

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

" Diseño de una línea de proceso a escala piloto para la extracción de
aceite de coco a partir de pulpa."

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Presentado por:

Gladys Victoria Acosta Salazar

Josselyn Xiomara Suárez Ruiz

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mi madre que con su amor y paciencia me enseñó que la mejor herencia que me puede dar es la educación. A mis hermanos que con su cariño, compañía y palabras de aliento han contribuido en el desarrollo de mi vida.

Gladys Acosta S.

Este proyecto va dedicado de manera especial a mi madre por haberme brindado su apoyo incondicional y sus sabios consejos para poder cumplir mis metas. A María Moreira, mi querida abuela, quien en vida me demostró todo su amor y a pesar de la distancia sé que a diario guías mis pasos.

Josselyn Suárez R.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por concederme salud, sabiduría y valor en cada paso de mi vida. A mi familia y amigos por el apoyo y consejos brindados durante esta etapa. A la empresa patrocinadora y a Ph.D. A. Sócrates Palacios por el apoyo, tiempo y conocimiento para realizar este proyecto.

Gladys Acosta S.

Le agradezco a mi madre, por haber sido el pilar fundamental de mi vida y sin ella no hubiese sido posible cumplir esta meta, a mi familia porque con su amor siempre me motivaron a seguir en este camino, a la empresa patrocinadora y a Ph.D. A. Sócrates Palacios por brindarme su tiempo y conocimiento para culminar esta etapa.

Josselyn Suárez R.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gladys Victoria Acosta Salazar* y *Josselyn Xiomara Suárez Ruiz* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Autor 1
*Gladys Victoria
Acosta Salazar*



Autor 2
*Josselyn Xiomara
Suárez Ruiz*

EVALUADORES

Profesor materia y tutor



M.Sc. Haydeé Torres C.

PROFESOR DE LA MATERIA



A PhD. A. Sócrates Palacios

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente existe la tendencia por parte del mercado hacia el consumo de productos naturales por los aportes beneficiosos que ofrecen para la salud del consumidor, por lo que su demanda se ha ido incrementando en este nuevo siglo. En el presente trabajo se diseñó una línea a escala piloto para la extracción de aceite virgen de coco en una planta de producción de alimentos. Con este producto se pretende diversificar el mercado y satisfacer la demanda requerida por parte de consumidores del mercado local a un precio competitivo.

Inicialmente, se establecieron las etapas relacionadas al proceso de extracción de aceite así como las condiciones de la materia prima a ser procesada. Posteriormente, se definieron las condiciones operativas de cada etapa del proceso. En la etapa de secado se realizó una estimación puntual de sus parámetros operativos a través de pruebas a nivel de escala piloto. Luego, se procedió a realizar pruebas sensoriales de aceptabilidad del producto final. Por último se realizó la distribución de la línea de proceso así como la estimación del costo de producción y el precio de venta al público para una presentación de 250 ml.

Palabras Clave: Aceite, Coco, Secado, Costos, Proceso

ABSTRACT

There is currently a tendency for the market to consumption of natural products by the beneficial contributions that provide for the health of the consumer, so demand has been increasing in this new century. In this paper a line designed to pilot extracting virgin coconut oil plant scale in a food production. This product is intended to diversify the market and meet the demand required by consumers in the local market at a competitive price.

Initially, the steps related to oil extraction process and the conditions of the raw material to be processed is established. Subsequently, the operating conditions of each process step is defined. In the drying step a point estimate of its operating parameters was performed by testing at pilot scale. Then he proceeded to sensory tests of acceptability of the final product. Finally the distribution of the process line and the estimation of the production cost and retail price for a presentation of 250 ml was performed.

Keywords: Oil, Coco, Drying, Costs, Process

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Materias Primas	4
1.4.2 Proceso.....	5
1.4.3 Características del producto terminado	7
CAPÍTULO 2.....	8
2. Metodología	8
2.1 Etapas del proceso.....	8
2.2 Estimación puntual	9
2.2.1 Pruebas a nivel de laboratorio	9
2.2.2 Pruebas a escala piloto.....	10
2.3 Caracterización Físico-Químicas.....	11

2.4	Pruebas microbiológicas	12
2.5	Evaluación sensorial.....	13
2.5.1	Análisis estadísticos de la evaluación sensorial.....	14
2.5.2	Hipótesis de la evaluación sensorial	14
2.6	Encuesta socioeconómica.....	15
2.7	Lay-out de la planta.....	16
2.8	Estimación de costos.....	17
CAPÍTULO 3.....		18
3.	Resultados y Análisis.....	18
3.1	Estimación puntual	18
3.1.1	Pruebas a nivel de laboratorio	18
	Selección del método de rallado de la materia prima.....	18
3.1.2	Pruebas a escala piloto.....	20
3.2	Caracterización Físico-Química en las etapas del proceso.....	21
3.3	Evaluación sensorial.....	23
3.3.1	Análisis estadístico de la evaluación sensorial	23
3.4	Análisis de encuesta socioeconómica.....	28
3.5	Pruebas microbiológicas del producto final	30
3.6	Lay-out de la Planta.....	30
3.7	Estimación de Costos.....	31
CAPÍTULO 4.....		39
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	39
4.1	Conclusiones.....	39
4.2	Recomendaciones.....	39

BIBLIOGRAFÍA

APENDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
TRA	Tabla de relación de actividades
UMB	Unidad de medida base
EE	Energía Eléctrica
MOD	Mano de obra directa
PVP	Precio de Venta al Público
CF	Costos Fijos
CV	Costos Variables
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno

SIMBOLOGÍA

ml	Mililitros
m ²	Metros cuadrados
g	Gramos
KJ	Kilojulios
Kg	Kilogramos
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
°C	Grado Celsius
Und	Unidad
KgSS	Kilogramo de solidos secos
h	Hora
min	Minutos
Wo	Humedad inicial
Wf	Humedad final
Kw	Kilovatios
Kw-h	Kilovatios/hora
Kg/cm ²	Kilogramos por centímetro cuadrado
m/s	Metro por segundo
UFC/g	Unidades formadoras de colonias por gramo
min ⁻¹	Revolución por minuto
mmHg	Milímetros de Mercurio
α	Nivel de significancia
%	Porcentaje
\$	Dólares

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Materia prima.....	3
Figura 2.1 Diagrama de proceso para la extracción de aceite de coco	8
Figura 2.2 Área preparada para evaluación sensorial	14
Figura 3.1 Tasa de secado vs Humedad en base seca.....	20
Figura 3.2 Análisis Mann-Whitney para atributo color	25
Figura 3.3 Diagrama de cajas para atributo color.....	25
Figura 3.4 Análisis Mann-Whitney para atributo aroma.....	26
Figura 3.5 Diagrama de cajas para atributo aroma	27
Figura 3.6 Análisis Mann-Whitney para atributo aceptación general.....	27
Figura 3.7 Diagrama de cajas para aceptación general	28
Figura 3.8 Gráfico de barras para pregunta No.1	29
Figura 3.9 Gráfico de barras para pregunta No.2	29
Figura 3.10 Tabla de relación de actividades T.R.A	31
Figura 3.11 Lay-Out de la planta	31
Figura 3.12 Punto de equilibrio.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de coco	4
Tabla 1.2 Composición química por cada 100 gramos de pulpa de coco	5
Tabla 1.3 Tipos de filtro	7
Tabla 2.1 Datos experimentales para obtención de curva de secado	10
Tabla 2.2 Factores y niveles para la estimación puntual	11
Tabla 2.3 Etapas y parámetros que caracterizar en el proceso de extracción	12
Tabla 2.4 Especificaciones microbiológicas del aceite de coco virgen	12
Tabla 2.5 Escala hedónica para evaluación sensorial	13
Tabla 2.6 Codificación de muestras para evaluación sensorial	13
Tabla 2.7 Conjunto de criterios	16
Tabla 2.8 Escala de valoración T.R.A.	17
Tabla 3.1 Resultados obtenidos de la etapa de rallado	18
Tabla 3.2 Resultados de análisis de humedad y grasa a la materia prima	19
Tabla 3.3 Resultados de granulometría a la materia prima	19
Tabla 3.4 Parámetros de la curva de secado W vs X	20
Tabla 3.5 Resultados obtenidos de la etapa de secado	21
Tabla 3.6 Resultados de análisis de humedad, grasa y color después de la etapa de secado	22
Tabla 3.7 Resultados de granulometría	22
Tabla 3.8 Resultados de la etapa de prensado y filtrado	23
Tabla 3.9 Hipótesis para el análisis de normalidad	23
Tabla 3.10 Valor P de los resultados de cada parámetro en las muestras	24
Tabla 3.11 Análisis microbiológicos del aceite de coco virgen	30
Tabla 3.12 Costos de materia prima y material de empaque	32
Tabla 3.13 Costos de mano de obra directa	32
Tabla 3.14 Costos y depreciación de equipos	33
Tabla 3.15 Consumo de energía eléctrica	34
Tabla 3.16 Estimación de Costos de Servicios y Suministros	34
Tabla 3.17 Costos de producción	35
Tabla 3.18 Costos fijos y costos variables anuales	36
Tabla 3.19 Análisis Financiero	37

Tabla 3.20 VAN y TIR..... 38

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En la actualidad, las empresas quieren demostrar su competitividad en el mercado donde se desempeñan, para lo cual desean cumplir con las exigencias y parámetros que los clientes determinen (Palapa, 2012). Como claro ejemplo, tenemos a las industrias dedicadas a la producción de aceites vegetales en Ecuador, que desde el 2010 existen alrededor de 51 empresas que se relacionan con esta actividad productiva, donde el 72% de estas empresas se dedican a la elaboración y producción de aceite de palma (Jácome et al., 2012).

La cifra correspondiente a las empresas que se dedican a esta actividad económica se debe a que los consumidores prefieren aceites de origen vegetal que los de origen animal. Los aceites de origen vegetal son ricos en ácidos grasos que proporcionan energía y ayudan al buen funcionamiento del organismo (Schettini, 2013). Por lo tanto, una oportunidad para diversificar el mercado ecuatoriano con respecto a este rubro es la producción de aceite de coco que sea direccionado como materia prima en procesos alimenticios y farmacéuticos o a su vez para consumo directo.

Así pues, la industria de alimentos está en la necesidad de estandarizar el proceso productivo que le ayude a contar con información de manera ordenada y sistemática sobre un procedimiento en específico. La estandarización de un proceso permite coordinar actividades y obtener un máximo desempeño a nivel de proceso. Además, contribuir de esta manera en la diversificación del mercado con nuevos productos que impacten la matriz productiva del país.

La capacidad de fabricación y competitividad de la pequeña industria está relacionada con la metodología de estandarización de procesos. Es una

herramienta que permite a las empresas contar con información de manera ordenada y sistemática sobre un procedimiento en específico, esto ayuda a coordinar las actividades y obtener un máximo desempeño a nivel de proceso (Palapa, 2012).

1.2 Justificación del problema

En la actualidad las personas buscan productos que sean de origen vegetal, como alternativa a los productos de origen animal los cuales afectan a la salud del consumidor. Por lo cual el reto de las industrias es diversificar sus productos mediante los recursos naturales que poseen. Tenemos que el principal problema de las empresas pequeñas o en vías de expansión se focaliza en la falta de estandarización de sus procesos productivos, por lo tanto, el presente trabajo busca estandarizar el proceso de extracción de aceite de coco a partir de pulpa relacionadas a las etapas de proceso que permitan obtener un producto dentro del contexto de la normativa de calidad que se maneja en el mercado ecuatoriano. Como resultado tenemos que el diseño de la línea de producción es viable porque la empresa cuenta con la infraestructura y equipos necesarios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea de proceso a escala piloto para la extracción de aceite de coco a partir de pulpa.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar parámetros de operación en las etapas de proceso para la extracción de aceite de coco a partir de la pulpa.
2. Realizar análisis físico-químicos de producto en las diferentes etapas del proceso de producción.
3. Cuantificar el grado de aceptación del producto obtenido a través de pruebas sensoriales.
4. Realizar análisis microbiológicos del producto final obtenido.

5. Realizar un análisis de costo de producción a escala piloto del producto y estimar su precio de venta al público para una presentación de 250 ml.

1.4 Marco teórico

El coco es un cultivo que se da en los bosques secos de Ecuador principalmente en las provincias de Los Ríos, Santa Elena, Galápagos y Manabí (Ministerio del Ambiente de Ecuador., 2012). El nombre científico es *Cocos nucífera* L. y pertenece a la familia *Arecaceae*, esta fruta tiene varios usos, de los que destacan, el agua y el aceite, los cuales están destinados para el consumo en la dieta diaria del ser humano (Limonés & Fernández, 2016). La principal materia prima para la extracción del aceite, es la pulpa de coco seca o también llamada copra de la cual se puede obtener el aceite ya que esta contiene entre el 60 – 70% de lípidos. La copra tiene un alto contenido de ácido láurico de aproximadamente el 40-50%, seguido de 13 a 18 % de ácido mirístico y otros ácidos, también contiene un alto nivel de ácidos grasos de cadena media y poco contenido de ácidos grasos insaturados (Pham, 2016).



Figura 1.1 Materia prima

(Elaboración propia)

1.4.1 Materias Primas

A continuación, en la tabla 1.1 se detallan variedades y usos generales del coco como materia prima en la elaboración de diversos tipos de productos.

Tabla 1.1 Tipos de coco

Variedades	Usos	Fuente bibliográfica
Enano	Producción de bebidas envasadas debido a que su agua presenta un excelente sabor.	(Figuroa, 2013)
Gigante	Producción de aceite y consumo directo	(Girón, 2012)
Híbrido	Producción de copra y agua	(Cortázar, 2011)

(Elaboración propia)

Pulpa de Coco (Copra)

La copra o carne de coco, se obtiene a partir del descascarado de la fruta y la eliminación de la piel de color café que rodea a la pulpa y es la parte blanca comestible (Chacon, 2006). Para poder determinar la calidad que presenta la copra se analiza principalmente su contenido de humedad, además de su apariencia visual, ya que este criterio es muy importante al momento de la comercialización en diversos mercados, donde se prefiere las copra de color blanco pálido a marrón claro (Guarte et al., 1996).

Esta pulpa posee grandes atributos según su composición nutricional, ya que tiene altos niveles de grasas principalmente en ácidos grasos saturados, además contiene carbohidratos, vitamina C, tiamina, riboflavina entre otras, y minerales como hierro, calcio, sodio, potasio, zinc, entre otros. En la tabla 1.2 se observa la composición química por cada 100 gramos.

Tabla 1.2 Composición química por cada 100 gramos de pulpa de coco

Componentes principales	(Moreiras et al., 2013)	(Eyres et al.,2016)
Agua (g)	46,99	45,00
Energía kJ	1560,63	1470,00
Proteína (g)	3,20	3,20
Total de lípidos (grasa)	36,00	36,00
Ácidos grasos saturados	30,90	33,00
Carbohidratos (g)	3,70	3,60
Fibra (g)	10,50	7,70

(Elaboración propia)

1.4.2 Proceso

La etapa de procesamiento es aquella donde se realizan los pasos necesarios hasta la obtención del aceite, los mismos que pueden variar dependiendo del tipo de tecnología que se seleccione para la extracción. A través del tiempo se han dado a conocer nuevas tecnologías para que el productor pueda optar por la de mayor conveniencia, debido a que esta influye según la escala de operación, la cantidad de inversión que se desee realizar y la demanda de los posibles compradores. Las tecnologías se pueden categorizar como procedimiento en seco y procedimiento en húmedo (Chacon, 2006).

El presente trabajo, se centra en el uso de un procedimiento en seco, ya que es la tecnología que presenta mejor aceptación dentro del sector industrial local. Las etapas que componen el procesamiento de la copra para la obtención del aceite generalmente son secado, extracción y filtración mismos que se detallan brevemente a continuación:

Secado

El secado es el método de procesamiento de alimento más antiguo y comúnmente utilizado como una técnica de conservación. Consiste en eliminar la humedad que contienen los productos sólidos reduciendo así el tamaño del producto a secar (Petit et al., 2016).

Existen diversas formas para realizar este método: el más común y tradicional es el secado al sol el cual es un proceso lento y que aún se utiliza en las

empresas artesanales; la forma más utilizada en la industria alimentaria es el secado por convección, la cual consiste en aplicar altas temperaturas de aire en un rango entre 90 y 100°C, y largos tiempos de operación (Guarte et al., 1996).

Extracción

Es la técnica que se emplea para separar un producto orgánico de una mezcla o para aislarlo de sus fuentes naturales, también se puede definir como la separación de un componente de una mezcla en medio de un disolvente (Caldas, 2012).

Para la obtención de aceite se puede realizar una extracción sólido-líquido, la cual puede realizarse por prensado o extracción con solventes.

El prensado consiste en liberar el aceite de la masa compacta que se tenga mediante el uso de presiones. Por lo general la copra se somete a 500 kg/cm^2 . Es decir, la masa (copra) debe pasar por una prensa tornillo la cual separara en dos fases los componentes de esta. Esta técnica es ampliamente utilizada debido a que es económica (Romero, 2012).

La extracción por solventes es también conocida como extracción sólido-líquido, la cual consiste en separar los componentes del producto por medio del solvente. En esta técnica los solventes más utilizados son agua acidificada, etanol, metanol, hexano entre otras. Sin embargo, no se utiliza a nivel industrial debido a los altos costos del solvente(García et al., 2017).

Filtrado

Es la operación en la cual se separan partículas sólidas que provienen de un fluido, esto se realiza a través del paso de dicho fluido por un medio filtrante donde los sólidos se depositan.

En la filtración industrial, el contenido de sólidos en el fluido puede ir desde trazas hasta porcentajes elevados y debido a estas oscilaciones en el contenido de sólidos se han desarrollado numerosos tipos de filtros como se detallan en la tabla 1.3. (McCabe et al., 2007). Esta etapa es muy importante ya que remueve las impurezas o residuos que quedan en el producto y

además se utiliza para aclarar los líquidos dejándoles de color más claro (Punchihewa & Arancon, 1999).

Tabla 1.3 Tipos de filtro

Tipos de filtros	Material filtrante	Uso	Fuente bibliográfica
Filtros prensa de marcos y placas	Telas o mallas	Se utilizan el filtrado y clarificación de líquidos por ejemplo los jugos.	(Brotons et al., 2014)
Filtros lecho	Arena	Se utilizan para la depuración de agua y tratamiento de aguas residuales.	(Chique, 2014)

(Elaboración propia)

1.4.3 Características del producto terminado

El producto obtenido es un aceite de coco (virgen) con aporte de ácido láurico debido a que este ácido graso es el que se encuentra en mayor cantidad (Eyres et al., 2016), de color blanco o ligeramente amarillento, olor característico y líquido a 25 °C.

Los principales usos que podemos destacar de este producto, son como aceite de cocina, para la fabricación de chocolates, dulces, productos cosméticos (cremas y ungüentos), así como también en la elaboración de jabones y detergentes (Zaragoza, 2013).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la obtención del aceite de coco en el presente trabajo se basó en pruebas de condiciones de proceso para la estandarización de la línea de producción. Inicialmente se realizó una caracterización físico-químico de la materia prima (del material) a nivel de laboratorio, seguidamente se definieron las condiciones de proceso a escala piloto realizando una estimación puntual en la etapa de secado y para las etapas de prensado y filtrado se consideraron las especificaciones propuestas por los fabricantes de los equipos. Posteriormente, se realizaron los análisis físico-químicos a cada una de las muestras obtenidas en cada etapa mencionada anteriormente y el análisis microbiológico al producto final obtenido. Finalmente se realizó una evaluación sensorial donde se evaluó el grado de aceptabilidad del producto obtenido en las pruebas experimentales a nivel piloto, y se estimaron los costos del producto para una presentación de 250 ml.

2.1 Etapas del proceso

La figura 2.1 muestra el diagrama de flujo para la extracción de aceite de coco a partir de pulpa, el mismo que consta de cinco etapas: rallado, secado, prensado, filtrado, envasado y almacenado.

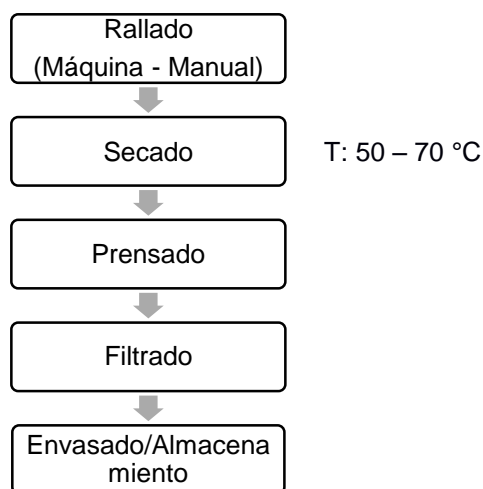


Figura 2.1 Diagrama de proceso para la extracción de aceite de coco

(Elaboración propia)

2.2 Estimación puntual

En la determinación de parámetros que afectan favorablemente al proceso de extracción de aceite se hizo un análisis relacionando pruebas preliminares a escala de laboratorio para posteriormente realizar un análisis de estimación puntual acorde a pruebas a nivel de escala piloto.

2.2.1 Pruebas a nivel de laboratorio

Se realizaron por duplicado pruebas de secado a una temperatura de 50°C en un túnel de bandejas GUNT Hamburg del laboratorio de Investigación y Desarrollo de FIMCP con el objetivo de estimar el tiempo de secado previo a las pruebas a nivel de escala piloto. Para la estimación, se calculó inicialmente la masa sólida del producto aplicando las siguientes fórmulas:

Masa del sólido (M_s):

$$M_s = M_p - M_{H_2O} \quad (2.1)$$

Donde:

M_p = Es la masa inicial

M_{H_2O} = Es la masa inicial multiplicada por el porcentaje de agua.

Posteriormente para la estimación del tiempo se consideró los dos periodos de un proceso de secado, el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, aplicando para sus cálculos respectivamente las siguientes fórmulas:

$$T_s = T_d + T_c \quad (2.2)$$

Donde:

T_d = Es el tiempo en la fase de velocidad decreciente.

T_c = Es el tiempo en la fase de velocidad constante.

$$T_d = \frac{m_s}{A} \frac{x_1 - x_e}{R} \ln \frac{x_c - x_e}{x_f - x_e} \quad (2.3)$$

$$T_c = \frac{m_s}{A} \frac{-\Delta x}{R} \quad (2.4)$$

Para cada prueba se consideró un peso aproximado de materia prima de 161 gramos, por un periodo de tiempo de 4 horas, donde se tomaron los pesos de

la bandeja cada 10 minutos con la ayuda de una balanza analítica colocada en el equipo. Los datos necesarios que se utilizaron para las estimaciones de los tiempos son los que se detallan en la tabla 2.1, siendo humedad inicial (W_o) y humedad final (W_f).

Tabla 2.1 Datos experimentales para obtención de curva de secado

Parámetros	Valores
Ms	0,05 KgSS
Mp	0,16 Kg
Flujo de aire	2,00 m/s
W_o	65,78 %
W_f	5,49 %
Bandeja	0,35 Kg
Bandeja + muestra	0,51 Kg
Temperatura	50 °C
Ancho	0,29 m
Largo	0,36 m
Área	0,10 m ²

(Elaboración propia)

2.2.2 Pruebas a escala piloto

En las pruebas a escala piloto se utilizaron 100 kg de materia prima por prueba realizada. Se definieron como factores importantes para la línea de proceso las variables temperatura de secado, presión en la extracción del aceite y el flujo para el filtrado del aceite previamente obtenido. Se fijaron los parámetros en los factores presión y flujo en la etapa de extracción y filtrado del aceite respectivamente. Para el factor temperatura se fijaron 3 niveles los cuales son 50, 60 y 70°C. La tabla 2.2 detalla los niveles de la temperatura y los parámetros manejados con respecto a la presión y al flujo. Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se usó el software estadístico Minitab 17 para determinar la diferencia entre las medias de las variables de respuesta que se fijan en la caracterización físico-químicas del producto.

Tabla 2.2 Factores y niveles para la estimación puntual

Etapas del Proceso	Factores	Niveles
Secado	Temperatura	50 °C 60 °C 70 °C
Extracción	Presión	Constante
Filtración	Flujo	1.18 l. min ⁻¹

(Elaboración propia)

La estimación puntual es una técnica de inferencia estadística que nos permite utilizar información empírica (muestra representativa) y cuantificar el error asociado a la estimación. El objetivo de esta técnica es utilizar una muestra para obtener números que de alguna manera, sean los que mejor representen a los verdaderos valores de los parámetros de interés (Bianco & Martínez, 2004).

2.3 Caracterización Físico-Químicas

La caracterización físico-química para el proceso de extracción de aceite se detalla en la tabla 2.3. Inicialmente se caracterizó la materia prima previo a las operaciones de extracción y posteriormente se cuantificaron los parámetros para las etapas de secado, prensado y filtrado.

Tabla 2.3 Etapas y parámetros que caracterizar en el proceso de extracción

Etapas	Parámetros	Metodología
Secado	Humedad	Termobalanza
	Distribución de tamaño de partículas	Granulometría
	Color: L, A, B	Colorimetría Pantone
	%Grasa	AOAC 948.22
Prensado	Humedad	NTE INEN 38
	Acidez	NTE INEN 39
	pH	NTE INEN-ISO 1842
Filtrado	Humedad	NTE INEN 38
	Acidez	NTE INEN 39
	pH	NTE INEN-ISO 1842
	Color: L, A, B	Colorimetría Pantone

(Elaboración propia)

2.4 Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas del producto obtenido se enmarcaron en la reglamentación interna que exige el mercado ecuatoriano para la comercialización de un producto; cabe acotar que actualmente no existe una reglamentación específica que referencie puntualmente los análisis microbiológicos para el aceite de coco. Sin embargo, se consideró tomar como referencia la cuantificación de los microorganismos que se detallan en tabla 2.4 la cual muestra el rango mínimo y máximo permisible.

Tabla 2.4 Especificaciones microbiológicas del aceite de coco virgen

Microorganismos	Mínimo	Máximo
Coliformes Totales	--	<10 UFC/g
Hongos y Levaduras	--	<10 UFC/g
<i>Salmonella sp.</i>	--	Ausencia
<i>Staphylococcus aereus</i>	--	<10 UFC/g

(Grupo OLEO Lab S.A. de C.V., 2013)

2.5 Evaluación sensorial

Se realizó una prueba sensorial para evaluar los atributos de color y olor así como el grado de aceptación general. Para la degustación por parte de los jueces se presentaron dos muestras, donde una de ellas correspondía a un aceite de coco existente en el mercado ecuatoriano y la otra al producto que se obtuvo de las pruebas realizadas a nivel piloto. La evaluación sensorial se realizó con 30 jueces no entrenados, a los cuales se les dio las respectivas indicaciones, las mismas que se detallan en el formulario (ver Apéndice A). Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos que se muestra en la Tabla 2.5 evaluándose el nivel de afectividad de las muestras.

Tabla 2.5 Escala hedónica para evaluación sensorial

Escala	Nivel de Afectividad
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta levemente
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta levemente
5	Me gusta mucho

(Elaboración propia)

Las muestras previamente se sirvieron en vasos plásticos transparentes codificados como se muestra en la tabla 2.6, cada muestra contenía un volumen de 20 ml a temperatura ambiente de 23-25°C.

Tabla 2.6 Codificación de muestras para evaluación sensorial

Muestra	Codificación
Aceite final obtenido a escala piloto	231 – 581
Aceite existente en el mercado	436 – 372

(Elaboración propia)



Figura 2.2 Área preparada para evaluación sensorial

(Elaboración propia)

2.5.1 Análisis estadísticos de la evaluación sensorial

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el software estadístico Minitab 17, en donde se tabularon los datos para analizar su normalidad y se aplicó una prueba no paramétrica de rangos Mann-Whitney para los atributos de color, olor y la aceptación general, además de un diagrama de cajas para lo previamente mencionado.

2.5.2 Hipótesis de la evaluación sensorial

Color

Hipótesis nula (H_0): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas son las mismas.

Hipótesis alterna (H_1): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas no son las mismas.

$$H_0: \eta_1 = \eta_2$$

$$H_1: \eta_1 \neq \eta_2$$

Siendo:

η_1 : La mediana de la muestra del aceite de coco existente en el mercado (código).

η_2 : La mediana de la muestra del aceite de coco obtenido mediante experimentación (código).

Olor

Hipótesis nula (H_0): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas son las mismas.

Hipótesis alterna (H_1): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas no son las mismas.

$$H_0: \eta_1 = \eta_2$$

$$H_1: \eta_1 \neq \eta_2$$

Siendo:

η_1 : La mediana de la muestra del aceite de coco existente en el mercado (código).

η_2 : La mediana de la muestra del aceite de coco obtenido mediante experimentación (código).

Aceptación General

Hipótesis nula (H_0): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas son las mismas.

Hipótesis alterna (H_1): Las medianas de las calificaciones en las dos muestras evaluadas no son las mismas.

$$H_0: \eta_1 = \eta_2$$

$$H_1: \eta_1 \neq \eta_2$$

Siendo:

η_1 : La mediana de la muestra del aceite de coco existente en el mercado (código).

η_2 : La mediana de la muestra del aceite de coco obtenido mediante experimentación (código).

2.6 Encuesta socioeconómica

Se realizó una encuesta socioeconómica en el mismo formulario del panel sensorial (Apéndice A) el cual constó de dos preguntas de opción múltiple.

Mediante un gráfico de barras se analizaron los resultados obtenidos de la encuesta socioeconómica.

2.7 Lay-out de la planta

Debido que la empresa ya existe en la ciudad de Santiago de Guayaquil se plantea un nuevo lay-out de la planta, en el cual se empleó el procedimiento sistemático de distribución de planta, donde se establece que cada departamento debe estar junto a otro y esto se justifica mediante una Tabla Relacional de Actividades (T.R.A.), en el que se puede obtener datos cualitativos para ser ingresados en un algoritmo de construcción llamado CORELAP, este algoritmo genera datos cuantitativos que permite obtener el lay-out de la planta (Peñaherrera & Silva, 2017).

La definición de la T.R.A. obtenida, detalla un cuadro organizado de forma diagonal en el cual se relacionaron todas las actividad entre sí, para lo cual se estableció inicialmente el conjunto de criterios o motivos que se detallan en la tabla 2.7, con la cual se estudió la necesidad de proximidad evaluando dicha necesidad utilizando las valoraciones propuesta por Muther detalladas en la tabla 2.8, donde se refleja la conveniencia de la proximidad entre actividades (Vanaclocha, 2005).

Tabla 2.7 Conjunto de criterios

MOTIVO	
1	Flujo de materiales
2	Inspección y control
3	Proximidad del proceso
4	Comunicación
5	Seguridad del producto

(Elaboración propia)

Tabla 2.8 Escala de valoración T.R.A.

Proximidad		Color Asociado
A	Absolutamente necesario	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Poco importante	Azul
U	Sin importancia	Negro
X	No deseable	Café

Fuente: (Vanaclocha, 2005)

2.8 Estimación de costos

Para la estimación de los costos se detallaron aspectos como los precios de materia prima y material de empaque, el costo de mano de obra directa e indirecta, los costos de consumo de los servicios básicos y suministros como lo son agua, energía eléctrica y gas. Adicionalmente se estimó el precio de venta al público y su grado de rentabilidad al momento de entrar en el mercado. Se realizó un análisis financiero donde se conoció la utilidad neta anual del producto.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestran los resultados de la caracterización físico-químicas del producto de cada etapa del proceso para la estimación puntual. Además, de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial que se realizó al producto final junto con el análisis de la encuesta socioeconómica, así como las pruebas microbiológicas. Finalmente, se presenta una estimación de costos de producción del producto obtenido.



3.1 Estimación puntual

3.1.1 Pruebas a nivel de laboratorio

Selección del método de rallado de la materia prima

Existen dos tipos de rallado dentro de la planta, los mismos que son: rallado manual y el rallado mecánico. Por lo tanto, se realizaron pruebas en las muestras obtenidas en los dos tipos de rallado para seleccionar uno de estos dos métodos, obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados obtenidos de la etapa de rallado

Coco Rallado Manual	Coco Rallado Mecánico
 A photograph showing a pile of white, irregularly shaped coconut shavings. The shavings are clumpy and have a rough, fibrous texture. Some small brown pieces are visible.	 A photograph showing a pile of white, finely shredded coconut shavings. The shavings are much smaller and more uniform in size compared to the manual method, appearing as a dense, fine-textured mass.

(Elaboración propia)

En la tabla 3.2 se puede observar que el contenido de humedad en ambos tipos de rallados no varía, sin embargo el rallado manual presenta menor contenido de grasa, por lo cual el rallado mecánico es el adecuado para proceder a la extracción de aceite ya que tiene 51% de contenido de grasa.

Tabla 3.2 Resultados de análisis de humedad y grasa a la materia prima

Rallado Manual		Rallado Mecánico	
Contenido de Humedad			
Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
60.46%	0.009051	58.74%	0.005161
Contenido de Grasa			
Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
41.01%	0.029769	51.00%	0.009545

(Elaboración propia)

Adicionalmente, se realizó un análisis de granulometría, y sus resultados se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Resultados de granulometría a la materia prima

Tamiz	Rallado Manual		Rallado Mecánico	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
# 10	59 %	0,014142	46%	0,011785
Plato Base	41%	0,014142	54%	0,011785

(Elaboración propia)

Prueba de secado a nivel de laboratorio

Con los datos obtenidos de las pruebas de secado se calcularon los promedios (Apéndice B), para realizar la gráfica W vs X (tasa de secado vs humedad en base seca) la cual se detalla en la Figura 3.1.

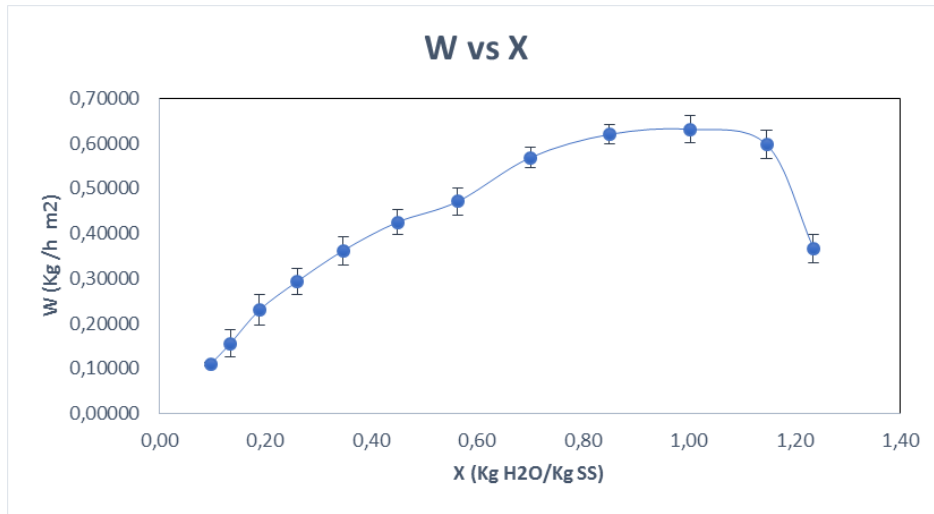


Figura 3.1 Tasa de secado vs Humedad en base seca

(Elaboración propia)

Con la ayuda de la Figura 3.1 se determinaron los parámetros que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.4 Parámetros de la curva de secado W vs X

Parámetros	Valor
Humedad crítica (Xc)	0,8509 Kg H2O/KgSS
Humedad final (Xf)	0,0263 Kg H2O/KgSS
Humedad de equilibrio (Xe)	0,0027 Kg H2O/KgSS
Tasa de secado crítica (Wc)	0,6206 Kg H2O/h*m ²
Humedad inicial en base seca (Xo)	1, 2360 Kg H2O/KgSS

(Elaboración propia)

Para el cálculo del tiempo de secado se usaron las fórmulas (2.2), (2.3) y (2.4), obteniéndose como resultado que el tiempo en la fase de velocidad constante fue de 0,32 horas (19,68 minutos) y en fase de velocidad decreciente fue de 5,44 horas (326,87 minutos). Por lo tanto, el tiempo total de secado para este producto en las condiciones experimentales realizadas fue de 5,77 horas (346,56 min).

3.1.2 Pruebas a escala piloto

La tabla 3.3 detalla los resultados obtenidos visualmente en el producto a las condiciones experimentales estipuladas en el Capítulo 2, apartado 2.2.

Tabla 3.5 Resultados obtenidos de la etapa de secado

Secado a 50°C	Secado a 60°C	Secado a 70°C
		

(Elaboración propia)

La tabla 3.3 detalla que el producto a condiciones de 50°C presente una coloración blanca que difiere de las otras dos condiciones experimentales, evidenciándose de esta manera que la materia prima sufre un proceso de oxidación que causa un efecto negativo para la obtención del perfil del producto que se está desarrollando en esta línea de proceso, por lo que se escoge la temperatura de 50°C para definir los parámetros del proceso relacionados al producto.

3.2 Caracterización Físico-Química en las etapas del proceso

Para cada una de las pruebas realizadas a escala piloto se hizo una caracterización físico-química a las etapas que estas comprenden, entre ellas, secado, prensado y filtrado.

Etapa de secado

Después de cada prueba de secado a escala piloto, se realizaron los análisis de humedad, grasa, color y granulometría a las muestras obtenidas de cada una de las pruebas, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.6 y tabla 3.7.

Tabla 3.6 Resultados de análisis de humedad, grasa y color después de la etapa de secado

Secado a 50°C			Secado a 60°C			Secado a 70°C		
Contenido de Humedad								
Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio
10.25%	0.00388909	21.64%	0.00622254	17.32%	0.0231931			
Contenido de Grasa								
Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio
42.56%	0.0072832	29.05%	0.00431335	38.00%	0.00997021			
Color								
L	A	B	L	A	B	L	A	B
87	-1	1	80	10	39	80	10	39

(Elaboración propia)

En la tabla 3.6 se observa que a las diferentes temperaturas el contenido de humedad y grasa varían. A 50°C la humedad final después del secado es del 10,25 % siendo este el porcentaje más bajo y necesario para proceder a la etapa de prensado y posteriormente el filtrado. De acuerdo con (Mpagalile & Clarke, 2005) el contenido de humedad para obtener mayor cantidad de aceite debe ser menor al 15%, este mismo autor recomienda que temperaturas mayores de 60°C a 90°C disminuye el rendimiento del aceite.

Tabla 3.7 Resultados de granulometría

Tamiz	Secado a 50°C		Secado a 60°C		Secado a 70°C	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
# 10	62,5%	0,035355	53%	0,024748	46%	0,011785
Plato Base	37.5%	0,035355	47 %	0,014142	54 %	0,011785

(Elaboración propia)

Etapa de Prensado y Filtrado

La tabla 3.8 detalla los resultados físico-químicos obtenidos a la temperatura experimental seleccionada a escala piloto.

Tabla 3.8 Resultados de la etapa de prensado y filtrado

Secado a 50°C	
Promedio	
pH	5,2165
Humedad	0,06%
Acidez	0,10%
Rancidez	Negativo

(Elaboración propia)

Los valores mostrados están dentro del rango de los parámetros establecidos acorde a la referencia bibliográfica, donde nos indica que la humedad debe ser de máximo un 0.2% y acidez menor al 2% (Grupo OLEO Lab S.A. de C.V., 2013).

3.3 Evaluación sensorial

Los resultados estadísticos con respecto a los atributos color, aroma y aceptación general se muestran a continuación.

3.3.1 Análisis estadístico de la evaluación sensorial

Para el análisis estadístico de los datos del panel sensorial se utilizó inicialmente un test de normalidad de Anderson-Darling con un nivel de confianza del 95% para poder definir a través del valor p, el tipo de prueba a utilizar en los análisis subsecuentes, siendo estas del tipo paramétrica y no paramétrica. Para este análisis de normalidad se plantearon las hipótesis presentadas en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Hipótesis para el análisis de normalidad

Hipótesis	
H_0	Los datos se comportan como una distribución con variable aleatoria normal.
H_1	Los datos no se comportan como una distribución con variable aleatoria normal.

(Elaboración propia)

Una vez realizado el test de normalidad se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 3.10

Tabla 3.10 Valor P de los resultados de cada parámetro en las muestras

Parámetros	Valor P muestra 231-581	Valor P muestra 436-372
Color	<0.005	<0.005
Aroma	<0.005	<0.005
Aceptación General	<0.005	<0.005

(Elaboración propia)

Debido a que los valores p obtenidos en la prueba de normalidad para cada atributo y la aceptación general son menores que el valor alfa (0,05) se rechaza la hipótesis nula (H_0), es decir, los datos de los atributos de color, aroma y aceptación general para ambas muestras no se comportan como una variable aleatoria con distribución normal. Por lo que se procede a realizar una prueba No Paramétrica (Mann Whitney) para comparar si los atributos de ambas muestras son iguales o no, los mismos que se muestran a continuación.

Color

Con respecto a la figura 3.2 podemos observar que el valor p es menor que $\alpha=0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias significativas entre las medianas de las muestras. Además con el valor de la mediana podemos apreciar que existe mayor grado de preferencia por la muestra que presentó la codificación de 231 y 581.

Mann-Whitney: 231-581_C, 436-372_C

Método

η_1 : mediana de 231-581_C
 η_2 : mediana de 436-372_C
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
231-581_C	30	4
436-372_C	30	3

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
2	(1, 2)	95.16%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1244.50	0.000
Ajustado para empates	1244.50	0.000

Figura 3.2 Análisis Mann-Whitney para atributo color

(Elaboración propia)

En el diagrama de cajas mostrado en la figura 3.3, se puede observar que para el atributo color existen diferencias significativas entre las muestras, en este caso la muestra con las codificaciones de 231 y 581 recibieron puntuaciones entre 4 y 5 dentro de la escala hedónica, en cambio la muestra con las codificaciones de 436 y 372 su puntuación fluctúa entre 2 y 4 con respecto a la escala.

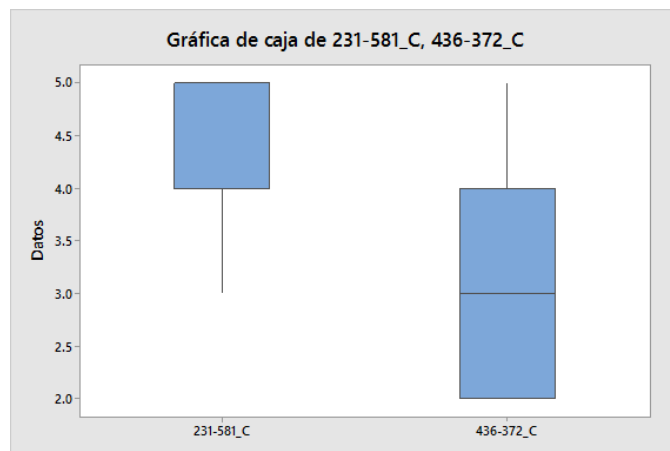


Figura 3.3 Diagrama de cajas para atributo color

(Elaboración propia)

Aroma

Con respecto a la figura 3.4 el valor p es mayor que $\alpha=0.05$, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y concluimos que no existe diferencia significativa entre las medianas de la muestra para este atributo.

Mann-Whitney: 231-581_A, 436-372_A

Método

η_1 : mediana de 231-581_A
 η_2 : mediana de 436-372_A
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
231-581_A	30	4
436-372_A	30	4

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-0.0000000	(-1, -0.0000000)	95.16%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	844.50	0.301
Ajustado para empates	844.50	0.277

Figura 3.4 Análisis Mann-Whitney para atributo aroma

(Elaboración propia)

En el diagrama de cajas mostrado en la figura 3.5 se puede observar que la puntuación de la mediana en ambas muestras fue de 4 acorde a la escala hedónica establecida. La muestra que recibió la codificación de 231 y 581 presento valores entre 3 y 4 de puntuación y la muestra con codificación de 436 y 372 obtuvo valores entre 4 y 5 de manera mayoritaria.

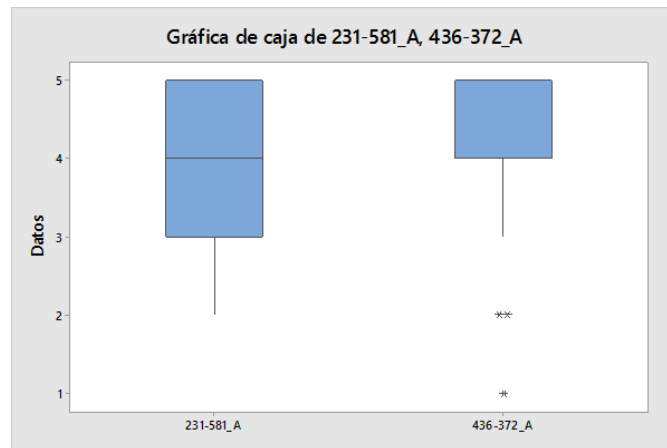


Figura 3.5 Diagrama de cajas para atributo aroma
(Elaboración propia)

Aceptación General

Con respecto a la figura 3.6 se observa que el valor p es menor que nuestro $\alpha=0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias significativas entre las medianas de las muestras.

Mann-Whitney: 231-581_G, 436-372_G

Método

η_1 : mediana de 231-581_G

η_2 : mediana de 436-372_G

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
231-581_G	30	4
436-372_G	30	4

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
1	(0.0000000, 1)	95.16%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1060.50	0.032
Ajustado para empates	1060.50	0.023

Figura 3.6 Análisis Mann-Whitney para atributo aceptación general
(Elaboración propia)

En el diagrama de cajas mostrado en la figura 3.7 se puede observar que la muestra que tuvo la codificación de 231 y 582 presenta una mediana de 4 pero las puntuaciones recibidas fluctúan entre 4 y 5 de manera mayoritaria, y aunque la muestra con codificación de 436 y 372 obtuvo la misma mediana, sus puntuaciones son mayoritarias para valores entre 4 y 3, por lo que se puede concluir que hubo preferencia por parte de los panelistas por la primera muestra mencionada.

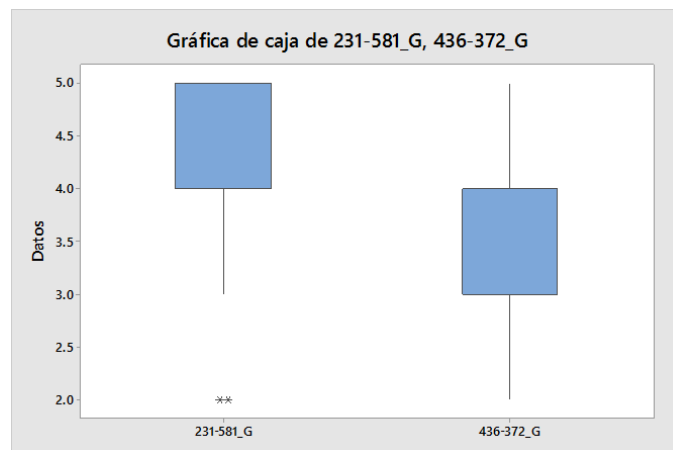


Figura 3.7 Diagrama de cajas para aceptación general

(Elaboración propia)

3.4 Análisis de encuesta socioeconómica

Con los datos obtenidos de la encuesta socioeconómica, se analizó mediante gráficos de barras cada pregunta. La figura 3.8 muestra los resultados obtenidos de la pregunta No. 1 “¿Compra usted aceite de coco?” en el cual 43,3% de las personas encuestadas respondieron de manera afirmativa, mientras que el 56,7% las personas restantes dieron una respuesta negativa.

La figura 3.9 detalla los resultados obtenidos de la Pregunta No. 2 “¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una presentación de 250 ml?” en el cual el 86,7% de las personas encuestadas respondieron que están dispuestos a pagar \$12 y el 13,4% de los encuestados restantes contestaron que pagarían \$15 por el aceite de coco virgen de 250 ml.

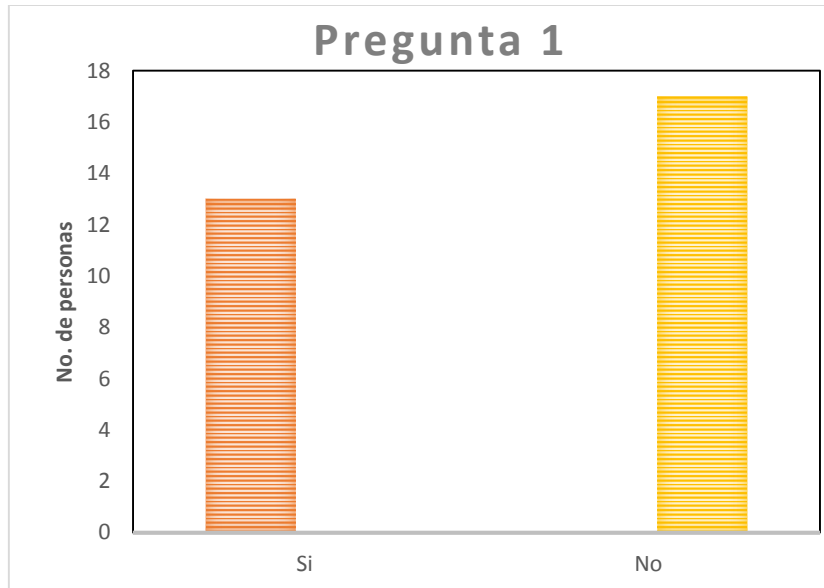


Figura 3.8 Gráfico de barras para pregunta No.1
(Elaboración propia)

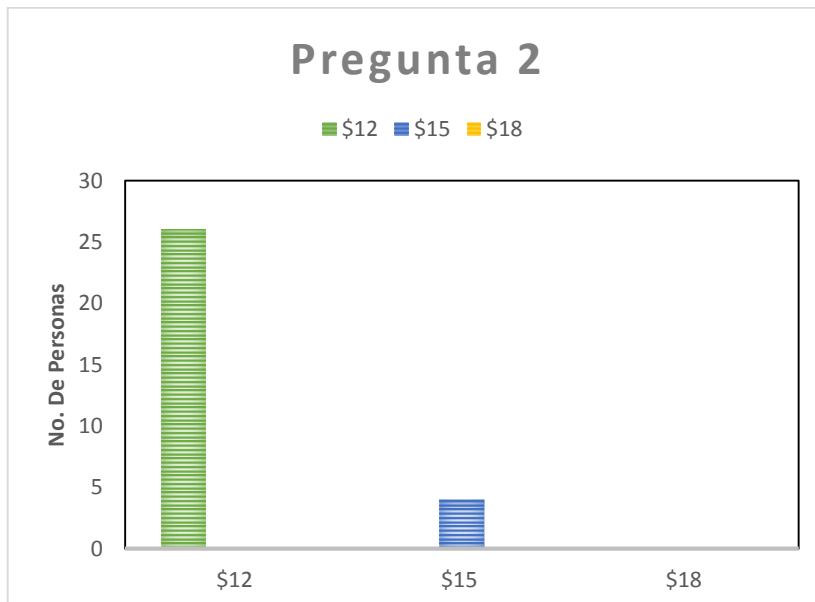


Figura 3.9 Gráfico de barras para pregunta No.2
(Elaboración propia)

3.5 Pruebas microbiológicas del producto final

La tabla 3.11 detalla los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas realizadas al producto final procesado bajo los parámetros experimentales establecidos a condiciones de escala piloto.

Tabla 3.11 Análisis microbiológicos del aceite de coco virgen

Microorganismos	Resultado	Unidad
Coliformes Totales	< 10	UFC/g
Hongos y Levaduras	< 10	UFC/g
<i>Salmonella sp.</i>	AUSENCIA	AUS/PRES
<i>Staphylococcus aerus</i>	< 10	UFC/g

(Elaboración propia)

Los resultados obtenidos cumplen las condiciones microbiológicas establecidas para este tipo de producto, establecido en el Capítulo 2.

3.6 Lay-out de la Planta

Se realizó el lay-out de la planta, mediante la tabla de relación de actividades y el algoritmo de construcción CORELAP. La figura 3.10 muestra el análisis de la relación de actividades descrito en la metodología.

Con los datos mostrados en la figura 3.10, se ingresó los datos al algoritmo de diseño CORELAP, en donde se obtuvo como resultado el lay-out propuesto en la figura 3.11, en el cual se detalla la distribución de los departamentos, para lo cual se estimó un espacio disponible de 100 m². Como se indica en la figura, el departamento #1 es el área de recepción seguido del área de almacenamiento de la materia prima (#2). El #3 es el área de Rallado del coco el cual se hace de manera mecánica y se encuentra separado de los departamentos (#1) y (#2) para evitar contaminar la materia prima, seguido del área de secado, prensado, filtrado que corresponden a los departamentos (#4), (#5) y (#6) respectivamente, finalmente se realiza el envasado (#7) y se lleva a bodega el producto terminado (#8).

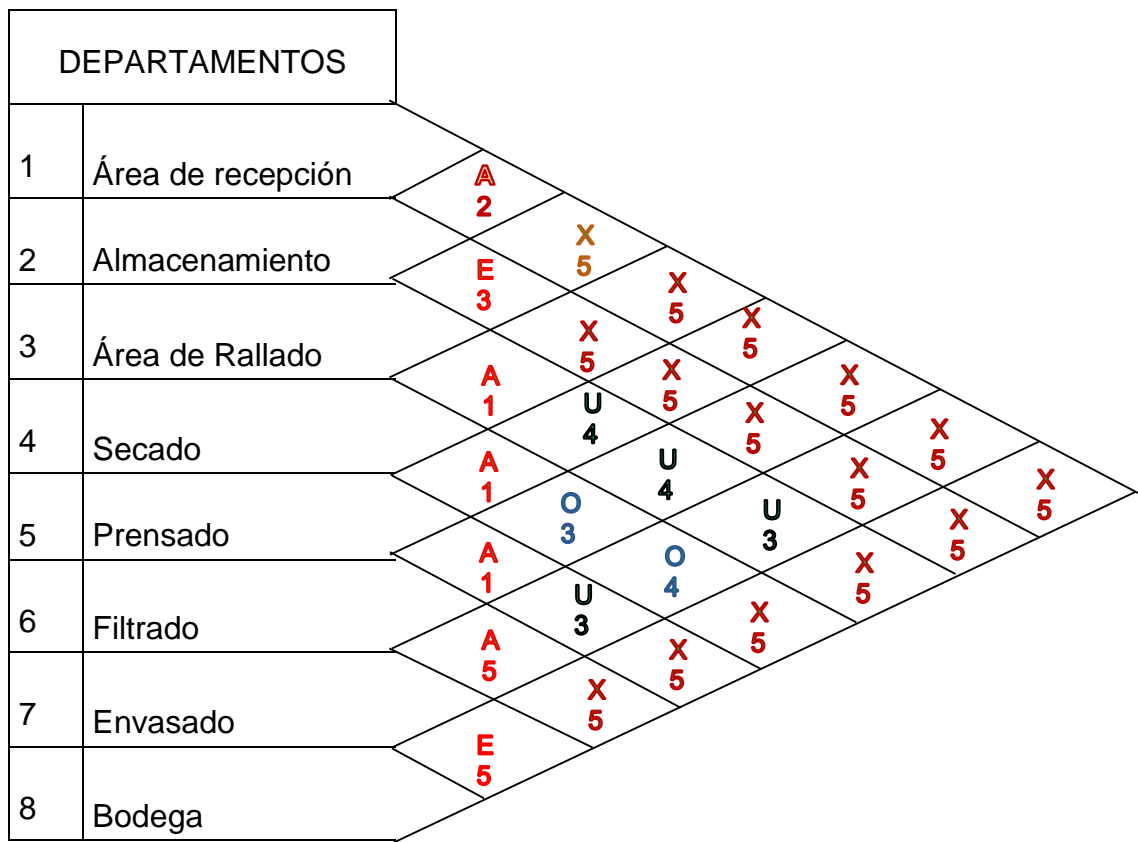


Figura 3.10 Tabla de relación de actividades T.R.A

(Elaboración propia)



Figura 3.11 Lay-Out de la planta

(Elaboración propia)

3.7 Estimación de Costos

Para los cálculos de costos de producción de extracción de aceite de coco virgen, se considera lo siguiente: 4 batch por semana, obteniéndose de cada batch 17834 mililitros que es equivalente a producir 71 envases de 250 ml cada uno.

Costo de materia prima y material de empaque

Los precios tanto de materia prima como material de empaque son cotizados por la empresa, ya que ellos cuentan con proveedores propios que emplean para sus demás productos. La tabla 3.12 detalla los costos de estos rubros por batch.

Tabla 3.12 Costos de materia prima y material de empaque

Materia Prima Ingredientes	Cantidad x Batch (Kg)	Costo MP (\$/Kg)	Costo Batch
Coco	100,000	\$ 3,75	\$ 375,00
Material Empaque	Und	Costo Empaque (\$/Und)	Costo Batch
Frascos de Vidrio	71	\$ 0,268	\$ 19,05
Tapa	71	\$ 0,17	\$ 12,07
Etiqueta	71	\$ 0,02	\$ 1,42
Total Materiales/MP		\$ 0,46	\$ 32,54

(Elaboración Propia)

Costo de mano de obra directa

Para este cálculo se tomó en consideración la remuneración salarial que la empresa paga a sus trabajadores el cual es \$440 al mes, además de los beneficios de ley décimo tercer y décimo cuarto sueldo (\$375), las aportaciones anuales de la mano de obra que corresponde al 12,15%. La jornada laboral consiste en 8 horas diarias, 5 días a la semana, en total 20 días laborales al mes y 240 días al año.

Tabla 3.13 Costos de mano de obra directa

Beneficios	Costo Anual (\$)
Sueldo Mensual (3 trabajadores)	\$ 13.500,00
Décimo Tercer sueldo	\$ 1.125,00
Décimo Cuarto sueldo	\$ 1.125,00
Aportaciones	\$ 1.924,56
Total	\$ 17.674,56

(Elaboración propia)

Costo de mano de obra indirecta

Los costos de mano de obra indirecta, que corresponden a los gastos administrativos, no se toman en consideración debido a que estos ya existen en la empresa.

Costo y depreciación de equipos

En tabla 3.14 se detalla el costo de los equipos comprados por la empresa para la línea de producción que se desea implementar, el tiempo de vida útil de cada equipo es de 10 años y tienen una depreciación anual del 10 %.

Tabla 3.14 Costos y depreciación de equipos

Maquinarias	Cantidad	Costo Total	Vida útil	Valor Residual	Depreciación Anual
Secador Rotativo	1	\$ 35.000,00	10	\$ 3.500,00	\$ 3.150,00
Prensa MPE-50F	1	\$ 10.000,00	10	\$ 1.000,00	\$ 900,00
Filtro Prensa FPE 25/10	1	\$ 17.000,00	10	\$ 1.700,00	\$ 1.530,00
Bomba de Vacío	1	\$ 3.500,00	10	\$ 350,00	\$ 315,00
Caldero	1	\$ 12.000,00	10	\$ 1.200,00	\$ 1.080,00
Total	5	\$ 77.500,00	10	\$ 7.750,00	\$ 6.975,00

(Elaboración propia)

Costos de consumo de energía eléctrica

La tabla 3.15 detalla el consumo de energía eléctrica de los equipos que se utilizan para la producción de aceite de coco, adicionalmente se consideran las potencias de cada equipo las cuales fueron obtenidas de las fichas técnicas del proveedor.

Tabla 3.15 Consumo de energía eléctrica

Equipos	Potencia	Costo (\$ / Kw-h)	Tiempo de operación batch (h)	kw-h por batch	Costo por batch
Desconchadora	1,100 kw	\$ 0,09	2,000 horas	2,2000 kw-h	\$ 0,1980
Ralladora	0,185 kw	\$ 0,09	1,000 horas	0,1850 kw-h	\$ 0,0167
Secador	1,119 kw	\$ 0,09	4,000 horas	4,4742 kw-h	\$ 0,4027
Prensa	3,728 kw	\$ 0,09	2,000 horas	7,4560 kw-h	\$ 0,6710
Filtro Prensa	0,246 kw	\$ 0,09	0,333 horas	0,0820 kw-h	\$ 0,0074
Total	6,378 kw		9,333 horas	14,3972 kw-h	\$ 1,30

(Elaboración propia)

Costos indirectos

En la tabla 3.16 detalla los costos de servicios y suministros por batch dentro de los cuales no se refleja el gasto en el servicio básico del agua debido a que se considera el consumo despreciable en esta línea en comparación con otras líneas de producción de la empresa.

Tabla 3.16 Estimación de Costos de Servicios y Suministros

Servicios	Unidad	Consumo por batch	Costo/Unidad	Costo por batch
Energía eléctrica	kw-h	14,3972	\$ 0,09	\$ 1,2957
Gas	kg	0,8750	\$ 50,00	\$ 43,7500
Total			\$ 50,09	\$ 45,0457

(Elaboración propia)

Costos de producción

En la tabla 3.17 se detallan los costos de producción de un envase de aceite de coco virgen con un contenido de 250 ml, donde se puede apreciar que el costo estimado de venta al público es de \$11,76, con un margen de contribución del 50%.

Tabla 3.17 Costos de producción

	Ingredientes	Cantidad	*UMB	Costo UMB	Costo Batch	Costo Mes	Costos por Unidad
Materia Prima	Coco	100,00	Kg	\$ 3,75	\$ 375,00	\$ 24.000,00	\$ 5,28
	Costo total	100,00	Kg	\$ 3,75	\$ 375,00	\$ 24.000,00	\$ 5,28
Material Empaque	Frasco de Vidrio	71	Und.	\$ 0,268	\$ 19,14	\$ 306,23	\$ 0,270
	Tapa	71	Und.	\$ 0,17	\$ 12,13	\$ 194,03	\$ 0,171
	Etiqueta	71	Und.	\$ 0,02	\$ 1,43	\$ 22,83	\$ 0,020
	Costo total	143	Und.	\$ 0,46	\$ 31,27	\$ 500,27	\$ 0,460
Mano Obra	*MOD	3	Operarios	\$ 1.667,88	\$ 104,24	\$ 1.667,88	\$ 1,47
Costo Indirecto	*EE	14,40	Kw/h	\$ 0,09	\$ 1,30	\$ 20,73	\$ 0,0182
	Gas	0,88	Kg	\$ 50,00	\$ 43,75	\$ 700,00	\$ 0,6162
	Total Costos directos				\$ 510,51	\$ 26.168,15	\$ 7,21
	Total Costos indirectos				\$ 45,05	\$ 720,73	\$ 0,63
	Costo producción				\$ 555,55	\$ 26.888,88	\$ 7,84
						Costo por Envase	\$ 7,84
						Margen	\$ 3,92
						*PVP	\$ 11,76

Elaboración propia)

Punto de equilibrio

Para el cálculo del punto de equilibrio se tomaron en consideración los datos que se detallan en la tabla 3.18, en la cual se detalla que el número de unidades a ser vendidas para alcanzar el punto de equilibrio es de 6883 unidades la cual representa un valor de \$80.969. La figura 3.12 muestra el análisis antes mencionado.

Tabla 3.18 Costos fijos y costos variables anuales

Costos Fijos anual	
Rubro	Cantidad
Salario	\$ 20,014.56
Depreciación	\$ 6,975.00
Total CF	\$ 26,989.56
Costos Variable por Unidad	
Rubro	Cantidad
Materia Prima	\$ 5.74
MOD	\$ 1.47
Energia	\$ 0.02
Total CV	\$ 7.84

(Elaboración propia)

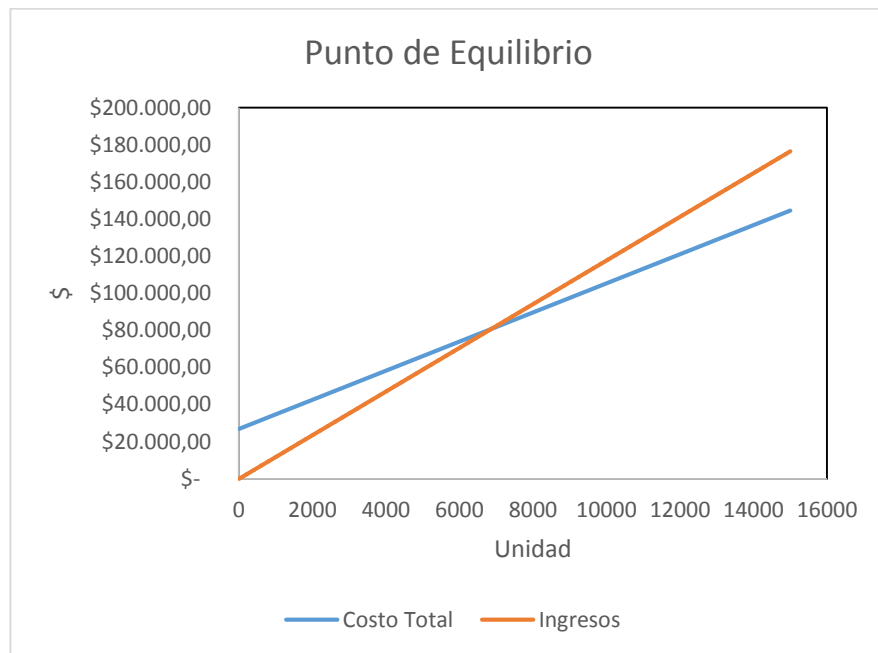


Figura 3.12 Punto de equilibrio

(Elaboración propia)

Análisis financiero

Para el análisis financiero se consideraron ventas anuales estimadas en el punto de equilibrio, la depreciación anual de los equipos y los gastos administrativos, los mismos que se detallan a continuación en la tabla 3.19.

Tabla 3.19 Análisis Financiero

Conceptos	Punto equilibrio
VENTAS	\$ 80.969
Ventas	\$ 80.969
Devoluciones en Ventas	\$ -
Total Ingresos	\$ 80.969
COSTO DE VENTAS	\$ 53.979
Margen bruto	\$ 26.989,56
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 20.014,56
Mantenimiento de Maquinarias	
Sueldos	\$ 15.840
Décimo Tercer Sueldo	\$ 1.125
Décimo Cuarto Sueldo	\$ 1.125
Vacaciones	\$ -
Fondo de Reserva	\$ -
Aporte Patronal 12.15%	\$ 1.925
Uniforme	\$ -
Total Gastos	\$ 20.015
Inversión	
Equipos	\$ 6.975
Total Inversión	\$ 6.975
Utilidad Neta	\$ (0,00)
Amortización	12 meses

(Elaboración propia)

VAN Y TIR

En la tabla 3.20 se muestran los datos que se necesitan para el cálculo del VAN y el TIR.

Tabla 3.20 VAN y TIR

	0	1	2	3	4	5
Ventas Anuales		\$ 160.349,57	\$ 166.827,69	\$ 173.567,53	\$ 180.579,66	\$ 187.875,08
Costos Variables		\$ (106.899,71)	\$ (111.218,46)	\$ (115.711,69)	\$ (120.386,44)	\$ (125.250,05)
Costos Fijos		\$ (26.989,56)	\$ (26.989,56)	\$ (26.989,56)	\$ (26.989,56)	\$ (26.989,56)
Depreciacion		\$ (6.975,00)	\$ (6.975,00)	\$ (6.975,00)	\$ (6.975,00)	\$ (6.975,00)
Utilidad		\$ 19.485,30	\$ 21.644,67	\$ 23.891,28	\$ 26.228,66	\$ 28.660,47
Tasa impuesto 25% IR		\$ (4.871,32)	\$ (5.411,17)	\$ (5.972,82)	\$ (6.557,17)	\$ (7.165,12)
Utilidad Desp Impuesto		\$ 14.613,97	\$ 16.233,50	\$ 17.918,46	\$ 19.671,50	\$ 21.495,35
Depreciación		\$ 6.975,00	\$ 6.975,00	\$ 6.975,00	\$ 6.975,00	\$ 6.975,00
Flujo efectivo		\$ 21.588,97	\$ 23.208,50	\$ 24.893,46	\$ 26.646,50	\$ 28.470,35
Inversion						
Varios	\$ (1.500,00)					
Activos	\$ (77.500,00)					
Capital de Trabajo	\$ (10.000,00)					
Valor de desecho						
Flujo Neto	\$ (89.000,00)	\$ 21.588,97	\$ 23.208,50	\$ 24.893,46	\$ 26.646,50	\$ 28.470,35
VAN	\$ 4.387,51					
TIR	12%					

(Elaboración propia)

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Para la elaboración de aceite de coco virgen a escala semi-industrial se considera que la materia prima debe de tener un aporte de humedad inicial no mayor al 65%.
- Los parámetros obtenidos para la obtención del aceite de coco fueron, temperatura 50°C, presión de vacío menor a 650 mmHg y un flujo de filtrado de 1.18 l.min⁻¹.
- Para un proceso vinculado al perfil del producto que se obtuvo en el presente trabajo los parámetros de pH tuvo un valor de 5,2165, humedad con un valor de 0,06%, acidez con un valor de 0,10% y no se presentó rancidez en el producto, por lo tanto con respecto a los parámetros físico-químicos el producto si cumple, así mismo con respecto a los análisis microbiológicos cumplen con los requisitos dando así un aceite inocuo.
- Con lo relacionado al atributo color y aceptación general hubo preferencia por parte de los panelistas hacia el producto obtenido comparado con un producto de una marca existente en el mercado. Sin embargo con respecto al atributo aroma la preferencia es igual en ambos casos.
- El costo estimado del aceite de coco virgen es de \$11,76 por unidad de 250 ml, la rentabilidad para este producto de acuerdo al valor del VAN es de \$4.387,1 y el TIR del 12 %

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que una vez finalizado el proceso de secado el producto pase a través de una malla número 10 de abertura de 2 mm.
- Para el proceso estudiado en las condiciones experimentadas a escala piloto, se recomienda que no se exceda la temperatura de los 55°C en condiciones operativas, debido a que las características organolépticas y

presumiblemente los perfiles de contenidos de ácidos grasos se vean comprometidos en el producto final.

BIBLIOGRAFÍA

- Bianco, A., & Martínez, E. (2004). Inferencia estadística - Estimación puntual. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires*, 160–176. Retrieved from http://www.dm.uba.ar/materias/probabilidades_estadistica_C/2005/1/PyEC013.pdf
- Brotos, D., Castelló, M., Gras, M., Pérez, É., Barrera, C., & Betoret, N. (2014). Filtración convencional de mezclas de líquidos y sólidos. *Tecnología de Alimentos, I*. Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83526/Castelló%3BVidal%3BGras - Filtración convencional de mezclas de líquidos y sólidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83526/Castelló%3BVidal%3BGras%20-%20Filtración%20convencional%20de%20mezclas%20de%20líquidos%20y%20sólidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Caldas, A. (2012). Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido, 1–48.
- Chacon, S. A. (2006). Procesamiento de frutas: Procesos húmedos y procesos secos, 66. Retrieved from <http://repiica.iica.int/docs/B0635e/B0635e.pdf>
- Chique, J. (2014). Ampliación de los equipos del proceso merrill crowe de 85 m³/hr a 90 m³/hr de solución pregnant en la minera aurífera retamas S.A. - TRUJILLO. *Universidad Nacional Del Altiplano Puno*.
- Cortázar, M. (2011). Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2*, 0–10.
- Eyres, L., Eyres, M. F., Chisholm, A., & Brown, R. C. (2016). Coconut oil consumption and cardiovascular risk factors in humans. *Nutrition Reviews, 74*(4), 267–280. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw002>
- Figueroa, L. (2013). Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica de la extracción de la fracción lipídica de la copra del coco (cocos nucifera L.) Variedad verde utilizando tres solventes a escala laboratorio.
- García, D., Domínguez, Y., Rondón, M., & Fernández, E. (2017). Extracción de aceites de origen vegetal, (May). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11047.55201>
- Girón, O. (2012). Aprovechamiento y comercialización del sector cocotero del Municipio de Tumaco a través de la Umata.
- Grupo OLEO Lab S.A. de C.V. (2013). Aceite de Coco. Zapozan.
- Guarte, R. C., Mühlbauer, W., & Kellert, M. (1996). Drying characteristics of copra and quality of copra and coconut oil. *Postharvest Biology and Technology, 9*(3), 361–372. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00032-4)
- Jácome, H., Varela, M., Trávez, C., Dillón, A., & Cadena, S. (2012). Flacso - Mipro Centro de Investigaciones Económicas y de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Retrieved from <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/ydymiy33b05xl5okzvtvgysqc8hjzz.pdf>
- Limones, V., & Fernández, M. (2016). El cocotero: “El árbol de la vida.” *Herbario CICY, 110*, 107–110.
- McCabe, Warren., Smith, Julian C., Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en*

ingeniería química, séptima edición.

- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2012). Bosques Secos. *Especies Forestales de Los Bosques Secos Del Ecuador*, 57–58. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>
- Moreiras, O., Carbajal, Á., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de Composición de Alimentos. *Editorial Pirámide*, 239–240. Retrieved from <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/coco.pdf>
- Mpagalile, J. J., & Clarke, B. (2005). Effect of processing parameters on coconut oil expression efficiencies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(2), 125–132. <https://doi.org/10.1080/09637480500082058>
- Palapa, J. (2012). Propuesta de Estandarización de Procesos, 1–80.
- Peñaherrera, M., & Silva, V. (2017). *Desarrollo de una formulación y línea de proceso para la elaboración de una galleta libre de gluten con valor proteico*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
- Petit, J., Zimmer, D., Baudelaire Djantou, E., & Scher, JoëlKaram, M. C. (2016). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*, 188, 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
- Pham, L. J. (2016). *Coconut (Cocos nucifera)*. *Industrial Oil Crops*. AOCS Press. Published by Elsevier Inc. All rights reserved. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-98-1.00009-9>
- Punchihewa, P. ., & Arancon, R. . (1999). COCONUT Post-harvest Operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-au999e.pdf>
- Romero, C. (2012). Aplicación de la metodología de producción más limpia en el Sector Coprero. *Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior De Ingeniería Química E Industrias Extractivas*. Retrieved from http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8959/1/ROMERO_HERNANDEZ.pdf
- Schettini, D. (2013). Estudio sobre los hábitos de consumo de aceites vegetales en los hogares de la ciudad de Quito. *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8771/1/53530_1.pdf
- Vanaclocha, A. C. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Ediciones Mundi-Prensa
- Zaragoza, J. (2013). Propuestas Tecnológicas Post cosecha para un aprovechamiento integral del Coco. *Facultad de Industrias Alimentarias*. Retrieved from <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3009/T664Z46.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

APENDICES

APÉNDICE A

EVALUACION SENSORIAL		PANELISTA #													
_____		_____													
Nombre del Panelista: _____		Fecha: _____													
Edad: _____															
Sexo: F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>															
INSTRUCCIONES															
<ul style="list-style-type: none">• Evaluar cada muestra a su propio ritmo.• Califique cada una de las muestras en base a la siguiente escala.															
<table border="1"><thead><tr><th>Escala</th><th>Puntaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Me disgusta mucho</td><td>1</td></tr><tr><td>Me disgusta levemente</td><td>2</td></tr><tr><td>Ni me gusta ni me disgusta</td><td>3</td></tr><tr><td>Me gusta levemente</td><td>4</td></tr><tr><td>Me gusta mucho</td><td>5</td></tr></tbody></table>				Escala	Puntaje	Me disgusta mucho	1	Me disgusta levemente	2	Ni me gusta ni me disgusta	3	Me gusta levemente	4	Me gusta mucho	5
Escala	Puntaje														
Me disgusta mucho	1														
Me disgusta levemente	2														
Ni me gusta ni me disgusta	3														
Me gusta levemente	4														
Me gusta mucho	5														
<table><thead><tr><th>Código</th><th>COLOR</th><th>AROMA</th><th>ACEPTACIÓN GENERAL</th></tr></thead><tbody><tr><td>231</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr><tr><td>436</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr></tbody></table>				Código	COLOR	AROMA	ACEPTACIÓN GENERAL	231	_____	_____	_____	436	_____	_____	_____
Código	COLOR	AROMA	ACEPTACIÓN GENERAL												
231	_____	_____	_____												
436	_____	_____	_____												
Observaciones: _____															

ENCUESTA SOCIECONÓMICA															
PRODUCTO: Aceite de Coco virgen															
1. ¿Compra usted Aceite de Coco virgen?															
Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>															
2. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una presentación de 250 ml?															
\$ 12 <input type="checkbox"/> \$ 15 <input type="checkbox"/> \$ 18 <input type="checkbox"/>															
¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!															

APÉNDICE B

Tiempo (min)	Tiempo (h)	Peso de Masa (g)	Peso de Masa Kg	Kg H2O	X Kg H2O/Kg SS	X med Kg H2O/Kg SS	$\Delta\theta$ (h)	$\Theta \times A$ h x m ²	Peso Producto Kg	W Kg /h m ²	1/W
0	0,00	161,35	0,16	0,09	1,24	1,19	0,17	0,02	0,01	0,37	2,72
10	0,17	154,96	0,15	0,08	1,15	1,08	0,17	0,02	0,01	0,60	1,67
20	0,33	144,56	0,14	0,07	1,00	0,93	0,17	0,02	0,01	0,63	1,58
30	0,50	133,56	0,13	0,06	0,85	0,78	0,17	0,02	0,01	0,62	1,61
40	0,67	122,76	0,12	0,05	0,70	0,63	0,17	0,02	0,01	0,57	1,76
50	0,83	112,86	0,11	0,04	0,56	0,51	0,17	0,02	0,01	0,47	2,12
60	1,00	104,66	0,10	0,03	0,45	0,40	0,17	0,02	0,01	0,43	2,35
70	1,17	97,26	0,10	0,03	0,35	0,30	0,17	0,02	0,01	0,36	2,76
80	1,33	90,96	0,09	0,02	0,26	0,23	0,17	0,02	0,01	0,29	3,41
90	1,50	85,86	0,09	0,01	0,19	0,16	0,17	0,02	0,00	0,23	4,35
100	1,67	81,86	0,08	0,01	0,13	0,12	0,17	0,02	0,00	0,16	6,44
110	1,83	79,16	0,08	0,01	0,10	0,08	0,17	0,02	0,00	0,11	9,16
120	2,00	77,26	0,08	0,01	0,07	0,05	0,17	0,02	0,00	0,14	7,25
130	2,17	74,86	0,07	0,00	0,04	0,03	0,17	0,02	0,00	0,05	21,75
140	2,33	74,06	0,07	0,00	0,03	0,01	0,17	0,02	0,00	0,10	10,24
150	2,50	72,36	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,01	87,00
160	2,67	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
170	2,83	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
180	3,00	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
190	3,17	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
200	3,33	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
210	3,50	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
220	3,67	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	-
230	3,83	72,16	0,07	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-