

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**TESIS**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA QUEBRADORA  
DE MAZORCAS DE CACAO PARA OPTIMIZAR LA  
EXTRACCIÓN DEL GRANO EN EL VRAEM AYACUCHO**

Presentado por:

**Rubén YUCRA CASTILLA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A Dios por estar siempre  
conmigo y darme la fe y  
esperanza en mi vida diaria.

A mis queridos padres Rubén Víctor  
Yucra Morales y Epifanía Castilla  
Gamboa ya que con la ayuda de  
ellos estoy donde estoy y a mis  
profesores de la Universidad que  
influyeron en mi formación  
profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a mis padres y hermanos que gracias a ellos pude culminar este proyecto tan esperado.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Asesor, el Ing. Abdías Ascarza Moisés y a mi coasesor Ing. Alfredo Arias Jara por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, su motivación y toda la colaboración brindada permitieron la elaboración de esta tesis. También me gustaría agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional aportaron con un granito de arena a mi formación, y en especial a mis profesores, Ing. Bernardo Enciso, Ing. Cipriano Mendoza e Ing. Tarcila Alcarraz, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional, a las que agradezco por su, amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	ix
Capítulo I .....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3.    IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL.....	4
1.4.    OBJETIVOS .....	6
1.5. FORMULACION DE HIPÓTESIS.....	6
1.6.    VARIABLES E INDICADORES.....	7
1.6.1.    Variable independiente:.....	7
1.6.2.    Variable dependiente:.....	7
Capítulo II .....	8
2.    MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.    ANTECEDENTES.....	8
2.1.1.    Regional .....	8
2.1.2.    Nacional .....	8
2.1.3.    Internacional.....	9
2.2.    PLANTA DE CACAO.....	9
2.3.    DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CACAO .....	13
2.3.    CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LAS MAZORCAS DE CACAO	20
2.4.    PRECIO DEL CACAO .....	22
2.5.    COSECHA Y MANEJO DE POST COSECHA DE LA MAZORCA DE CACAO .....	23
2.5.1.    Quiebre de mazorcas de cacao y separado de granos (semillas) .....	23
2.5.2.    Secado.....	25
2.5.3.    Tostado .....	26
2.5.4.    Descascarado .....	26
2.5.5.    Molienda.....	26
Capítulo III .....	27
3.    DISEÑO DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	27
3.1.    GENERALIDADES DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	29

3.2.	SELECCIÓN DE SISTEMAS PARA LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO 30	
3.3.	SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA TRANSPORTADORA .....	31
3.3.1.	La banda transportadora.....	31
3.3.2.	Bandas de PVC .....	32
3.3.3.	Bandas metálicas .....	32
3.4.	SELECCIÓN DE CORTADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	32
3.4.1.	Trituradora .....	32
3.4.2.	Discos de corte.....	33
3.5.	SELECCIÓN DE SEPARADOR DE GRANOS DE CACAO DE SUS CASCARAS .....	34
3.5.1.	Trommel.....	34
3.5.2.	Tamizado.....	34
3.6.	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO .....	35
3.6.1.	Metodología de diseño .....	35
3.6.2.	Propiedades físicas de las mazorcas de cacao y su grano (semilla).....	36
3.7.	CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL DISEÑO .....	36
3.8.	CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO	38
3.8.1.	Selección de motor a usarse .....	38
3.8.2.	Selección de la faja transportadora.....	40
3.8.3.	Selección de disco de corte .....	43
3.8.4.	Selección separador de granos de cacao de sus mazorcas.....	43
3.8.5.	Selección de estructura .....	45
	CAPÍTULO IV .....	47
4.	CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	47
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD .....	47
4.2.	DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	48
4.3.	SELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	48
4.4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS PARTES.....	48
	CAPÍTULO V .....	55
5.	EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO .....	55
5.1.	ASPECTOS MECÁNICOS .....	55
5.2.	RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	57
5.3.	ESTIMACIÓN ECONÓMICA .....	62
5.3.1.	Descripción del proceso de la máquina quebradora de mazorcas de cacao ....	62
5.4.	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	65

5.5. COSTOS DE LAS PARTES DEL EQUIPO .....	66
CONCLUSIONES .....	69
RECOMENDACIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXO .....	72
Apéndice N° 01 .....	72
Apéndice N° 02 .....	73
Apéndice N° 03 .....	74

## RESUMEN

Para el diseño y construcción de esta máquina primero se ha verificado como trabajan los agricultores del VRAEM en esta actividad y de esa forma dotarles de un equipo que les facilite su trabajo con mayor rapidez y a un costo moderado.

Con el presente trabajo de investigación se pretende diseñar y construir una máquina quebradora de mazorcas de cacao para poder separar los granos de cacao de sus cascara en un menor tiempo y menor cantidad de mano de obra, para lo cual, inicialmente se realizará una revisión bibliográfica para poder realizar el diseño para las diversas variedades de cacao del VRAEM, realizar los cálculos necesarios para la potencia requerida para poder realizar el corte de la mazorca sin dañar los granos y separación de las semillas de cacao, finalmente se realizará la construcción de la estructura del equipo, ensamblaje y el montaje de los motores que deben mover el equipo diseñado, para luego poner en prueba, corregir algunos errores y la presentación final del equipo a quienes lo requieran para esta labor. La máquina quebradora de mazorcas de cacao hace una alimentación de 1357 kg/h en mazorcas de cacao y haciendo un separado promedio de 475 kg/h de granos de cacao, con una eficiencia global de un 75% y un costo operativo de 8 horas de S/ 150.00 a condiciones normales, construido de material de acero inoxidable (contacto con el cacao) y acero (estructura), principalmente actuado por un motor a gasolina ya que en el campo no se cuenta con fluido eléctrico, con sistema de transmisión de una caja reductora de salida de 60 RPM, conectadas con engranajes y poleas que hacen posible el movimiento de la banda transportadora, discos de corte y el trommel, con un peso total aproximado de 150 kg, con llantas incorporadas para su fácil traslado.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación permitirán a nuestro poblador del VRAEM, agilizar y optimizar esfuerzos en el proceso de quebrado del cacao y separación de semillas y cáscara.

La finalidad del presente trabajo es reducir la mano de obra, el tiempo de desgrane, manteniendo la misma calidad del grano que se obtiene de forma manual, esta máquina

facilitará el trabajo de los habitantes del VRAEM dedicado a esta actividad, para ello se aplicará los conocimientos adquiridos durante mi estancia universitaria.

Los prototipos manuales han servido para recopilar, seleccionar, adaptar, rediseñar e implementar los mecanismos y sistemas de una mejor alternativa en la construcción de la máquina.



## INTRODUCCIÓN

El equipo utilizado para la separación de granos de cacao a partir de sus mazorcas es esencialmente usado en la agricultura de la post cosecha del cacao.

Se ve a diario en el campo de la agricultura en la post cosecha del cacao que los agricultores tienen dificultad por falta de mano de obra ya que es escaso en la actualidad dificultándose en la post cosecha, muchas veces demorando días y hasta malográndose el producto. Este trabajo de investigación proporciona una solución al problema de la post cosecha en este caso del cacao haciendo con más rapidez el separado de granos y cáscara, haciendo el trabajo con menos personal en mano de obra y terminándolo en un menor tiempo.

Para tal fin, se diseñó una máquina quebradora de mazorcas de cacao, utilizando los conocimientos y métodos para cálculos de diseño, construcción y operación; además, de la selección de los materiales, y pruebas mecánicas.

La máquina quebradora de mazorcas de cacao consiste en hacer un corte en las mazorcas de cacao sin dañar los granos y su posterior separado de granos de sus cáscaras a través de un separador rotatorio.

Para poder llevar este equipo a nivel de la agricultura, se tuvo que realizar modificaciones junto con un análisis de las variables principales, para reducir las dimensiones del equipo, sin alterar los resultados de los cálculos de diseño en la construcción de esta máquina quebradora de mazorcas de cacao.

Para el correcto diseño del equipo, se realizaron pruebas experimentales en los campos del Valle del Río Apurímac Ene y Mantaro (VRAEM) en las comunidades de Sirenachayoc y Manitea pertenecientes al distrito de Kimbiri -La Convención-Cusco como resultado de la investigación se presenta una metodología para el diseño, construcción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

# Capítulo I

## **ASPECTOS GENERALES**

El diseño y construcción de una máquina quebradora de mazorcas de cacao para optimizar la extracción del grano en el VRAEM Ayacucho, responde a los siguientes aspectos generales que establecen los objetivos y actividades estratégicas que permitan alcanzar la meta, con las pruebas finales de la máquina.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. Identificación y descripción del problema.**

El Perú es uno de los principales productores y exportadores de cacao fino, por este motivo desde algunos años las empresas chocolateras de todo el mundo visitan el país con el fin de cerrar contratos directamente con los productores de cacao, permitiendo al agricultor tomar conciencia en mejorar sus buenas prácticas agrícolas y manufactureras en toda la cadena de valor, y ofrecer un producto de calidad (MINAGRI, Octubre, 2016).

Por ello, el diseñar y construir una máquina quebradora de las mazorcas de cacao y extracción de los granos de cacao integras ya que luego serán fermentadas y obtenidas cacao para el mercado correspondiente.

Viendo la dificultad de los productores en la post cosecha, en el Perú especialmente en los Valles del Río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), en el momento de obtener los granos del cacao; se deben obtener quebrando las mazorcas del cacao sin hacer daño a estos. La quiebra de la mazorca es única, está se realiza en el campo en el mismo día que se va a poner a fermentar o llevar al acopio. La mazorcas se abren golpeándola con un mazo de madera o con una piedra sobre un tronco y para la extracción de granos deslizan los dedos a lo largo de la vena central de la mazorca y extraer los granos con la mano suavemente dejando pegada la vena central o el ombligo a la mazorca, siendo un procedimiento tradicional la forma de obtener el grano del cacao donde se requiere mucho tiempo y buena cantidad de personas actualmente una persona vacía aproximadamente 240 kg de granos de cacao en 8 horas de trabajo.



**Figura 1.1** Desgrane del cacao de forma artesanal con personal de experiencia, lleva mucho tiempo. (Revista VRAEPERU.net, 2016)

Viendo esta situación se quiere diseñar y construir la quebradora de cacao el cual facilitara en esta parte del trabajo a los productores del cacao.

Por ello, el presente proyecto permitirá reducir la mano de obra, tiempo de desgrane y mejorar la calidad del producto respecto a lo que se obtenía manualmente, garantizando

las buenas prácticas en el manejo de la post cosecha, haciendo un trabajo aproximadamente en 20 minutos el trabajo de 8 horas de una persona.

### **1.1.2. Delimitación del problema**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los ambientes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en sus laboratorios y en el Taller mecánico.

El trabajo de investigación según el cronograma se dio en un tiempo de 12 meses a partir de la aprobación del plan de tesis.

Para realizar el trabajo de diseño y construcción del equipo se dio énfasis en la aplicación de diferentes conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación como ingeniero químico. Enfocaremos el trabajo en el quebrado de la mazorca y la separación de la semilla (cacao), con la experiencia de máquinas similares observadas en Brasil presentadas por Cooperación alemana en la cosecha de cacao, utilizando los conceptos de faja transportadora, disco de cortes y zarandeo para la construcción del equipo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permitirán a los pobladores del VRAEM, mejorar y reducir sus costos de producción del cacao.

### **1.1.3. Formulación del problema**

#### **1.1.3.1. Problema Principal**

- ¿Cómo diseñar y construir una máquina quebradora de mazorca de cacao que permita incrementar la eficiencia de producción de separado de granos de cacao (semilla) de su mazorca en el VRAEM?

#### **1.1.3.2. Problema secundario**

- ¿Se podrá desarrollar un diseño de una máquina quebradora de mazorcas de cacao, para contribuir en los trabajos agrarios de post cosecha de cacao en el VRAEM?
- ¿Será factible construir la máquina quebradora de mazorcas de cacao, que contribuya en mejorar el trabajo del agricultor?

- ¿Será posible evaluar la operación de producción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día los agricultores de cacao en diferentes campos, necesitan realizar sus actividades de post cosecha de una forma rápida y más económica. Pero la mano de obra no es fácil de conseguirla ya que la competencia de otro campo agrícola (coca) tiene mayor demanda, por lo cual se hace muy difícil la post cosecha de cacao como la separación de granos de cacao de sus mazorcas, a la vez daña la mano del agricultor ya que la melaza del cacao es acida irritando las manos, elevando así el costo de mano de obra.

La aplicación del conocimiento en la ingeniería, hace posible el diseño y construcción de equipos para post cosecha del cacao, que resuelve el problema del separado de granos de cacao de sus mazorcas en el menor tiempo y con seguridad. Para esto se debe utilizar los conocimientos de ingeniería y diseñar un equipo, dando una solución de reducir la mano de obra y el tiempo de separado de granos de sus mazorcas de cacao, además brindarles a los agricultores de cacao brindarles un equipo que contiene las aplicaciones de ingeniería al igual que los procesos industriales.

El presente trabajo y la materialización del mismo, serán de gran importancia en la vida de los agricultores, porque resolverá problemas de personal de mano de obra y daños físicos en la mano, realizando el trabajo a menor costo y menor tiempo.

Así mismo, la máquina quebradora de mazorcas de cacao es de fácil manejo en el campo de la agricultura, cuyo costo será módico y razonable.

## **1.3. IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL**

### **1.3.1. Económico**

La construcción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao implica una inversión considerable. Por el dimensionamiento y materiales anticorrosivos de calidad, la

disponibilidad de los materiales en el mercado y el tipo de diseño creativo para la construcción.

Se usó diferentes materiales disponibles en el mercado nacional, con lo cual evitaremos el problema de importar materiales del exterior, si fuese el caso. La realización de consultas a docentes con experiencia en el tema, dio como resultado la reducción de algunas partes del equipo (menos material) pero con la misma capacidad de funcionamiento.

La producción del equipo y la puesta en el mercado pondrá a disposición la técnica de construcción de un equipo de quebradora de mazorcas de cacao a una mayor escala en la separación de granos de cacao de sus mazorcas y de fácil uso para las personas a nivel de la agricultura.

### **1.3.2. Social**

La justificación social para el desarrollo de la investigación es que se realizara en el diseño y construcción del equipo, como contribución al uso de la agricultura, como una gran ayuda a los agricultores de cacao en la post cosecha, y estará a disposición la técnica desarrollada y probada para su fabricación en serie.

Además, otras de las ventajas que ofrece el equipo será el ahorro de tiempo en el separado de granos de cacao de sus mazorcas, menor inversión en la mano de obra, protección de daños en la mano de los operarios y mejorar la calidad en la post cosecha. Un ejemplo práctico para este producto, sería la aplicación del programa Proyecto Especial de Desarrollo del Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (Proвраem), Municipalidades, comunidades, diferentes ONG relacionados con la agriculturas. Los agricultores ya tendrían que reducir la mano de obra y disminuirían los costos.

### **1.3.3. Ambiental**

Con respecto al tema ambiental se podría considerar como una tecnología no sostenible, ya que para el funcionamiento de dicho equipo se utilizara un motor que funcione con

combustible (Gasolina 90), muy tradicional en los equipos de agricultura. En consecuencia, el uso y funcionamiento de este equipo no generará contaminantes significativos al ambiente (aire); los materiales utilizados son garantizados y saludables para este fin.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Diseñar y construir una máquina quebradora de mazorcas de cacao, que permita incrementar la eficiencia de producción de separado de granos de cacao (semilla) de sus mazorcas.

### **Objetivos Específicos:**

- Desarrollar un diseño de una máquina quebradora de mazorcas de cacao, para contribuir en los trabajos agrarios de post cosecha de cacao en el VRAEM.
- Construir la máquina quebradora de mazorcas de cacao, que contribuya en mejorar el trabajo del agricultor.
- Evaluar la operación de producción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

## **1.5. FORMULACION DE HIPÓTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis General**

- Se diseñará y construirá una máquina quebradora de mazorca de cacao para optimizar la extracción del grano en el Valle del VRAEM

### **1.5.2 Hipótesis Específicas**

- Se encontrará el diseño adecuado de la máquina que quiebre la mazorca de cacao para optimizar la extracción del grano en el VRAEM.

- Se logrará construir una maquina quebradora de mazorcas de cacao, y contribuya en mejorar el trabajo del agricultor.
- Se determinará la eficacia de la máquina quebradora de la mazorca de cacao para optimizar la extracción del grano en el VRAEM

## **1.6. VARIABLES E INDICADORES**

### **1.6.1. Variable independiente:**

- (X) Mazorcas de cacao (Granos de cacao o semilla más la cáscara).

#### **Indicadores:**

- Estructura de la mazorca de cacao (fruto)
- Características fisicoquímicas de la mazorca de cacao (fruto).

### **1.6.2. Variable dependiente:**

- (Y) Diseño y construcción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao

#### **Indicadores:**

- Separación de granos de cacao (semilla) de sus cascaras.
- Rendimiento de la máquina.



# Capítulo II

## MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de lograr los objetivos para el diseño y construcción de una máquina quebradora de mazorcas de cacao para optimizar la extracción del grano en el VRAEM Ayacucho, se realiza la evaluación de la información vigente sobre los antecedentes similares al tema de investigación, sobre el cacao específicamente las mazorcas, las máquinas quebradoras y de procesamiento de las mazorcas en la postcosecha y demás temas afines.

### **2.1. ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. Regional**

No existe una investigación o una publicación relacionada a un diseño o construcción de una máquina que pueda separar los granos de cacao (semilla) de su cascara en la región de Ayacucho.

#### **2.1.2. Nacional**

Como fabricantes y suplidores de maquinaria procesadora de café, además de comercializadores y consultores en el área de tecnología de pós-cosecha, mercadeo y promoción del consumo de café, las actividades de Pinhalense y P&A están muy

relacionadas con la ciencia del café en muchas maneras diferentes, desde la transformación de resultados de investigación básica y aplicada para producir máquinas hasta la inducción de la investigación en áreas en donde las dos compañías detecten la necesidad para nuevos productos y soluciones. Pinhalense tiene su propio equipo de investigación y desarrollo el cual es altamente especializado y que está completamente dedicado al procesamiento póst-cosecha. Pinhalense y P&A también tienen un importante papel en la introducción y diseminación de tecnologías y hábitos, desde las nuevas técnicas de procesamiento al consumo del café. (PINHALENSE, 2016)

### **2.1.3. Internacional**

Una empresa joven creada después de trabajar tantos años fuera del país en el área de la metal mecánica, producen máquinas para el área agrícola como secadoras de granos, despulpadoras de cacao, clasificadoras, molinos, trituradoras de granos, damos mantenimiento a maquinarias agrícolas construcción de galpones, trabajamos sobre diseños, ejemplo las despulpadoras de cacao. (Montero, 2015)

## **2.2. PLANTA DE CACAO**

Según estudios genéticos, el cacao, cuyo nombre científico es *Theobroma cacao*, de la familia de Sterculiaceae., es nativa de América del Sur, de la cuenca del río Orinoco y río Amazonas. Ahora se extiende desde Brasil a México en las Américas, en zonas tropicales, y la siembra en el oeste de África también.

El cacaotero es un árbol necesitado de humedad y calor, de hoja perenne y siempre floreciente, crece entre los 6 y los 10 m de altura. Requiere sombra (crecen a la sombra de otros árboles más grandes como cocoteros y plataneros), protección del viento y un suelo rico y poroso, pero no se desarrolla bien en las tierras bajas de vapores cálidos. Su altura ideal es, más o menos, a 400 m. El terreno debe ser rico en nitrógeno y en potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 20 °C y los 30 °C. (otánico, 2017)

Sus pequeñas flores de color rosa y sus frutos crecen de forma inusual: directamente del tronco y de las ramas más antiguas. El fruto es una baya denominada *maraca* o *mazorca*, que tiene forma de calabacín alargado, se vuelve roja o amarillo purpúrea y pesa aproximadamente 450 g cuando madura (de 15 a 30 cm de largo por 7 a 12 de ancho).

Un árbol comienza a rendir cuando tiene 4 ó 5 años. En un año, cuando madura, puede tener 6.000 flores pero sólo 20 maracas. A pesar de que sus frutos maduran durante todo el año, normalmente se realizan dos cosechas: la principal (que empieza hacia el final de la estación lluviosa y continúa hasta el inicio de la estación seca) y la intermedia (al principio del siguiente periodo de lluvias), y son necesarios de cinco a seis meses entre su fertilización y su recolección.

La mazorca tiene una corteza rugosa de casi 4 cm de espesor. Está rellena de una pulpa rosada viscosa, dulce y comestible, que encierra de 30 a 50 granos largos (blancos y carnosos) acomodados en filas en el enrejado que forma esa pulpa. Los granos o habas del cacao tienen la forma de las judías: dos partes y un germen rodeados de una envoltura rica en tanino. Su sabor en bruto es muy amargo y astringente.

### **2.2.1. Tipos de planta de cacao**

La planta de cacao es un árbol pequeño que crece en ambientes tropicales, la planta de cacao normalmente da entre 20 y 30 frutos, llamados vainas y cada vaina contiene entre 20 y 60 semillas de cacao, esta planta de cacao necesita altas temperaturas durante todo el año, lluvias regulares y una atención constante para producir correctamente los granos de cacao, este clima requerido es propio de nuestra selva de alta temperatura durante todo el año y lluvias permanentes.

Podemos encontrar los siguientes tipos de plantas de cacao:

- Forastero: Es la planta principal de cacao utilizada en la producción en masa de las barras de chocolate. Los productores de cacao confían en la resistencia a las enfermedades y en la amplia producción de grano de estas plantas para lograr el cultivo a gran escala que el mercado requiere, ya que además estas plantas son fáciles de cuidar, pues requieren el mínimo mantenimiento y proporcionan a su vez un sabor muy consistente a chocolate, es por ello que las variedades de cacao Forastero, representan el 95 % de la producción mundial de cacao.
- Criollo: Este tipo de plantas de cacao producen un grano que posee un complejo sabor aromático, que es muy apreciado. La planta de cacao Criollo es más difícil de cultivar, ya que está plagado de varias enfermedades. Además, debido a la baja tasa de producción, muchos agricultores han dejado de cultivar esta variedad, lo que hace que aumente el valor de cada grano producido.

- **Trinitario:** La planta de cacao Trinitario es un híbrido de las plantas de cacao Forastero y Criollo. Esta planta surgió en un intento de combinar la resistencia de la planta de cacao Forastero con el sabor de los granos de cacao Criollo, para así poder producir un grano sabroso que sea a la vez más fácil de cultivar, resistente a las enfermedades y apreciado como grano de sabor, por ello se le llama cacao fino o aromático, viene a ser un injerto que proviene de las variedades Criollo y Trinitario, pero que tan sólo representa un 5% de la producción mundial de cacao, por la dificultad en su mantención.

### **2.2.2. La producción de cacao en el Perú**

El Perú es uno de los principales lugares originarios del cacao, posee el 60% de las variedades de cacao del mundo.

El cacao se ha convertido en uno de los ingredientes peruanos de mayor calidad mundial al igual que el café, creando valor agregado en fábricas de chocolate de primera calidad.

El Perú ha sido calificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país en donde se produce y se exporta un cacao fino y de aroma, logrando el 36% de la producción mundial de este tipo.

El cacao peruano ha ganado en los últimos años, premios internacionales siendo reconocido como uno de los mejores del mundo, por tal motivo algunas de las fábricas más exclusivas de chocolate de Suiza, Bélgica y Francia, elaboran sus productos con este cacao peruano. (Cernades, 2016)

Los principales mercados de exportación son Estados Unidos y la Unión Europea (Holanda, Alemania, Bélgica e Italia).

### **2.2.3. Cacao peruano**

- 10 Regiones Productoras
- 90 mil familias cacaoteras
- 136 mil Has de cacao
- 77 mil TM producción de cacao
- 7.5 millones de jornales

- 234 millones de soles en exportación de cacao en grano y chocolate
- 90 % del cacao se exporta
- 2° productor mundial de cacao orgánico

#### **2.2.4. Medidas del cacao peruano**

- Declaración por el MINAGRI “Día del Cacao y el Chocolate” el 1° de octubre.
- El año 2012 el cacao fue declarado Patrimonio Natural de la Nación, reconociéndose al cacao como uno de los cultivos más importantes del Perú.
- El Perú ha sido calificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país en donde se produce y se exporta un cacao fino y de aroma
- Organización del evento nacional: Salón del Cacao y Chocolate
- Promoción del cacao en Ferias Nacionales e internacionales.

#### **2.2.5. Países productores de cacao**

##### **2.2.5.1. África**

La cultura del cacao supone una fuente de ingresos muy importante para muchos de los pequeños agricultores de África, pues la producción principal de cacao se concentra en África del oeste y representa cerca del 70 % de la producción mundial de cacao.

No encontramos aquí grandes plantaciones de cacao, sino que las plantaciones suelen ser unas explotaciones familiares de entre 2 y 10 hectáreas. Además, en este país la demanda de consumo de cacao es muy débil, pues los productores de cacao se dedican esencialmente a la exportación del cacao a los países consumidores de éste. La cosecha de cacao en África se efectúa normalmente entre los meses de septiembre y octubre y puede extenderse hasta enero-marzo.

Según la Organización Internacional del Cacao, los principales países productores de cacao de África son Costa de Marfil, Camerún, Ghana y Camerún. Así, Costa de Marfil es el productor de cacao número uno del mundo. Ghana se sitúa como el segundo país principal exportador de cacao, con un 20% de la producción mundial.

### **2.2.5.2. América Latina/Caribe**

La producción de cacao sudamericana representa cerca del 14 % de la producción mundial de cacao. Según la Organización Internacional del Cacao, los principales países productores de cacao de América Latina y Caribe son Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador y México. Al comienzo del mercado mundial de cacao en el siglo XIX, Brasil era el primer productor mundial, pero actualmente ha sido suplantado por África del Oeste, quedando en el primer lugar de la producción de cacao en América Latina. En América Latina la producción de cacao tiende a variar sensiblemente debido a las condiciones climáticas y a los problemas de parásitos que dañan los cultivos de cacao según la situación geográfica.

En el Caribe, la República Dominicana representa cerca del 2 % de la producción mundial de cacao. Los otros productores son: Haití, Jamaica, Cuba, Trinidad y Tobago, y Granada. (Hidalgo, 2016)

### **2.2.5.3. Asia y Oceanía**

Según la Organización Internacional del Cacao, los principales países productores de cacao de Asia y Oceanía son Indonesia, Malasia y Papua-N.Guinea. Malasia era uno de los principales países productores de cacao desde 1985, pero a partir de los años 1990s fue suplantada por Indonesia. Indonesia ahora representa aproximadamente el 17% de la producción mundial de cacao. Así como en América Latina, la tendencia de la producción de cacao reside en las grandes explotaciones industriales.

## **2.3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CACAO**

Es un cultivo que crece desde los dos mil metros sobre el nivel del mar hacia abajo y en la zona de la selva. Hoy las principales regiones productoras de cacao, en el Perú, están en el Cusco, San Martín, Ayacucho y Junín que representan el 80% del total de la producción nacional.

Sin embargo, en la cuenca del pacífico apareció una nueva zona importante de producción como es Piura. Como explica Vinelli Minagri, Piura se convirtió en una región con un cacao blanco muy reconocido en el mundo por su aroma y exquisito sabor.

El Perú es uno de los principales lugares originarios del cacao, posee el 60% de las variedades de cacao del mundo. El cacao se ha convertido en uno de los ingredientes peruanos de mayor calidad mundial al igual que el café, creando valor agregado en fábricas de chocolate de primera calidad.

El Perú ha sido calificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país en donde se produce y se exporta un cacao fino y de aroma, logrando el 36% de la producción mundial de este tipo. El cacao peruano ha ganado en los últimos años, premios internacionales siendo reconocido como uno de los mejores del mundo, por tal motivo algunas de las fábricas más exclusivas de chocolate de Suiza, Bélgica y Francia, elaboran sus productos con este cacao.

El cacao peruano se cultiva en la parte baja de la vertiente occidental de los andes, y en la selva peruana, entre los 300 y 900 m.s.n.m. siendo las principales regiones donde se cultiva este delicioso grano son y gozan de buena calidad son: Cusco, San Martín, Amazonas, Piura, Ayacucho y Junín, de ellos salen este grano requerido a los principales mercados de exportación del mundo como Estados Unidos y la Unión Europea (Holanda, Alemania, Bélgica e Italia).

El cacao es una fruta de origen tropical que proviene del árbol de cacao y que es el componente básico del chocolate. Las semillas de cacao son las que se utilizan en la elaboración del chocolate, concretamente mediante la extracción de estas semillas de cacao se obtiene dos productos derivados: la pasta de cacao, que es una materia sólida y la manteca de cacao, materia grasa.

Hagamos un repaso de cuáles son los tipos de plantas de cacao y cuáles son los principales países productores de cacao.

### **2.3.1. Morfología de la planta de cacao**

#### **La raíz**

Donde inicia el crecimiento del tronco y se forma o desarrolla el sistema radicular, existe una zona de transición bien definida conocida como cuello de la raíz. En plantas reproducidas por semillas el sistema radicular está compuesto por una raíz principal denominada raíz pivotante o raíz primaria, la cual crece hacia abajo de forma recta.

A partir de la raíz pivotante, inmediatamente debajo del cuello, se desarrollan la mayoría de las raíces secundarias a unos 15 a 20 cm de profundidad en la porción superior de la capa de humus. Éstas se extienden en forma horizontal a 5 y 6 metros del tronco del árbol, con raíces laterales que se dividen repetidamente. Las raíces secundarias que se encuentran en la parte inferior de la raíz pivotante, tienen un crecimiento hacia abajo en dirección a la roca madre o hacia la capa freática.

Las plantas que son reproducidas por medios vegetativos o asexuales no desarrollan raíz pivotante, pero sí raíces primarias y secundarias, de crecimiento horizontal, según se describe en el párrafo anterior.

La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo así como del modo de reproducción. En suelos profundos bien aireados su crecimiento puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su crecimiento es tortuoso. Cuando el suelo es de una estructura granular uniforme y de textura arcillosa, la raíz crece erecta o derecha.

#### **Tallos y ramas**

Las ramas del árbol de cacao, al igual que las de otras especies del género *Theobroma*, son dimórficas:

- Unas son de crecimiento vertical hacia arriba, denominadas ramas de crecimiento ortotrópico, y constituyen el tallo y/o los chupones.
- Otras son de crecimiento oblicuo hacia fuera, denominadas ramas de crecimiento plagio trópico.



Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta.

El cacao tipo Criollo normalmente desarrolla un verticilio de 3 a 5 ramas laterales, las cuales presentan un espacio bien marcado entre sus puntos de origen. En el cacao Forastero las ramas laterales del verticilio salen de un mismo punto. En ambos casos, cuando el árbol llega a adulto, las bases de las ramas laterales forman un solo anillo. Las ramas laterales se desarrollan formando un ángulo de 45°.

La formación de chupones ocurre con frecuencia, emergiendo inmediatamente por debajo del verticilio, formando una nueva horqueta, la cual se repite en esta misma forma unas 4 veces.

## **La hoja**

Durante su formación, crecimiento y estado adulto, las hojas exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación. Generalmente, los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen pigmentación más coloreadas que los del tipo Forastero, los que son de muy poca pigmentación. En todos casos las hojas adultas son completamente verdes, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceolada a casi ovalada, margen entero, nervadura pinada, y ambas superficies glabras. El nervio central es prominente y el ápice de la hoja es agudo. Las hojas están unidas al tronco o a las ramas por medio a los pecíolos, siendo los del tronco más largos que los de las ramas. Las hojas tienen, tanto en la base como en la parte superior, una estructura abultada constituida por un tejido parenquimatoso, cargado de gránulos de almidón, denominada pulvino que, a consecuencia de estímulos de los rayos de luz solar, orientan las hojas mediante movimientos de rotación, buscando posición en relación con sus necesidades de luz.

Los troncos o tallos en su parte inferior solo producen hijos, llamados chupones basales, los cuales pueden producir en la base raíces verdaderas con el mismo hábito de crecimiento de las del tallo principal.

### **La flor**

La flor del cacao es hermafrodita, pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es: S5, P5, E5+5, + G (5). Esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; el androceo conformado por 10 filamentos de los cuales 5 son fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos, dependiendo del genotipo.

La polinización del cacao es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente, en horas de la mañana, la flor está completamente abierta. Las anteras cargadas de polen abren y están viables (disponibles; funcionales) casi inmediatamente por un período aproximado de 48 horas. Esta es la única etapa disponible para la polinización.

### **El fruto**

El fruto del cacao es el resultado de la maduración del ovario de la flor fecundada. En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan; son llamados frutos partenocárpicos. Dentro de su clasificación botánica el fruto de cacao es una drupa normalmente conocido como mazorca. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie.

El color también varía con muchas tonalidades, pero en realidad existen dos colores básicos, el verde y el color rojo. El color verde es específico del cacao Forastero, mientras que los colores rojo y verde están presentes en el Criollo y Trinitario.

Las superficies de las mazorcas se presentan desde lisas hasta fuertemente rugosas, con surcos superficiales o profundos y lomos individuales o pareados.

Dependiendo de la variedad, los Amelonados y Calabacillos son de formas características del cacao Forastero, mientras que las formas Angoleta y Cundeamor son representativas de los tipos Criollo y Trinitario en sus estados puros. Producto de la polinización cruzada ya se encuentra cualquier forma de mazorca en cualquiera de los tipos genéticos mencionados se muestran en las siguientes figuras.



Figura 2.1 Amelonadoa



Figura 2.2 Calabacillo



Figura 2.3 Angoleta



Figura 2.4 Cundeamor

### **La semilla**

El fruto del cacao puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético.

La semilla del cacao es más bien un óvulo del interior del ovario de la flor fecundado y desarrollado, que luego de su desarrollo y maduración constituye la mazorca.

En el cacao tipo Criollo las semillas tienen de 3 a 4 cm de largo, casi ovaladas, alargadas, de color blanco o rosado más bien violeta pálido.

En el cacao Forastero, las semillas tienen de 2 a 3 cm de largo con formas aplanadas, redondeadas y de color violeta púrpura. La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endosperma es

sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y coriácea envuelta en su periferia por una pulpa ácida y azucarada que se llama mucílago.

Las semillas frescas con mucílago o solamente lavadas, si se almacenan pierden su poder germinativo.

La semilla del cacao no necesita un período de reposo para su germinación, que puede ocurrir inmediatamente el fruto alcanza su madurez y el mucílago que la cubre desaparece. Éste tiene sustancias inhibitoras, por lo que no se puede almacenar fresco ni ser sometido a temperaturas extremas que provocarían la muerte del embrión por fermentación o deshidratación. En condiciones óptimas, las semillas inician la germinación en 4 días. (Ambiental, 2017)



Figura 2.5 Mucilago del cacao

### **2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LAS MAZORCAS DE CACAO**

Para las industrias procesadoras, el cacao de calidad es aquel que después de ser debidamente beneficiado, desarrolla plenamente el sabor y aroma característicos del chocolate al ser tostado y procesado. Además de esto, para las fábricas es también de importancia el tamaño del grano o almendra, el contenido de grasa y el porcentaje de

cascarilla. Aunque estos factores están fuera del control del productor, en los cultivos ya establecidos, pueden ser definidos en el momento de seleccionar el material de propagación. Las industrias demandan almendras con pesos superiores a 1 gramo, contenidos de grasas del orden del 55% del peso del grano seco sin cascarilla, y ésta no debe superar el 12% del peso total del grano.

Las características organolépticas pueden ser mejoradas a través de un correcto proceso de beneficio, pues el proceso correcto, contribuye a generar las características físicas y químicas encargados de originar los compuestos precursores del aroma y el sabor del chocolate, atributos sobresalientes en relación con la calidad de la materia prima. De aquí la gran importancia del buen beneficio del grano de cacao para que sea un producto más atractivo en el mercado.

Los siguientes son algunos de los parámetros físicos químicos y sensoriales del grano de cacao utilizado por las industrias transformadoras en el país para su clasificación. (otánico, 2017)

Tabla N° 2.1 Parámetros Físico Químicos y Sensoriales del Grano de cacao

<b>Parámetros</b>	<b>Bajo</b>	<b>Normal</b>	<b>Alto</b>
Porcentaje de Cascarilla	< 11	11 a 12	> 12
Peso del grano (g)	< 1.05	1.05 a 1.12	> 1.2
Porcentaje de Humedad	6 a 6.5	7 a 8	> 8
Porcentaje de Grasa	< 48	52	> 55
pH	< 5.0	5.0 a 5.5	> 5.5
Sabor	Acido	Propio del cacao	Amargo

Fuente: INIAP Lima (2016)

## 2.4. PRECIO DEL CACAO

El Precio del cacao, está regido según la Bolsa de Valores de Nueva York (B.N.Y.).

Toda organización/empresa exportadora, fija sus ventas de acuerdo al precio que en ese momento arroja la B.N.Y., incrementando el valor de su cacao (plus) según la calidad y la certificación que posea, el precio del cacao en el VRAEM ha variado entre estos últimos años, en el 2015 alcanzo a costar a S/ 11.00 el kilogramo, en el 2017 el precio alcanzo a costar S/ 6.50 el kilogramo.

Tabla 2.1 Cacao en grano Precio Mensual - Nuevo Sol peruano por Kilogramo

Mes	Precio	Tasa de cambio
Mayo. 2015	9,76	9,08 %
Junio. 2015	10,24	4,86 %
Julio. 2015	10,59	3,43 %
Agosto. 2015	10,20	-3,70 %
Setiembre. 2015	10,54	3,42 %
Octubre. 2015	10,39	-1,45 %
Noviembre. 2015	11,18	7,56 %
Diciembre. 2015	11,32	1,29 %
Enero. 2016	10,13	-10,49 %
Febrero. 2016	10,20	0,68 %
Marzo. 2016	10,49	2,82 %
Abril. 2016	10,17	-3,11 %
Mayo. 2016	10,31	1,44 %
Junio. 2016	10,33	0,20 %
Julio. 2016	10,07	-2,55 %
Agosto. 2016	10,08	0,14 %
Setiembre. 2016	9,73	-3,54 %
Octubre. 2016	9,17	-5,67 %
Noviembre. 2016	8,43	-8,13 %
Diciembre. 2016	7,81	-7,32 %
Enero. 2017	7,33	-6,12 %
Febrero. 2017	6,62	-9,69 %
Marzo. 2017	6,72	1,43 %
Abril. 2017	6,36	-5,28 %
Mayo. 2017	6,48	1,80 %
Junio. 2017	6,53	0,85 %
Julio. 2017	6,46	-1,06 %

Agosto. 2017	6,45	-0,23 %
Septiembre. 2017	6,49	0,64 %
Octubre. 2017	6,82	5,13 %
Noviembre. 2017	6,90	1,15 %

Fuente International Cocoa Organization Secretariat

## **2.5. COSECHA Y MANEJO DE POST COSECHA DE LA MAZORCA DE CACAO**

El procesamiento del grano por lo general va desde la etapa de cosecha que consiste en la recolección de los frutos o mazorcas maduras, pasando por una serie de etapas como: la partición de la mazorca, extracción de las semillas, fermentación y posterior secado, tostado, descascarado y molienda etc.

### **2.5.1. Quiebre de mazorcas de cacao y separado de granos (semillas)**

Se denomina quiebra a la operación que consiste en partir la mazorca y extraer las almendras las cuales una vez separadas de la placenta, serán sometidas a las diferentes técnicas de fermentación, siempre teniendo en cuenta que el tiempo entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe exceder las 24 horas.

Una vez hecha la cosecha se debe separar las mazorcas sanas de las enfermas, las pequeñas de las grandes y las verdes de las maduras, antes de quebrarlas y extraer las semillas del cacao.

Como práctica generalizada cuando se realiza la cosecha, se determinan varios puntos de acopio dentro de la plantación, en la cual se amontonan las mazorcas. Una vez amontonadas, se debe efectuar la quiebra y de allí transportar las almendras en costales a los fermentadores.

Para realizar la quiebra se utilizan machetes cortos acondicionados especialmente para esta labor. Para ello, se efectúa un corte longitudinal a las mazorcas con sumo cuidado a fin de no cortar las almendras que permanecen adheridas a la placenta, la separación de los granos se realiza a mano, y se aprovecha este momento para desechar granos



enfermos por moniliasis o escoba de bruja que el agricultor lo reconoce por la diferencia de color.

Una alternativa para realizar la quiebra es el uso de un mazo pequeño de madera con el cual se rompen las mazorcas dejando en libertad a las almendras. La ventaja del mismo radica en que no se cortan los granos lo que mejora el rendimiento y calidad del grano de cacao obtenido, ya que este proceso lo realiza un trabajador con experiencia, en caso contrario se dañan las semillas que es una pérdida para el agricultor. (Hidalgo, 2016)

Para la cosecha y quiebra se debe tener en cuenta:

- Comenzar el proceso separando los frutos según el grado de madurez, el tamaño, la afección a enfermedades y daños físicos de animales.
- Proteger las manos del operario con guantes y herramientas seguras, al momento de partir las mazorcas.
- El mazo de madera o el ángulo metálico (foto), le permitirá realizar la labor de manera más segura.
- Eliminar el hilo o placenta del grano (hilo blanco que une los granos a la mazorca), así como los pedazos de cáscaras, hojas y palos de la masa de cacao resultante.
- El cacao debe quedar de un color blanco uniforme, brillante y sin impurezas.
- El cacao en baba se debe colocar en un saco plástico limpio para que el mucílago se conserve el tiempo necesario para llegar al beneficio.
- Los granos pequeños, cortados, planos o pegados, se deben procesar aparte para no darle al cacao un mal aspecto que deteriore la calidad.



**Figura 2.1.** Quiebre de mazorcas de cacao con cuchillo artesanal. Brasil (2017)



**Figura 2.2.** Quiebre de mazorcas de cacao a mano. Brasil (2017)

### **2.5.2. Secado**

Después de la fermentación, las almendras tienen alrededor de 55% de humedad, debe reducirse al 6 - 8 %, que es la humedad en la cual se debe almacenar y comercializar.

Durante ese tiempo, las almendras de cacao determinan los cambios para obtener el sabor y aroma a chocolate.

También en ese momento cambian los colores, apareciendo el color marrón (café), típico del cacao fermentado y secado correctamente. El cacao se puede secar al sol, como en secadoras artificiales.

### **2.5.3. Tostado**

Las almendras de cacao tienen que tostarse para facilitar la eliminación de la cascarilla y para que los precursores del sabor (azúcares, aminoácidos y otros que se forman durante la fermentación) se combinen y transformen para formar los olores y sensaciones típicas del sabor a chocolate y otras notas sensoriales como el floral, frutal y nuez, según el tipo de cacao que se trate.

Sin embargo, cuando el tostado de las almendras se realiza a temperaturas altas o bajas y los periodos de tiempo son cortos o demasiado prolongados, el desarrollo de los perfiles de sabor es afectado favorablemente o por el contrario sufre distorsiones. Los “cacos finos” requieren una torrefacción menos fuerte que los “ordinarios”. Por lo general las habas son tostadas desde 110 hasta 150° C durante 25 a 50 minutos (Hidalgo, 2016)

### **2.5.4. Descascarado**

Como consecuencia del tostado, la cáscara que está adherida firmemente al grano en el cacao crudo, se separa de este, facilitando la operación de descascarado. Esto se realiza en equipos “rompedores”. El cacao y las cáscaras triturados, caen a una zaranda formada por tamices de diferentes calibres donde las cáscaras por su forma y menor peso específico son arrastradas por una corriente de aire, separándose de esta manera el cacao de la cáscara. El cacao triturado libre de cáscara es conocido como NIB.

### **2.5.5. Molienda**

La molienda tiene por objeto reducir el tamaño de las partículas a 75 micras. Por el contenido graso del cacao que es superior al 51 % y por el calor generado por la fricción durante la molienda, el cacao se transforma en una pasta fluida llamada Licor de Cacao.

A partir de esta etapa el licor de cacao, ya está listo para ser empacado, para ser prensado y separarlo de la manteca de cacao, o para ser utilizado como materia prima en la fabricación de chocolates. (Hidalgo, 2016)

## Capítulo III

### **DISEÑO DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO**

El presente trabajo de investigación aborda los detalles del diseño de una máquina despulpadora de cacao para facilitar el trabajo a los pequeños agricultores y de esta forma contribuir en la calidad del cacao e incrementar la productividad de la industria cacaotera.

Las características peculiares del cacao son de mucha importancia para la aplicación de tecnologías que den respuesta a las necesidades reales de los cacaoteros, es por esa razón, que es necesario conocer las propiedades físicas y químicas del cacao en el proceso de post cosecha que contribuye en la calidad del cacao.

Seguidamente se hará un análisis de los requerimientos de usuario así como del diseño, se realizará un despliegue de las funciones de la calidad, se analizará los objetivos, funciones y medios del diseño de la máquina despulpadora. También se realizará los elementos y planos de la máquina.



**Figura 3.1** Avance tecnológico presentado para realizar la quiebra de mazorcas de cacao por el Ministerio El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2017)

El presente trabajo de investigación es el diseño y construcción de una máquina quebradora de mazorcas de cacao para la separación de granos de cacao de sus mazorcas, de uso en la agricultura en la post cosecha del cacao. Se diseñó una máquina de quebradora de mazorcas de cacao de escala semi-industrial; por las propiedades físicas y químicas ya estudiadas. Luego realizamos un ajuste en el corte para las mazorcas de cacao para que no dañe los granos, de esta manera abarcamos a los demás variedades de cacao como son: CCN, VRAE-15, CRIOLLO, COMUN, etc; y no tener que diseñar para cada variedad.

El presente trabajo aborda los detalles del diseño de una máquina quebradora de mazorcas de cacao para facilitar el trabajo al pequeño agricultor y de esta forma incrementar la productividad de la industria cacaotera. (Gimenes, 2006)



**Figura 3.1**

La figura presenta una máquina quebradora de mazorcas de cacao, utilizada en las haciendas de Brasil. (2017)

### **3.1. GENERALIDADES DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO**

La separación de granos de cacao de sus mazorcas, constituye una de las operaciones unitarias más importantes en la actualidad, ya sea en el campo de la agricultura de la post cosecha y en ámbito industrial. Son equipos que utilizan el principio de balance de materia.

En ese contexto, el trabajo de investigación tiene como objetivo la construcción de una máquina quebradora de mazorcas de cacao basado en el fundamento de un balance de materia y evaluar experimentalmente la performance del funcionamiento del equipo.

Los separadores de granos de sus cascara, pueden estar en la industria alimentaria, farmacéutica, etc. Se puede decir que su uso está justificado en la separación de solido-solido, ya sea la materia más importante a recuperar sea los granos, las cascara o ambas, aprovechando las propiedades de transferencia de masa, separación de solido-solido, etc.

El dominio de la metodología de separación de granos de su cascara implica conocer los fundamentos teóricos de balance de materia, que tiene lugar en su interior, como también las características de transferencia de masa; además de la determinación de las pérdidas de carga por parte del corte y separado del grano de sus cascara.

Textos consultadas; señalan que el diseño de corte preciso del cacao y separación del grano y sus cascaras se basa principalmente en la experiencia y en los datos de operación que han sido adquiridos experimentalmente por los fabricantes de durante muchos años de trabajo. (Urrutia, 2009)

A continuación, se listan los elementos internos y externos del equipo.

- Tubos cuadrados internos
- Carcasa
- Banda transportadora
- Discos de corte
- Trommel (Separador rotatorio, forma cilíndrica)
- Engranajes
- Caja reductora
- Motores de 2 a 4 HP
- Fajas
- Poleas
- Accesorios
- Neumáticos
- Ejes metálicos
- Crucetas
- Planchas metálicas
- Soporte, etc.

### **3.2. SELECCIÓN DE SISTEMAS PARA LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO**

Para el presente estudio se ha seleccionado el diseño y construcción de una faja transportadora metálica o cadena de acero inoxidable, ya que estará expuesta al medio ambiente y con productos ácidos que es el cacao, discos de cortes de acero inoxidable, para que puedan cortar las mazorcas de cacao sin dañar los granos que también estará expuesta al medio ambiente y contacto directo con el cacao y el Trommel de acero inoxidable que es un separador rotatorio de los granos de cacao de sus mazorcas,

soportan las presiones y temperaturas del medio en que se va a utilizar, su procedimiento de diseño y técnicas de fabricación están bien establecidas; pues estos equipos poseen una tecnología de buen rendimiento y trabajan con amplio rango de transporte y separaciones. (Perry, 1998)

### **3.3. SELECCIÓN DEL TIPO DE BANDA TRANSPORTADORA**

#### **3.3.1. La banda transportadora**

Las bandas y rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada. Se han inventado muchas formas para el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos, pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas y rodillos transportadores, ya que estos elementos son de una gran sencillez de funcionamiento y una vez instalados en condiciones normales suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palés, permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario (PERRY, 1996)

#### **Características generales**

Las bandas transportadoras son dispositivos para el transporte horizontal o inclinado de objetos sólidos o material a granel cuyas dos ventajas principales son:

- Gran velocidad
- Grandes distancias

La Figura 3.1 muestra un esquema general de una cinta transportadora. En él se pueden ver los distintos elementos que componen una banda. (PERRY, 1996)



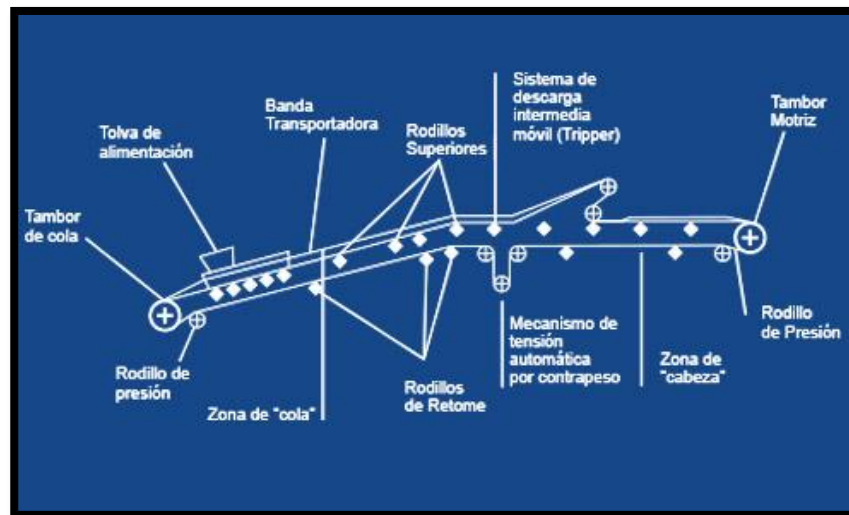


Figura 3.1. Esquema de una cinta o banda transportadora

### 3.3.2. Bandas de PVC

Se denominan cintas fijas aquéllas cuyo emplazamiento no puede cambiarse. Por el contrario, las bandas móviles están provistas de ruedas u otros sistemas que permiten un cambio fácil de ubicación. Generalmente se construyen con altura regulable mediante un sistema que permite variar la inclinación de transporte.

### 3.3.3. Bandas metálicas

Los transportadores pueden ser de construcción de acero o de aluminio. Los transportadores de aluminio son muy ligeros, portables e ideales para montajes temporales. Los transportadores de acero se utilizan principalmente para sistemas más permanentes debido a su gran capacidad de carga. (CONMECA, 2017)

## 3.4. SELECCIÓN DE CORTADORA DE MAZORCAS DE CACAO

### 3.4.1. Trituradora

Una trituradora, chancadora o chancador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original. Chancadora es un dispositivo diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante

el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

Si se trata de una máquina agrícola, tritura, machaca y prensa las hierbas, plantas y ramas que se recogen en el campo. También se puede emplear para extraer alguna sustancia de los frutos o productos agrícolas, rompiendo y prensándolos.

Si se trata de una máquina empleada para la minería, la construcción o para el proceso industrial, puede procesar rocas u otras materias sólidas. (CONMECA, 2017)

### **3.4.2. Discos de corte**

Los discos de corte abrasivos son muy usados para seccionar todo género de piezas de diversas formas; generalmente es una forma económica de hacer un corte y en algunos casos es la única forma de poder cortar un material. De cualquier modo, los costos relacionados con este proceso pueden ser reducidos en la mayoría de los casos.

Los resultados de un proceso investigativo pueden ser resumidos en seis reglas básicas, que si se tienen en cuenta, ayudan a reducir los costos de operación por corte en seco.

Use el grano más grueso y la mayor dureza del disco, de tal forma que produzca un resultado aceptable.

Hay muchas operaciones en donde el único requisito es que la pieza sea cortada sin importar la calidad del corte. Para este uso, utilice un grano grueso y un disco duro. Los granos gruesos (esto es, como el 24 o 30), producirán virutas grandes y corte rápido en muchos casos, obteniéndose un bajo costo por corte.

El calor producido cortando con granos gruesos es menos probable que llegue a niveles de temperatura que afecten la liga del disco, lo cual reduce el gasto del mismo. El mayor contenido de liga en los discos retiene los granos más tiempo para que el abrasivo disponible sea utilizado eficazmente.

Si la calidad del corte no es aceptable, cualquiera de los siguientes cambios puede reducir comúnmente el grado de quemado de la pieza de trabajo:

- Utilice un disco de grano más fino y/o cámbielo por uno de grano más friable.
- Utilice un disco con menor grado de dureza.
- Aumente el avance de corte.
- Reduzca la velocidad del disco (en caso de ser posible y sin introducir efectos no deseados). (CONMECA, 2017)

## **3.5. SELECCIÓN DE SEPARADOR DE GRANOS DE CACAO DE SUS CÁSCARAS**

### **3.5.1. Trommel**

Separador rotatorio. El material se carga en un tambor enrejado, ligeramente inclinado, y se criba por efecto de la rotación del cilindro. (Alibaba.com, 2017)

### **3.5.2. Tamizado**

La tamización es un método físico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaños diferentes. Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, criba o colador. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las de mayor tamaño quedan retenidas por el mismo. Un ejemplo podría ser: si se saca tierra del suelo y se espolvorea sobre el tamiz, las partículas finas de tierra caerán y las piedras y partículas de mayor tamaño de la tierra quedarán retenidas en el tamiz o colador. De esta manera se puede hacer una clasificación por tamaños de las partículas.

Es un método muy sencillo utilizado generalmente en mezclas de sólidos heterogéneos. Los orificios del tamiz suelen ser de diferentes tamaños y se utilizan de acuerdo al tamaño de las partículas de una solución homogénea, que por lo general tiene un color amarillo el cual lo diferencia de lo que contenga la mezcla. (PERRY, 1996)

### **3.6. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO**

- El buen funcionamiento de las fajas transportadoras se basa principalmente en el traslado de la materia prima.
- El buen funcionamiento y posición de los discos que van a cortar las mazorcas de cacao.
- El buen funcionamiento del trommel que es un buen separador rotatorio cilíndrico.
- El equipo es de uso de la agricultura post cosecha del cacao, por lo tanto se considera las dimensiones (largo, ancho y altura); para tener buena practicidad de traslado y fácil uso de los usuarios.
- Un buen rendimiento y de fácil ensamblaje, mantenimiento y limpieza de las piezas.
- Utilizar la mínima cantidad de materiales para no elevar los costos y realizar la limpieza sin problemas.
- Que trabaje con 604.8 kg/hora en recuperación de granos de cacao (semilla), en promedio.
- Utilizar los mecanismos de creatividad y consultas a docentes que tengan experiencia en la materia para realizar modificaciones en los procedimientos de diseño para mejorar, la eficiencia del equipo, los costos de materiales, la practicidad y la presentación del equipo.

#### **3.6.1. Metodología de diseño**

Para diseñar una maquina quebradora de mazorcas de cacao es necesario conocer las características de las mazorcas de cacao y sus granos como: dimensiones, masa, volumen, espesor para conocer la masa que ingresa al igual que la salida. En forma similar debe conocerse las propiedades físicas del cacao y las condiciones de operación.

La metodología de diseño se estructura de acuerdo a la siguiente secuencia de cálculos:

- Acopio de las propiedades físicas de las mazorcas del cacao y sus granos.
- Balance de materia y energía.
- Caracterización y selección de materiales.
- Cálculo de masa en la entrada al igual que la salida.
- Cálculo de las dimensiones del equipo.

- Otros diseños internos.
- Soporte de equipo (estructura)

### 3.6.2. Propiedades físicas de las mazorcas de cacao y su grano (semilla)

Es necesario contar con las diversas propiedades físicas de las mazorcas de cacao y sus granos, los cuales serán empleados en las diversas ecuaciones que permite hacer el dimensionamiento del equipo.

Estas propiedades se muestran en la tabla 3.1 que representan las propiedades físicas del cacao.

Tabla N° 3.1

Características físicas de las mazorcas de cacao y sus granos (datos promedio).

<b>MATERIA</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Espesor de cascara del cacao (cm)</b>	<b>Peso promedio (kg)</b>
Mazorcas de cacao	10	20	1	0.6
Granos de cacao	1.5	3	-----	0.18

Fuente: Elaboración propia

(\*) Para fines de diseño se requiere una estimación de las dimensiones de la mazorca de cacao y sus granos, para realizar los cálculos correspondientes en el procedimiento.

### 3.7. CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL DISEÑO

El diseño de una máquina quebradora de mazorcas de cacao se lleva a cabo mediante un conjunto de cálculos relacionados mayormente en balance de materia y otros cálculos para el cual se requiere contar con un conjunto de información que a continuación se describe. Las principales propiedades físicas del cacao se describen en la tabla 3.1.

Las condiciones de alimentación y las condiciones a las que se quieren llevar la máquina quebradora de mazorcas de cacao están dadas por:

- El corte de cacao es necesario para su vaciado, se ha determinado experimentalmente a partir de un día de trabajo de una persona hecho en campo. Los datos obtenidos del experimento se da como resultado del experimento obtenemos 240 a 250 kilogramos por día.
- La cantidad de mazorcas de cacao que ingresa a la máquina es de 42 mazorcas por minuto (33 kg) la cual se da en la alimentación.
- La salida solo se recupera los granos de cacao (10 kg) por minuto, haciendo 604.8 kg/h.
- La salida de la cascara de cacao o mazorcas quebradas de cacao es de 23 kg/min.
- Las condiciones de operaciones fijadas como parámetro para el diseño se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3.2

Condiciones de operación de alimentación y salida de mazorcas de cacao y sus granos

Operaciones	Proceso de operación en tiempo (teórico)	
	kg/min	kg/h
<b>Alimentación a la máquina</b>	30	1470
<b>Obtención de granos</b>	10.5	604.8
<b>Obtención de cáscara</b>	14	840

Fuente Elaboración propia

### **Especificación para el diseño de la maquina quebradora de mazorcas de cacao**

Consideraciones para el diseño de una maquina quebradora de mazorcas de cacao equivalente al estándar, son los siguientes:

- Cuatro tubos cuadrado galvanizado de 1.5 x 1/8"
- Dos discos de acero inoxidable de ¼" x 12

- Cuatro resortes
- Un motor a gasolina de 4 HP
- Dos fajas de 117" y una faja de 28"
- Un eje de ½" de 15 cm, un eje de ½" de 68 cm
- Un juego de cruceta de ½"
- Una de caja reductora de 2600/43 60RPM
- Dos cadenas transportadoras de acero inoxidable de 3 m cada uno.
- Dos engranajes planos para la cadena.
- Dos discos guías para la cadena.
- Cuatro engranajes cónicos.
- Pernos.
- Una plancha de acero inoxidable perforada de 120x244 cm 1250 agujeros.
- Doce chumaceras de ½"
- Tres platinas de acero inoxidables 5/64" de 120 cm de largo y 10 cm de ancho.
- Un tubo de ½" de acero inoxidable.
- Dos poleas de 3" y una polea de 11"
- Cuatro rodajes acerados.
- Dos llantas y muelles.

### **3.8. CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO**

Los elementos a considerarse la faja transportadora, el disco de corte, trommel, soportes y otros accesorios.

#### **3.8.1. Selección de motor a usarse**

Ya que la máquina estará en uso en el campo, allí no se cuenta con fluido eléctrico, por lo cual se adquirió un motor a gasolina para que pueda usarse en cualquier parte del campo sin necesidad de la electricidad.

- **Cálculo de potencia de motor a usarse**

### HP del motor a usarse

m = masa (kilogramos), engranajes, ejes, trommel, masa de mazorcas de cacao, banda transportadora y poleas.

g = gravedad (9.8m/s<sup>2</sup>)

h = altura (metros) de la banda transportadora del inicio al final.

t = tiempo (segundos) del engranaje principal en una vuelta.

w = watts (746) = 1HP

$$\frac{m \times g \times h}{t} = W$$

Fuente: Industrias Tecnologías Motor (Lima)

m = 150 kg

g = (9.8m/s<sup>2</sup>)

h = 0.2

t = 0.5s

$$Potencia = \frac{150 \times 9.8 \times 0.5}{0.51} = 1441.18 w$$

### Convirtiendo en HP

746 watts = 1 HP

HP = 1.93 = 2





### Especificaciones técnicas del motor

Motor YAMAHA de 4 tiempos de 4.5 HP. Máxima potencia a 3600 rpm, 171 cm<sup>3</sup>, mono cilíndrico, enfriado por aire, OHV (válvulas en la culata), arranque manual, filtro de aire semi-cyclone (doble), especial para trabajo forzado.

Tabla 3.6 especificaciones del motor

Máxima potencia	4.0KW(4.5HP)/3600rpm
Potencia de régimen	3.3KW(3.5HP) 2600rpm
Par máximo	10.8N-m/2,500rpm
Capacidad de tanque combustible	4.5L
Peso neto	16kg
Dimensiones(largo/ancho/alto)	315x352x370mm
Tipo	Motor a gasolina refrigerado por aire de 4 tiempos y con válvulas en cabeza
Consumo de combustible	285g/Kw-h(210g/hp-h)

Fuente Yamaha motor Lima (2017)

### Revoluciones de la caja reductora y motor

El motor trabaja en mínimo a 2600 RPM conectado por una polea a una caja reductora de salida 60RPM.

La caja reductora está conectada a todo el sistema de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

#### 3.8.2. Selección de la faja transportadora

Las fajas transportadoras son de diferentes materiales para distintos tipos de trabajo.

En nuestro caso utilizaremos una faja transportadora de acero inoxidable ya que se trata de alimento que es el cacao.

#### Conexión de engranajes con la cadena

Los 6 engranajes giran 60 veces en un minuto.

Conexión de engranaje con la cadena.

Engranaje de 14 dientes y la cadena de 60 dientes.

Salida de la caja reductora es igual a 60 RPM

$$N^{\circ} \text{ de dientes} / \text{min} = 60 \times 14 = 840$$

Número de dientes de la cadena es 60

Calculando la cantidad de vueltas de la banda transportadora (cadena) en un tiempo de 1 minuto.

$$N^{\circ} \text{ vueltas} / \text{min} = \frac{840}{60} = 14$$

Tabla 3.3 Conexión de la banda transportadora (cadena) con los engranajes,

	<b>N° dientes</b>	<b>tiempo</b>
<b>Engranaje</b>	14	840 dientes/min
<b>Banda transportadora</b>	60	14 vueltas/min

Fuente Elaboración propia

**Calculando la alimentación de mazorcas de cacao a la banda transportadora**

Posiciones para cada cacao cada 20 eslabones entonces tengo 60 eslabones.

Calculamos.

$$N^{\circ} \text{ mazorcas} / \text{vueta} = \frac{N^{\circ} \text{ eslabones de la banda transportadora}}{N^{\circ} \text{ de eslabones para cada cacao}}$$

$$N^{\circ} \text{ mazorcas} / \text{vueta} = \frac{60}{20} = 3$$

La banda transportadora hace 14 vueltas/min

Cálculo de cantidad de mazorcas de cacao en un tiempo de 1 minuto.

$$\text{mazorcas} / \text{min} = 3 \times 14 = 42$$

Cálculo de cantidad de mazorcas de cacao en un tiempo de 1 hora.

$$N^{\circ} \text{ mazorcas} / \text{h} = 42 * 60 = 2520$$

**Masa promedio de una mazorca de cacao promedio 0.6 kg**

$$m(kg) \cong N^{\circ} \text{ mazorcas}$$

$$1512 \text{ kg} \cong 2520$$

Después de separar 1512 kg/h mazorcas de cacao se debe obtener 604.8 kg/h grano (semilla). Con referencia a la caracterización del rendimiento de las mazorcas.



Figura 3.2 Banda transportadora de acero inoxidable

En el mercado nacional podemos encontrar diferentes medidas y dimensiones de bandas transportadoras en acero inoxidable, como podemos observar en la siguiente tabla.

Tabla 3.4 Características de cada eslabón de la banda transportadora.

CARACTERÍSTICAS DE UN ESLABON			
Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Eslabones
3	36	66	60

Fuente Industrias León Lima (2017)

### 3.8.3. Selección de disco de corte

Los discos de corte son de diferentes materiales para distintos tipos de trabajo.

En nuestro caso utilizaremos dos discos de corte de acero inoxidable, en el mercado nacional podemos encontrar de diferentes medidas, como podemos observar en la siguiente tabla.

Cada disco debe ingresar 16 mm de profundidad para hacer un corte a la mazorca de cacao sin dañar las semillas o granos de cacao.

Tabla 3.5 Dimensiones de los discos de corte en acero inoxidable.

DIMENSIONES DE CADA DISCO			
Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Radio (mm)	Nº Discos
6	330	165	2

Fuente Elaboración propia

### 3.8.4. Selección separador de granos de cacao de sus mazorcas

Los separadores de granos de sus mazorcas son de diferentes formas, por lo cual nosotros elegimos un trommel que es un separador de cilindro perforado rotatorio, obteniendo en el mercado con las medidas deseadas, como se puede observar en la siguiente tabla.

#### Vueltas del trommel

Polea de 11 pulgadas = 27.94 cm

Radio de la polea 13.97 cm

Perímetro de la polea =  $\pi D = 3.14 \times 27.94 \text{ cm} = 87.7316 \text{ cm}$ .

Perímetro del trommel = 244 cm

$$N^{\circ} \text{ vueltas del trommel} = \frac{60 \times 87.73}{244} = 21.57$$

$$N^{\circ} \text{ vueltas del trommel} = 21.57 \text{ PM.}$$

### **Cálculo de perforaciones para el trommel**

Fórmula para determinar el % de área perforada.

$$\% \text{ de area} = \frac{D^2 * 90.69}{T^2}$$

Fuente Industrias Perfometales Lima (2017)

D=diámetro del agujero a ser perforado en milímetros (mm).

T=distancia de separación del centro de agujero a agujero en milímetros (mm).

$$D = 50.88 \text{ mm}$$

$$T = 55.88 \text{ mm}$$

$$\frac{50.88^2 \times 90.69}{55.88^2} = 74.87\%$$

*74.87% sera perforado*

*25.13 % quedara la plancha*

Calculando el número de agujeros que se hará en la plancha.

Área de la plancha a ser perforada.

$$A = \text{ancho}$$

$$L = \text{largo}$$

$$A = 120 \text{ cm}; L = 244 \text{ cm}$$

$$\text{área} = A.L = 120 \times 244 = 29280 \text{ cm}^2$$

*29280 cm<sup>2</sup> es el area al 100%*

*entonces el 74.87% cuantos cm<sup>2</sup> será*

$$\frac{29280 * 74.87}{100} = 21921.936 \text{cm}^2$$

Radio del agujero a perforar = 2.54cm

Hallando el área de un agujero.

$\pi = \text{pi} = 3.14$

r = radio

$$\text{área} = \pi * r^2$$

$$\text{área} = 3.14 * 2.54^2 = 20.258 \text{cm}^2$$

Si un agujero tiene un área de 20.258cm<sup>2</sup> entonces cuantos agujeros ocupara un área de 21921.936 cm<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de agujeros} &= \frac{21921.936}{20.258} = 1082.13722 \\ &= 1082 \text{ agujeros a perforar.} \end{aligned}$$

$$\text{Cantidad de agujeros} = 1082.$$

Tabla 3.5 Dimensiones del cilindro rotatorio (trommel)

<b>CARACTERÍSTICAS DEL TROMMEL</b>					
<b>Espesor (mm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Radio (mm)</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Perforaciones (cantidad)</b>	<b>Radio agujero (mm)</b>
3	777.07	388.54	1200	1082	25.4

Fuente Elaboración Propia

### 3.8.5. Selección de estructura

La estructura que se utiliza es de fierro galvanizado de 3mm de espesor 1.5 pulgadas de ancho, ya que estará en constante movimiento tanto en el trabajo como en su traslado y que soporte al clima tropical donde este labora.



Figura 3.3 Estructura utilizado en las partes de la máquina.

# CAPÍTULO IV

## CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO

### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD

La máquina quebradora de mazorcas de cacao diseñada está constituido por las siguientes partes:

- Un motor
- Una caja reductora
- Bandas transportadoras
- 2 Discos (cuchillas)
- Un separador de granos de cacao de sus cascara
- Receptor de granos
- Dos llantas.

Varias partes mencionados de la máquina quebradora de mazorcas de cacao no necesariamente fueron construidas, si no que se adaptaron y acondicionaron objetos de diferente material según el diseño ya establecido.



## **4.2. DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO**

Una vez culminado los cálculos de las diferentes partes que conforman el equipo se elaboran los planos de diseño; donde se incluye el plano del equipo completo montado en su estructura de soporte, y mantener la distancia para la recepción del grano.

Los materiales se adquieren de acuerdo a la disponibilidad del mercado. Siguiendo los planos de construcción se procede al cortado, soldado, rolado de las partes que requieren tomar la forma cilíndrica, acondicionamiento de accesorios de conexión, separación del grano de cacao y mazorcas del cacao, banda transportadora, discos de corte y la adecuación de los engranajes.

Los planos de los diferentes partes del equipo se muestran en el Apéndice

## **4.3. SELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Para la selección de materiales se ha tomado en cuenta los siguientes factores: Disponibilidad de materiales y costos. El proceso completo de la máquina quebradora de mazorcas de cacao que tiene por objetivo que viene hacer la separación de granos de cacao de sus mazorcas, lo cual se requirió materiales resistentes a la corrosión y al trabajo de constante movimiento, y evitando a la contaminación de los granos de cacao.

La materialización del equipo está dirigido para uso en campo de la agricultura en post cosecha del cacao (separación de granos de su cascara), es por esta razón que la adquisición de los materiales deben ser accesibles y económicos.

## **4.4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS PARTES**

### **4.4.1. Construcción de la Banda transportadora**

Las bandas transportadoras se ha construido de un material de acero inoxidable, con una inclinación tanto horizontal y vertical con un arranque del mismo tiempo para que estas puedan transportar el cacao, al mismo la separación de las bandas están calculadas para

que encaje los diferentes tipos de cacao y realizar una distribución equitativa para el correcto funcionamiento del equipo.

Para tener un mejor transporte de la mazorca de cacao, se adaptó pequeños tacos cada cierta distancia para que el cacao no resbale y esta sea transportada hasta los discos de corte. De esta manera aseguramos un transporte adecuado hasta la llegada hacia los discos de corte para las pruebas experimentales que realizaremos en el capítulo VI.



Figura 4.1 Bandas transportadoras de mazorcas de cacao.

#### **4.4.2. Construcción de los discos de corte**

Según el diseño establecido, se utilizó dos discos de corte de acero inoxidable de 13 pulgadas de diámetro y se diseñó con un ángulo de inclinación de  $12^\circ$  obteniendo así los discos iguales en las uniones de los puntos céntricos del diámetro del disco.



Figura 4.2 Discos de corte.

#### **4.4.3. Acoplamiento del motor a gasolina a la caja reductora**

Para poder reducir las revoluciones del motor tuvimos que acoplar una caja reductora por medio de una faja, ya que el equipo es de uso en la agricultura, la cual se acondicionó para incorporar los accesorios de conexión para que rotara el trommel establecido en el apéndice.

Se instalaron poleas de aluminio para su conexión de motor a faja. Según se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.3 Faja que conecta el motor y la caja reductora.

#### **4.4.4. Separador rotatorio de forma cilíndrica (trommel)**

Para la construcción del trommel se mandó hacer perforaciones de medidas ya calculadas para que no puedan mezclarse la cáscara con los granos.

- Se hizo perforaciones de dos pulgadas de diámetro para cada perforación.
- Se perforó 1080 agujeros ocupando más del 70% del área de la plancha.
- Se le puso tres rayos de media pulgada y un eje de media pulgada, para la salida de las cáscaras.
- Se le acondicionó tres platinas del mismo material para su traslado de la cáscara.
- Se le acondiciono un aro de media pulgada al perímetro del trommel en la entrada.
- Seguidamente se procedió a soldar todas las piezas mencionadas.
- Para la rotación del trommel se acoplo en la entrada con 4 rodajes en la base de la entrada del trommel y un chumaseo en la salida del trommel conectada al eje.

- Se acopló tapas en el trommel para que los granos de cacao no salgan disparados fuera el trommel
- Se le acondiciono un receptor para los granos de cacao.

Según se muestra en la siguiente figura el separador rotatorio y con receptor de granos de cacao.



Figura 4.4 Separador rotatorio (trommel)





Figura 4.5 Rodajes en la base de la entrada del trommel.

#### **Llantas y muelles de la máquina quebradora de mazorcas de cacao**

Para su traslado de la máquina quebradora de mazorcas de cacao era necesario ponerle llantas y muelles para que amortigüe correctamente el peso en su traslado ya que la máquina está por encima de los 100 kilogramos.

Según se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.6 Llantas de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.



Figura 4.7 Soportes de la llanta.

#### 4.4.5. Construcción del Soporte de la máquina

La estructura del soporte es de material de fierro galvanizado y está diseñada con la finalidad de sostener todo el peso del equipo incluso cuando esté en pleno funcionamiento, ya que puede alcanzar un peso de hasta 300 kilogramos.

Para tener una practicidad en la manipulación del equipo se construyó el soporte de forma que se pueda ensamblar. Según se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.8 Estructura completa de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

# CAPÍTULO V

## EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA QUEBRADORA DE MAZORCAS DE CACAO

### 5.1. ASPECTOS MECÁNICOS

#### 5.1.1. Prueba y ajuste mecánico

Esta prueba experimental se llevó a cabo en el VRAEM en las comunidades nativas de Sirenachayocc y Manitea baja, ambas comunidades pertenecientes al distrito de Kimbiri La convención- Cusco, cuyas condiciones de operación están regidas por la zona tropical del valle.

Una vez que se ha montado el equipo, se lleva a cabo la prueba mecánica que tiene por finalidad separar los granos de cacao de sus mazorcas a través de diferentes procesos. Esta prueba consiste básicamente en poner en funcionamiento todo el equipo, observando el correcto recorrido de la mazorcas de cacao.

Además, permite evaluar la resistencia de la estructura, banda transportadora, discos de corte y el trommel con la fuerza y carga que hará la máquina.

Los resultados de la aplicación mecánica, se confirma que la maquina quebradora de mazorcas de cacao, soporta la fuerza y la carga un 10 % más, por la resistencia de los materiales.



### **5.1.2. Condiciones de operación para las pruebas experimentales de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.**

Las pruebas realizadas para la máquina quebradora de mazorcas de cacao, se llevaron a cabo para diferentes variedades de cacao. Los primeros días de resultado se ha obtenido muestras en que los discos de corte no llegan a su objetivo y el trommel tiene demasiada inclinación, motivo por el cual salen las mazorcas junto con los granos, por lo cual se tenía que hacer ajustes en los resortes para que esta pudiera llegar a cortar las mazorcas de cacao y a la vez encontrando la inclinación adecuada del trommel que es de 1° de inclinación para el separado del grano de cacao de su cascara.

Los campos donde se realizó las pruebas se tuvo problemas ya que la máquina tiene un peso más de 150 kilogramos, por lo cual fue necesario acoplar llantas con sus respectivos muelles ya que el terreno no es homogéneo por tener pequeñas pendientes.

### **5.1.3. Traslado de la máquina quebradora de mazorcas de cacao a diferentes partes de la parcela a trabajar**

El traslado de la máquina para diferentes parcelas es complicado por lo cual se tuvo que hacer soportes para poder enganchar a un vehículo ya sea camioneta o una moto carguero.

Esta adición facilita el fácil traslado sin necesidad de un personal.



Figura 5.1 Máquina quebradora sin neumáticos

## **5.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo encontraremos las pruebas experimentales del transporte del cacao, corte de las mazorcas de cacao y separación de los granos de sus mazorcas de cacao de variedad injertos como CCN. Luego realizaremos para las demás variedades como: Chunchu, Vrae 15, común, etc. Además, demostraremos el funcionamiento correcto del equipo en los diferentes lugares de producción de cacao, llegando de esta manera a todas partes donde se practica la agricultura del cacao en el Perú.

### **5.2.1. Pruebas experimentales máquina quebradora de mazorcas de cacao**

A continuación, se presenta una lista de las pruebas experimentales:

- Recorrido del cacao en la banda transportadora.
- Profundidad de corte en las mazorcas de cacao.
- Cantidad de masa con la que puede trabajar la máquina.
- La separación de los granos de cacao de sus mazorcas en el trommel.
- Recepción de los granos de cacao.
- Salida de las cascaras de cacao.
- Traslado a diferentes partes de la parcelas.

### **5.2.2. Recorrido del cacao en la banda transportadora**

Se llevó acabo esta prueba experimental con 20 kilogramos de mazorcas de cacao. Que inicia la banda transportadora a 15 RPM, tomando datos del transporte de cada cacao cada cierto tramo y después terminar todas las mazorcas de cacao, hasta repetir nuevamente con 40 kilogramos, 80 kilogramos, progresivamente cuyo detalle se muestra en la tabla 5.1

La prueba experimental se realizó en la comunidad de Sirenachayocc.

Tabla 5.1 Pruebas realizadas con las mazorcas del cacao.

Masa (kg)		
Entrada	salida	
Mazorcas de cacao	Granos de cacao	Cáscara de cacao
20	7	13
40	16	24
60	23	37
80	33	47

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Comparación de producción de granos de cacao (PERSONA- MÁQUINA)

Tabla 5.2 Pruebas de masa con respecto al tiempo.

Tiempo de trabajo (horas)	Granos de cacao o semillas (kg)	
	Producción a mano por una persona	Producción de Máquina
1	30	475
2	65	980
3	95	1450
6	170	2850
8	230	3830

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.1 Comparación de masa de granos de cacao de hombre vs máquina en horas.

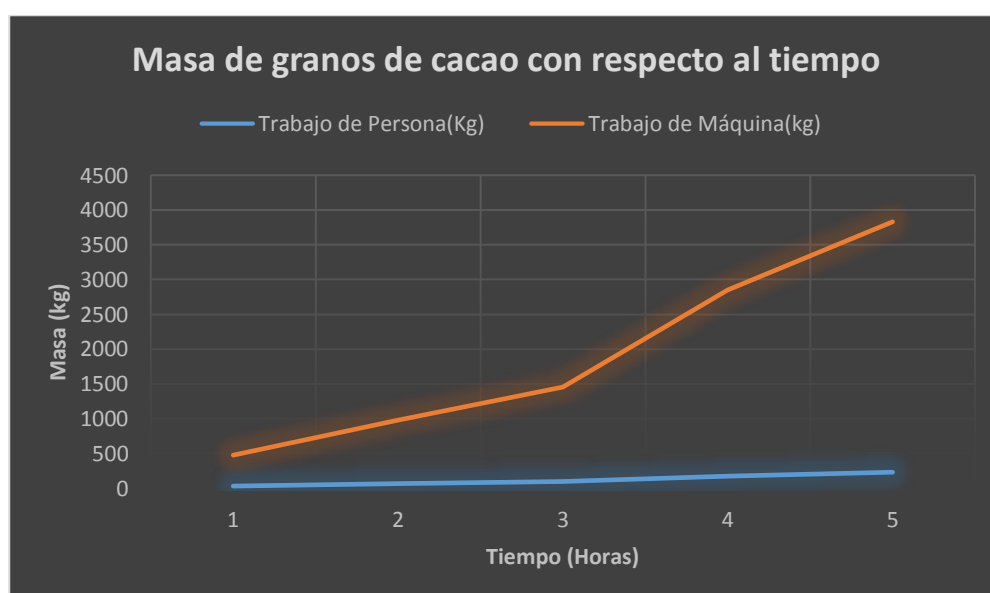
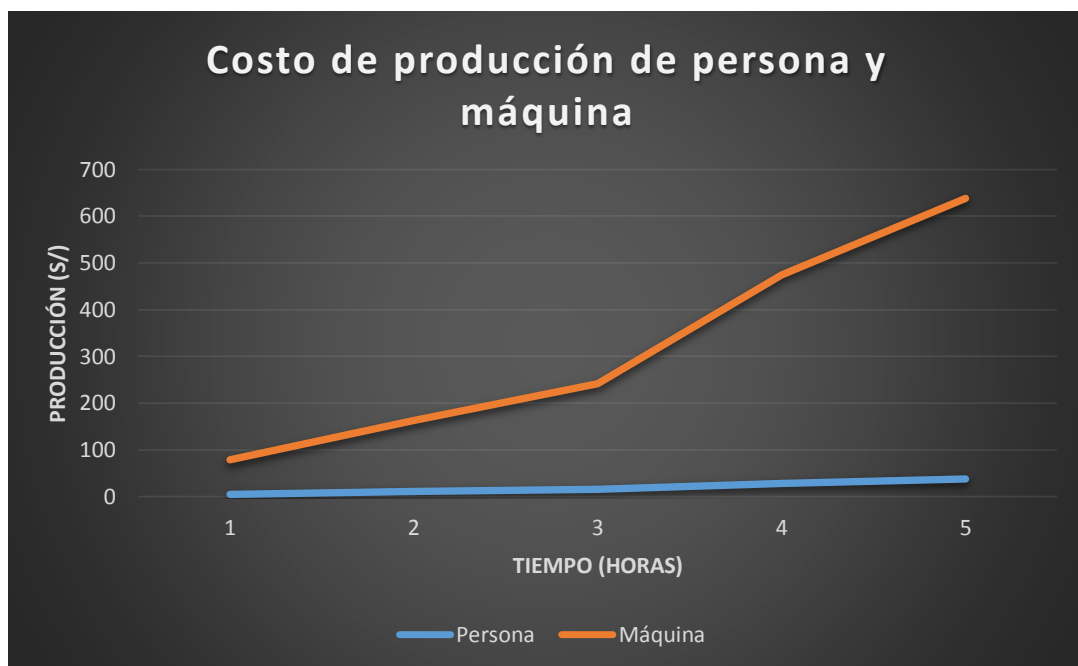


Tabla 5.3 Pruebas de costo de producción a mano de una personas y máquina

Tiempo (horas)	Costo de producción de granos de cacao (soles)	
	Persona	Máquina
1	5	79
2	11	163
3	16	242
6	28	475
8	38	638

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.2 Comparación de producción de granos de cacao de costo en sol de hombre vs máquina



## 5.2.4. Balance de materia

$$\text{MAZORCAS DE CACAO} = \text{GRANOS} + \text{CÁSCARA} + \text{PLACENTA}$$

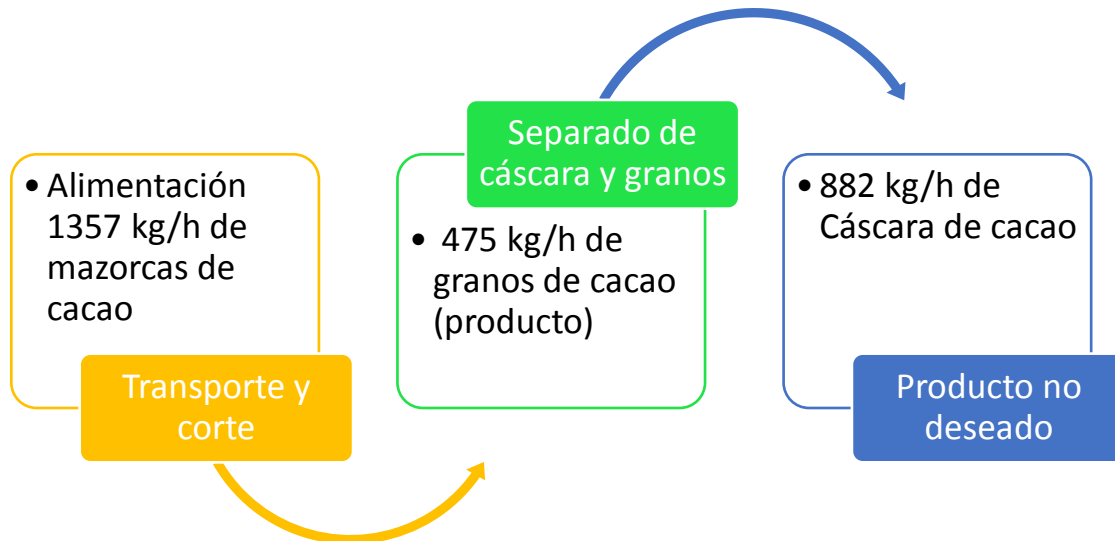


Figura 5.2 Diagrama de bloques de Balance de Materia

A continuación, se presenta los resultados del separado de granos de cacao de sus cascara con la maquina quebradora de mazorcas de cacao. Datos experimentales.

- Alimentación 1357 kg/h de mazorcas de cacao.
- Salida 475 kg/h de grano de cacao aproximadamente.
- Salida 882 kg/h de cascara de cacao aproximadamente.

Los datos de los tiempos de quebrado de mazorcas de cacao de 1 hora, son relativos, ya que dependerá de la alimentación a la máquina y estado que se encuentran las mazorcas cacao.

### 5.2.5. Diagrama de las operaciones unitarias de separación de granos de cacao (semilla) de sus cáscara.

En este diagrama se puede observar todo el proceso de separación desde la alimentación hasta obtener el producto final.

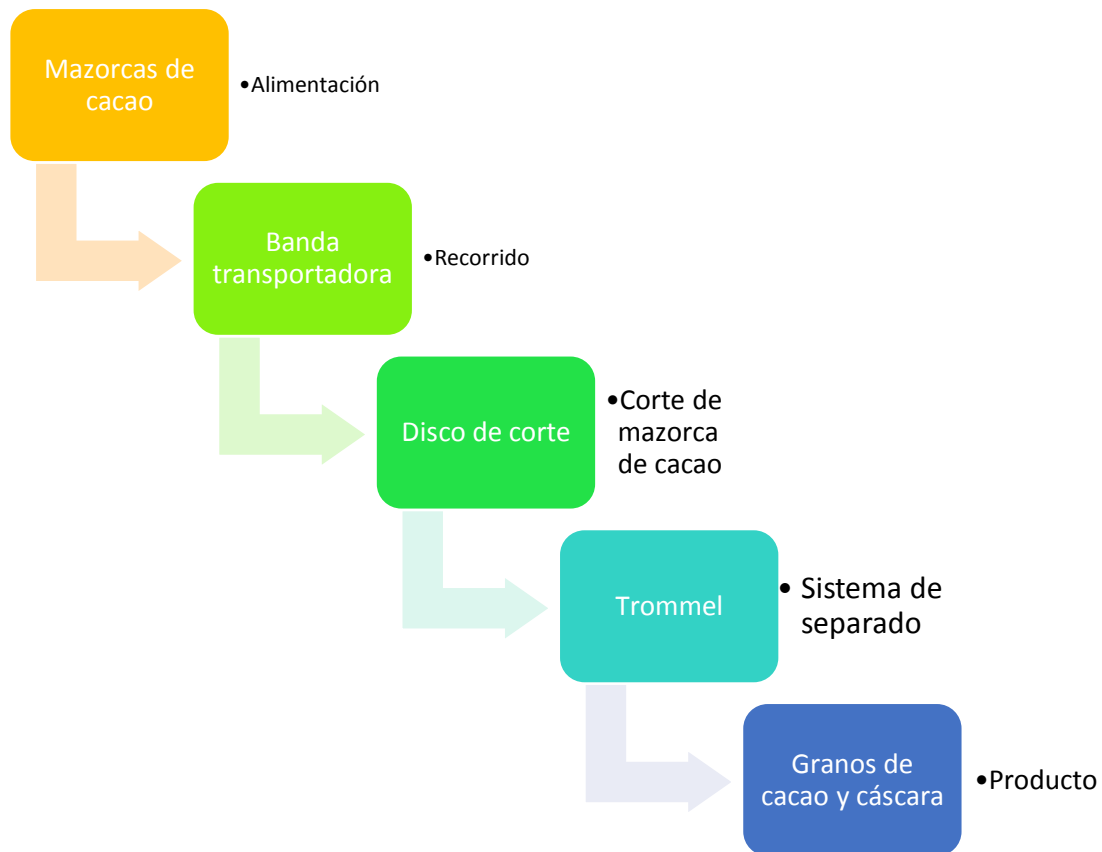


Figura 5.3 Operaciones unitarias del proceso de producción.

### 5.2.6 Eficiencia global de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

- Según el diseño y cálculos realizados se debería obtener 604.8 kg/h granos de cacao (semilla).
- En el campo de trabajo se obtuvo 475 kg/h granos de cacao (semilla).

$$eficiencia = \frac{475 \times 100}{604.8} = 78.5 \%$$

Viendo los problemas que se presentan en el campo se considera 75%

### **5.3. ESTIMACIÓN ECONÓMICA**

#### **5.3.1. Descripción del proceso de la máquina quebradora de mazorcas de cacao**

Para la construcción de la maquina quebradora de mazorcas de cacao para separar los granos de cacao de su cascara, se tiene el siguiente procedimiento:

#### **5.3.2. Recepción de materiales y selección**

El proceso se inicia con la recepción de los materiales: tubos cuadrados de fierro galvanizado, banda transportadora de acero inoxidable, discos de corte de acero inoxidable, planchas de acero inoxidable, engranajes, caja reductora, motor a gasolina, y llantas procedente de reciclaje, ferretería y/o distribuidores especiales que luego almacenaremos en ambientes cerrados libre de humedad.

La selección se realizará en el momento de consumo por la producción para evitar los tubos deformes, corroído, desgastado u otro tipo de defecto que posean los demás materiales para no perjudicar en la construcción y calidad del equipo.

#### **5.3.3. Medición y trazado**

Después del almacenado de los materiales se procede a realizar las mediciones y trazado de tubos, resortes, planchas de acero inoxidable; según corresponda el diseño, para ello utilizaremos marcador para metal, además debemos contar con los materiales para realizar el trazado como: vernier, wincha, reglas, etc.

#### **5.3.4. Corte**

Los materiales trazados pasan a la etapa de corte donde se obtendrán piezas dimensionadas para la construcción de las partes de la máquina quebradora de mazorcas de cacao, Esta etapa se puede realizar con una máquina industrial o un cortador tipo disco y para complementar tijeras en caso de corte especial.

#### **5.3.5. Esmerilado y Pulido**

Después de los cortes de las piezas metálicas quedan rebabas (virutas) incrustadas junto al metal, esto debemos retirarlo con una máquina de esmerilado o con una lijadora para

rebanar las virutas; y posteriormente se procede a pulirlo para tener una mejor presentación.

### **5.3.6. Acondicionamiento 1**

En esta etapa se verificará las dimensiones establecidas en el diseño para ensamblar y encajar las piezas correctamente y no generar algún desnivel u otro tipo de defecto que pueda afectar la eficiencia de la máquina. Se verificará si en la etapa de corte se procedió correctamente, de lo contrario se deberá reducir o empatar las piezas de los materiales.

### **5.3.7. Ensamblaje**

Esta es la etapa crucial en la obtención de la maquina quebradora de mazorcas de cacao, ya que se debe realizar el ensamblaje correctamente.

Se utilizarán materiales, donde el suministro de estos materiales se obtendrá de proveedores con su diseño respectivo.

El empalme de las piezas y partes se realizará con sujetadores, arco eléctrico (soldar), remaches, soldado por punto u otro material que garantice la unión de estos materiales.

### **5.3.8. Acondicionamiento 2**

Luego del ensamblaje se procede a un segundo acondicionamiento donde se realizará limpieza, algunos cortes, pulido respectivo, y verificación del correcto empalme de las piezas, para asegurar la estabilidad del equipo,

Es aquí donde se debe probar el funcionamiento correcto de las condiciones de operación para la máquina quebradora de mazorcas de cacao, con un control de calidad.

### **5.3.9. Acabado**

Una vez acondicionado el equipo se procede a darle los acabados como: impresión de algún logo característico, ubicación y colocación de indicadores para el entendimiento de los consumidores, etc. Es la etapa donde se debe dar buena impresión a la vista, que sea llamativo, decoroso y tecnológico; para tener un buen marketing de negocio.

La máquina serán envueltos con planchas de tecnopor y recubierto en cajas de cartón para juntarlos en parihuelas y almacenarlos en anaqueles con sus respectivos códigos de producción.



### **5.3.10. Producto**

Por último tenemos la maquina quebradora de mazorcas de cacao, listo para lanzarlo al mercado y ser utilizado en el campo de la agricultura del cacao.

#### 5.4. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques del proceso de construcción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao.

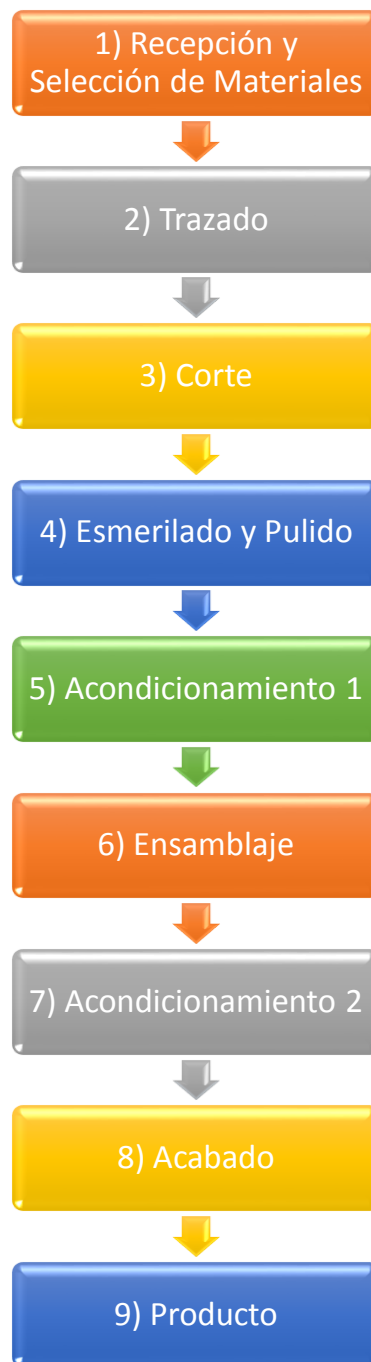


Figura 5.4 Diagrama de bloques del proceso de construcción.

## 5.5. COSTOS DE LAS PARTES DEL EQUIPO

Las adquisiciones de los accesorios fueron encontrados en el mercado nacional Las Malvinas (Lima).

A continuación, se presenta una tabla de costos, algunos en soles.

Tabla N° 5.5 Relación de costo de las partes del equipo.

<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO UNITARIO (Soles)</b>	<b>UNIDAD (und)</b>	<b>COSTO TOTAL(Soles)</b>
Tubo cuadrado galvanizado de 1.5 x1/8" (AISI 304)	50.00	4 und	200.00
discos de acero inoxidable de 1/4 x 12x63/64" (AISI 304)	100.00	2 und	200.00
Cuatro resortes	15.00	4 und	60.00
Un motor YAMAHA a gasolina de 4 HP	1,100.00	1 und	1,100.00
Dos fajas de 117" y una faja de 28"	40.00	3 und	120.00
Un eje de 1/2" de 15 cm un eje de 1/2" de 68 cm	50.00	2 und	100.00

Un juego de cruceta de ½"	30.00	1 und	30.00
Una de caja reductora de 2600/43 60RPM	1,000.00	1 und	1,000.00
Dos cadenas transportadoras de acero inoxidable de 3m cada uno. (AISI 304)	100.00	2 und	200.00
Dos engranajes planos para la cadena.	20.00	2 und	40.00
Dos discos guías para la cadena.	20.00	2 und	40.00
Cuatro engranajes cónicos.	50.00	4 und	200.00
Pernos.	3.00	50 und	150.00
Una plancha de acero inoxidable perforada de 120x244cm 1250 agujeros. (AISI 304)	1,600.00	1 und	1,600.00
Doce chumaceras de ½"	30.00	12 und	360.00

Tres platinas de acero inoxidable 5/64" de 120cm. (AISI 304)	20.00	3 und	60.00
Un tubo de 1/2" de acero inoxidable. (AISI 304)	70.00	1 und	70.00
Dos poleas de 3" y una polea de 11"	35.00	2 und	70.00
Cuatro rodajes acerados.	15.00	4 und	60.00
Dos llantas y muelles.	1,100.00	1 und	1,100.00
Mano de obra calificada (soldador)		1 und	1,500.00
Otros			1,500.00
<b>Total</b>			<b>9,760.00</b>

El costo de las partes de la máquina es de S/. 6,760.00. A ello le sumamos 240 horas de mano de obra para realizar dicho trabajo, que sería un equivalente a S/. 3,000.00 nuevos soles.

Realizamos la sumatoria para la construcción del equipo, obteniendo un costo total de S/. 9,760.00 nuevos soles por cada equipo elaborado.

Cabe mencionar que el costo unitario del equipo no incluye IGV.

## CONCLUSIONES

- La capacidad de operación en la alimentación es de 1470 kg/h variable según el estado de las mazorcas de cacao.
- La construcción de la máquina quebradora de mazorcas de cacao, tiene una capacidad de salida de separado de granos de cacao de 630 kg/h, variable según la alimentación.
- Las dimensiones 240 cm de largo, 85 cm de ancho y 150 cm de altura.
- La máquina puede trabajar tanto en sol como en lluvia.
- Las cascaras son 840 kg/h variables.
- El rendimiento global de la máquina quebradora de mazorcas de cacao en el separado de granos de su mazorca es de un 75%.
- El proceso operativo de la máquina para que esta pueda trabajar a su máximo rendimiento debe ser de 3 personales capacitados para su manipulación.
- Consumo de combustible en 8 horas es de 2 galones.
- El costo operativo de la máquina quebradora de mazorcas de cacao por 8 horas de trabajo es de S/ 150.00
- Se realizó una estimación económica del prototipo. Obteniendo un costo de construcción de S/ 9,760.00
- La máquina quebradora de mazorcas de cacao se aproxima a un 75 % de su eficiencia.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la optimización de las variables de operación, para mejorar el rendimiento del tiempo de separado de granos de cacao de sus cascarras.
2. Evaluar la máquina con otro sistema de transmisión para hacer girar el trommel y así elevar el rendimiento de la máquina.
3. Se debe realizar trabajos de investigación similares, para optimizar el trabajo del agricultor en diferentes campos.
4. Ponerle filo a los discos de corte cuando se va trabajar con el cacao de variedad chuncho y común.
5. Ampliar la longitud del trommel 30 cm más para un mejor separado.
6. Se debe habilitar la parcela para el ingreso de la máquina,
7. Se debe echar grasa a los rodajes cada día antes de su uso.
8. La obtención de la máquina para los agricultores, deben tener un área mayor de 2 hectáreas.
9. No hacer uso más de 4 horas seguida la máquina ya que se recalienta la caja reductora.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alibaba.com. (2017). Construcciones. Global Trade Stars Here. Pekin:  
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/widely-used-small-rotary-trommel-screen-for-ore-classification-60621897805.html>.
2. Ambiental, F. p. (2017). Morfología del cacao. El Salvador.
3. Cernades, L. Z. (2016). ESCUELA DE CAMPO PARA AGRICULTORES EN EL PERÚ. Lima: Asociación Bruño.
4. CONMECA, E. (2017). Bandas transportadoras. Lima:  
<https://es.slideshare.net/omarurrea1/labandatransportadora-120103174749phpapp02>.
5. Gimenes, A. R. (2006). GUÍA DE EQUIPOS BÁSICOS PARA EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL RURAL. Bogotá: Publicaciones Mundo Ilustración.
6. Hidalgo, F. (2016). Cacao y campesinos. Quito: planeta ecuador.
7. <http://conectarural.org/sitio/material/el-beneficio-y-caracter%C3%ADsticas-f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas-del-cacao>. (2017).
8. [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf). (2017).
9. MINAGRI. (Octubre, 2016). Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
10. Montero, C. M. (2015). Máquina separadora de granos de cacao. Quito.
11. PERRY, J. (1996). Manual del Ingeniero Químico. Volumen I. Barcelona: McGRAW-HILL. .
12. Perry, R. H. (1998). Manual del ingeniero químico. volumen II. Barcelona: McGRAW - HILL.
13. PINHALENSE, P. Y. (2016). CIENCIA DEL CAFE. Lima.
14. Urrutia, I. M. (2009). Editora Continental S. A.



# **ANEXO**

## **Apéndice N° 01**

### **MANTENIMIENTO DE LAS PARTES QUE SE DEBE CAMBIAR.**

- Faja transportadora de acero inoxidable mantenimiento cada 3 meses y tiempo de vida 8 años.
- Disco de corte mantenimiento cada mes tiempo de vida útil 1 año.
- Motor 5 años.
- Chumaseros engrase cada 1 mes tiempo de vida útil 5 años.
- Fajas tiempo de vida útil 1 año.
- Engranajes engrasar cada 15 días tiempo de vida útil 5 años.
- Rodajes para el trommel engrasar cada 15 días vida útil 2 años.
- Estructura de la máquina (fierro galvanizado) pintado cada finalizar la campaña.

## Apéndice N° 02

### MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

#### Equipos

- Banda transportadora
- Discos de cortes
- Separador rotatorio (trommel)

#### 1. CUIDADO ANTES DEL USO

La máquina consta de caja reductora, cadena de acero inoxidable, soporte, dos llantas, fajas, motor y un cilindro perforado de acero inoxidable.

- La alimentación de las mazorcas de cacao se realiza por la parte más baja de la faja transportadora.
- Retirar las semillas de cacao antes que se llene la tolva de descarga.
- Tener cuidado con el disco de corte de acuerdo a la variedad de cacao, se debe regularizar la presión del resorte.
- Las fajas deben estar debidamente ajustada.
- Antes del encendido la máquina deberá estar nivelado.
- Levantar el choque del motor antes de jalar la soguilla, una vez encendido bajar el choque, solamente si el motor esta frio.
- Trabajar en la mínima potencia del motor.
- Los discos de corte deberán estar apretadas por el resorte.
- Para un día de trabajo usar 2 galones de combustible.
- No trabajar cerca de niños.
- Si se trabaja en lluvia se deberá cubrir el motor.
- Verificar que los discos de cortes giren correctamente y no estén apretados.

Luego del ensamblar las diferentes partes de la máquina, según se muestra en la figura

#### Precauciones

Asegurar que toda la máquina se encuentre bien nivelado, para que tenga un buen funcionamiento.

Tener en cuenta la variedad de cacao para ajustar la presión de los resortes para que los discos de corte hagan un buen corte en las mazorcas sin que dañe los granos.

Esquema general del prototipo.

**Apéndice N° 03**  
**Planos del equipo**