado. La penetración de la solución es variable porque el tamaño de las</p>	<p>Ventajas: Se puede realizar con equipo limitado.</p> <p>Desventajas: Se alcaliza la manteca de cacao. Los colores resultantes son solo marrones oscuros. Los colores rojizos son difíciles de obtener. Provoca una mayor densidad.</p>

templado si el chocolate es el uso final.	croquetas de la torta no es el mismo. Se produce mayor aglomeración que representa mayor energía para la molienda de partículas de cacao que la alcalinización de los nibs o el licor.	
---	--	--

Fuente:[16]

2.5. Limitaciones y Normas

Para la industria de la producción de cacao y sus elaborados existen algunas regulaciones que conforman el marco legal del Ecuador, entre estas están:

- Ley de Sanidad Vegetal
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria
- Resoluciones del Ministerio de Agricultura
- Disposiciones de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del AGRO.

Así mismo existen las normas técnicas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización que hablan de la determinación del contenido de grasa, requisitos y muestreo del cacao y sus derivados. Estos se detallan en la parte de anexos 6.2.

También existen certificaciones internacionales que identifican productos con ciertas características y certifican las prácticas y procesos de producción que se ajusten a los estándares de calidad, origen, comercio justo, sustentabilidad y cultivo orgánico, entre otros. Estas certificaciones son utilizadas por las empresas para mejorar la productividad, entrar en mercados internacionales, y, más que todo, generar confianza en sus clientes. La entidad técnica encargada de todas las áreas jurídicas, financieras, operativas, administrativas, para

las acreditaciones, en concordancia con los organismos internacionales, es el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).

Las certificaciones y sellos privados más importantes para la industria del cacao son:

- Fairtrade International: certifica que los productores y comerciantes han cumplido con sus criterios de corregir el desequilibrio de poder en las relaciones comerciales, inestabilidad de los mercados y las injusticias del comercio convencional. Se compone de dos conjuntos de normas distintas. El primer conjunto se aplica a pequeños productores y el segundo a trabajadores. Es una red de seguridad para los agricultores en momentos en que los mercados mundiales caen del nivel establecido como sostenible.
- USDA, Organic Certification: certificación para productor orgánicos. Sirve para entrar en el mercado estadounidense porque se basa en la norma del Departamento de Agricultura de Estados Unidos que, a su vez, sigue normas internacionales.
- CEE, Reglamento Europeo: certifica prácticas agrarias ecológicas que proporciona al consumidor alimentos frescos y auténticos mientras respeta los ciclos vitales de los sistemas naturales. En este reglamento se dictan límites muy estrictos del uso de pesticidas, fertilizantes sintéticos, aditivos y coadyuvantes en alimentos y otros insumos. Tiene como objetivo la protección ambiental, bienestar de los animales, y confianza del consumidor. Las normas se rigen por la Unión Europea.
- Natureland: certificación de agricultura orgánica válida para todo el mundo. Las normas son aplicables para los cultivos y condiciones locales de suelos o clima.
- JAS: certificación de productos orgánicos para el mercado japonés que se basa en normas internacionales.

[18]

2.6. Terminología especializada

- Mazorca: es la baya del cacao[19].
- Cascarilla: es el residuo del proceso del tostado del cacao, también puede ser utilizado como subproducto [20].
- Grano: es la semilla sin cáscara del cacao, también se le llama haba de cacao [21].
- Mucílago: sustancia orgánica de textura viscosa que recubre la cascarilla del cacao [22].
- Moniliasis: es una enfermedad causada por el hongo *Moniliophthora roreri* [7].
- Licor de cacao: es el alimento sólido preparado al moler finamente los pedazos de semillas de cacao, también se lo conoce como pasta de cacao [23].
- Torta de cacao: es el producto proveniente del prensado del licor de cacao que da como resultado una masa compacta de sólidos de cacao con bajo porcentaje de manteca [24].
- Manteca de cacao: es la grasa natural comestible proveniente del prensado del licor de cacao, de color amarillo pálido [25].
- Polvo de cacao: es el polvo proveniente de la torta de cacao pulverizada que se obtiene del proceso de prensado del cacao [26].
- Nibs de cacao: se obtienen de las semillas de cacao que una vez tostadas, se descascarillan y se machacan [27].

3. RESULTADOS

Para este estudio se comienza el proceso desde la etapa de tostado puesto a que la fermentación y el secado actualmente ya se están realizando en la finca. Adicionalmente a estos pasos previos, el proceso para la producción de licor, manteca y polvo de cacao consta de las etapas: tostado, descascarado, molienda, alcalinización, prensado, atemperado para la manteca y pulverizado para el polvo. Para el tipo de alcalinización se utiliza el alcalinado del licor de cacao a 1.5% de concentración de carbonato de potasio.

3.1. Diseño del proceso

3.1.1 Tostado

Generalmente se recibe al cacao del proceso de secado con una humedad máxima de 7%; con el tostado, se llega a un contenido de humedad máxima de 2%. El tostado es un proceso en el cual se desprende la semilla de cotiledón. En esta etapa, que tiene un rendimiento del 94%, se da la reacción de Maillard donde los aminoácidos libres formados durante la fermentación son degradados y los azúcares reductores naturales desaparecen. También se desprenden los ácidos volátiles desarrollados durante la fermentación que tienen un sabor amargo y ácido [28].

3.1.2 Descascarado

El peso de los granos de cacao está compuesto de alrededor de un 10%-14% de la cascarilla. En base a esto se puede determinar que hay un rendimiento del 89% del material que ingresa a esta etapa. El equipo más utilizado para este proceso es la descascarilladora por rodillos, en

la cual las partículas caen por diferentes tamices de distintos tamaños y son separadas por una corriente de aire [11]. También es un proceso que se puede realizar de manera manual si el caudal a ser procesado no es demasiado grande.

3.1.3 Molienda

La molienda se puede realizar por varias etapas para la obtención del licor de cacao. Esta operación tiene un rendimiento de 99.32%. El tamaño de partícula que se procura con este proceso varía entre los 15 y 50 mm, pero se debe tomar en cuenta que una partícula menor a 20 mm puede disminuir la eficiencia del prensado; si se requiere el licor para que pase directamente a la producción de chocolate entonces se utiliza el tamaño más pequeño, caso contrario no [11].

3.1.4 Alcalinización

La solución saturada de álcali debe ser preparada antes de ingresar a la marmita con el licor de cacao. La solución debe tener una concentración máxima de 1.5% de carbonato de potasio [16]. Dentro de la marmita, los componentes se calientan hasta los 90 °C; se mantiene a esta temperatura a agitación constante durante aproximadamente 8 horas[15]. Se deben realizar cada 2 horas pruebas de pH. Se busca llegar a una alcalinización débil, donde el pH no incremente más del 21% del inicial; de esta manera, el proceso de extracción de la manteca de cacao no será complicado y no requerirá tratamientos adicionales para su purificación[11].

3.1.5 Prensado

La etapa de prensado tiene un proceso de acondicionamiento del licor alcalinizado para que esté a una temperatura entre 90-100 °C al entrar a la prensa. En la prensa, la cual ejerce una presión de 55 MPa, se comprime el licor y como productos se obtiene la manteca, la misma que es expulsada por las paredes del cilindro de prensado; por otra parte, las partículas sólidas que permanecen retenidas en el interior del filtro son lo que se conoce como torta de cacao [11].

3.1.6 Obtención de manteca de cacao

Para la obtención de manteca de cacao, después del prensado se deja enfriar la manteca obtenida en un tanque para después pasarla a la etapa de atemperado, donde existe una pérdida del 1% de masa y se solidifica la manteca a una temperatura de 20 °C[29].

3.1.7 Obtención de polvo de cacao

Se tritura la torta comprimida en un molino de cuchillas, y después se utiliza un molino de pines para pulverizar la torta y obtener el polvo de cacao que tiene un tamaño de partícula que no supera los 3 mm. El polvo de cacao obtenido tiene un porcentaje de grasa de 12% [11].

3.1.8 Producción

Para definir el caudal de producción se toma en cuenta la cantidad máxima de cacao que actualmente se seca dentro de la finca, que es de 12,000 kg/semanales de cacao seco.

También se debe tomar en cuenta que la cosecha no se mantiene de la misma manera durante todo el año. De hecho, solamente durante 5 meses se tiene una alta cosecha, mientras que el

resto del año se reduce en un 30%. Tomando en cuenta esto se realiza un cálculo para mantener uno caudal de producción constante durante todo el año. De esta manera se llega a concluir que el caudal diario de producción será de 1,400 kg de cacao. De los 1,400 kg de cacao diarios se obtienen tres subproductos principales: licor, manteca y polvo. Para saber la distribución de materia prima que será destinadas para cada producto se realizó una investigación según su demanda; se encontró un porcentaje de 47%, 26%, 22% para el licor, polvo y manteca, respectivamente [30].

En base a esto, se realiza el balance de masa, del cual se obtiene de los productos finales que se componen de paquetes de 25 kg para todos los productos, de manera que se obtendrían 26 paquetes de licor de cacao, 14 paquetes de polvo de cacao y 12 paquetes de manteca de cacao. Los cálculos se encuentran en la parte de anexos 7.1.

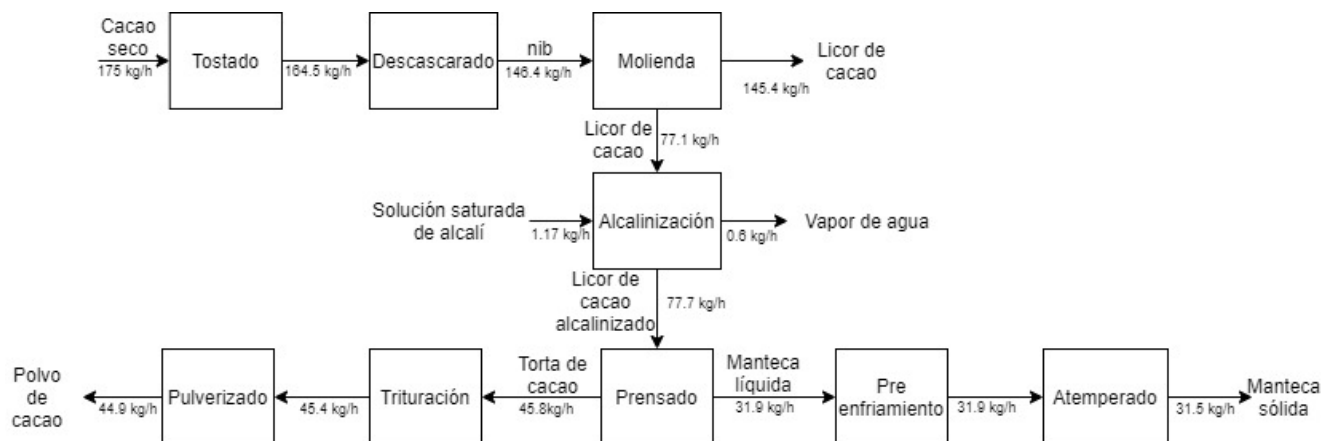


Figura 1. Diagrama de bloque del proceso

- Se presentan el diagrama de flujo con los balances de energía.

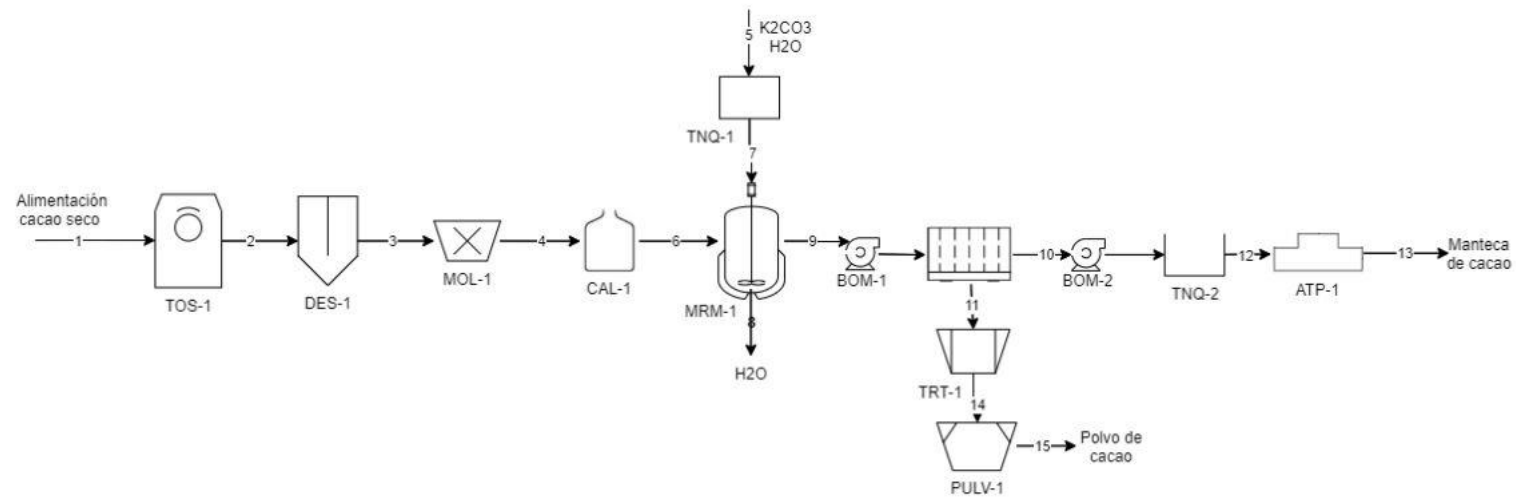


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso

Tabla 8. Balance de energía

Corriente (kg/h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cacao + cascara	1400	1316													
Cacao			1163,24												
Licor de cacao				1163,28		1163,28									
K ₂ CO ₃					4,9608										
H ₂ O					4,428			4,38149							
Solución Alkali							9,3888								
Licor de cacao alcalinizado									1421,55						
Manteca de cacao										254,8336		254,836	252,2853		
Torta de cacao											366,712			363,0449	
Polvo de cacao															359,44
Pérdidas		0,06	0,11	0,0068									0,01	0,01	0,01
Presión (MPa)									55	32					
Temperatura (°C)	100	120	20	60	20	40	20	90	90	100	20	27	27	20	20

La etapa más compleja del proceso es la alcalinización, así que se realiza el balance de energía para determinar los requerimientos energéticos de la misma. Se toma en cuenta el calor requerido para el acondicionamiento antes de la alcalinización y el calor requerido para mantener la temperatura en la alcalinización durante su duración de aproximadamente 8 horas. Como resultado, se obtuvo que se requieren 183,845.89 kJ al día; a eso se le adicionó un 35% como factor de seguridad por lo que se tiene un calor total de 309,237.06 kJ/día. Los cálculos de este procedimiento se encuentran en la sección de anexo 7.3.

Todos los cálculos realizados en esta sección son utilizados a continuación para la estimación de costos. Los cálculos de balance de masa sirven para saber los requerimientos necesarios en las capacidades de los equipos, cuyos costos de adquisición forman la parte principal de los costos de inversión de capital fijo de la planta.

3.2. Diseño de planta

3.2.1 Dimensionamiento de los equipos

En esta sección se realiza la investigación en literatura acerca de los equipos necesarios para realizar cada operación unitaria dentro del procesamiento del cacao. Por otra parte, con los balances, particularmente los de masa, se puede determinar la capacidad requerida para los equipos. Se identifica todo lo necesario para poder realizar el cálculo de los costos de cada equipo mediante el método de factores de instalación de Hand. En el caso de no tener todas las variables necesarias para hacer dicho cálculo, se hace una investigación por medio de contactos para obtener las cotizaciones de los equipos.

A continuación, se presenta una lista de los equipos que se utilizan junto con sus descripciones.

Tabla 9: Descripción de los equipos para el proceso

Operación Unitaria	Equipo	Capacidad	Unidad
Tostar	Tostador	175	kg/h
Descascarar	Descascarado	165	kg
Moler	Molienda	147	kg
Preparación solución álcali	Tanque	6,5	L
Alcalinizado	Marmita	616	kg/día
Prensado	Prensa hidráulica	19,425	kg/h
Pre enfriamiento	Tanque	32	kg/h
Atemperado	Atemperadora	32	kg/h
Triturar	Triturador	46	kg/h
Pulverizar	Pulverizador	46	kg/h
Vapor de agua	Caldero	145	kg/h

Una vez están calculadas las capacidades de los equipos, se busca en el mercado equipos existentes con características similares para poder incluirlos en la evaluación económica de este proyecto. Se puede encontrar la cotización de la mayoría de los equipos como el tostador, descascarillado, molino, marmita, prensa hidráulica y pulverizador, por medio de un

agente de D'Trigo que se contactó vía telefónica. En esta cotización se incluyen los precios e información sobre las capacidades de cada equipo. El costo del resto de equipos fueron estimados por medio de la metodología de factores de instalación de Hand, y el método factorial detallado.

Una vez que se conocen todos los equipos específicos que se van a utilizar en el proceso, se puede realizar la estimación de costos por equipo, y por consiguiente, el resto de las estimaciones de costos necesarias para la inversión, los costos de producción, y el capital de trabajo.

3.3. Evaluación de costos

Los costos que necesitan ser estimados para evaluar económicamente la propuesta de este proyecto constan de: inversión de capital fijo, el capital de trabajo y los costos de producción. Lo primero que se calcula para la inversión de capital fijo son los costos inside battery limits (ISBL), los cuales se compone principalmente del costo de los equipos. A partir de los costos ISBL se pueden realizar estimaciones del resto de costos de la inversión de capital fijo y los costos de producción. Por otra parte, los costos de capital de trabajo se pueden calcular como parte de los costos de producción.

3.3.1 Costos ISBL

Se realiza primero la obtención de los costos ISBL, ya que mucho del resto de costos, como los de inversión de capital fijo y los de producción se calculan tomando un porcentaje de los ISBL. La estimación se ejecuta según el método de estimación de Hand que da como resultado 277,008.5 dólares, y el método Detallado que da como resultado 313,767.5 dólares.

Con estos valores se realiza un rango de $\pm 30\%$ y se obtiene la siguiente tabla de estimaciones.

Se puede ver a detalle este cálculo en el anexo 8.1.

Tabla 10: Resultado de estimaciones de costos ISBL

	Intervalo (\$)	
ISBL Hand	193906.0	360111.1
ISBL Detallado	219637.3	407897.8
Intersección	289874.2	

Después de haber realizado el cálculo de costos ISBL, se obtiene un valor de 289,874.2

dólares. Este valor es importante por lo mencionado anteriormente, acerca de los porcentajes que se utilizan de ISBL para el cálculo de otros costos.

3.3.2 Costos

Se prosigue a realizar la evaluación de los costos totales. El costo total se compone de tres partes: inversión de capital fijo, capital de trabajo y costos de producción. En la inversión de capital fijo se incluyen los costos del diseño, construcción e instalación de la planta. En los costos de capital de trabajo se describe la puesta en marcha y operación de la planta hasta que comience a generar impuestos. Por último, están los costos de producción en donde están los costos fijos, que contienen gastos salariales, mantenimiento y todos los valores independientes del caudal de producción; y los costos variables como servicios, materias primas, y todos los valores que dependen del caudal de producción. En la siguiente tabla se detallan los costos descritos anteriormente. Para conocer mejor el cálculo de estos costos se puede ver en el anexo 8.2.

Tabla 11: Descripción de costos

COSTOS

INVERSIÓN CAPITAL FIJO (\$)		CAPITAL DE TRABAJO (\$)		COSTOS PRODUCCIÓN (\$)	
ISBL	289874.154	Inventario materias primas	769845.859	Variables	18148.5
OSBL	115949.661	Inventario productos y subproductos	217636.966		
Ingeniería + Construcción	37291.1908	Efectivo en caja	108818.483		
		Cuentas por cobrar	435273.933	Fijos	90669.9832
Imprevistos	28987.4154	Créditos pendientes	72792.2		
		Inventarios repuestos	4058.23815		
Total	472102.421		1608425.68		108818.483

Haciendo la sumatoria de cada costo, se tiene un total del costo de la planta de procesamiento de cacao del 2.2 millones de dólares. Una vez que se sabe el costo de producción y por investigación se conoce el costo actual internacional de los productos obtenidos del proceso, se obtiene el precio de venta de cada uno de los productos.

Tabla 12: Comparación y detalle de los precios de los productos

Producto	Precio internacional (\$)	Precio venta (\$)
Licor	182.5	180
Manteca	248.75	240
Polvo	212.5	210

3.3.3 Flujo de caja

Tabla 13: Flujo de caja

Flujo de caja

Ingreso por ventas	2772000.0
Beneficio Bruto	1197003.3
Beneficio Neto	1192655.2

En el flujo de caja se tiene tres componentes: el ingreso por ventas, que es todo lo que se vende durante el periodo de un año; el beneficio bruto, que se define por la diferencia de costos de producción y precio de venta de los tres productos; y el beneficio neto, que es la ganancia que se obtiene tomando en cuenta también los impuestos. Para detalle del cálculo de estos valores se puede fijar en el anexo 8.3.

Tabla 14: Análisis de inversión y tiempo de retorno

VAN	\$6,151,041.29
TIR	61%
Tiempo de retorno	1.35

Por último, se realiza un análisis del costo de la planta de producción y se obtiene un Valor Actual Neto de 6 millones de dólares y una rentabilidad del 61% mediante el cálculo de la tasa interna de retorno. Además, se estimó un tiempo de retorno de la inversión de un año con cuatro meses. Se puede ver con más detalle los cálculos en anexo 8.4.

El costo de la inversión de la planta es de 2.2 millones de dólares, pero se tiene un beneficio neto de 1.2 millones de dólares en el primer año, asumiendo una venta total del 100% de los productos, por lo que el proyecto tiene una alta rentabilidad del 61%. También se realizó el análisis del valor actual de la planta, que es de 6 millones de dólares asumiendo un tiempo de vida de la planta de 10 años. Conociendo esto, se obtuvo un tiempo de retorno de 1 año y cuatro meses.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se realizó el análisis de la prefactibilidad de la implementación de una planta de procesamiento de tres subproductos del cacao en la finca San José. Mediante investigación se encontró que la mejor manera de realizar este proceso es mediante una alcalinización ligera del licor de cacao que modifique hasta un 21% el pH del cacao. La alcalinización es la parte más crítica del proceso por lo que se puso énfasis especial en su diseño, el mismo que incluye un sistema de acondicionamiento para que la alimentación a este proceso llegue en óptimas condiciones hacia su operación dentro de una marmita. Al procesar 1,400 kg de granos de cacao secos diarios, se lograría obtener 572 paquetes de 25 kg de licor, 308 paquetes de polvo, y 264 paquetes de manteca de cacao mensuales. Realizando una estimación de la ganancia anual si se proyecta una venta del 100% de los productos, se alcanzarían 1.2 millones de dólares de beneficio neto. Teniendo en cuenta esto, se puede afirmar que el proyecto es rentable con una tasa interna de retorno del 61% y aproximadamente 1 año y 4 meses de tiempo para recuperar la inversión.

A pesar de que el estudio muestra un resultado positivo acerca de su viabilidad, se recomienda realizar un análisis más profundo acerca de las propiedades fisicoquímicas del cacao proveniente de la finca San José para poder realizar una estimación más precisa de todas las condiciones de la operación para su procesamiento. Asimismo, para conocer la influencia que tienen diferentes parámetros como la concentración de álcali, la presión, temperatura y tiempo dentro de la marmita, donde se produce la alcalinización, en los productos finales, ya que todos los datos usados en este estudio fueron obtenidos de otros documentos con similitudes geográficas del cultivo. Igualmente, en el aspecto económico se puede realizar un análisis más preciso al obtener cotizaciones solamente de empresas que laboren dentro del país. Se puede

ser más detallado en otros tipos de costos como los costos de producción y los costos de inversión de capital fijo, lo cual aumentaría el valor de inversión de la inversión y afectaría proporcionalmente a la rentabilidad. Por esto, se motiva a partir de este proyecto para realizar una investigación más extensa e incentivar la posibilidad de una inversión futura.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comercio justo ideas, “Nuevo informe sobre la realidad del sector del cacao,” *Noticias, Productores*, 2020. <https://ideas.coop/dia-mundial-de-la-justicia-social-y-el-sector-del-cacao/> (accessed Nov. 09, 2020).
- [2] M. L. Quintero and K. M. D. Morales, “Agroalimentaria.,” *Rev. Agroaliment.*, vol. 10, no. 18, pp. 48–60, 2004, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2110856>.
- [3] Anecacao, “SECTOR EXPORTADOR DE CACAO,” 2019.
- [4] E. Tapia, “El cacao ecuatoriano huele a USD 700 millones,” *El Comercio*, Quito, Nov. 13, 2014.
- [5] A. S. L. Pirno, Sergio; Aguilar, Hermes; Apolo, “Aporte del sector agropecuario a la economía del Ecuador . Análisis crítico de su evolución en el período de dolarización .,” *ESPACIOS*, p. 10, 2018.
- [6] Plan V, “Uno de cada cuatro ecuatorianos son pobres, y luego de la pandemia serán más,” *Plan V*, 2020, [Online]. Available: <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/uno-cada-cuatro-ecuatorianos-son-pobres-y-luego-la-pandemia-seran-mas>.
- [7] F. Suárez, Yeirme; Hernández, *Manejo de las enfermedades del cacao*. Produmedios, 2010.
- [8] ITB HOLDINGS LLC, “GLOBAL FDA REGISTRATION AND COMPLIANCE SERVICES,” 2020. <https://www.m.itbhdg.com/> (accessed Sep. 16, 2020).
- [9] M. A. Egas, “EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DEL PROCESO DE PENSADO DE LICOR DE CACAO (*Theobroma cacao*) PARA LA OBTENCIÓN DE MANTECA Y POLVO DE CACAO,” pp. 1–126, 2015, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11477>.
- [10] J. Frank, “Cocoa Butter Alternatives in Chocolate,” *Prospector*, 2014. <https://knowledge.ulprospector.com/1085/fbn-cocoa-butter-alternatives-chocolate/> (accessed Oct. 14, 2020).
- [11] Food Data Central, “Cocoa, dry powder, unsweetened, processed with alkali,” *USDA*, 2019. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169594/nutrients> (accessed Oct. 14, 2020).
- [12] FERNANDO JAVIER VALENZUELA LEÓN, “Cacao, Licor D E Fino, Variedad Para, D E Aroma,” p. 175, 2016.



- [13] M. Acebo, J. Rodriguez, and J. Quijano, “Industria de Cacao,” *ESPAE, ESPOL*, p. 42, 2016, [Online]. Available: <https://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2016/12/industriacacao.pdf>.
- [14] PRO ECUADOR, “Guía de Certificaciones Internacionales,” *Ministerio de Comercio. Dirección de Asesoría Integral al Exportador.*, 2013. <https://issuu.com/pro-ecuador/docs/guiacertificacionesh> (accessed Oct. 14, 2020).
- [15] The free dictionary, “mazorca,” 2020. <https://es.thefreedictionary.com/mazorca> (accessed Sep. 10, 2020).
- [16] S. Teneda, W; Guamán, M; Oyaque, “Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador,” 2019. [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50\(2019\)/151561447004/#fn1](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50(2019)/151561447004/#fn1). (accessed Sep. 10, 2020).
- [17] The free dictionary, “grano,” 2016, [Online]. Available: <https://es.thefreedictionary.com/grano>.
- [18] Oxford Languages, “mucílago,” 2020. https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk03E4tdCJCHWCy-fwurm7i_tOWG8-Q%3A1599965619176&ei=s4ldX5qsCurt5gK42ZiYCg&q=mucílago+definicion&oq=mucílago+defi&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAxgAMgoIABDLARBGEpkBMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHj (accessed Sep. 10, 2020).
- [19] Boletín agrario, “Licor de cacao,” 2013. .
- [20] Cofina, “Torta de cacao.” <https://cofinacocoa.com/torta-de-cacao/> (accessed Sep. 10, 2020).
- [21] Cofina, “Manteca de cacao.” .
- [22] Cofina, “Polvo de cacao.” <https://cofinacocoa.com/polvo-de-cacao/> (accessed Sep. 10, 2020).
- [23] Cofina, “Nibs de cacao.” .
- [24] E. Alegría, “Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao,” 2015.
- [25] A. Moser, “Alkalizing Cocoa and Chocolate,” *Manuf. Confect.*, vol. 95, no. 6, pp. 31–38, 2015.
- [26] M. Asselstine, J. M. Mollo, J. M. Morales, and V. Papanikolopoulos, “Cocoa Liquor, Butter & Powder Production,” *Sch. Commons*, no. 4, p. 294, 2016, [Online]. Available: http://repository.upenn.edu/cbe_sdr.

- [27] H. J. Kamphuis, “Production of cocoa mass, cocoa butter and cocoa powder,” *Beckett’s Ind. Choc. Manuf. Use*, pp. 50–71, 2017, doi: 10.1002/9781118923597.ch3.
- [28] J. Carrión, “Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí,” p. 65, 2015, [Online]. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2533>.

6. ANEXO A: INTRODUCCIÓN

6.1 Descripción del Carbonato de Potasio

Tabla 15: Ficha técnica de carbonato de Potasio

Compuesto	Carbonato de Potasio						
Descripción de peligros	<p>El carbonato de potasio puede causar irritación de la piel, los ojos y las vías respiratorias. Puede ser dañino si se ingiere</p>  <p>Misceláneo</p>						
Diamante de seguridad (NEPA) y HMIS	 <table border="1" data-bbox="775 786 1155 882"> <tr> <td>SALUD</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>INFLAMABILIDAD</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>REACTIVIDAD</td> <td>1</td> </tr> </table>	SALUD	2	INFLAMABILIDAD	0	REACTIVIDAD	1
SALUD	2						
INFLAMABILIDAD	0						
REACTIVIDAD	1						
Consejos de prudencia	<ul style="list-style-type: none"> • Usar protección para las vías respiratorias y la piel. 						
Agentes extintores	<ul style="list-style-type: none"> • Agua pulverizada • Espuma • Polvo extinguidor seco • Dióxido de carbono 						
Productos peligrosos por combustión	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido de potasio • Dióxido de carbono 						
Manipulación y almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Evite inhalar polvo. • Lávese minuciosamente después de manipular. • No reutilice los envases. • No fumar, beber o ingerir alimentos, lavarse las manos después de usar el producto. • Mantenga el contenedor cerrado con seguridad y etiquetado correctamente. • Almacene en un lugar fresco y seco. • Mantener alejado de sustancias incompatibles. 						
Exposición	<ul style="list-style-type: none"> • Límites de exposición permisiva TWA: 1 mg/m³ • Límite de exposición a corto plazo STEL: 3 mg/m³ 						
Algunas propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Punto de inflamación: no disponible • Punto de fusión: 891°C • pH: 11.6 solución acuosa • Densidad relativa (agua=1): 2.29 • Solubilidad en agua: 100% • Límite superior de explosión: no disponible 						

	<ul style="list-style-type: none"> • Límite inferior de explosión: no disponible • Sólido blanco • Incompatibilidad: ácidos, el trifluoruro de cloro, magnesio. Se puede producir explosión al mezclar hidrosulfito de sodio, polvo de aluminio, carbonato de potasio y benzaldehído. • La descomposición térmica puede formar óxido de potasio. • Riesgos ambientales: poco contaminante.
Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. • Observar medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. • Usar equipo de protección personal • Ventilar el área. • Eliminar toda fuente de ignición. • No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. • Remueva con una pala el material seco e introdúzcalo en un recipiente apropiado. Si es necesario rocíe el área de derrame con agua. Reutilizar o reciclar si es posible.
Efectos por exposición	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto ocular: Causa extrema irritación, enrojecimiento, dolor y posible daño a la córnea. • Contacto dérmico: El contacto con material seco puede causar irritación. En solución acuosa es un cáustico fuerte y como tal, puede tener efectos corrosivos sobre la piel. • Inhalación: Causa irritación en las vías respiratorias. Los síntomas pueden incluir tos, dificultad para respirar. • Ingestión: Causa irritación en el tracto gastrointestinal. Los síntomas pueden incluir náuseas, vómitos y diarrea. Puede tener moderados efectos tóxicos si se consumen en cantidades suficientemente grandes. La ingestión de grandes cantidades puede ser corrosivo a la boca, la garganta y el tracto gastrointestinal y producen dolores abdominales, vómitos, diarrea y colapso circulatorio.

6.2 Lista de normas INEN y otras para procesamiento de cacao

- INEN 174: método para determinar el contenido en grasa.
- INEN 176: requisitos de calidad que debe cumplir el cacao en grano.
- INEN 177: procedimiento para la toma de muestras de cacao en grano.
- INEN 532: método para determinar el contenido de ceniza insoluble en ácido, en la pasta de cacao, cacao en polvo y chocolates.

- INEN 533: método para determinar el contenido de ceniza total en la pasta de cacao, cacao en polvo y en los chocolates.
- INEN 534: método para determinar el contenido de fibra cruda en la pasta de cacao, cacao en polvo y en los chocolates.
- INEN 535: método para determinar el contenido de grasa en la pasta de cacao, cacao en polvo y en los chocolates.
- INEN 536: método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles.
- INEN 537: procedimientos para la extracción de muestras en pasta, polvo y chocolates.
- INEN 620: requisitos que debe cumplir el cacao en polvo para la fabricación industrial de productos de cacao y chocolate para el consumo humano.
- INEN 623: requisitos que debe cumplir la pasta de cacao para la fabricación industrial de productos de cacao y chocolate para consumo humano.
- Códex Alimentarius de la FAO
- La Agencia para el Aseguramiento de Calidad del Agro, entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, es la encargada de controlar el estado de sanidad vegetal y hacer cumplir las medidas para precautelar la salud humana.
Entre las disposiciones que tienen relevancia para la industria del proyecto son:
- Manual de procedimientos para el registro y certificación de centros de acopio y bodegas de almacenamiento de cacao.
- Procedimiento de aplicación obligatoria, para la fumigación de los lotes de cacao en grano destinados a la exportación.

- Procedimiento técnico y administrativo para la certificación de calidad de cacao fino y de aroma sabor ‘Arriba’ y de otras variedades, incluidos elaborados y semielaborados, para la exportación de cacao.
- Para el funcionamiento de los locales de expendio de elaborados de cacao para consumo humano, se encuentran bajo la supervisión y control de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia.

[17]

7. ANEXO B: METODOLOGÍAS

7.1 Estimación de costos

Se toma en cuenta la producción actual de 12 000 kg a la semana. Esto solamente ocurre durante 5 meses en el año, el resto de los meses la producción baja a un 30%. Por lo que, conociendo esto se realiza los cálculos y se obtiene que los otros 7 meses se tiene una producción de 42 000 kg en total. Al año, la producción sería de 142 000 kg. Se toma en cuenta los fines de semana o feriados, y se estima que cada mes tendrá 22 días laborales. Por lo tanto, se obtiene una 1 318.18 kg/día de producción. Sin embargo, es posible que haya más materia prima de la estimada, así que ese valor se redondea a 1 400 kg diarios. De esto, conociendo el porcentaje de producción según la demanda investigada de 47% de licor, 26% de polvo y 22% de manteca. Al día, se obtienen 26 paquetes, 14 paquetes y 12 paquetes de licor, polvo y manteca, respectivamente.

7.2 Balance de masa

El balance de masa se realizó tomando en cuenta el caudal de materia prima 1 400 kg/diarios. Después, se separó cada una de las operaciones unitarias para conocer las variables conocidas y las desconocidas. Posteriormente se escriben las ecuaciones encontradas con los parámetros encontrados y se realiza el balance en kilogramos al día. También es importante tomar en cuenta el rendimiento de cada operación.

Tabla 16: Rendimiento de las operaciones unitarias del proceso

Rendimiento de operaciones	
Tostado	94%

Descascarado	89%
Molienda	100%
Alcalinización	100%
Prensado	100%
Pre - enfriamiento	100%
Temperado	99%
Trituración	99%
Pulverización	99%

7.3 Balance de energía

Se realizó el balance de energía tomando en cuenta el calor requerido para la operación de acondicionamiento antes y durante de la etapa de alcalinización durante un tiempo de 8 horas.

$$Q_{total} = Q_a + Q_p \quad (1)$$

En donde,

Q_a es el calor requerido para el acondicionamiento

Q_p es el calor por pérdidas durante las 8 horas de alcalinización

Para calcular el calor requerido para que el licor de cacao se funda desde la temperatura en la que se encuentra previo a la alcalinización, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q_a = (m \times C_p \times (T_{fund} + T_r)) + (m \times L_v) + (m \times C_p \times (T_{fund} + T_f)) \quad (2)$$

En donde,

m es la masa del licor de cacao al día

C_p es el calor específico del cacao

T_{fund} es la temperatura de fundición

T_r es la temperatura de refrigeración

L_v es el calor latente de vaporización del licor de cacao

T_f es la temperatura final de acondicionamiento

Al no conocer el valor del calor específico del cacao, y como no se puede hacer pruebas en el laboratorio, se utiliza bibliografía existente para investigar este valor, y se encuentra que el C_p del cacao es de 2.017 kJ/kg°C.

Sabiendo esto, se ingresan los valores conocidos en la ecuación 2 y se obtiene:

$$Q_a = 2\,549\,490.85 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} \quad (3)$$

Para calcular el calor por pérdidas necesario para mantener el licor de cacao durante las 8 horas de alcalinización, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q_p = U \times A \times \Delta T \quad (4)$$

En donde,

U es el coeficiente global de transmisión de calor

A es el área

ΔT es la diferencia de temperaturas

Se utiliza la siguiente ecuación para calcular el coeficiente global de transferencia

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{licor}} + \frac{e}{K_{ac.inox}} + \frac{1}{h_{aire}} \quad (5)$$

En donde,

h_{licor} es el coeficiente de convección del licor de cacao

$K_{ac.inox}$ es la conductividad térmica del acero inoxidable que se va a utilizar como material del equipo

e es el espesor de la pared

h_{aire} es el coeficiente de convección del aire

Para conocer el coeficiente de convección del licor de cacao, se utiliza los números adimensionales de Reynolds y de Nusselt, en donde se tiene que conocer el dimensionamiento de la marmita que se va a utilizar para la operación.

Para el número de Reynolds se obtuvo un valor de 147.87 que describe un régimen turbulento. El valor que se obtuvo para Nusselt fue de 349.14.

De esta manera, se puede definir el coeficiente de convección del licor de cacao, utilizando la siguiente ecuación y reorganizándola.

$$Nu = \frac{D_t \times h_{licor}}{k} \rightarrow h_{licor} = \frac{Nu \times k}{D_t} \quad (6)$$

En donde,

D_t es el diámetro del tanque

k es la conductividad térmica del licor de cacao

$$h_{licor} = 94.54 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad (7)$$

Conociendo esto se incluye en la estimación de coeficiente global de transferencia de calor y se obtiene el siguiente resultado:

$$U = 4.67 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad (8)$$

El último valor calculado, se utiliza para el cálculo del valor del calor requerido en el proceso de alcalinización.

$$Q_p = 145\,874.73 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} \quad (9)$$

Se suman los dos componentes de los calores requeridos para el proceso antes y durante la alcalinización.

$$Q_{tot} = 2\,695\,365.58 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} \quad (10)$$

Se investigó que por seguridad se considera un 35% adicional a la cantidad necesaria por lo que el valor del calor total requerido es de

$$Q_{tot} = 3\,638\,743.53 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} \quad (11)$$

Cálculo del vapor necesario en el proceso:

$$Q_{tot} = m_{vap} \times L_v \quad (12)$$

En donde,

Q_{tot} es el calor total requerido al día

m_{vap} es la masa del vapor saturado

L_v es el calor latente de vaporización a 0.28MPa y 130.68°C

$$L_v = 2\,171.73 \frac{kJ}{kg} \quad (13)$$

Como ya se conoce el calor total requerido diariamente y el calor latente a esos parámetros de presión y temperatura, se puede calcular la masa de vapor saturada requerida.

$$m_{vap} = 142.4 \frac{kg}{día} \quad (14)$$

7.4 Diseño de Equipos

Conociendo el valor del calor requerido para el procesamiento en la planta se puede determinar la capacidad del caldero.

$$\text{Capacidad del caldero} = \frac{Q_{tot}}{\text{tiempo del proceso que requiere energía}} \quad (15)$$

$$\text{Capacidad del caldero} = 0.7297 \text{ BHP} \approx 1 \text{ BHP} \quad (16)$$

El resto de los equipos se realiza su dimensionamiento conociendo la capacidad que se requiere, aumentando un 30% el volumen de su capacidad de operación.

$$V = \frac{\pi D^3}{2} \quad (16)$$

En donde,

V es el volumen

D^3 es el diámetro

Para el cálculo de la altura se utiliza la siguiente ecuación:

$$L = 2D \quad (17)$$

En el caso de la marmita, se necesitó calcular el diámetro de las paletas para la agitación, por lo que se realizó el cálculo mediante la relación que existe entre el diámetro de las aletas y el diámetro del tanque.

$$\frac{D_A}{D_T} = \frac{1}{4} \quad (18)$$

Tabla 17: Detalles del dimensionamiento de los equipos

Función	Equipo	Detalle	Capacidad	Unidad
Tostar	Tostador	V=0.2m ³	175	kg/h
Descascarar	Descascarado	V=0.2m ³	165	kg
Moler	Molienda		147	Kg
Preparación solución álcali	Tanque	V=0.007L L=0.3m D=0.2m	6.5	L
Alcalinizado	Marmita	V=0.75m ³ L=1.6m D=0.78m	616	kg/día
Prensado	Prensa hidráulica	V=7.68 m ³	19.425	kg/h
Pre enfriamiento	Tanque	V=0.3m ³ L=1.2m D=0.6m	32	kg/h
Atemperado	Atemperadora	V=0.3m ³ L=1.2m D=0.6m	32	kg/h
Triturar	Triturador		46	kg/h
Pulverizar	Pulverizador		46	kg/h
Vapor de agua	Caldero	P=1BHP	145	kg/h

8. ANEXO C: COSTOS

8.1 Cálculo de costos por equipo

Para los cálculos de los costos ISBL se necesita conocer el costo de los equipos. En este estudio algunos equipos fueron calculados mediante la siguiente ecuación,

$$C_e = a + bS^n \quad (19)$$

En donde,

C_e es el costo de todos los equipos

S es el tamaño

n es el exponente según el tipo de industria.

El resto de los equipos se realiza cotizaciones por medio de proveedores de los equipos requeridos.

Para calcular el costo ISBL por Hand, se hace una multiplicación del costo del equipo por el factor de instalación de Hand.

Para estimar los costos por el método factorial detallado se utiliza la siguiente fórmula

$$C = \sum_{i=1}^{i=M} C_{e,i,CS} [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)] \quad (20)$$

En donde,

M es el número total de piezas de equipo

f_p es el factor de instalación de tubería

f_{er} es el factor de instalación de montaje de equipo

f_{el} es factor de instalación de trabajo eléctrico

f_i es el factor de instalación de instrumentación y proceso de control

f_c es el factor de instalación del trabajo ingenieril civil

f_s es el factor de instalación de estructuras y construcciones

f_i es el factor de instalación de revestimiento, aislamiento y pintura

Tabla 18: Cálculo ISBL

Equipo	Capacidad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	costoxfm	f Hand	ISBL Hand	f Detallado	ISBL Detallado
Tostador	175	kg/h	3	11800.0	35400.0	11800.0	2.5	29500,0	2.5	29500.0
Descascarillador	165	Kg	2	8800.0	17600.0	8800.0	2.5	22000,0	2.5	22000.0
Molienda	147	Kg	3	8500.0	25500.0	8500.0	2.5	21250,0	2.5	21250.0
Tanque	0.0065	m3	1	5702.9	5702.9	7413.8	2.5	18534,4	3.2	23724.0
Marmita	616	kg/día	1	6000.0	6000.0	6000.0	2.5	15000,0	3.2	19200.0
Prensa hidráulica	19.425	kg/h	2	14800.0	29600.0	14800.0	2.5	37000,0	3.2	47360.0
Tanque	0.31	m3	1	5743.2	5743.2	7466.2	2.5	18665,4	3.2	23891.7
Atemperadora	32	kg/h	1	20345.0	20345.0	20345.0	2.5	50862,5	3.2	65104.0
Triturador	0.051	tonne/h	1	422.5	422.5	549.2	2.5	1373,0	2.5	1373.0
Pulverizador	46	kg/h	1	5000.0	5000.0	5000.0	2.5	12500,0	2.5	12500.0
Caldero	1	BPH	1	4875.8	4875.8	6338.5	2.5	15846,2	3.2	20283.2
Bombas	0.2	L/s	2	3315.1	6630.2	8619.2	4	34476,9	3.2	27581.6
Total								277008,5		313767.5

8.2 Cálculo de costos

Cálculos OSBL: Se calcula como una proporción de los costos ISBL entre 10-100%, generalmente 40%.

Costo de ingeniería y construcción: Se calcula como una proporción de los costos ISBL entre 5-10%.

Calcular costo de gastos imprevistos: Se calcula como una proporción del 10% los costos ISBL+OSBL.

Calcular costos de producción: Se calculan realizando una sumatoria de (0.1445 ISBL) + (2.688 Costos salario operarios) + Costos variables de producción.

8.3 Cálculo de flujo de caja

Tabla 19: Cálculo de ingreso de ventas

Tiempo	Produccion anual	Unidades	Ganancia	Ingreso por ventas
Primer año	Licor	6864	582609.101	1235520
	Manteca	3168	458976.508	760320
	Polvo	3696	424592.593	776160
	Total		1466178.2	2772000

8.4 Cálculo TIR, VAN y tiempo de retorno

El valor actual neto se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i} \quad (21)$$

Donde:

FC es el flujo de caja (ingresos – egresos)

r es la tasa de descuento (costo oportunidad del capital COK, tasa de interés del mercado riesgo para obtener el retorno de capital)

i es el año de operación

n es la vida útil

Si VAN > 0 es rentable

Si VAN = 0 es indiferente

Si VAN < 0 no es rentable

Tanto el TIR y VAN se calculan automáticamente en el programa EXCEL, conociendo el flujo efectivo neto. Mientras que el tiempo de retorno se calcula dividiendo el capital de trabajo para el beneficio neto.

Tabla 20: Flujo efectivo neto

Flujo Efectivo Neto	
Año	-2189347
1	1357359.7
2	1357359.7
3	1357359.7
4	1357359.7
5	1357359.7
6	1357359.7
7	1357359.7
8	1357359.7
9	1357359.7
10	1357359.7

9. ANEXO C: FOTOGRAFÍAS

9.1 Equipos

(Aquí irán las fotografías de algunos de los equipos que me van a enviar y otras de la situación actual de la finca y de las operaciones que se realizan actualmente



Figura 3. Cacao



Figura 4. Secado de cacao



Figura 5. Empacado de granos de cacao