



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de ingeniero industrial.

**Título del proyecto de investigación:**

**“Diseño y evaluación de un equipo de prensado con tornillo sinfín, para extracción de lípidos a nivel de laboratorio para su aplicación en investigación científica.”**

**Autores:**

**Steven Moisés Piloza Vera**

**José Antonio Triviño Gutierrez**

**Director del proyecto:**

**Juan Neira Mosquera PhD.**

**Quevedo - Los Ríos – Ecuador**

**2016**

## **DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHO**

Yo, **Steven Moisés Piloza Vera**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. \_\_\_\_\_

**Steven Moisés Piloza Vera**

## **DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHO**

Yo, **Triviño Gutierrez José Antonio**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. \_\_\_\_\_

**Triviño Gutierrez José Antonio**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, quien con su infinita sabiduría y amor guió mis pasos y me dio la oportunidad y las fuerzas para poder alcanzar una meta más de mi vida estudiantil.

A mis queridos padres, quienes con su apoyo y esfuerzo incondicional estuvieron hay día a día cuando más los necesitaba, siempre motivándome a alcanzar mis sueños por eso cada logro de mi vida es por ellos y para ellos.

A mis tías, que siempre estuvieron presentes, cuando más me hacía falta su apoyo y que siempre serán muy especiales para mí.

A mi esposa, que es la persona que está a mi lado con su amor y carillo permanente en las buenas y en las malas.

A mi hija, que es lo más bello que tengo, es mi mayor motivación para seguir adelante y la que llena de felicidad mi vida.

A mis compañeros, que me brindaron su amistad y con quienes compartimos muchas experiencias.

Al Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera, Director de tesis que con su paciencia y enseñanza guió pasó a paso la realización de este proyecto.

A mis profesores, por compartir su sabiduría y conocimientos en las distintas áreas logrado encaminarme para poder lograr mis metas.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, que me formó profesionalmente para poder desempeñarme de la mejor manera en el ámbito laboral.

**Steven Piloza Vera**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haberme dado las fuerzas necesarias para seguir adelante, por darme esos dones de sabiduría, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mis padres, hermanos y demás familiares quienes han sido mi motor en consejos y ejemplo de superación y por el apoyo incondicional que me brindaron día a día para poder culminar mi carrera profesional.

A mis profesores quienes han impartido sus conocimientos, enseñándome y guiándome profesional y técnicamente para una excelente formación académica.

Al Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera, Director de tesis y por su guía durante el lapso del proyecto.

A la facultad de Ciencias de la Ingeniería y a la carrera de Ingeniería Industrial por formarme como profesional.

**José Triviño Gutierrez.**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien me guía y me presta vida para seguir cumpliendo mis sueños, siempre con su bendición.

A mis padres Jacinto y Gloriana quienes son mis pilares fundamentales que con su esfuerzo he podido realizarme como persona y como profesional.

A mi mami Esperanza, que aunque ahora no esté presente siempre veló por mi bienestar.

A mi esposa Cindy que me acompaña día a día siendo un apoyo incondicional.

A mis tías Fernanda y Vanessa quienes son las que me brindan sus consejos y me dan ánimo para adelante.

A mi hermosa hija Ashlyn que es la luz que guía mi vida y llena de felicidad mi corazón.

**Steven Piloza Vera**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien está siempre presente en mi vida apoyándome y dándome siempre la esperanza y fe para cumplir cada una de mis metas.

A mis padres Martha Esperanza Gutierrez y José David Triviño que gracias a su esfuerzo y motivación diaria me han permitido salir adelante, los cuales han sido un apoyo fundamental para mi formación profesional.

A mis queridos hermanos Maria José, Linda Esperanza, José David y Victor David que con su amor y cariño me han guiado cada día de mi vida y darme la fuerza para seguir adelante luchando por mis metas.

A Vianca España, quien siempre ha estado pendiente de mí demostrando su amor y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

**José Triviño Gutierrez.**

## **Resumen.**

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la extracción de la chontilla (*bactris gacipaes*) en frío, para la obtención de aceite virgen, con la finalidad de reemplazar el consumo de aceites convencionales (palma africana) por otros producidos por semillas propias de la región.

Se utilizó 3 Kg de pulpa de Chontilla roja de la zona costa los cuales fueron distribuidos en 250 gr para cada tratamiento y repeticiones.

En la elaboración del equipo se seleccionaron las diferentes alternativas para facilitar la extracción, además se evaluaron distintas velocidades en rpm y diversas pasadas de una misma muestra. El sistema se obtuvo con la extracción mediante un tornillo sin fin, para optimizar el proceso de extracción.

Las extracciones y el análisis de rendimiento PH y húmeda se lo realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El análisis de perfil lipídico del aceite obtenido se lo realizó a cada uno de los tratamientos y sus repeticiones.

Los resultados de las diferentes variables propuestas se calcularon mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS para la determinación de diferencias entre los tratamientos además se utilizó la prueba de TUKEY ( $p < 0.05$ ) para determinar diferencia entre las medias de los niveles.

Lo que conllevó de esta manera a las respectivas conclusiones y recomendaciones deliberados por los objetivos planteados en este trabajo investigativo.

### **Palabras Claves:**

*Equipo de extracción, Aceite de chontilla (bactris gacipaes), tornillo sin fin, diseño experimental AxB.*

## SUMMARY.

The present research aims to evaluate the extraction of chontilla (*bactris gasipaes*) in cold, to obtain virgin oil, in order to replace the consumption of conventional oils (African palm) by others produced by the region 's own seeds.

It was used 3 kg of red Chontilla pulp from the coast zone which were distributed in 250 gr for each treatment and repetitions.

In the development of the equipment the different alternatives were selected to facilitate the extraction, in addition, different velocities in rpm and several passes of the same sample were evaluated. The system was obtained with the extraction by means of a worm, to optimize the extraction process.

The extractions and analysis of PH and wet performance were carried out in the Laboratory of Bromatology of the Technical University of Quevedo. The lipid profile analysis of the obtained oil was performed to each of the treatments and their repetitions.

The results of the different proposed variables were calculated using the statistical package STATGRAPHICS for the determination of differences between treatments. In addition, the TUKEY test ( $p < 0.05$ ) was used to determine the difference between the means of the levels.

What I carry in this way to the respective conclusions and recommendations deliberated by the objectives set out in this investigative work.

### **Keywords:**

Extraction equipment, chontilla oil (*bactris gasipaes*), worm screw, experimental design AxB.

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHO.....	ii
DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHO.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
Resumen.....	viii
TABLA DE CONTENIDO .....	x
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURA .....	xiii
INDICE DE ANEXOS .....	xiv
ANEXO 4 Cuadro del análisis de rendimiento en peso (gr) de las medias de la prueba de Tukey. 66.....	xiv
CÓDIGO DUBLIN .....	xv
Introducción.....	1
Antecedentes.....	1
CAPITULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
<b>1.1. Problema de investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. Formulación del problema. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3. Sistematización del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Objetivos. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1. Objetivo general. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2. Objetivos específicos. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Justificación. ....</b>	<b>6</b>
CAPÍTULO II.....	7
<b>2.1. Marco conceptual.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1. Motor reductor .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2. Acero inoxidable.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3. Extracción en frio .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Marco referencia .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.1. Semillas oleaginosas .....</b>	<b>9</b>

2.2.2.	<b>Aceite vegetal</b> .....	10
2.2.3.	<b>Criba</b> .....	10
2.2.4.	<b>Criba de Cilindro</b> .....	10
2.2.5.	<b>Posible alternativa para la extracción del aceite de chontilla</b> .....	10
2.2.6.	<b>Clasificación de máquinas de reducción de tamaño:</b> .....	11
2.2.7.	<b>Tornillo sin fin</b> .....	12
2.2.8.	<b>Sentido de giro de las roscas</b> .....	12
2.2.9.	<b>Tipos de rosca en un husillo</b> .....	13
2.2.11.	<b>Chontilla</b> .....	13
2.2.12.	<b>Procesos de obtención de los aceites de semillas oleaginosas</b> .....	13
2.2.13.	<b>Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción.</b> .....	14
2.2.14.	<b>Extracción mecánica:</b> .....	145
2.2.15.	<b>Secado de semillas:</b> .....	145
2.2.16.	<b>Separación de las cáscaras:</b> .....	156
<b>CAPÍTULO III</b> .....		167
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....		167
3.1	Localización. ....	168
3.2	Materiales y equipos.....	178
<b>3.3</b>	<b>. Metodología.</b> .....	219
3.3.1.	<b>Diseño del equipo</b> .....	219
3.3.2.	<b>Proceso de extracción por medio de la prensa con tornillo sin fin</b> .....	220
<b>3.4.</b>	<b>Diseño estadístico de la investigación</b> .....	220
3.4.1.	Diseño experimental para evaluar el rendimiento y la presión para extraer aceite de Chontilla.20	
3.4.2.	<b>Diseño experimental</b> .....	225
3.5.	Balance de materiales .....	235
3.6.	Manual de mantenimiento y funcionamiento. ....	246
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		257
<b>RESULTADO Y DISCUSIÓN</b> .....		257
4.1.	Resultados .....	258
4.1.1.	Diseño y construcción. ....	258
4.1.2.	Evaluación del funcionamiento del equipo. ....	336

4.1.3.	Balance de materia para evaluar el rendimiento del equipo de extracción. ....	39
4.1.4.	Manual de funcionamiento.....	40
4.2.	DISCUSIÓN. ....	49
4.2.1.	Sobre el equipo de extracción en frio en cuanto al diseño y construcción. ....	49
4.2.2.	Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla ( <i>bactris gacipaes</i> ).....	49
4.2.3.	Determinación del rendimiento del equipo de laboratorio por medio del balance de material. 51	
	<b>CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....</b>	<b>52</b>
5.1.	CONCLUSIONES. ....	54
5.1.1.	Sobre el equipo de extracción en frio en cuanto al diseño y construcción. ....	54
5.1.2.	Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla ( <i>bactris gacipaes</i> ).....	54
5.2.	RECOMENDACIÓN.....	56
5.2.1.	Sobre el equipo de extracción en frio en cuanto al diseño y construcción. ....	56
5.2.2.	Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla ( <i>bactris gacipaes</i> ).....	56
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
	CAPITULO VII.....	60
	ANEXOS.....	60

## INDICE DE TABLAS

Tabla: 1 Materiales y equipos utilizados en diseño y construcción del equipo de laboratorio. ....	17
Tabla: 2 Materiales y equipos de laboratorio utilizados en la extracción de aceite. ....	19
Tabla 3: Materiales. ....	19
Tabla: 4 Materia prima utilizada para las diferentes muestras. ....	19
Tabla: 5 Los factores de estudio que intervendrán en esta investigación ....	22
Tabla: 6 Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación correcto funcionamiento del proceso. ....	23
Tabla: 7 Análisis de varianza para peso (gr) – suma de cuadrados ....	34
Tabla: 8 Análisis de varianza para el % de humedad – Suma de cuadrados. ....	35
Tabla: 9 Análisis de varianza para los valores de pH- suma de cuadrados. ....	36
Tabla:10 Análisis del total de valores obtenidos en el balance ve materia. ....	41
Tabla:21 Descripción de las partes del equipo. ....	42
Tabla: 12 Partes externas y funciones del tablero de control. ....	43
Tabla: 13 Partes Internas del tablero de control. ....	44
Tabla:34 Especificaciones generales del equipo de extracción. ....	45
Tabla 4 Costo total de fabricación del equipo de extracción de aceite. ....	48
Tabla: 5 Costo de cada muestra con Chontilla despulpada. ....	49

## INDICE DE FIGURA

Figura: 1 Tratamientos ....	21
Figura:2 Diagrama de flujo con semilla ....	25
Figura: 3 Vista superior ....	27
Figura:4 Vista frontal ....	28
Figura:5 Vista lateral izquierda ....	28
Figura:6 Balance de materia para evaluar el rendimiento del equipo. ....	40

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Construcción del equipo de extracción de aceite. ....	61
Anexo 2 Proceso de extracción de las muestras de aceite para su análisis experimental. .	62
Anexo 3 Estudios económicos del equipo de laboratorio. ....	63
ANEXO 2 Cuadro del análisis de rendimiento en peso (gr) de las medias de la prueba de Tukey. ....	66

## CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Diseño y evaluación de un equipo de prensado con tornillo sinfín, para extracción de lípidos a nivel de laboratorio para su aplicación en investigación científica”.
Autores:	Pilozo Vera Steven Moises Triviño Gutierrez José Antonio
Palabras claves:	<i>Equipo de extracción, Aceite de chontilla (bactris gacipaes), tornillo sinfín, diseño experimental AxB.</i>
Fecha publicación:	
Editorial:	Quevedo UTEQ 2016
Resumen hasta 300 palabras	<p style="text-align: center;"><b>Resumen.</b></p> <p>La presente investigación tiene como objetivo evaluar la chontilla (<i>bactris gacipaes</i>) en frío, para la obtención de aceite mediante la aplicación de tratamientos térmicos y utilizando Chontilla, con la finalidad de inducirlo al uso alimentario.</p> <p>Se utilizó 3 Kg de pulpa de Chontilla roja de la zona costa los cuales fueron distribuidos en 250 g para cada tratamiento y repeticiones.</p> <p>En la elaboración del equipo se seleccionaron las diferentes alternativas para facilitar la extracción, además se evaluaron distintas presiones, dimensiones de los orificios de las cribas. El sistema se obtuvo con la extracción de un tornillo sin fin, para optimizar el proceso de extracción se colocó un alpechín (lienzo), el mismo que permitirá mejorar la pureza del aceite extraído.</p> <p>Las extracciones y el análisis de rendimiento PH y húmeda se lo realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El análisis de perfil lipídico del aceite obtenido se lo realizó a cada uno de los tratamientos y sus repeticiones.</p> <p>Los resultados de las diferentes variables propuestas se calcularon mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS para la determinación de diferencias entre los tratamientos además se utilizó la prueba de TUKEY (<math>p &lt; 0.05</math>) para determinar diferencia entre las medias de los niveles.</p> <p>Lo que conlleva de esta manera a las respectivas conclusiones y recomendaciones deliberados por los objetivos planteados en este trabajo investigativo y que se detallan a continuación.</p> <p><b>Palabras claves:</b></p>

*Equipo de extracción, Aceite de chontilla (bactris gacipaes), tornillo sinfín, diseño experimental AxB.*

**SUMMARY.**

The present research aims to evaluate the extraction of chontilla (*bactris gacipaes*) in cold, to obtain virgin oil, in order to replace the consumption of conventional oils (African palm) by others produced by the region 's own seeds.

It was used 3 kg of red Chontilla pulp from the coast zone which were distributed in 250 gr for each treatment and repetitions.

In the development of the equipment the different alternatives were selected to facilitate the extraction, in addition, different velocities in rpm and several passes of the same sample were evaluated. The system was obtained with the extraction by means of a worm, to optimize the extraction process.

The extractions and analysis of PH and wet performance were carried out in the Laboratory of Bromatology of the Technical University of Quevedo. The lipid profile analysis of the obtained oil was performed to each of the treatments and their repetitions.

The results of the different proposed variables were calculated using the statistical package STATGRAPHICS for the determination of differences between treatments. In addition, the TUKEY test ( $p < 0.05$ ) was used to determine the difference between the means of the levels.

What I carry in this way to the respective conclusions and recommendations deliberated by the objectives set out in this investigative work.

**Keywords:**

Extraction equipment, chontilla oil (*bactris gasipaes*), worm screw, experimental design AxB.

Descripción:	
URI:	

## Introducción

### Antecedentes.

El funcionamiento de este equipo se basa primordialmente de un tornillo sinfín, el cual se aduce sus primeros indicios de su utilización a los antiguos egipcios, ya que estos los utilizaban para la elevación del agua, de los esteros hacia los canales los cual distribuían el líquido por toda la ciudad, luego con el tornillo de Arquímedes surgen una serie usos que se le da a este mecanismo, como la elevación de granos y líquidos, sistemas de engranajes, transmisión y reductores de velocidad entre otras aplicaciones.

La falta de equipos de laboratorios y tecnologías para la investigación científica adecuadas para la extracción de aceites vegetales estimula la realización de este trabajo del cual se busca diseñar y construir un mecanismo que mediante un tornillo sinfín permita la extracción de aceite, donde se va a procesar la semilla conocida como Chontilla (*bactris gacipaes*), alcanzando ser muy versátil ya que al poseer varias velocidades se logrará obtener diferentes volúmenes de producto extraído.

Este proyecto de investigación es parte de una propuesta institucional de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo aprobado como proyecto **FOCICYT** (Fondo Competitivo De Investigación Científica Y Tecnológica) y financiado por la unidad de Investigación, con su programa que tiene como nombre “*Obtención De Aceites A Partir De Productos Autóctonos Para Mejorar La Calidad Alimentaria Y Transformar La Matriz Productiva Y Tecnologías Del Ecuador*” donde uno de sus objetivos es diseñar y montar los componentes de los diferentes equipos de extracción de aceite.

Para obtención del aceite vegetal en grandes porcentajes de grasas y minerales, por el método de extracción en frío se somete la materia prima a algún tratamiento previo como la limpieza y el despulpado para continuar con la obtención.

## **CAPITULO I**

# **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La problemática de la inexistencia de equipos en el laboratorio que se ajuste a los requerimientos de la investigación en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en cuanto a la extracción de aceites vegetales propios de la localidad a fin de reemplazar el consumo de aceites comunes como lo son el de palma el cual por su composición albergan gran cantidad de grasas saturadas que afectan la salud de las personas y que tiene un gran nivel de industrialización en el que su forma de procesamiento está afectando en gran medida al mundo entero, debido a las toneladas de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmosfera diariamente y a la tala indiscriminada de los bosques para luego alojar estas plantaciones de palma, es por eso que se buscan con este proyecto una alternativa en la extracción de aceites más naturales y así poder insertarlos en la alimentación cotidiana de las personas.

Con este equipo de laboratorio se podrá extraer aceite de chontilla (*bactris gacipaes*) en el que serán objeto de estudios diversos factores como las revoluciones a las que sea procesado el producto y los volúmenes extraídos en las diversas pasadas una misma muestra.

#### **Diagnostico.**

Debido a la carencia de procesos que permitan extraer aceite en frio de diferentes semillas oleaginosas, nace la fabricación de un equipo de laboratorios para la investigación científica del aceite de chontilla (*bactris gacipaes*) donde se utilizarán muestras con pequeños volúmenes, para la cual se les someterá primeramente a un proceso de limpieza y despulpado, a fin de tener un aceite con altos estándares de calidad con la finalidad de que exista una proyección para su industrialización, no solo de esta semilla sino también de otras con similares composiciones y características organolépticas. Donde los factores de estudio en este proyecto son las distintas revoluciones a las que será procesada y a las diferentes pasadas que se les realice a una misma muestra para poder evaluar cuál de ellas es la más adecuada dependiendo del producto que será objeto de estudio.

#### **Pronostico.**

En la actualidad ha sido poco fomentado el desarrollo de este tipo de proceso de extracción en frío, más aun cuando se utilizan semillas propias de la región y en la actualidad mayormente se emplean métodos más convencionales como los que son por solvente en los cuales existe ciertos inconvenientes como:

- El período en que tarda la extracción.
- El rango de temperatura al que debe ser tratada.
- El tipo de solvente debe ser el más adecuado.
- Colocar las cantidades exactas.

Lo que se busca con el diseño de este equipo es obtener el mayor rendimiento posible pero sin afectar de alguna manera tanto en su calidad como en su composición química.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿La falta de un equipo de prensado especializado para extraer lípidos a nivel de laboratorio limita la investigación científica a fin de obtener grasas vegetales de calidad y de fácil disponibilidad en la zona?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

Está relacionado con el funcionamiento que tendrá el equipo considerando que las semillas oleaginosas en si presentan condiciones diferentes tanto morfológicamente como en su estructura.

Por lo tanto en este equipo para extraer lípidos deberá tener características únicas como por ejemplo, el tamaño y la resistencia de la criba dependerá de la fuerza que se valla aplicar que en este caso es con un moto reductor de 1 Hp, el material que este en contacto con el producto debe de ser de acero inoxidable de grado alimenticio, verificar que el tamaño de las perforaciones en la criba permita solo el paso del aceite y no del bagazo, comprobar la dureza y estructura física – química del producto a evaluarse para poder evaluar la capacidad de procesamiento del equipo , determinar la velocidad de rotación del tornillo sinfín más óptima para cada semilla oleaginosa para este caso la chontilla(*bactris gacipaes*).

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- Diseñar y construir un equipo de prensado con tornillo sinfín, para extracción de lípidos a nivel de laboratorio para su aplicación en investigación científica

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Diseñar un equipo de prensado con tornillo sinfín para extraer en frío grasas de productos vegetales locales.
- Evaluar la velocidad del molino en la extracción de aceite de chontilla considerando diferentes revoluciones ( $r_1=20$  rpm,  $r_2=40$  rpm,  $r_3=55$  rpm,  $r_4=70$  rpm).
- Determinar las características del aceite y el rendimiento en función del número de pasadas del producto despulpado.
- Establecer pérdidas en el proceso mediante balance de materiales.
- Elaborar un manual de mantenimiento y funcionamiento del equipo con el objetivo de proporcionar un correcto uso del mismo.

### **1.3. Justificación.**

Ya que en actualidad existe muy poco desarrollo tecnológico y científico de industrias especializadas en el procesamiento de alimentos, y más aun en la extracción en frio de aceite y con este tipo de proyecto que es el diseño y fabricación de un equipo de prensado se pretende impulsar a que se inicie un desarrollo de industrias dedicadas a la extracción de aceites de una manera más saludable ya que este tipo de proceso permite conservar todas las vitaminas intacta propias de cada semilla los cuales otorga muchos beneficios para la salud de las personas no siendo este el caso en otros procesos cuando se somete el producto á temperaturas elevadas o a determinados solventes los cuales eliminan sus nutrientes biológicamente activos.

Es eminente sacar adelante el diseño y elaboración del equipo de prensado mediante un tornillo sinfín para la extracción de aceites vegetales ya que beneficiará en gran parte en el aspecto académico de los estudiantes ya que mediante este proyecto podrán realizar prácticas de extracción de aceite de diferentes semillas oleaginosas, reafirmando sus conocimientos teoricos-practicos que posteriormente lograrán emplearlos en su vida profesional.

El diseño del mismo tendrá diversas características de estudio como poder controlar la velocidad en rpm dentro de un rango determinado, además poder determinar el número de pasadas a un mismo producto afín de garantizará que la materia prima será aprovechada en su máxima expresión, teniendo como resultado una mejora en la extracción de aceites y en la utilización del fruto.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Motor reductor**

Los motor reductores son equipos constituidos por un motor o elemento motriz, y un reductor, cuyo fin es adaptar el movimiento motriz, a la velocidad que precisa la aplicación o máquina de que se trate. Respecto al eje de salida, pueden ser de dos tipos: salida macho o salida hembra. [1]

#### **Respecto a su conexión pueden ser:**

Con motor acoplado directamente al reductor o unidos por medio de un acoplamiento.

#### **Características principales que definen el reductor:**

- Tipo de motor ( a brida o patas)
- Tipo de arranque, directo o con limitación de par en el arranque
- Con inversión de giro o sin inversión (reversible o no reversible). [1]

### **2.1.2. Acero inoxidable.**

“Es la aleación de hierro con un contenido de cromo  $> 10,5\%$  y de carbono  $< 1,2\%$ , necesario para asegurar una capa protectora superficial autorregenerable (capa pasiva) que proporcione la resistencia a la corrosión”. [2]

#### **Propiedades principales:**

- Resistencia a la corrosión
- Estética
- Resistencia al calor

- Bajo coste del ciclo de vida total
- Reciclable
- Biológicamente neutro
- Fácil fabricación y limpieza
- Ratio resistencia
- Peso

### **2.1.3. Extracción en frío**

“La extracción en frío se la realiza solamente si proviene de aceites vírgenes extras o vírgenes obtenidos a menos de 27 °C en un sistema de filtrado o centrifugado. Este método conserva mayor número de antioxidantes naturales”. [3]

## **2.2. Marco referencia**

### **2.2.1. Semillas oleaginosas**

Las semillas oleaginosas se trituran y transforman para obtener aceites vegetales y alimentos con alto contenido protéico. Tres de los principales cereales cultivados por su aceite, llamados también semillas oleaginosas, son la soja, la colza y el girasol. Aunque existen diez tipos diferentes de cultivos de semillas oleaginosas, estos tres representan la mayoría del mercado, con la soja a la cabeza. La producción de cereales y semillas oleaginosas se ve afectada por factores regionales como el clima y la geografía. Los suelos y ambientes secos limitan la producción de maíz, mientras que los suelos húmedos pueden disminuir la producción de trigo. La temperatura, la pluviometría, la fertilidad del suelo y la topografía determinan también el tipo de cereales o semillas oleaginosas que pueden cultivarse con éxito. [4]

### **2.2.2. Aceite vegetal**

El aceite vegetal se caracteriza por su composición en ácidos grasos; las diferencias entre los diversos tipos de aceites se deben a la distinta composición de los mismos. Así, atendiendo a su composición los aceites vegetales se pueden clasificar en:

Aceites ricos en ácidos grasos saturados y ácido oleico (aceite de oliva).

Aceites ricos en ácidos grasos polinsaturados (aceites de girasol).

El aceite vegetal puede almacenarse durante largo tiempo sin deteriorarse, y ser manipulado, transportado y distribuido sin peligro, debido a que no es explosivo, ni inflamable, ni desprende gases tóxicos o cancerígenos. El aceite vegetal únicamente puede utilizarse en motores diésel porque no es lo suficientemente inflamable para poder hacerlo en motores de gasolina. [5]

### **2.2.3. Criba**

Es un instrumento compuesto de un aro y de una tela, por lo común de cerdas, más o menos clara, que cierra la parte inferior. Sirve para separar las partes sutiles de las gruesas de algunas cosas, como la harina, el suero o gránulos de corcho. [6]

### **2.2.4. Criba de Cilindro**

“El cilindro gira sobre su eje, inclinado, está también sometido a sacudidas, se alimenta en la parte más alta, los finos traspasan la tela y los granos demasiado gruesos desbordan el extremo más bajo, para ser reciclados”. [7]

### **2.2.5. Posible alternativa para la extracción del aceite de chontilla**

#### **2.2.5.1. Molienda**

La molienda es una operación básica mecánica que consiste en reducir el tamaño de una sustancia normalmente sólida hasta convertirse en polvo mediante la trituración o el

machaqueo sin alterar su naturaleza. Para llevar a cabo la molienda se pueden emplear pequeños molinos para triturar y reducir a polvo las sustancias sólidas, o un mortero con su mazo su la cantidad a moler es pequeña. [8]

## **2.2.6. Clasificación de máquinas de reducción de tamaño:**

### **2.2.6.1. Trituradores bastos**

Máquinas cuya alimentación son trozos grandes (> 5 [cm] de diámetro)

- De mandíbulas (Blake, Dodge)
- De mandíbulas giratorias

### **2.2.6.2. Molinos intermedios**

Máquinas que no se alimentan de masas muy grandes y que dan un producto capaz de pasar el tamiz de 40 mallas.

- De rodillos
- De martillos
- De discos
- Combinados

### **2.2.6.3. Molinos finos**

Máquinas que dan producto que pasa por el tamiz de 200 mallas.

- De rodillos
- De bolas
- De tornillo. [8]

### **2.2.7. Tornillo sin fin**

“Es un tornillo que engrana con un engranaje cuyo filete tiene una forma considerada como de un diente de engranaje. Se emplea principalmente para reducciones de velocidad”. [9]

#### **2.2.7.1. Características del tornillo sin fin**

Entre las características se encuentran:

- Relaciones de transmisión altas (Relación entre la velocidad de salida y la velocidad de entrada en un mecanismo).
- Coste elevado.
- Transmite el movimiento a través de ángulos rectos.
- Sólo permite el movimiento del tornillo a la rueda dentada, bloqueándolo a la inversa; lo cual es de gran utilidad como medida de seguridad en ciertos mecanismos (Ejemplo: ascensor)

#### **2.2.7.2. Tipos de rosca en un tornillo**

Existen diferentes tipos de rosca en función de la forma del perfil del filete, del número de filetes que tenga, del paso de la propia rosca, y del sentido de giro de avance del tornillo.

Generalmente el perfil de una rosca suele ser de forma triangular, si bien también existen roscas de perfil cuadrado, trapecial, y en diente de sierra o redondo.

### **2.2.8. Sentido de giro de las roscas**

Por el sentido de giro las roscas pueden ser a derecho o a izquierda. Una rosca gira a derecha cuando la tuerca o el tornillo giran a derechas para su montaje, en este caso el filete de la misma está enrollado en el núcleo del tornillo de forma que el avance se realiza haciendo girar la tuerca en sentido contrario. Un tornillo gira a la izquierda cuando la tuerca se monta y realiza su apriete haciéndola girar a la izquierda, es decir, en sentido contrario a las agujas del reloj. [9]

### 2.2.9. Tipos de rosca en un husillo

El tipo de rosca de los husillos es diferente a la de los tornillos normales, porque además de tener un paso muy grande su perfil puede ser:

**Rosca redonda rectificada:** “Se utiliza para realizar uniones sometidas a grandes esfuerzos. Es poco propensa a estropearse. También se utiliza en la fabricación de casquillos de lámparas”. [10]

**Rosca cuadrada:** “Permite transformar y transmitir movimientos. Estos se utilizan para el movimiento de mecanismos como, por ejemplo, en las prensas”. [10]

**Rosca trapecial ACME:** “Es una rosca muy empleada en órganos de máquinas que tengan ejes roscados, los cuales deben soportar grandes esfuerzos como arrastrar carros de máquina, prensas, etc., también se emplean para la transformación de movimientos circulares en rectilíneos. El ángulo que forman los lados del trapecio puede ser de  $29^\circ$ ”. [11]

### 2.2.10. Chonta.

“La **chonta** es uno de los productos más apetecidos de la *Amazonía ecuatoriana*, no solo por el sabor de sus frutos sino por sus innumerables utilidades, como repelente contra mosquitos, alimento para animales y materia prima para elaborar artesanías”. [12]

### 2.2.11. Chontilla.

“La planta de chontilla, es una fruta que proviene de la planta llamada *bactris gasipaes* Kunth el cual es el nombre botánico y el nombre común en el Ecuador chantaduro”. [13]

### 2.2.12. Procesos de obtención de los aceites de semillas oleaginosas

El proceso de obtención del aceite crudo a partir de oleaginosas, comienza cuando las semillas son sometidas a procesos de secado, para estandarizar su humedad, luego son limpiadas, y por último, laminadas. Posteriormente, las láminas son sometidas a

calentamiento y a cocción con vapor directo, cuyo objetivo es el de dilatar los tejidos celulares de las semillas. [14]

### **2.2.13. Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción.**

Las operaciones previas que se realizan para posteriormente continuar con la extracción son:

- **Recolección:** De la palmera de chontaduro se escogen los mejores racimos, los cuales contengan el mayor número de chontas y que a su vez estas se encuentren en muy buen estado.
- **Transporte:** Seleccionadas las chontas se procede a llevarlas al lugar donde se encuentra la máquina de extracción para llevar a cabo con dicho proceso, se debe tomar en cuenta que el chontaduro se encuentra en la selva amazónica y para encontrarlo se debe caminar por lo menos 1 hora.

**Limpieza de las semillas:** Todas las semillas deben encontrarse completamente limpias para continuar con el proceso de la extracción del aceite, debe estar limpia de todo tipo de impurezas como por ejemplo la tierra. [15]

### **2.2.14. Extracción mecánica:**

La extracción, en general, persigue la separación de ciertos componentes de una mezcla mediante un disolvente líquido. Cuando se trata de una mezcla de gases se denomina absorción. Cuando los componentes están en una mezcla en fase líquida la operación se denomina extracción líquido – líquido y cuando el componente a extraer está contenido en un sólido extracción sólido – líquido. Estas operaciones se fundamentan en la diferente solubilidad de los componentes en cada fase. [16]

### **2.2.15. Secado de semillas:**

La fase de secado se realiza en secaderos continuos por los que se hace circular una corriente de aire caliente. El calor se obtiene de la combustión de los subproductos generados en las extractoras, orujillo y hueso de aceituna, o mediante sistemas de cogeneración con gas natural. Un secadero consta de tres partes: el horno, el equipo de secado y la salida de gases (ciclón) y orujo seco. El horno está formado por una tolva de combustible (hueso u orujillo) que mediante un tornillo sinfín (accionado por un motor) alimenta a la cámara de combustión, así como por ventiladores para la alimentación primaria del horno. [17]

### **2.2.16. Separación de las cáscaras:**

Se recomienda para producir aceite de alta calidad y aumenta la tasa de extracción a menores presiones.

Algunas semillas son sólo descascarilladas parcialmente eliminándose las partículas de mayor tamaño. De esta forma se ayuda a la rotura de las paredes celulares a presiones no mucho más altas que para las semillas descascarilladas. [18]

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Localización.**

Este proyecto de investigación se lo realizó en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos ubicada en la Región Costa de la República del Ecuador, en los laboratorios de la

Universidad Técnica Estatal De Quevedo, donde se utilizaron diferentes materiales y equipos.

### Ubicación geográfica

Altitud: 120 m.s.n.m

Longitudes: 79° 28' 30" Oeste

Latitud: 1° 6' S

T° media: 24.8

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar).

### 3.2 Materiales y equipos.

A continuación se presentan la lista de materiales y equipos utilizados:

**Tabla: 1** Materiales y equipos utilizados en diseño y construcción del equipo de laboratorio.

MATERIALES	EQUIPOS	OTROS
Plancha de A. inoxidable de espesor de 3mm	Soldadora	Internet
Tubo cuadrado de A. Inoxidable de 2 pulg.	Fresadora	Autocad
Electrodos	Torno	Cámara fotográfica
Chumacera 25mm interior	Esmeril	Impresora
Retenedores 25mm interior	Cortadora	Teléfono celular
Placas de A. inoxidable de 8mm espesor	Dobladora	
Discos (pulir a. inoxidable – corte)	Taladro de pedestal	
Pernos y tuercas de a. inoxidable	Pulidora	

Tubo redondo de a. inoxidable de 60mm interior 3mm espesor	Taladro de mano
Empaques (papel victoria)	Voltímetro
Eje de a. inoxidable de 50mm (tornillo sinfín)	
Brocas Cobalto (1mm y 1/4)	
Pintura	
Lija	
<p><b><u>Materiales eléctricos:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motoreductor 1hp</li> <li>• Variador de velocidad.</li> <li>• Contactor.</li> <li>• Disyuntor eléctrico.</li> <li>• Interruptor termomagnético.</li> <li>• Caja de control.</li> <li>• Botones de marcha/paro.</li> <li>• Paro de emergencia.</li> <li>• Luz pilotos led.</li> <li>• Selector</li> <li>• Potenciómetro.</li> <li>• Enchufe para 220V</li> <li>• cables</li> </ul>	

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

**Tabla: 2** Materiales y equipos de laboratorio utilizados en la extracción de aceite.

MATERIA PRIMA	EQUIPOS	MATERIAL DE LABORATORIO
---------------	---------	-------------------------

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

Chontilla	Presas con tornillo sinfín	Matraz
	Balanza	Recipientes

**Tabla 3:** Materiales.

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Vaso de precipitación	Balanza	Agua destilada

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

**Tabla 4** Materia prima utilizada para las diferentes muestras.

Nº DE MUESTRA	CANTIDAD (g)	OBTENCION (g)
20 rpm		
1 pasada	250	98,1
2 pasada	250	43,31
3 pasada	250	23,18
40 rpm		
1 pasada	250	87,11
2 pasada	250	48,8
3 pasada	250	7,86
55 rpm		
1 pasada	250	99,46
2 pasada	250	59,07
3 pasada	250	12,6
70 rpm		
1 pasada	250	73,5
2 pasada	250	55,05
3 pasada	250	12,66

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

### 3.3. Metodología.

#### 3.3.1. Diseño del equipo.

El diseño y fabricación del equipo de prensado en frío con tornillo sinfín tiene su origen en la extracción de aceite de oliva de forma artesanal, en la cual consistía en moler las semillas de olivo con unas piedras gigantes en forma de discos, las cuales giraban sobre un eje triturándolas y convirtiéndolas en una masa que se distribuía uniformemente sobre unos capachos, para luego ser prensado y de esta manera se obtenía el aceite de oliva extra virgen.

### 3.3.2. Proceso de extracción por medio de la prensa con tornillo sinfín.

Con este proyecto se va a estudiar cómo funciona el equipo en la extracción del aceite de Chontilla además de poder comprobar cuáles son los valores obtenidos de la humedad y el pH.

Se utilizaron para cada prueba un total de pulpa de Chontilla en estado maduro de 1Kg los cuales se dividieron en cuatro partes de 250 gr cada una las velocidades a tratar que son ( $r_1=20$  rpm;  $r_2=40$  rpm;  $r_3=55$  rpm;  $r_4=70$  rpm), para cada prueba realizada con cada revolución se les realizó 3 pasadas por el extractor de una misma muestra tomando los valores en gramos de producto extraído al que se le realizaron los respectivos estudios de pH y humedad obtenida.

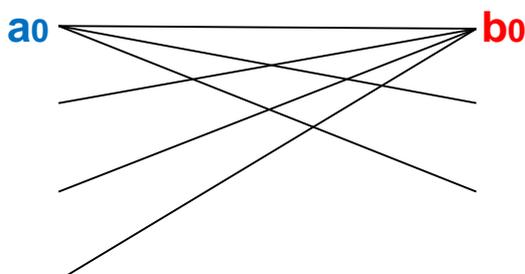
Para poder evaluar los efectos combinados entre dos factores y encontrar sus diferencias se utilizó un diseño factorial A\*B.

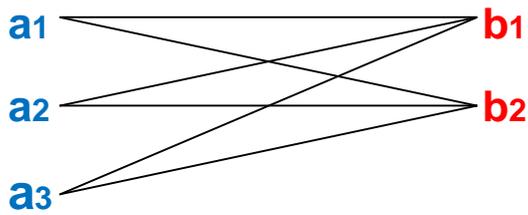
Los factores que se tiene para los tratamientos son: Factor A (diferentes velocidades en rpm), Factor B (número de pasadas de un mismo producto) en los que se tiene 3 réplicas, se utilizó el programa StatsGraphics para separar las medias de los niveles de los tratamientos y la prueba de significación de Tukey con ( $p>0,05$ ).

## 3.4. Diseño estadístico de la investigación

Se aplicará un arreglo factorial **AxB**, con los niveles en **A=4** y **B=3** dando como resultado un total de 12 tratamientos.

### 3.4.1. Diseño experimental para evaluar el rendimiento y la presión para extraer aceite de Chontilla.





**Figura: 1** Tratamientos

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

### 3.4.1.1. Hipótesis

#### 3.4.1.1.1. Nula.

$H_0$ : La velocidad en rpm que se aplique en la extracción de aceite no afecta en el volumen extraído proceso de obtención de aceite de chontilla.

$H_0$ : El número de pasadas que se le realice a la misma muestra no afecta en el volumen obtenido en la extracción de aceite de chontilla.

#### 3.4.1.1.2. Alternativa.

$H_a$ : La velocidad en rpm que se aplique en la extracción de aceite si afecta en el volumen extraído proceso de obtención de aceite de chontilla.

$H_a$ : El número de pasadas que se le realice a la misma muestra si afecta en el volumen obtenido en la extracción de aceite de chontilla.

**Tabla: 5** Los factores de estudio que intervendrán en esta investigación

Descripción Factores de Estudio para la determinación del correcto funcionamiento de la prensa con tornillo sinfín para la extracción aceites vegetales a nivel experimental para su aplicación en investigación científica.

FACTORES DE ESTUDIO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Factor A: Velocidad de rotación del equipo extractor</b>	a <sub>0</sub>	20 rpm
	a <sub>1</sub>	40 rpm
	a <sub>2</sub>	55 rpm
	a <sub>3</sub>	70 rpm
<b>Factor B : pasadas a una misma muestra</b>	b <sub>0</sub>	1 pasada
	b <sub>1</sub>	2 pasada
	b <sub>2</sub>	3 pasada

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

**Tabla: 6** Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación correcto funcionamiento del proceso.

Nº.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	20 rpm + 1ra pasada
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	20 rpm + 2da pasada
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	20 rpm + 3ra pasada
4	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	40 rpm + 1ra pasada
5	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	40 rpm + 2da pasada
6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	40 rpm + 3ra pasada
7	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	55 rpm + 1ra pasada
8	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	55 rpm + 2da pasada
9	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	55 rpm + 3ra pasada
10	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub>	70 rpm + 1ra pasada
11	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	70 rpm + 2da pasada
12	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	70 rpm + 3ra pasada

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

### 3.4.2. Diseño experimental

En el presente proyecto se aplicara un arreglo factorial A\*B con cuatro niveles en el factor A (r1=20 rpm; r2=40 rpm; r3=55 rpm; r4=70 rpm), tres niveles en el factor B (p1= 1<sup>ra</sup> pasada; p2= 2<sup>da</sup> pasada; p3= 3<sup>ra</sup> pasada) y así determinar el grado de extracción de aceite de chontilla. Para evaluar los efectos entre niveles y tratamientos se utilizará la prueba de Tukey.

### **3.4.2.1. Características del experimento**

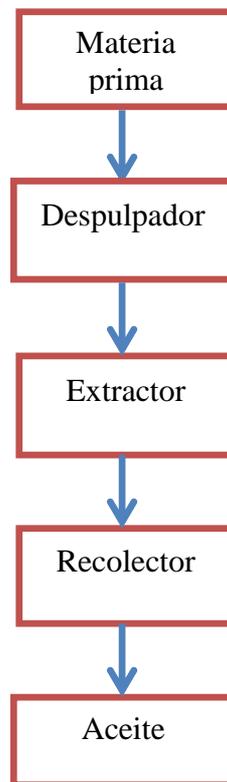
- Tratamientos: 12
- Repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 36
- Para cada muestra se utilizó 250gr de pulpa de chontilla

#### **VARIABLES A ESTUDIAR**

- Rendimiento
- Velocidades (rpm)
- Humedad
- pH

### **3.5. Balance de materiales.**

Se utilizó un diagrama de flujo para poder evaluar el proceso de extracción de aceite de chontilla.



**Figura:2 Diagrama de flujo con semilla**

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

### **3.6. Manual de mantenimiento y funcionamiento.**

Se creó un manual de operación y mantenimiento con el fin de procurar que no existan inconvenientes a la hora de manejar el equipo donde incluye todos los detalles, características y advertencias.

## **CAPÍTULO IV**

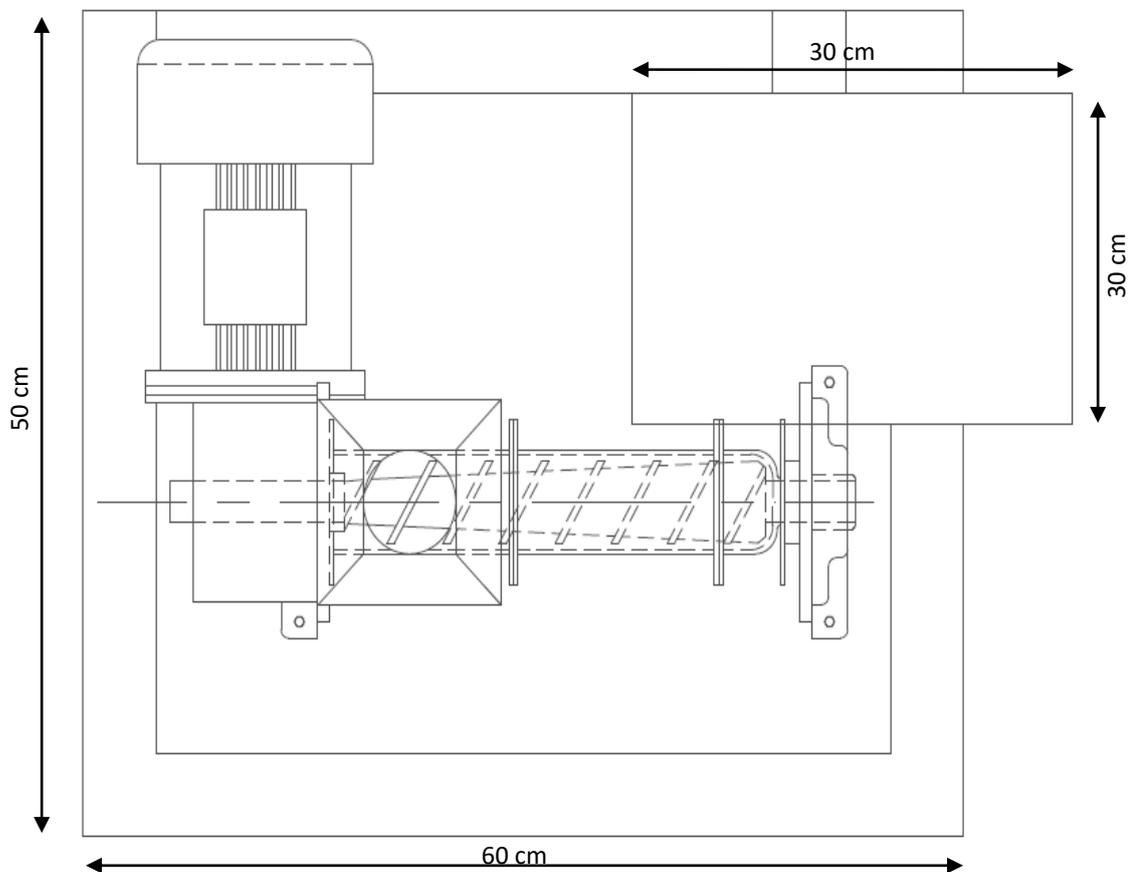
### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados**

##### **4.1.1. Diseño y construcción.**

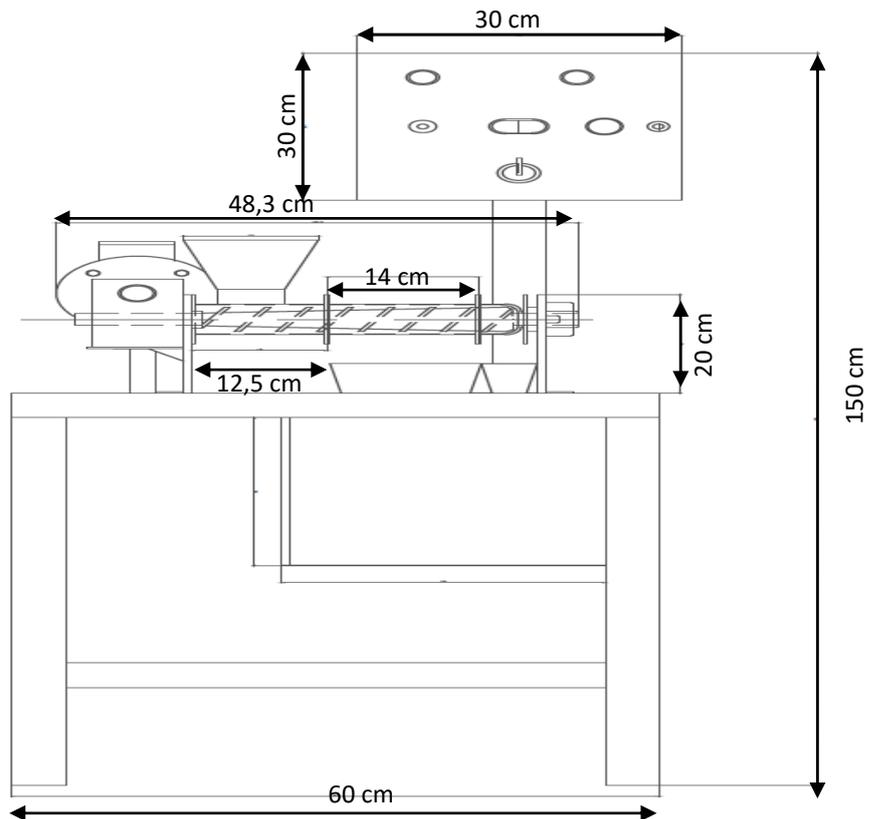
Debido a la necesidad de tener equipos y tecnologías que permitan extraer aceite en frío surge el diseño y construcción de este tipo de equipo el cual es una prensa mediante un tornillo sinfín, muy poco desarrollado en la actualidad en nuestro medio y que cuenta con ciertas características como permitir la regulación de la velocidad mediante un potenciómetro dentro de un rango de 20 – 72 rpm cuenta con un motor reductor el cual además de reducir la velocidad le brinda fuerza al equipo, una conexión a 220V de corriente, tiene un tablero de control, inversión de giro del tornillo sinfín, botón de paro de emergencia todo esto a fin de que sea muy versátil y único ideal para las practicas a nivel de laboratorio.

#### 4.1.1.1. Dibujo del equipo de extracción con tornillo sinfín.

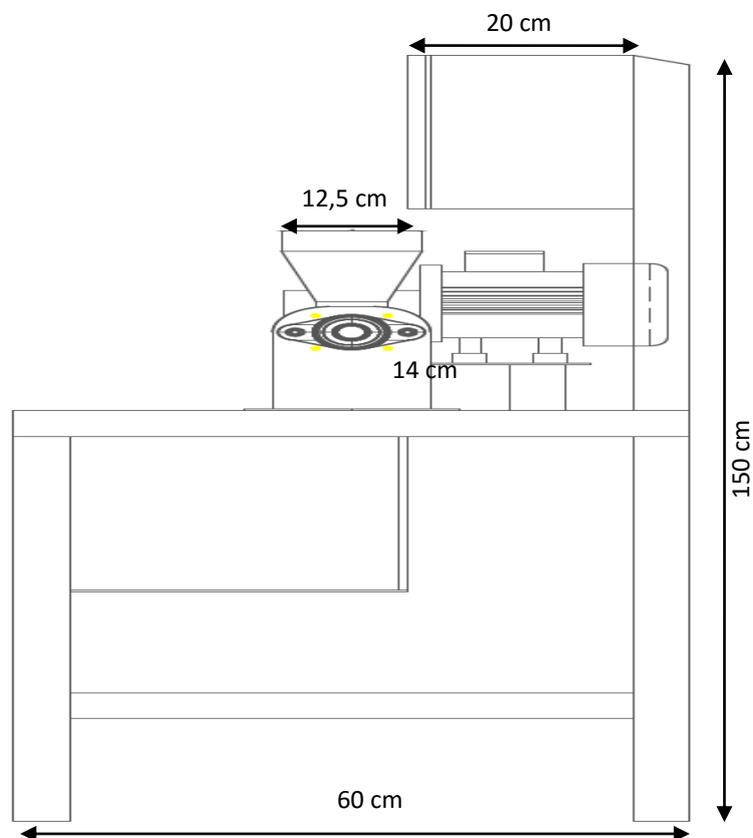


**Figura: 3 Vista superior**

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**



**Figura:4 Vista frontal**  
**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**



**Figura:5 Vista lateral izquierda**  
**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

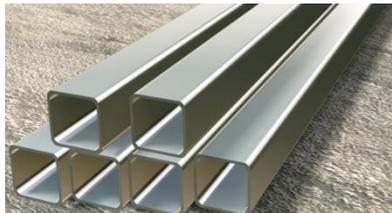
#### **4.1.1.2. Materiales y accesorios utilizados en la construcción del equipo.**

##### **4.1.1.2.1. Planchas de acero inoxidable de 3mm de espesor.**



Se utilizó una plancha de acero inoxidable para la construcción de la mesa sobre la cual va el equipo de extracción, también para la fabricación de la tolva de recepción de materia prima y para la tolva de la salida del bagazo.

##### **4.1.1.2.2. Tubo cuadrado de acero inoxidable de 2 pulgadas.**



Se usó un tubo cuadrado de 2 pulgadas para construir toda la estructura de la mesa que soportará el todo el peso del equipo siendo este un material muy resistente y que brinda un buen acabado.

##### **4.1.1.2.3. Motor eléctrico de 1 Hp.**



Se empleó un motor marca SIEMENS de 1 Hp de potencia que funciona a 1650 rpm y con una alimentación eléctrica de 220V, 60 Hz, que brindara la fuerza mecánica que hará mover el tornillo sinfín.

#### 4.1.1.2.4. Reductor.



Con este tipo de mecanismo que va conectado al eje del motor mediante un tornillo sinfín y un piñón permite reducir en gran medida la velocidad además de proporcionarle fuerza al tornillo sinfín.

#### 4.1.1.2.5. Chumacera.



Se utilizó una chumacera de pared de 25 mm de interior la cual permite además de darle movilidad al eje del tornillo sinfín también permite la alineación del mismo.

#### 4.1.1.2.6. Retenedores.



Se emplearon dos retenedores de 35-25 mm de interior en cada extremo del eje a fin de que existan filtraciones de líquidos hacia el exterior debido a la presión que existe dentro del equipo durante el proceso de extracción de aceite.

#### 4.1.1.2.7. Variador de velocidad.



Para la regulación de la velocidad del equipo se emplea este variador de marca Schneider Electric de 0,75 KW – 1Hp – 200 a 240V, que además de variar la velocidad del equipo permite la inversión de giro del motor y por ende del tornillo sinfín.

#### 4.1.1.2.8. Pulsadores marcha/paro.



Estos pulsadores colocados en la caja de control son los que permiten, encender el equipo (luz piloto color verde) y apagarlo (luz piloto color rojo).

#### 4.1.1.2.9. Selector.



Para cambiar y seleccionar el sentido de giro del tornillo sinfín se empleó este tipo de selector que cuenta con tres posiciones derecha (giro hacia la derecha del tornillo), central (el equipo no se mueve aunque este encendido) y a la izquierda (giro hacia la izquierda del tornillo).

#### 4.1.1.2.10. Caja de control.



Es aquella que en su interior alberga todos los equipos que forman parte del circuito eléctrico y en su parte exterior están todos los botones y mandos que controlan el equipo.

#### 4.1.1.2.11. Eje del tornillo sinfín.



Este eje de 50mm de espesor fue torneado según el diseño planteado, para que además de ejercer una presión hacia adelante del producto a tratar también lo haga hacia los lados, es decir hacia las paredes de la criba que lo rodea, obteniendo un mayor rendimiento en cuanto a extracción.

#### **4.1.1.2.12. Potenciómetro.**



Este tipo de mando se lo colocó para regular de forma gradual la velocidad del equipo con un máximo de 72 rpm y un mínimo de 20 rpm, de forma manual.

#### **4.1.1.2.13. Contactor.**



Se utilizó un contacto SIEMENS SIRIUS de 220 V – 50/60 Hz, ya que permite tener un amplio rango de protección en caso de sobrecargas y para la supervisión y control en el arranque del motor.

#### **4.1.1.2.14. Disyuntor eléctrico o Breaker.**



Dentro del circuito eléctrico del equipo se colocó un disyuntor eléctrico Schneider de protección térmica (2,5 – 4 A) y control por pulsador para el resguardo del motor.

#### **4.1.1.2.15. Interruptor termomagnético.**



Se utilizó un interruptor termomagnético Siemens 5x1 para poder garantizar la protección contra cortocircuitos y sobrecargas tanto a los cables como a los conductores eléctricos en caso de calentamiento extremo.

#### **4.1.1.2.16. Botón de paro de emergencia.**



A modo de prevención cuando esté en funcionamiento el equipo y en caso de existir alguna situación peligrosa tanto para el equipo como para las personas que esté a su alrededor, se colocó un botón de paro de emergencia el cual cortara el circuito eléctrico de los componentes del equipo parándolo de inmediato.

#### 4.1.2. Evaluación del funcionamiento del equipo.

**Tabla:** 7 Análisis de varianza para peso (gr) – suma de cuadrados

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:factor A	528,713	3	176,238	288,33	0,0000
B:factor B	32104,2	2	16052,1	26261,62	0,0000
C:repeticiones	2,31377	2	1,15689	1,89	0,1744
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1291,85	6	215,308	352,25	0,0000
RESIDUOS	13,4472	22	0,611238		
TOTAL (CORREGIDO)	33940,5	35			

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

Según el resultado de la tabla ANOVA que descompone la variabilidad de Peso (gr) en contribuciones debida a varios factores y a los valores-P que prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95%, muestran que el Factor A (revoluciones) existe diferencia altamente significativa al igual que en el Factor B (número de pasadas) y en las interacciones AB, no siendo este el caso en las repeticiones que no se encontró diferencia significativa. Por lo que se recomienda utilizar una prueba de significación a fin de encontrar las diferencias en el Factor A, Factor B y en las interacciones AB.

**Tabla: 8** Análisis de varianza para el % de humedad – Suma de cuadrados.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:factor A	72,7853	3	24,2618	63,19	0,0000
B:factor B	66,9454	2	33,4727	87,18	0,0000
C:repeticiones	0,0414889	2	0,0207444	0,05	0,9475
INTERACCIONES					
AB	60,9002	6	10,15	26,43	0,0000
RESIDUOS	8,44718	22	0,383963		
TOTAL (CORREGIDO)	209,119	35			

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

Según el resultado de la tabla ANOVA que descompone la variabilidad del % Humedad en contribuciones debida a varios factores y puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95%, muestran que el Factor A (revoluciones) existe diferencia altamente significativa al igual que en el Factor B (número de pasadas) y en las interacciones AB, no siendo este el caso en las repeticiones que no se encontró diferencia significativa. Por lo que se recomienda utilizar una prueba de significación a fin de encontrar las diferencias en el Factor A, Factor B y en las interacciones AB.

**Tabla: 9** Análisis de varianza para los valores de pH- suma de cuadrados.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:factor A	0,417386	3	0,139129	1095,33	0,0000
B:factor B	0,0726222	2	0,0363111	285,87	0,0000
C:repeticiones	0,000738889	2	0,000369444	2,91	0,0757
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,530022	6	0,088337	695,46	0,0000
<b>RESIDUOS</b>					
TOTAL (CORREGIDO)	1,02356	35			

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

Según el resultado de la tabla ANOVA que descompone la variabilidad de los valores de pH en contribuciones debida a varios factores y puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95%, muestran que el Factor A (revoluciones) existe diferencia altamente significativa al igual que en el Factor B (número de pasadas) y en las interacciones AB, no siendo este el caso en las repeticiones que no se encontró diferencia significativa. Por lo que se recomienda utilizar una prueba de significación a fin de encontrar las diferencias en el Factor A, Factor B y en las interacciones AB.

**4.1.2.1. Resultados del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor A (Velocidades en rpm), aplicando la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).**

<p>En la gráfica se puede observar que si existió diferencia entre los valores obtenidos en gramos y las velocidades en rpm del Factor A (<math>r_0=20</math> rpm, <math>r_1=40</math> rpm, <math>r_2=55</math> rpm, <math>r_3=70</math> rpm), siendo el más alto <math>r_2=55</math> rpm y más bajo <math>r_3=70</math> rpm.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Rendimiento Peso (gr)</b></p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Rendimiento Peso (gr)</caption> <thead> <tr> <th>Factor A (rpm)</th> <th>Min</th> <th>Q1</th> <th>Median</th> <th>Q3</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>25,67</td> <td>25,67</td> <td>48,06</td> <td>81,65</td> <td>92,84</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>14,48</td> <td>14,48</td> <td>48,06</td> <td>81,65</td> <td>92,84</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>14,48</td> <td>14,48</td> <td>59,26</td> <td>92,84</td> <td>104,04</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>14,48</td> <td>14,48</td> <td>48,06</td> <td>70,45</td> <td>81,65</td> </tr> </tbody> </table>	Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max	0,00	25,67	25,67	48,06	81,65	92,84	1,00	14,48	14,48	48,06	81,65	92,84	2,00	14,48	14,48	59,26	92,84	104,04	3,00	14,48	14,48	48,06	70,45	81,65
Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max																										
0,00	25,67	25,67	48,06	81,65	92,84																										
1,00	14,48	14,48	48,06	81,65	92,84																										
2,00	14,48	14,48	59,26	92,84	104,04																										
3,00	14,48	14,48	48,06	70,45	81,65																										
<p>Podemos observar en esta grafica del % de humedad presente en las muestra en relación a la velocidades del Factor A (<math>r_0=20</math> rpm, <math>r_1=40</math> rpm, <math>r_2=55</math> rpm, <math>r_3=70</math> rpm), donde se encuentra mayor porcentaje de humedad en <math>r_2=55</math> rpm.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Humedad</b></p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Humedad</caption> <thead> <tr> <th>Factor A (rpm)</th> <th>Min</th> <th>Q1</th> <th>Median</th> <th>Q3</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>28,68</td> <td>29,84</td> <td>31,00</td> <td>32,16</td> <td>33,32</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>29,84</td> <td>31,00</td> <td>32,16</td> <td>33,32</td> <td>34,48</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>32,16</td> <td>33,32</td> <td>33,32</td> <td>37,96</td> <td>39,13</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>29,84</td> <td>31,00</td> <td>32,16</td> <td>34,48</td> <td>35,64</td> </tr> </tbody> </table>	Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max	0,00	28,68	29,84	31,00	32,16	33,32	1,00	29,84	31,00	32,16	33,32	34,48	2,00	32,16	33,32	33,32	37,96	39,13	3,00	29,84	31,00	32,16	34,48	35,64
Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max																										
0,00	28,68	29,84	31,00	32,16	33,32																										
1,00	29,84	31,00	32,16	33,32	34,48																										
2,00	32,16	33,32	33,32	37,96	39,13																										
3,00	29,84	31,00	32,16	34,48	35,64																										
<p>En esta grafica se determina el valor de pH presente en las muestras en relación con las velocidades del Factor A (<math>r_0=20</math> rpm, <math>r_1=40</math> rpm, <math>r_2=55</math> rpm, <math>r_3=70</math> rpm), en el que el valor más alto esta en <math>r_3=70</math> rpm y el más bajo en <math>r_0=20</math> rpm</p>	<p style="text-align: center;"><b>pH</b></p> <table border="1"> <caption>Approximate data for pH</caption> <thead> <tr> <th>Factor A (rpm)</th> <th>Min</th> <th>Q1</th> <th>Median</th> <th>Q3</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>5,00</td> <td>5,08</td> <td>5,40</td> <td>5,48</td> <td>5,56</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>5,32</td> <td>5,32</td> <td>5,32</td> <td>5,64</td> <td>5,64</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>5,32</td> <td>5,32</td> <td>5,32</td> <td>5,56</td> <td>5,64</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>5,56</td> <td>5,56</td> <td>5,64</td> <td>5,64</td> <td>5,72</td> </tr> </tbody> </table>	Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max	0,00	5,00	5,08	5,40	5,48	5,56	1,00	5,32	5,32	5,32	5,64	5,64	2,00	5,32	5,32	5,32	5,56	5,64	3,00	5,56	5,56	5,64	5,64	5,72
Factor A (rpm)	Min	Q1	Median	Q3	Max																										
0,00	5,00	5,08	5,40	5,48	5,56																										
1,00	5,32	5,32	5,32	5,64	5,64																										
2,00	5,32	5,32	5,32	5,56	5,64																										
3,00	5,56	5,56	5,64	5,64	5,72																										

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

**4.1.2.2. Resultados del análisis de los valores obtenidos de los niveles del Factor B ( $p_0= 1^{\text{ra}}$  pasada,  $p_1=2^{\text{da}}$  pasada,  $p_2= 3^{\text{ra}}$  pasada), aplicando la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ).**

<p>En la gráfica que hace referencia al rendimiento en peso se puede observar que si existió diferencia entre los valores obtenidos en gramos y el número de pasadas del Factor B (<math>p_0= 1^{\text{ra}}</math> pasada, <math>p_1=2^{\text{da}}</math> pasada, <math>p_2= 3^{\text{ra}}</math> pasada), siendo la más alta <math>p_0= 1^{\text{ra}}</math> pasada.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Rendimiento Peso (gr)</i></p>
<p>Podemos observar en esta grafica que el % de humedad presente en las muestra en relación a las pasadas del Factor B (<math>p_0= 1^{\text{ra}}</math> pasada, <math>p_1=2^{\text{da}}</math> pasada, <math>p_2= 3^{\text{ra}}</math> pasada), se encuentra al igual que la gráfica del peso el mayor porcentaje de humedad en <math>p_0= 1^{\text{ra}}</math> pasada.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Humedad</i></p>
<p>En esta grafica se pudo determinar el valor de pH presente en las muestras en relación con el número de pasadas del Factor B (<math>p_0= 1^{\text{ra}}</math> pasada, <math>p_1=2^{\text{da}}</math> pasada, <math>p_2= 3^{\text{ra}}</math> pasada), en el que el valor más alto esta en <math>p_2= 3^{\text{ra}}</math> pasada.</p>	<p style="text-align: center;"><i>pH</i></p>

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

**4.1.2.3. Resultados de los tratamientos evaluados en la Interacción AxB (diferentes velocidades rpm + el número de pasadas), aplicando la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ).**

<p>En la gráfica que hace referencia a la interacción entre las diferentes velocidades en rpm del Factor A y el número de pasadas del Factor B, siendo el más alto (<math>a_2 b_0</math>), es decir <math>a_2 = 55</math> rpm en <math>b_0 = 1^{ra}</math> pasada con esta combinación se obtiene el rendimiento más alto.</p>	<p><b>Rendimiento Peso (gr)</b></p>
<p>Podemos observar en esta grafica que al interactuar el Factor A velocidades en rpm y el Factor B número de pasadas, se obtiene el valor más alto de humedad en (<math>a_2 b_0</math>), es decir <math>a_2 = 55</math> rpm en <math>b_0 = 1^{ra}</math> pasada, y el valor más bajo en (<math>a_0 b_2</math>), <math>a_0 = 20</math> rpm con <math>b_2 = 3^{ra}</math> pasada.</p>	<p><b>Humedad</b></p>
<p>En esta grafica se pudo determinar que al interactuar el Factor A velocidades en rpm con el Factor B número de pasadas se obtiene el valor más alto de pH en (<math>a_3 b_2</math>), es decir <math>a_3 = 70</math> rpm con <math>b_2 = 3^{ra}</math> pasada y el valor más bajo con (<math>a_0 b_0</math>), es decir con <math>a_0 = 20</math> rpm y <math>b_0 = 1^{ra}</math> pasada.</p>	<p><b>ph</b></p>

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

### 4.1.3. Balance de materia para evaluar el rendimiento del equipo de extracción.

Para este balance de materia se tomó en cuenta el resultado del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor A el cual el más alto fue  $a_2=55\text{rpm}$ . Se comenzó con un volumen de materia prima de 520gr una vez despulpado solo quedó 250gr que se ingresaron al extractor y se obtuvieron los siguientes valores:

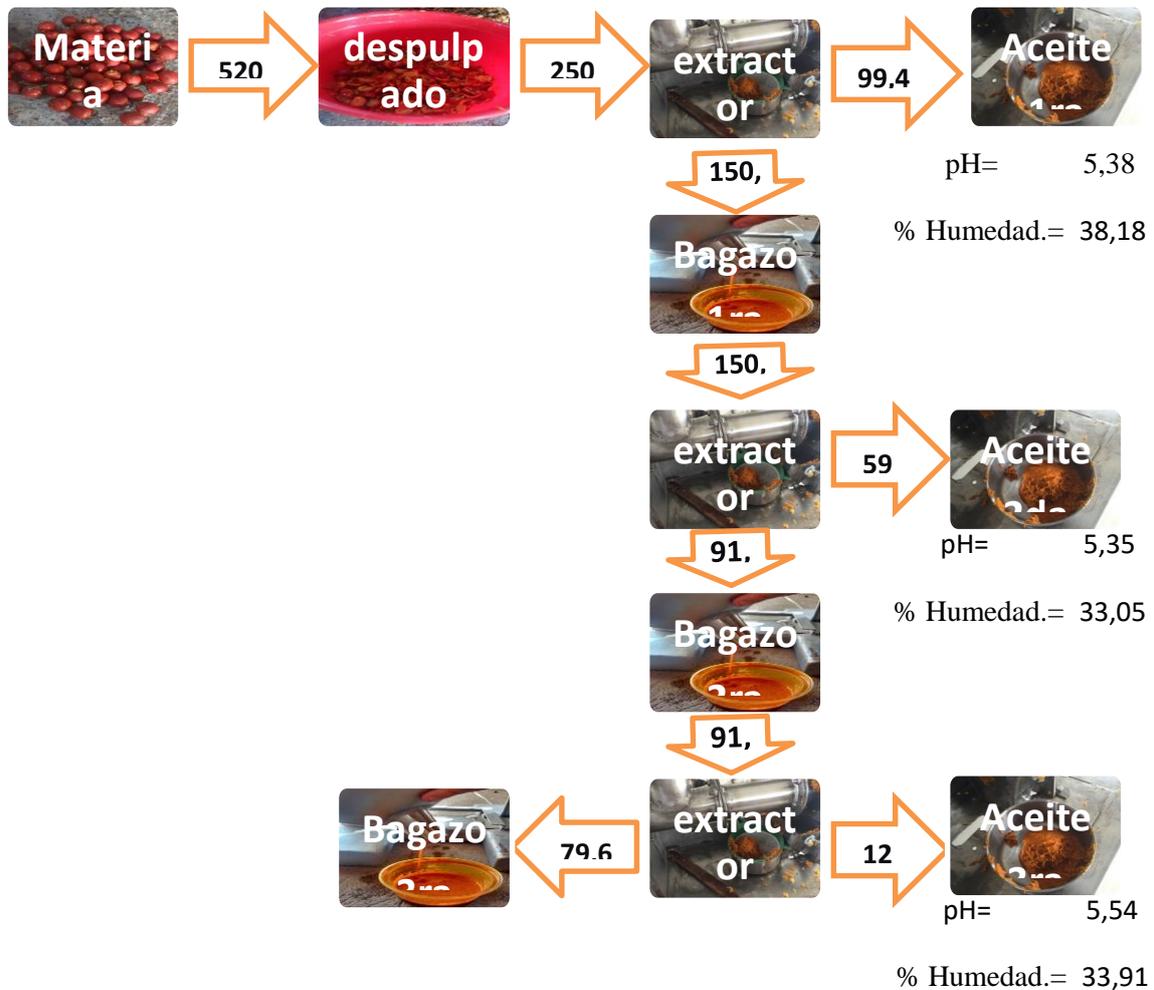


Figura:6 Balance de materia para evaluar el rendimiento del equipo.

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

#### 4.1.3.1. Fórmula para determinar el rendimiento

$$R = \frac{\sum PF}{PI} * 100\%$$
$$R = \frac{170,4 \text{ g}}{250 \text{ g}} * 100\%$$
$$R = 68,1\%$$

**Tabla:60** Análisis del total de valores obtenidos en el balance ve materia.

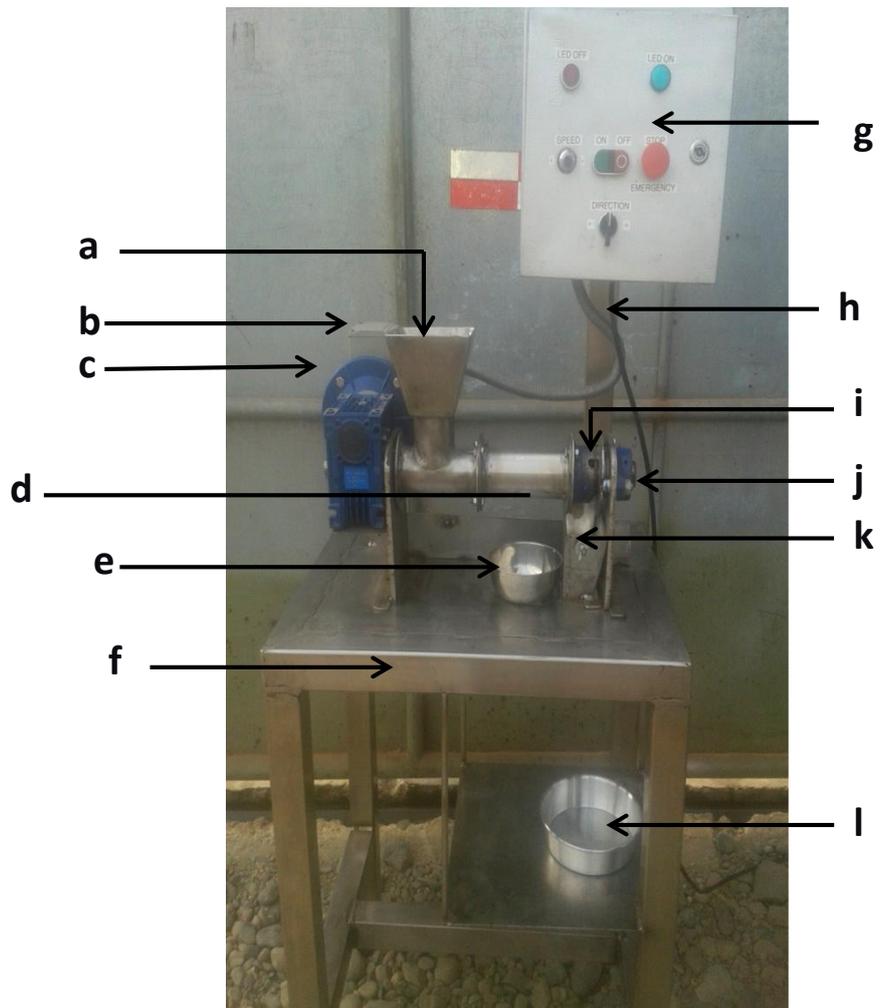
Descripción	Peso
Despulpado	250 gr
T. Aceite	170,4 gr
T. Bagazo	79,6 gr
<b>% Rendimiento</b>	<b>68,1 %</b>

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

#### 4.1.4. Manual de funcionamiento

Con este manual técnico y de funcionamiento del equipo, permitirá al operador conocer todas las partes que lo componen además de las funciones para la cual fue diseñado y así cumplir con las recomendaciones, en cuanto al correcto cuidado y funcionamiento del presente equipo de laboratorio, precautelando de esta forma tanto la salud de la persona como del equipo en general.

**4.1.4.1. Descripción de las partes del equipo de prensado mediante tornillo sinfín.**



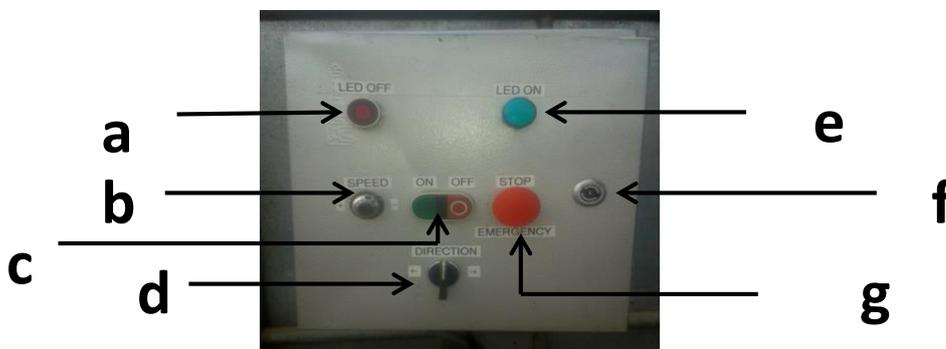
**Tabla:71** Descripción de las partes del equipo.

Descripción de las partes	
<b>a</b>	Tolva receptora M P.
<b>b</b>	Motor
<b>C</b>	Reductor
<b>d</b>	Criba
<b>e</b>	Recipiente aceite
<b>f</b>	Mesa
<b>g</b>	Tablero de control
<b>h</b>	Cable corriente

<b>i</b>	Salida bagazo
<b>j</b>	Chumacera
<b>k</b>	Tolva receptora bagazo
<b>l</b>	Recipiente bagazo

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

#### 4.1.4.1.1. Descripción del tablero de control del equipo (Parte exterior).

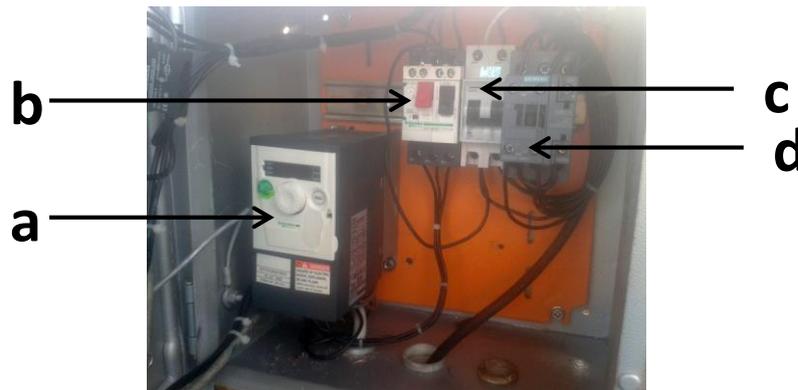


**Tabla: 12** Partes externas y funciones del tablero de control.

Descripción	
<b>a</b>	Luz LED apagado (OFF)
<b>b</b>	Potenciometro
<b>c</b>	Boton de marcha / paro
<b>d</b>	Selector
<b>e</b>	Luz LED encendido
<b>f</b>	Candado
<b>g</b>	Paro de emergencia

ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)

#### 4.1.4.1.2. Descripción del tablero de control del equipo (Parte interior).



**Tabla: 13** Partes Internas del tablero de control.

Descripción	
a	Variador de velocidad (0,75kw o 1Hp ; 200- 240V)
b	Disyuntor eléctrico o Breaker (2,5 – 4 A)
c	Interruptor termomagnético 5SX1
d	Contactador (220V; 50/60Hz)

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

#### 4.1.4.1.3. Especificaciones generales del equipo de extracción.

**Tabla:84** Especificaciones generales del equipo de extracción.

FUERZA DEL MOTOR	(1 HP – 0,75 KW)
VELOCIDAD MOTOR	1650 rpm
CORRIENTE	(220 V – 60 Hz)
VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL EQUIPO	20 – 72 rpm
PESO	45kg
ALTO	1,60 m
ANCHO	0,4 m
LARGO	0,6 m

#### **4.1.4.2. Funcionamiento**

##### **4.1.4.2.1. Preparación del equipo de laboratorio**

- a) Cerciorarse que no se encuentre ningún tipo de objeto dentro del equipo que pueda dañar su estructura al encenderlo.
- b) Tener disponible una fuente de corriente de 220 V para la cual está diseñado.
- c) Saber a qué velocidad se requiere trabajar, con un mínimo de 20 rpm y un máximo de 72 rpm.
- d) Acondicionar la materia prima a la que se desee trabajar (en el caso de la Chontilla se recomienda se encuentre madura).
- e) Colocar los recipientes tanto para el bagazo como para el aceite.

##### **4.1.4.2.2. Manejo**

1. Conectar correctamente el cable de corriente del equipo al interruptor de 220V.
2. Verificar que se encienda la luz roja el cual indicará que si hay presencia de corriente.
3. Abrir la caja de control y verificar que el variador de velocidad este en estado (Ready) y cerrar la caja.
4. Accionar el botón de encendido el cual deberá encender la luz de color verde.
5. Girar el selector de inversión de acuerdo al sentido de giro que se desee trabajar (colocándolo en la posición derecha, el arrastre del tronillo es hacia adelante y en la posición izquierda el arrastre es hacia atrás).
6. Regular la velocidad a la que se desee trabajar con el dando vuelta al potenciómetro para aumentar la velocidad es hacia la derecha y para disminuir hacia la izquierda.
7. Comenzar a introducir la materia prima (Chontilla) al cual vamos a extraerle el aceite, dentro de la tolva de ingreso.
8. En caso de producirse algún estancamiento por parte de la materia prima girar el selector a la izquierda para que exista un arrastra el producto hacia atrás.
9. En caso de que se presente algún inconveniente durante el proceso de extracción, que pueda generar un riesgo tanto para el equipo como para el operario accionar inmediatamente el botón de paro de emergencia, ubicado en el tablero de control para que el equipo se detenga de forma rápida.

10. Una vez terminado el proceso de extracción colocar el selector en forma neutra (posición de en medio) para detener el giro del tornillo sinfín.
11. Accionar el botón de apagado (Off) el cual encenderá la luz roja.
12. Desconectar el cable del equipo del toma corriente.
13. Comenzar el proceso de limpieza del equipo.

#### **4.1.4.2.3. Advertencias**

- No introducir los dedos o alguna parte del cuerpo dentro de la tolva de ingreso del producto.
- No abrir o tocar los cables dentro de la caja de control cuando se encuentre en funcionamiento.
- No manipular el variador de velocidad si no se encuentra debidamente capacitado.
- Para poder alcanzar un buen funcionamiento y perdurar su vida útil leer todas las indicaciones del manual de mantenimiento.
- El equipo de laboratorio no debe ser operado por personas en estado etílico o que hayan ingerido algún tipo de drogas.
- No sobrecargar al equipo ingresándole demasiada materia prima para su procesamiento.
- No introducir dentro del equipo material solido o materia prima en la cual su estructura tenga un alto estado de dureza.
- No conectar el equipo a una corriente superior o inferior a 220V.
- No introducir ningún tipo de objeto dentro de la rejilla donde se encuentra el ventilador del motor.
- Verificar que no se encuentren tapados los agujeros de la cribatanto de la salida del aceite como la del bagazo.

#### **4.1.4.2.4. Mantenimiento y limpieza**

- Antes de realizar cualquier tipo de limpieza o mantenimiento tanto del equipo como del motor se los debe de desconectar del tomacorriente.
- La limpieza del equipo se lo debe hacer con agua tibia y una franela de algodón con un poco de detergente para remover algún rastro de suciedad.

- Después de cada práctica que se realice en el equipo se debe proceder con la limpieza de todas sus partes.
- que
- Toda actividad de mantenimiento y limpieza se deben realizar con los equipos desconectados.
- Se deberá limpiar con un paño humedecido con detergente para una mayor limpieza de residuos de cualquier material que se haya utilizado para la extracción de aceite, no utilizar materiales que vayan a rayar o estropear la estructura del equipo. [19]
- Esta limpieza se deberá realizar antes y después de utilizar el equipo.

#### 4.1.4.3. Costos de fabricación del equipo.

**Tabla 9** Costo total de fabricación del equipo de extracción de aceite.

CANT.	MATERIALES	P.UNIT.	P.TOTAL
-------	------------	---------	---------

1	Motor –reductor	320	320
1	Variador de velocidad	700	700
1	1/4 de plancha de 3mm	80,75	80,75
1	Eje de 50mm espesor	43,36	43,36
30	Pernos con tuercas de 1/4 a. inox.	0,39	11,54
1	Tubo cuadrado de 2 pulg	30,84	30,84
45	Electrodos	0,92	41,23
1	Disco para a. inoxidable	3,3	3,3
1	Chumacera 25 mm interior	20	20
2	Ped. Placas de 8 mm	20	40
2	Brocas de 1mm	1,5	3
2	Brocas de ¼	1,25	2,5
2	Retenedores	2,5	5
1	60cm de tubo inox. De 6 cm de interior	25	25
1	Contactador (220V; 50/60 Hz)	100	100
1	Disyuntor elec. Breaker (2,5 -4 A)	5	5
10	cable 14	0,5	5
2	Botones marcha/paro	12	24
1	Paro de emergencia	12	12
1	Interruptor termomagnetico 5sx1	185	185
2	Luz piloto led	3,5	7
1	Selector	7	7
1	Tablero	50	50
1	Torno	240	240
1	Gastos a tercero (taller)	160	160
	otros(transporte, teléfono, etc)	200	200
		<b>Suma Total</b>	<b>2321,52</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Tabla: 10** Costo de cada muestra con Chontilla despulpada.

Cantidad	Producto	Costo
250 gr	Chontilla despulpada	1,00
5 min.	Costo KW/H	1,25

1	Mano de obra	0,60
<b>Total</b>		2,85

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

Para poder determinar cuál era el costo total de extracción de cada muestra se tomaron los valores del costo de la mano de obrar, costo KW/H del equipo, y la chontilla despulpada.

## **4.2. DISCUSIÓN.**

### **4.2.1. Sobre el equipo de extracción en frío en cuanto al diseño y construcción.**

Con el diseño y fabricación de este tipo de equipo de prensado mediante un tornillo sinfín el cual logra extraer aceite de chontilla (*bactris gacipaes*) en frío, este tipo de mecanismos es muy poco utilizado en nuestro medio a nivel de laboratorio ya que la mayormente se utilizan prensas más convencionales como las hidráulicas, neumáticas, etc. Por los resultados obtenidos en las evaluaciones se ha podido comprobar un buen rendimiento y desempeño que ha tenido este tipo de equipo el cual permite aplicar diversas velocidades en rpm dentro de un rango determinado y además puede ser objeto de estudio para la extracción de otras semillas oleaginosas propias de la región.

El equipo y sus partes están hechos en su mayoría de acero inoxidable acorde a los requerimientos en cuanto al procesamiento de alimentos los cuales no van a alterar sus valores de pH y sus características organolépticas y nutricionales esenciales para el estudio científico del Grupo de Investigación Agroalimentaria de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que buscan reemplazar el consumo de aceites tradicionales como el de palma.

La inversión total del equipo es de \$ 2.171,52 que es un costo relativamente inferior a otros equipos de similares características importados del extranjero, el mismo que puede estar sujeto a cambios como el diámetro de las perforaciones en la criba dependiendo al producto a estudiar.

### **4.2.2. Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla (*bactris gacipaes*)**

Con el diseño experimental aplicado diversos factores de estudio se pudo evaluar el rendimiento en peso del producto extraído, el pH y la Humedad de las muestras.

#### **4.2.2.1. Factor A (Velocidades rpm).**

Los resultados obtenidos de las muestras del Factor A (velocidades en rpm) para poder evaluar el rendimiento del equipo van desde  $a_0$  (7,86 gr), hasta el más alto en

a<sub>2</sub> (99,46 gr), valores que en su mayoría son mayores a los citados por Chaparro María 2011 que van en un rango de 6,64gr hasta 10,85gr. .

En lo que respecta a los valores del porcentaje de humedad obtenidos oscilan desde a<sub>0</sub> (29,15%), hasta a<sub>2</sub> (38,65%), valores que son inferiores a los citados por Forero Clara 2005 en su publicación *“Estandarización conservas de Chontaduro como alternativa para el fortalecimiento integral de la minicadena de la palma de Chontaduro (bactris gasipaes) en el departamento del Cauca”*.

En cuanto al pH obtenido en las muestras que van desde a<sub>0</sub> (5,03), hasta el valor más alto en a<sub>3</sub> (5,69) siendo estos valores de pH menores a los expuesto por Forero Clara 2005 que están en un rango de 6,00 a 6,5.

#### **4.2.2.2. Factor B (Pasadas).**

En los valores que se obtuvieron en cuanto al rendimiento peso (gr) se obtuvo el más bajo en b<sub>2</sub> (7, 86 gr), y el más alto en b<sub>0</sub> (99,46 gr) siendo gran parte de ellos superiores a los determinados por Chaparro María 2011 que van en un rango de 6,64gr hasta 10,85gr en su publicación *“Obtención de aceite a partir de residuos de chontaduro”*.

En cuanto a la humedad obtenida en el análisis de las muestras que van desde b<sub>2</sub> (29,15%) hasta b<sub>0</sub> (38,65%), datos que son menores a los citados por Forero Clara 2005 que están dentro de un rango del 58,0 hasta 60,0% de humedad.

En los valores de pH obtenido siendo el más bajo b<sub>0</sub> (5,03) y el más alto en b<sub>2</sub> (5,69), resultados que son inferiores a los determinados por Forero Clara 2005.

#### **4.2.2.3. En la interacción de los Factores A\*B de los Tratamientos estudiados (velocidades en rpm + número de pasadas).**

En los valores obtenidos en las interacciones de los factores A\*B, estando a<sub>1</sub>b<sub>2</sub> (40 rpm en la tercera pasada) de las tres repeticiones realizadas están dentro del rango establecido por Chaparro María 2011 que van desde 6,64gr hasta 10,85gr mientras que en las demás interacciones tiene valores superiores.

En el % de Humedad de todas las interacciones arrojaron valores inferiores a los citados por Forero Clara 2005 que están dentro de un rango del 58,0 hasta 60,0% de humedad.

Y en cuanto a todos los resultados de pH obtenidos en las muestras de las interacciones de los Factores A\*B fueron inferiores a los establecidos por Forero Clara 2005 en su publicación *“Estandarización conservas de Chontaduro como alternativa para el fortalecimiento integral de la minicadena de la palma de Chontaduro (bactris gasipaes) en el departamento del Cauca”*.

#### **4.2.3. Determinación del rendimiento del equipo de laboratorio por medio del balance de material.**

Con la muestra de materia prima de chontilla de 520gr una vez despulpado quedo 250gr siendo este el 100% del material que fue procesado, obteniendo en la primer pasada una cantidad de aceite de 99,4 gr, y de bagazo 150,6 gr el mismo que fue nuevamente ingresado al equipo extrayendo en la segunda pasada 59 gr de aceite y quedando 91 de bagazo el cual se lo ingreso por última vez al equipo, quedando 12gr de aceite en la tercera pasada y 79,6 gr de bagazo, consiguiendo los siguientes resultados, total de aceite extraído 170,4 gr en las tres pasadas y un total de 79,6 gr de bagazo obteniendo un rendimiento de extracción del 68,1 %. Debido al gran rendimiento de extracción del equipo lo hace una buena opción para aplicarlo tanto a nivel de laboratorio para la investigación científica, como también para llegar hacer industrializado.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN**

## **5.1. CONCLUSIONES.**

### **5.1.1. Sobre el equipo de extracción en frío en cuanto al diseño y construcción.**

Se diseñó y fabricó un equipo de extracción en frío de aceite de chontilla el miso que permite obtener diferentes niveles de velocidad en rpm dentro de un rango de 20 a 72 rpm y con un máximo de extracción continua de 10 kg/hora, con una fuente de alimentación eléctrica de 220V y con ciertas características como de inversión de giro del tornillo sinfín, botón de paro de emergencia, sistema de protección eléctrica para cortocircuitos y sobrecargas para protección del motor.

### **5.1.2. Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla (*bactris gacipaes*)**

#### **5.1.2.1. Factor A (velocidades en rpm).**

Se pudo determinar que si existió diferencia significativa entre los niveles del Factor A, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que para tener un mayor rendimiento obtenido en peso (gr) de producto extraído se utilice ( $a_2 = 55$  rpm).

Se acepta la hipótesis alternativa en los valores de humedad ya que se encontró diferencia significativa encontrándose el mayor porcentaje de humedad en ( $r_2 = 55$  rpm) y el menor en ( $r_0 = 20$  rpm).

En cuanto a lo que respecta a los valores obtenidos de pH en las muestras se encontró diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que el valor más alto está en ( $r_3 = 70$  rpm) y el más bajo en ( $r_0 = 20$  rpm).

#### **5.1.2.2. Factor B (Pasadas).**

Se acepta la hipótesis alternativa encontrándose diferencia significativa entre los niveles del Factor B y se concluye que se encuentra el valor más alto en cuanto al rendimiento en  $p_0= 1^{\text{ra}}$  pasada.

Se determinó diferencia significativa entre los valores de humedad por lo que se acepta la hipótesis alternativa, y se concluye que el valor más bajo esta en  $p_1=2^{\text{da}}$  pasada y el más alto en  $p_0= 1^{\text{ra}}$  pasada.

Debido a que se entró diferencia significativa entre los valores de pH se acepta la hipótesis alternativa y se determina que el valor más alto esta en  $p_2= 3^{\text{ra}}$  pasada.

### **5.1.2.3. Interacción AxB (velocidades en rpm + número de pasadas).**

En cuanto a todos los tratamientos estudiados tanto para el rendimiento en peso (gr), Humedad y pH se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que :

El valor más alto está en la interacción ( $a_2 b_0$ ), es decir  $a_2= 55$  rpm en  $b_0=1^{\text{ra}}$  pasada con esta combinación se obtiene el rendimiento más alto.

Se obtiene el valor más alto de humedad en ( $a_2 b_0$ ), es decir  $a_2= 55$  rpm en  $b_0=1^{\text{ra}}$  pasada, y el valor más bajo en ( $a_0 b_2$ ),  $a_0= 20$  rpm con  $b_2=$  la  $3^{\text{ra}}$  pasada.

Se obtiene el valor más alto de pH en ( $a_3 b_2$ ), es decir  $a_3= 70$  rpm con  $b_2= 3^{\text{ra}}$  pasada y el valor más bajo con ( $a_0 b_0$ ), es decir con  $a_0= 20$ rpm y  $b_0= 1^{\text{ra}}$  pasada.

### **5.1.2.4. Determinación del rendimiento del equipo de laboratorio aplicando balance de material.**

Se concluye que al procesar 520 gr de materia prima se puede obtener 250 gr de producto despulpado el cual al ser pasado por el quipo por tres veces consecutivas se tiene una sumatoria de 170,4 gr de aceite extraído lo cual representa un 68,1% de rendimiento siendo este valor relativamente alto para otros equipos.

## **5.2. RECOMENDACIÓN.**

### **5.2.1. Sobre el equipo de extracción en frío en cuanto al diseño y construcción.**

Se recomienda el uso de este equipo para la investigación científica a nivel de laboratorio, en la extracción de aceite de chontilla (*bactris gacipaes*) en estado maduro, siempre y cuando no se sobrecargue de la capacidad máxima de procesamiento, a fin de que no exista alguna avería en el motor o sus partes procurando el buen funcionamiento del equipo.

### **5.2.2. Funcionamiento del equipo de laboratorio para la extracción de aceite de chontilla (*bactris gacipaes*).**

#### **5.2.2.1. Factor A (velocidades rpm).**

Se recomienda en la utilización del Factor A se emplee el nivel de velocidad  $r_2 = 55$  rpm a fin de tener un máximo rendimiento en peso (gr) de producto extraído.

En cuanto al pH y la humedad obtenida se recomienda utilizar  $a_2$  (55rpm) y en la humedad  $a_3$  (70rpm) ya que en estas velocidades se tienen valores más aproximados a los citados por Forero Clara 2005 en su publicación “Estandarización conservas de Chontaduro como alternativa para el fortalecimiento integral de la minicadena de la palma de Chontaduro (*bactris gasipaes*) en el departamento del Cauca”.

#### **5.2.2.2. Factor B (pasadas).**

En los valores obtenidos en el Factor B en cuanto al rendimiento de extracción se recomienda utilizar  $b_0$  (1<sup>ra</sup> pasada) ya que en este se tiene mayor porcentaje de producto extraído.

Se recomienda que para tener valores más próximos a los citados por Forero Clara 2005 utilizar  $b_0$  (1<sup>ra</sup> pasada) para la humedad y  $b_2$  (3<sup>ra</sup> pasada) para el pH.

#### **5.2.2.3. Interacción AxB (velocidades en rpm + número de pasadas).**

En lo que respecta a la interacción de los factores estudiado se recomienda utilizar ( $a_2$   $b_0$ ), es decir  $a_2= 55$  rpm en  $b_0=1^{ra}$  pasada, ya que con estos se tiene un mayor porcentaje de volumen en el rendimiento de producto extraído y de igual manera para la humedad.

En cuanto al pH se debe utilizar la combinación ( $a_3$   $b_2$ ), es decir  $a_3= 70$  rpm con  $b_2= 3^{ra}$  pasada para obtener el valor más alto aproximándose al rango determinado por Forero Clara 2005 que es de (6,0 a 6,5 valor de pH).

## CAPITULO VI

### 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Roldán Vilorio, José.," *Montaje mecánico en Instal. solares fotovoltaicas*, no. Paraninfo, S.A, 2013., p. 2013, 2013.
- [2] T. E. S. S. D. Associati, "Acero Inoxidable," *¿Qué es el acero Inox.*, p. 2016, 2012.
- [3] J. C. M. Dolores., "Extracción en frío," *Trasiego y Almac. aceites oliva (MF0030\_2).*, p. 2013, 2013.

- [4] M. M. L., "Semillas oleaginosas Las," *Agric. y Sect. basados en Recur. Nat.*, p. 2012, 2012.
- [5] C. X. E. y S. B. Alsina., "Aceite Vegetal," *Energía, Agua, Medioambiente, Territ. y Sostenibilidad*, no. Díaz de Santos, p. 2012, 2012.
- [6] C. S. S.C., "Criba," *Fabr. granulados corcho en plancha*, no. 2012, p. 10693497, 2016.
- [7] M. G. Juan, "Criba de Cilindro," *El proceso Elabor. cerámico*, no. Madrid: Diaz de Santos, p. 2012, 2012.
- [8] A. Edward, "Molienda," *Aceites y grasas Ind. España*, pp. 2–3, 2001.
- [9] M. G. S., "Tornillo sin fin," *Fabr. por arranque viruta*, no. España: Paraninfo, p. 106, 2012.
- [10] D. S. E. J. . & F. R. J., "Tipos de rosca en un husillo," *Mec. Básico*, no. 2011, p. 2016, 2016.
- [11] M. G. S., "Rosca trapecial ACME," *Fabr. por arranque viruta*, no. 2012, p. 2016, 2016.
- [12] T. A., "Chonta," *South Am. Travel*, no. Tandazo 2014, p. 2015, 2015.
- [13] G. C. V. E. . C. O. M. J. . & T. D. C. F. (13, "Chontilla," *Comer. la colada chontilla*, p. 2015, 2015.
- [14] M. de A. y D. Rural., "PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LOS ACEITES DE SEMILLAS OLEAGINOSAS," *Agroind. y Compet.*, no. 2006, p. 2016, 2016.
- [15] H. H. L. . & G. P. C., "Preparación y acondicionamiento de las diferentes clases de semillas para la extracción," *Extraccion Difer. clases semillas.*, p. 2014, 2014.
- [16] G. R. M. . & M. C. E., "Extracción mecánica," *Ing. química*, no. 2013, p. 2016, 2016.
- [17] B. H. M., "Secado de semillas," *Obtención aceites Oru. oliva*, no. 2012, p. 11126384, 2016.
- [18] S. M. A. . G. Z. J. M. . & L. G. J. (2013)., "Separación de las cáscaras," *Cálculo operaciones Sep. con Mathcad. Val.*, no. 2013, p. 10820873, 2016.
- [19] Schneider air systems, "Manual de instrucciones y de mantenimiento para compresor CompactMaster 320-10-18 W," 2012.

## CAPITULO VII

### ANEXOS.

#### Anexo 3 Construcción del equipo de extracción de aceite.





**Anexo 2 Proceso de extracción de las muestras de aceite para su análisis experimental.**





**Anexo 3 Estudios económicos del equipo de laboratorio.**

**Tabla de materiales eléctricos.**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unit.</b>	<b>P. Total</b>
<b>1</b>	Motor –reductor	320,00	320,00

1	Variador de velocidad	700,00	700,00
1	Contactador (220V; 50/60 Hz)	100,00	100,00
1	Disyuntor elec. Breaker (2,5 -4 A)	5,00	5,00
10	cable 14	0,50	5,00
2	Botones marcha/paro	12,00	24,00
1	Paro de emergencia	12,00	12,00
1	Interruptor termomagnetico 5sx1	185,00	185,00
2	Luz piloto led	3,50	7,00
1	Selector	7,00	7,00
1	Tablero	50,00	50,00
<b>SUBTOTAL</b>			1216.90
<b>14%</b>			198.10
<b>TOTAL</b>			<b>\$1415,00</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Materiales costo de inversión.**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unit.</b>	<b>P. Total</b>
1	1/4 de plancha de 3mm	80,75	80,75
1	Eje de 50mm espesor	43,36	43,36

<b>1</b>	Tubo cuadrado de 2 pulg	30,84	30,84
<b>1</b>	Chumacera 25 mm interior	20,00	20,00
<b>2</b>	Ped. Placas de 8 mm	20,00	40,00
<b>30</b>	Pernos con tuercas de 1/4 a. inox.	0,39	11,54
<b>1</b>	60cm de tubo inox. De 6 cm de interior	25,00	25,00
<b>1</b>	Retenedores	2,50	5,00
<b>SUBTOTAL</b>			220,59
<b>14%</b>			35,90
<b>TOTAL</b>			<b>\$256,49</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Cuadro de gastos generales.**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unit.</b>	<b>P. Total</b>
<b>45</b>	Electrodos	0,92	41,23
<b>1</b>	Disco para a. inoxidable	3,30	3,30
<b>2</b>	Brocas de 1mm	1,50	3,00
<b>2</b>	Brocas de ¼	1,25	2,50
<b>SUBTOTAL</b>			57,04
<b>14%</b>			7,01
<b>TOTAL</b>			<b>\$50,03</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Tabla Pagos a terceros.**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unit.</b>	<b>P. Total</b>
--------------	--------------------	-----------------	-----------------

<b>1</b>	Servicios de turno.	240,00	240,00
<b>1</b>	Servicios prestados taller	160,00	160,00
<b>SUBTOTAL</b>			344,00
<b>14%</b>			56,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$400,00</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Tabla de movilización y gastos varios.**

<b>Movilización</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Dentro de la ciudad</b>	30,00
<b>Sto. Domingo</b>	60,00
<b>Quevedo</b>	30,00
<b>Gastos varios</b>	
<b>Teléfono</b>	20,00
<b>Internet</b>	15,00
<b>Otros</b>	45,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$200,00</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**Tabla inversión total para la realización de este proyecto.**

<b>INVERSION INICIAL</b>
--------------------------

<b>Capital</b>	\$2.321,52
<b>inversión total</b>	\$2.321,52
<b>ACTIVOS FIJOS</b>	
-	
<b>CAPITAL DE OPERACIÓN</b>	
<b>Materia prima</b>	\$1.871,49
<b>Gastos generales</b>	\$50,03
<b>Mano de obra directa</b>	\$400,00
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$2.321,52</b>

**ELABORADO POR: PILOZO. S. & TRIVIÑO. J. (2016)**

**ANEXO 4 Cuadro del análisis de rendimiento en peso (gr) de las medias de la prueba de Tukey.**

Pruebas de rangos múltiples para el rendimiento del peso (gr) del Factor A.

Error: 0,6112 gl: 22				
factor A	Medias	n	E.E.	
3,00	46,64	9	0,26	A
1,00	47,93	9	0,26	B
0,00	52,00	9	0,26	C
2,00	56,43	9	0,26	D

Pruebas de rangos múltiples para el rendimiento del peso (gr) del Factor B.

Error: 0,6112 gl: 22				
factor B	Medias	n	E.E.	
2,00	13,97	12	0,23	A
1,00	51,16	12	0,23	B
0,00	87,12	12	0,23	C

Pruebas de rangos múltiples para el rendimiento del peso (gr) de la replicas.

Error: 0,6112 gl: 22				
repeticiones	Medias	n	E.E.	
2,00	50,44	12	0,23	A
3,00	50,76	12	0,23	A
1,00	51,06	12	0,23	A

Pruebas de rangos múltiple para el rendimiento del peso (gr) en las interacciones de los Factores A\*B.

Error: 0,6112 gl: 22				
factor A	factor B	Medias	n	E.E.
1,00	2,00	8,06	3	0,45 A
2,00	2,00	12,22	3	0,45 B
3,00	2,00	12,78	3	0,45 B
0,00	2,00	22,83	3	0,45 C
0,00	1,00	42,87	3	0,45 D
1,00	1,00	48,88	3	0,45 E
3,00	1,00	54,44	3	0,45 F
2,00	1,00	58,46	3	0,45 G
3,00	0,00	72,68	3	0,45 H
1,00	0,00	86,86	3	0,45 I
0,00	0,00	90,31	3	0,45 J
2,00	0,00	98,62	3	0,45 K

**ANEXO 5 Cuadro del análisis del % de humedad de las medias de la prueba de Tukey.**

**Pruebas de rangos múltiples para el % de humedad del Factor A.**

Error: 0,3840 gl: 22				
factor A	Medias	n	E.E.	
0,00	31,35	9	0,21	A
1,00	32,04	9	0,21	A
3,00	32,94	9	0,21	B
2,00	35,12	9	0,21	C

**Pruebas de rangos múltiples para el % humedad del Factor B.**

Error: 0,3840 gl: 22				
factor B	Medias	n	E.E.	
1,00	31,40	12	0,18	A
2,00	32,51	12	0,18	B
0,00	34,68	12	0,18	C

Pruebas de rangos múltiples para el % humedad de las replicas.

Error: 0,3840 gl: 22				
repeticiones	Medias	n	E.E.	
2,00	32,83	12	0,18	A
1,00	32,85	12	0,18	A
3,00	32,91	12	0,18	A

Pruebas de rangos múltiple para el % humedad en las interacciones de los Factores A\*B

Error: 0,3840 gl: 22					
factor A	factor B	Medias	n	E.E.	
0,00	2,00	29,58	3	0,36	A
3,00	1,00	29,97	3	0,36	A
1,00	1,00	30,62	3	0,36	A B
0,00	1,00	31,84	3	0,36	B C
1,00	0,00	31,87	3	0,36	B C
0,00	0,00	32,62	3	0,36	C D
3,00	2,00	32,88	3	0,36	C D
2,00	1,00	33,16	3	0,36	C D
1,00	2,00	33,63	3	0,36	C D
2,00	2,00	33,97	3	0,36	D
3,00	0,00	35,98	3	0,36	E
2,00	0,00	38,25	3	0,36	F

ANEXO 6 Cuadro del análisis del pH presente en las muestras de las medias de la prueba de Tukey.

Pruebas de rangos múltiples para los valores de pH en el Factor A.

Error: 0,0001 gl: 22				
factor A	Medias	n	E.E.	
0,00	5,31	9	3,8E-03	A
2,00	5,43	9	3,8E-03	B
1,00	5,44	9	3,8E-03	B
3,00	5,61	9	3,8E-03	C

Pruebas de rangos múltiples para los valores de pH en el Factor B.

Error: 0,0001 gl: 22				
factor B	Medias	n	E.E.	
0,00	5,40	12	3,3E-03	A
1,00	5,43	12	3,3E-03	B
2,00	5,51	12	3,3E-03	C

Pruebas de rangos múltiples para los valores de pH en las replicas.

Error: 0,0001 gl: 22				
repeticiones	Medias	n	E.E.	
2,00	5,44	12	3,3E-03	A
3,00	5,45	12	3,3E-03	A
1,00	5,45	12	3,3E-03	A

Pruebas de rangos múltiple para el valor de pH presente en las interacciones de los Factores A\*B

Error: 0,0001 gl: 22

factor A	factor B	Medias	n	E.E.					
0,00	0,00	5,04	3	0,01	A				
1,00	1,00	5,32	3	0,01		B			
2,00	1,00	5,35	3	0,01		B	C		
1,00	2,00	5,37	3	0,01			C		
2,00	0,00	5,37	3	0,01			C		
0,00	2,00	5,42	3	0,01				D	
0,00	1,00	5,48	3	0,01				E	
2,00	2,00	5,56	3	0,01					F
3,00	0,00	5,57	3	0,01					F
3,00	1,00	5,59	3	0,01					F
1,00	0,00	5,62	3	0,01					G
3,00	2,00	5,68	3	0,01					H