

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

**Br. Delgadillo Collado Doris Valeria.**

**Br. Tejada Bustillo Isaura Yolanda.**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

TUTOR:

**MGPD Ing. Silvano Cruz Sánchez**

**Managua, Nicaragua**

**febrero 2022**

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

### **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios, por ser el inspirador y brindarme fuerzas y sabiduría para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre, por todo el sacrificio y apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento durante esta incesante batalla hacia el camino de la meta profesional durante estos largos años.

A mi padre, por ser un pilar importante y un ejemplo a seguir, que estuvo siempre a mi lado para llegar a culminar mi profesión.

A mi Abuelo, quien ha vivido de cerca los distintos procesos de mi vida y me ha apoyado por sobre todas las cosas para llegar a esta instancia de mis estudios.

Doris Valeria Delgadillo Collado

# **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a Dios sobre todas las cosas, por haberme dado sabiduría y perseverancia para alcanzar esta y todas mis metas.

A mi madre Ena Bustillo Espinoza por su apoyo incondicional, esfuerzo, sacrificio, comprensión, motivación a lo largo de mi vida.

A mis abuelos, Santos Bustillo e Isaura Espinoza por ser mis guías y mi fuente de motivación e inspiración para superar cada obstáculo y luchar por mis sueños. Agradezco desde el fondo de mi corazón y doy gracias a Dios cada día por tenerlos en mi vida.

A mis compañeros y amigos, por su paciencia, amor, y comprensión antes y durante esta etapa.

Isaura Yolanda Tejada Bustillo

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

### **RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo principal de diseñar el proceso tecnológico de agua de coco y pulpa de coco deshidratado para el aprovechamiento industrial del coco. En este trabajo monográfico se realizó la caracterización física y química de materia prima y productos terminados, selección de equipos y costos del proceso.

Para este fin se utilizó la variante Enano Amarillo de Malasia debido a que es la variedad que mayor cantidad de nueces provee anualmente entre 120 a 150. Es, además, reconocida mundialmente como tolerante al Amarillamiento letal de coco y utilizada para producción de agua envasada por su buen sabor.

En cuanto a la caracterización física y química de la materia prima, se siguieron los aspectos descritos en la Norma del Codex para el coco desecado (CODEX- STAN 177-1991) y el documento de Buenas Prácticas para la producción a pequeña escala de agua de coco embotellada establecido por la FAO. Se verificaron parámetros como °Brix, pH y humedad. Se utilizaron 10 cocos como muestra y como resultado se obtuvo un pH de 5.3, °Brix 5.1 y un porcentaje de humedad de % 3.6. El volumen para agua de coco resultó en 238 ml y peso de la pulpa igual a 0.17 kg. También, se determinó el peso total del coco por unidad 1.75 kg, y los restos de mesocarpio (fibra) y endocarpio (concha) equivalentes a 1.2 kg y 0.28 kg.

Considerando la producción de cocos en toneladas para el año 2019 se determinó una capacidad de producción de 3333 kg/día. Se realizó la selección completa de una línea para ambos procesos, resultando en 25 equipos, teniendo en cuenta: 3 bandas transportadoras, 4 transportadores de rodillo, 2 tanques de almacenamiento, 5 bombas centrífugas, 1 tambor rotatorio, 1 filtro de cartucho, 1 tamizador, 1 triturador, 1 secador continuo a contracorriente, 1 desconchadora, 1 maquina perfora de coco y 2 empacadoras para agua de coco y pulpa deshidratada.

La inversión de capital fijo tiene un costo de \$178,933.26 para un rendimiento de 16.64% para el proceso de agua de coco y 15.52% para el proceso pulpa deshidratada.

Se cuantificaron los costos relacionados al proceso, tomando en cuenta los costos anuales de materia prima con un total de \$580,000, en cuanto a costos de utilidades se calculó un total de \$632,322.18. También, se calcularon los costos del personal operativo para el proceso, la cual se emplearán 20 personas como operarios, analistas de calidad, asistentes de bodega, operador de monta carga y empacadores, obteniendo un costo total de \$81,659.10, para un total de inversión inicial de \$1, 569,042.62.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos .....	3
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
3.1. Generalidades .....	4
3.1.1. Cocotero.....	4
3.1.2. Variedades del coco .....	4
3.2. Estructura del fruto de coco .....	5
3.2.1. Mesocarpio o fibra.....	6
3.2.2. Características químicas del endocarpio .....	7
3.2.3. Agua de coco .....	7
3.2.4. Copra .....	8
3.2.5. Aceite.....	8
3.3. Fases de maduración del coco .....	10
3.4. Microbiología del coco .....	11
3.5. Comercialización del coco .....	11
3.5.1. Agro industrialización .....	11
3.5.2. Producción mundial del coco.....	11
3.5.3. Comercio internacional de subproductos de coco .....	13
3.6. Control de la calidad .....	14
3.7. Diseño conceptual del proceso .....	14
3.8. Principios de transferencia de calor.....	15
3.9. Diseño conceptual del proceso de flujo.....	16
3.10. Selección de equipos .....	17
3.11. Análisis de Costos.....	17
3.11.1. Método del porcentaje del costo del equipo entregado.....	17
3.11.2. Estimación del capital de inversión.....	19
3.11.3. Equipos, envíos de los equipos hasta la planta y estimación de instalación de equipos. ....	20

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

3.11.4.	Instrumentación y controles .....	20
3.11.5.	Tuberías .....	21
3.11.6.	Instalación eléctrica .....	21
3.11.7.	Servicios Auxiliares .....	21
3.11.8.	Ingeniería y supervisión .....	21
3.11.9.	Gastos de construcción.....	22
3.11.10.	Contratistas y contingencias .....	22
3.11.11.	Estimación del capital de trabajo.....	22
3.11.12.	Costos de producción.....	22
3.11.12.1.	Costos de materia prima .....	22
3.11.12.2.	Supervisión.....	23
3.11.12.3.	Servicios y mantenimiento.....	23
3.11.12.4.	Costos de mano de obra .....	23
3.11.12.5.	Depreciación.....	23
3.11.13.	Costos de mano de obra directa .....	24
<b>IV.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>25</b>
4.1	<b>Caracterización física y química de materia prima y producto terminado.....</b>	<b>25</b>
4.1.1	Selección de Materia prima.....	25
4.1.2	Obtención de agua de coco y pulpa de coco deshidratada a nivel de laboratorio .....	26
4.2	Capacidad de Producción .....	30
4.3.	<b>Diseño del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada.....</b>	<b>30</b>
4.1	Balances de materia y energía.....	32
4.2	Rendimiento del proceso productivo .....	33
4.3	Selección de equipos del proceso.....	33
4.4	Costos del proceso productivo .....	47
<b>V.</b>	<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1	Caracterización de la materia prima .....	49
5.2	Control de calidad del proceso productivo de agua de coco y pulpa deshidratada.....	53

<b>5.3</b>	<b>Balances de materia y energía del proceso productivo de agua de coco y pulpa deshidratada</b> .....	47
<b>5.4</b>	<b>Resultados de Balances de Materia y Energía</b> .....	48
<b>5.4.1</b>	<b>Balance en Recepción y selección de Materia Prima</b> .....	50
<b>5.4.2.</b>	<b>Balance en etapa de Lavado</b> .....	50
<b>5.4.3.</b>	<b>Balance de materia en la etapa de Desfibrado</b> .....	51
<b>5.5</b>	<b>Rendimiento del proceso de producción de agua de coco y pulpa deshidratada</b> .....	56
<b>5.6</b>	<b>Características básicas técnicas de los equipos del proceso productivo</b> .....	56
<b>5.6.1</b>	<b>Recepción</b> .....	56
<b>5.6.2</b>	<b>Selección de recipientes de almacenamiento</b> .....	57
<b>5.6.3</b>	<b>Selección de bombas</b> .....	58
<b>5.7</b>	<b>Diagrama de equipos del proceso</b> .....	63
<b>5.8</b>	<b>Costos del proceso de producción de agua de coco y pulpa deshidratada</b> .....	64
<b>5.8.1</b>	<b>Costos de equipos</b> .....	64
<b>5.8.2</b>	<b>Costos Directos</b> .....	65
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	72
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	77

# Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del cocotero según la variedad .....	5
Tabla 2. Características Físico-Mecánicas del Mesocarpio .....	6
Tabla 3. Características Físico-Mecánicas del endocarpio .....	7
Tabla 4. Aprovechamiento del coco .....	9
Tabla 5. Producción de coco por países .....	13
Tabla 6. Porcentaje del costo del equipo entregado para los diferentes tipos de plantas de proceso.....	18
Tabla 7 Factores de multiplicación para la estimación de inversión de capital fijo o total de capital de inversión.....	19
Tabla 8 Costos Directos e Indirectos .....	20
Tabla 9 Características según variedad de coco .....	25
Tabla 10. Equipos utilizados en el proceso productivo .....	34
Tabla 11. Datos para selección de los equipos.....	35
Tabla 12. Equipos utilizados como transportadores.....	35
Tabla 13. Velocidades de banda recomendada según el material.....	36
Tabla 14. Clasificación de materiales en transportadores del proceso .....	36
Tabla 15. Anchos mínimos de bandas.....	37
Tabla 16. Tamaño de bandas seleccionadas .....	38
Tabla 17. Diámetro de los rodillos en base al arreglo del transportador .....	39
Tabla 18. Selección de diámetro de los rodillos para cada transportador .....	39
Tabla 19. Estimación del área de sección transversal del flujo de carga.....	40
Tabla 20. Obtención del valor de CL.....	41
Tabla 21. Obtención del valor de CB .....	41
Tabla 22. Obtención del valor de kf.....	42
Tabla 23. Obtención de la fórmula de potencia de fricción.....	42
Tabla 24. Selección de recipientes de almacenamiento.....	43
Tabla 25. Selección de separadores.....	44
Tabla 26. Métodos de trituración.....	44
Tabla 27. Selección de intervalos de distribución y trituraciones aceptables.....	45
Tabla 28. Equipos auxiliares y sus usos.....	47
Tabla 29. Pesos de coco entero, pulpa, fibra y concha .....	49
Tabla 30. Características de agua de coco embotellada.....	50
Tabla 31. Tiempo y Peso de Pulpa en la etapa de secado .....	51
Tabla 32. Características de coco deshidratado .....	53
Tabla 33. Características de calidad de pulpa de coco deshidratada. ....	53
Tabla 34. Contenido nutricional de copra de coco tierna y madura (para 100 gr).....	54
Tabla 35. Numeración de entradas y salidas en el balance de materia y energía del proceso de producción de agua de coco y pulpa de coco.....	48
Tabla 36. Balances de materia en la Recepción y Selección .....	50
Tabla 37 Balances de materia en el Lavado.....	51
Tabla 38. Balances de materia en la etapa de Desfibrado.....	51

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 39. Balances de materia en la etapa de extracción de Agua de coco .....	52
Tabla 40. Balances de materia en la etapa de filtración de Agua de coco .....	52
Tabla 41. Balances de materia en la etapa de llenado y Almacenamiento .....	53
Tabla 42. Balances de materia en la etapa de Desconchado.....	53
Tabla 43 Balances de materia en la etapa de Desconchado.....	54
Tabla 44. Balances de materia en la etapa de Secado.....	55
Tabla 45. Balances de materia en la etapa de Tamizado.....	55
Tabla 46. Balances de materia en la etapa de Empacado .....	56
Tabla 47 Costos de equipos .....	64
Tabla 48 Costos directos.....	65
Tabla 49. Costos indirectos .....	65
Tabla 50. Costos de inversión de capital fijo.....	66
Tabla 51. Costos de capital de trabajo.....	66
Tabla 52. Costos totales de capital de inversión .....	66
Tabla 53 Costo anual de materia prima.....	66
Tabla 54 Costo anual de insumos .....	67
Tabla 55 Costo de personal operativo .....	68
Tabla 56 Costo de utilidades .....	68
Tabla 57 Costo de inversión inicial total .....	69
Tabla 58. Descripción relativa de la calidad del coco.....	78
Tabla 59 Balance de materia y descripción del flujo.....	94
Tabla 60. Codificación de equipos del proceso.....	96
Tabla 61. Selección de recipientes de almacenamiento.....	97
Tabla 62. Selección de bombas.....	97
Tabla 63. Selección de recipientes de procesos.....	98
Tabla 64. Selección de separadores.....	98
Tabla 65. Selección de intercambiadores .....	98
Tabla 66. Selección de otros equipos .....	98

# Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.

---

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Estructura del coco .....	6
Ilustración 2 . Mesocarpio o fibra de coco .....	7
Ilustración 3 Fases de maduración del coco .....	10
Ilustración 4 Producción de coco y áreas cultivadas a nivel mundial 1994-2018.....	12
Ilustración 5 Cocos enteros variedad Enano Amarillo de Malasia .....	26
Ilustración 6 Lavado de cocos.....	26
Ilustración 7 Mesocarpio o fibra de coco .....	27
Ilustración 8 Determinación de pH .....	28
Ilustración 9 Medición de °Brix .....	28
Ilustración 10 Pulpa de coco .....	29
Ilustración 11 Pulpa de coco triturada .....	29
Ilustración 12 Equipo de Tamizado .....	29
Ilustración 13. Diagrama del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada.....	47
Ilustración 14 Transportador de rodillos .....	57
Ilustración 15. Banda transportadora .....	57
Ilustración 16 Tanque de almacenamiento.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 17 Bomba centrífuga .....	58
Ilustración 18. Tambor rotatorio .....	59
Ilustración 19. Molino de rodillos .....	59
Ilustración 20. Filtro de cartucho .....	60
Ilustración 21. Tamizador.....	60
Ilustración 22. Trituradora .....	61
Ilustración 23. Secador a contracorriente.....	61
Ilustración 24. Embotelladora PET.....	62
Ilustración 25. Desconchadora de coco .....	62
Ilustración 26 Diagrama de equipos del proceso.....	63
Ilustración 27. Estructura del coco .....	77
Ilustración 28. Crecimiento del coco por cada 3 meses .....	77
Ilustración 29 Diagrama del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratado.....	93

## **I. INTRODUCCIÓN**

Nicaragua tiene un alto potencial agrario frutícola que en la actualidad no está siendo explotado en mercados nacionales e internacionales. El país ha centrado su diversificación en cultivos tradicionales como el maíz, frijol, cacao y café, lo cual genera pérdidas de cosechas especialmente en la producción frutícola (IICA, 2021).

La inexistencia de canales establecidos para el comercio de copra, falta de valor agregado, limitaciones económicas y tecnológicas, inducen a que la modalidad de comercialización del coco sea en forma de nuez fresca. No se aprovechan subproductos como la estopa, para la producción de fibras y sustrato vegetal; y la concha o huesillo para la producción de carbón vegetal y/o activado. El agua se aprovecha parcialmente, puesto que no se envasa y su comercialización es desarrollada en el mercado informal en condiciones inadecuadas que brindan poca seguridad e higiene al consumidor final.

El coco (*Cocos nucifera* L.) es uno de los principales productos agrícolas de las zonas del Caribe de Nicaragua, es cultivado principalmente en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (Laguna de Perlas, Kukrahill, Monkey Point, Punta Gorda y Greytown) (Egler, 2018). Sin embargo, debido a su adaptabilidad, el fruto es también cultivado en zona del Pacífico, en el departamento de Rivas, Managua, Masaya, entre otros, presentando oportunidades de aprovechamiento para la industrialización de productos como el agua de coco y pulpa deshidratada.

En general, existe tres tipos de cocoteros: gigante, enano e híbrido, y dentro de cada tipo un gran número de variedades. Según (Moog, 1997) el fruto maduro es utilizado para extraer la pulpa blanca, y con ella obtener productos cosméticos para el cuidado del cabello y piel o bien en la industria alimenticia.

Existe gran variedad de productos que se pueden obtener en la industria alimenticia tales como, galletas, repostería y dulces. Sin embargo, el principal producto exportado es la pulpa sin procesar seguido del coco desecado ya que presenta una mayor demanda en el extranjero: Estados Unidos, Unión Europea, China y Canadá (Egler, 2018)

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2018) desarrolló la investigación de las características productivas con respecto a contenido de agua y obtención de aceite de coco en el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) Kukra Hill en la Costa Caribe Sur. La variedad Alto de Panamá contiene más agua (699.59 mililitros/nuez), pero es la menos dulce (4.68 °Brix). La variedad Enano amarillo de Malasia contiene menor cantidad de agua (317.50

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

mililitros/nuez), teniendo una dulzura media (5.16 °Brix), en cambio el Enano verde de Brasil presenta mayor grado de dulzura (5.60 °Brix), pero un menor contenido de agua que el Alto de Panamá (347.08 mililitros/nuez).

En el año 2014 la Fundación para la Autonomía y Desarrollo de la Costa Atlántica de Nicaragua FADCANIC, (2014) realizó el estudio "Procesamiento inocuo del agua de coco". Se dio seguimiento a la BPM de la FAO para el agua de coco embotellada demostrando que es un modelo adaptable a diferentes condiciones en una planta de procesamiento.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar el proceso tecnológico del proceso productivo del agua de coco y pulpa de coco deshidratada, con el fin de caracterizar física y químicamente la materia prima y productos terminados de acuerdo normas de calidad establecidas. Así mismo, se realizó una apropiada selección de equipos y accesorios mediante una capacidad de producción predefinida de acuerdo a la producción nacional de coco y se estimaron los costos de producción del proceso productivo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Diseñar el proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar la materia prima y productos terminados, de acuerdo a las normas de calidad.
- Seleccionar equipos y accesorios para el proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada.
- Estimar el costo de producción del proceso productivo.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Generalidades**

##### **3.1.1. Cocotero**

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) pertenece al orden Arecales de la familia Arecaceae o Palmae (USDA, 2015).

Es una planta polimórfica no ramificada, que en su etapa adulta puede alcanzar hasta 30 metros, el tallo o tronco es columnar, recto ligeramente curvado un poco más gruesa en la base, el tronco termina en un penacho de hojas agrupadas, densamente en el ápice y en cada axila de las mismas existen inflorescencias y racimos de coco en diferentes etapas de desarrollo.

Lizano (2015), asegura que el sistema radicular del cocotero es fasciculado. Las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta, así como de la adsorción del agua. Las raíces terciarias (que se derivan de las secundarias) son las verdaderas extractoras de nutrientes.

##### **3.1.2. Variedades del coco**

Se reconocen tres grandes grupos:

**Gigantes:** Se emplean para la producción de aceite y los frutos para consumo fresco. Su contenido de agua es elevado y su sabor poco dulce. Entre sus ventajas destacan el tamaño del fruto y el contenido elevado de copra.

**Enanos:** Las variedades más cultivadas son Amarillo de Malasia (AAM), Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India. Debido al buen sabor del agua y el pequeño tamaño de estos cocos, se emplean fundamentalmente para la producción de bebidas envasadas.

**Híbridos:** Producto del cruce entre las anteriores variedades. Son frutos de tamaño mediano o grande, buen sabor y buen rendimiento de copra.

Según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Nicaragua cuenta actualmente con siete cultivares de coco, siendo los más solicitados por los productores los cultivares: Enano Amarillo Malasia, Enano Verde Brasil, y el Alto de Panamá. Cada una de las variedades presenta características únicas, por lo tanto, se detallan a continuación.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Tabla 1. Características del cocotero según la variedad

Variedad	Tipos	Inicio de Producción	Producción Anual	Resistencia al Amarillamiento Letal del Cocotero
Alto del Panamá	Número indeterminado	6 a 9 años	60 a 80 nueces	Tolerante
Enano Amarillo de Malasia	Amarillo, Verde, Rojo, Dorado	3 años	120 a 150 nueces	Resistente
Hibrido	MAPAN MAPAC	4 años	120 a 140 nueces	Resistente

Fuente: (Lizano I. M., 2015)

El promedio anual de producción de la variedad alto de Panamá es de 60 a 80 cocos por año, habiendo una estrecha comparación entre 120 - 150 capaz de producir el Enano Amarillo de Malasia e Hibrido, estos presentan mayor resistencia al Amarillamiento Letal del coco, enfermedad que es causada por un organismo tipo fitoplasma transmitido por el insecto *Myndus Crudus* Van Duzze.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Amarillamiento Letal del Coco provoca amarillamiento total de hojas, estas pierden su funcionalidad, pero quedan adheridas al tallo. Las nueces caen prematuramente y la inflorescencia masculina no abre adecuadamente por lo cual cesa la producción de frutos al no fertilizar la inflorescencia femenina.

### 3.2. Estructura del fruto de coco

Es una drupa cubierta con una capa que puede ser de varios colores según la variedad. En el endospermo o pulpa, se encuentra la semilla compuesta por una pulpa blanca comestible, y un líquido blanquecino (endosperma líquido) que posee un alto contenido de carbohidratos y minerales, conocido como agua de coco (Ohler, 1999) (ver Anexo A).

De acuerdo con Bendaña (2017), la composición promedio del fruto del cocotero es la siguiente: El exocarpio junto con el mesocarpio o parte fibrosa forman el 35%, el endosperma, copra o pulpa (parte semisólida) 28%, el agua contenida en el endosperma representa el 25% y finalmente un 12% pertenece al endocarpio o mejor conocido como concha.



Ilustración 1 Estructura del coco

Fuente: (Comilon, 2014)

### 3.2.1. Mesocarpio o fibra

Es una fibra multicelular con un alto grado de rigidez y dureza debido a sus dos componentes, la celulosa y el leño. La fibra del coco está considerada en la categoría de fibras fuertes igual que el sisal, yute y abacá según FAO (2018). El diámetro medio de las fibras es de aproximadamente 1mm, es de gran utilidad debido a su capacidad para estirarse.

Entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, también la durabilidad y resistencia hacen de la fibra de coco el material indicado para trabajos de aislamiento térmico y acústico (Atz, 2008). La tabla presentada a continuación detalla las características físico-mecánicas del mesocarpio.

Tabla 2. Características Físico-Mecánicas del Mesocarpio

Parámetro	Unidad	Valor
Masa específica real	Kg/m <sup>3</sup>	1,177
Absorción máxima	%	93.8
Ruptura por elongamiento	%	23.9 a 51.4
Resistencia de tracción	Mpa	95 a 118
Módulo de elasticidad	Gpa	2.8

Fuente: (ATZ, 2008)

La FAO, enfatiza que para 2017 los principales productores de fibra fueron: India, Sri Lanka, Tailandia y Vietnam. Estos cuatro países concentraron el 91.52% (755,100 TM) de la producción mundial de fibra café/marrón y la India se consolidaba como el principal proveedor de fibra blanca, alcanzando las 83,700TM.



Ilustración 2 . Mesocarpio o fibra de coco

Fuente: (dreamstime, 2021)

### 3.2.2. Características químicas del endocarpio

El endocarpio es la capa interna que protege la semilla o centro y es la parte dura y fibrosa, no comestible en este caso cubriendo la pulpa blanca en el interior del coco. La fibra a nivel celular se compone principalmente de hemicelulosa ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, celulosa, lignina y pectina, la siguiente tabla muestra las características físico-mecánicas del endocarpio.

Tabla 3. Características Físico-Mecánicas del endocarpio

Parámetros	Unidad	Valor
pH		5
Nitrógeno total	%	0.5
Fósforo total, $P_2O_5$	%	0.20
Potasio Total, $K_2O$	%	0.60
Calcio total, $CaO$	%	1.40
Magnesio total, $MgO$	%	0.20
Sodio total, $NaO$	%	0.187

Fuente: (Atz, 2008)

### 3.2.3. Agua de coco

Es el líquido que se encuentra en el interior de la nuez, se considera ligeramente hipotónico, más ácido que el plasma. La composición de electrolitos, se asemeja al líquido intracelular, siendo potasio, calcio y magnesio los cationes predominantes, mientras que sodio, cloro y fosfato se encuentran en baja concentración (Carvajal, 2003).

Por sus características nutricionales es de gran interés de grandes compañías de bebidas embotelladas. Como Pepsi, adquirió O.N.E Coconut Water y Amacoco (en Brasil); mientras que Coca Cola compró Zico Beverages en California.

#### **3.2.4. Copra**

Es el producto que se obtiene de la pulpa de coco, se utiliza para elaborar harinas y dulce, también sirve como base para elaborar alcoholes, vinagres, dulces, helados y refrescos, esta pulpa se desintegra o ralla y se seca a una temperatura entre los 60 o 75° C.

Entre los principales países productores y exportadores se encuentran: Indonesia, Papúa Nueva Guinea e India. Los principales importadores en orden de importancia son: Bangladesh, Filipinas, Malasia, Pakistán y República Árabe Siria. De acuerdo al reporte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), la producción mundial de copra como semilla para extracción de aceite y para consumo como alimento alcanzó 5,81 y 1,94 millones de toneladas métricas, respectivamente; totalizando 7,75 millones de TM.

#### **3.2.5. Aceite**

Es un aceite vegetal, conocido también como manteca de coco. Se trata de una sustancia grasa que contiene cerca del 90% de ácidos saturados extraídos mediante prensado de la pulpa de los cocos. Los principales países productores son: Filipinas, Indonesia, India, Vietnam y México. Los máximos exportadores son Filipinas, Indonesia, Malasia, Papúa Nueva Guinea y la Unión Europea. Los que más importan son: Unión Europea, Estados Unidos, Malasia, China y Corea del Sur.

Para el ciclo 2018-2019 se reportó un total de 3,77 millones de TM producidas y 1,80 millones de TM en importación. Las exportaciones sumaron 1,94 millones de TM; el consumo como aceite comestible fue de 3,53 millones de toneladas métricas. (Agriculture, 2020)

El coco y sus derivados generan un alto nivel de aprovechamiento. Con el fin de dar a conocer el uso de cada parte del coco se presenta la siguiente tabla.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 4. Aprovechamiento del coco

<b>Producto-Subproducto</b>	<b>Industria-Sector</b>	<b>Uso</b>
<b>Agua</b>	Alimenticia	Consumo directo, envasado, preparación de bebidas alcohólicas.
<b>Pulpa</b>	Alimenticia	Consumo directo, fresca, deshidratada, postres, reposterías, platillos tradicionales.
<b>Aceite de coco (se obtiene de la pulpa de coco)</b>	Alimenticia Cosmética Medicinal Limpieza	Elaboración de reposterías, snack, Hidratantes y Exfoliantes. Antiséptico y diurético, quemaduras, estreñimiento. Materia prima para la elaboración de jabones y productos de limpieza.
<b>Leche (Mezcla de pulpa de coco triturada más agua)</b>	Alimenticia	Bebida refrescante, batidos y platillos en general
<b>Concha</b>	Combustión Artesanía	Producción de Carbón, Combustible de Calderas. Fabricación de cucharas, utensilios de cocina, botones.
<b>Fibra</b>	Agricultura, Artesanía	Sustrato Hortícola. Elaboración de bolsas, mecates, escobas, cepillos.
<b>Harina (Subproducto de la extracción de aceite)</b>	Ganadería	Alimentación de ganado.
<b>Madera (tallo)</b>	Jardinería, Construcción	Maceteras, casas y muebles.
<b>Palma (hojas)</b>	Palma	Elaboración de canastos, alfombras, sombreros.

Fuente: (Gaitán, 2020)

### **3.3. Fases de maduración del coco**

La madurez de las materias primas influye, tanto en control de la calidad del producto final, como en la eficacia del procesado. La madurez excesiva conduce al rechazo de una gran cantidad de producto, lesiones durante la manipulación y al deterioro durante el almacenamiento. La enorme carga microbiana que, con frecuencia, contienen los productos excesivamente maduros, puede reducir la eficacia de la esterilización. Por su parte, la inmadurez implica una reducción del rendimiento y un color, sabor y textura del producto, inferiores a los estándares (Seaton, 1970) .

El coco tarda de 11 a 12 meses para alcanzar su mayor madurez. A los 5 meses el núcleo empieza a formar una capa gelatinosa alrededor de la parte interna del endocarpio y al alcanzar 12 meses el agua de coco representa del 15 al 30% del peso de la nuez. El contenido de azúcar aumenta gradualmente durante la maduración, llegando a su cantidad máxima a los 9 meses.

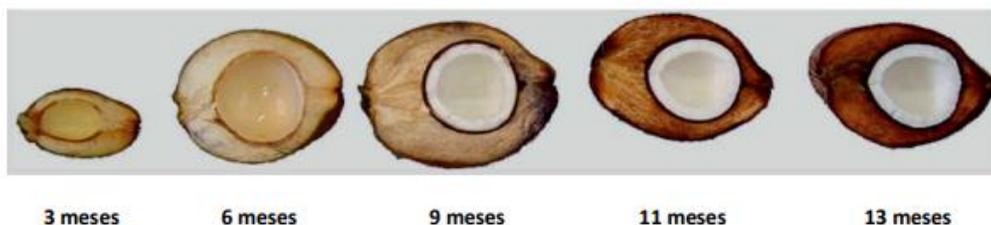


Ilustración 3 Fases de maduración del coco

Fuente: (Prades, 2012)

De manera general se puede afirmar que, entre menor es la madurez del coco, su contenido de agua será más abundante y rico en nutrientes. Es por ello que cuando el coco será destinado a la industria con fines de envasar el agua la cosecha debe efectuarse entre 8 a 9 meses. En esta época el contenido de azúcar y agua es muy elevado y el sabor es más intenso (Moreira & Zambrano, 2014).

El agua de coco es un producto de múltiples usos en la industria de alimentos, sin embargo, es muy inestable a temperatura ambiente y en consecuencia la vida de anaquel es muy corta debido a que en su composición presenta lípidos que sufren un proceso de oxidación. Además, es un producto que puede descomponerse rápidamente aún bajo condiciones de refrigeración, ya que es un medio que puede mantener el crecimiento de microorganismos como coliformes, por tal razón es indispensable buscar tratamientos adecuados para mantener la estabilidad (Navarro, 2009).

### **3.4. Microbiología del coco**

La nuez contiene grandes poblaciones de diversos tipos microbianos. Predominando los géneros y familias Acinetobacter, Enterobacteriaceae, Flavobacterium, Microbacterium, especies de Micrococcus y levaduras y mohos. Las carnes o el agua que son removidas asépticamente de cocos intactos de alta calidad contienen pocos microorganismos (Cardenas, 2018)

El Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para el Coco Desecado (CAC/RCP 4-1971), establece que el producto no deberá contener microorganismos patógenos tales como salmonella, ni ninguna otra sustancia tóxica originada por microorganismos.

### **3.5. Comercialización del coco**

#### **3.5.1. Agro industrialización**

Actualmente la demanda mundial por alimentos saludables libres de químicos y conservantes promueve la sustitución de bebidas gaseosas por jugos de frutas naturales y últimamente se ha abierto paso en ese mercado al agua de coco por su características de contener compuestos orgánicos que actúan como un isotónico natural, ayudando a regular la temperatura del cuerpo, rehidratando y reponiendo los líquidos eliminados después de realizar ejercicios físicos, además de poseer un bajo contenido calórico y un contenido aceptable de sales minerales y azúcares. (Moreira & Zambrano, 2014).

#### **3.5.2. Producción mundial del coco**

El cocotero (cocos nucifera L.) ha permitido el desarrollo de industrias a nivel mundial debido a que es uno de los cultivos más importantes en los sistemas tropicales. En el año 2018, el mundo se cultivaron 12 381,051 hectáreas (has) y se cosecharon 61 865,423 toneladas métricas (TM) de cocotero, de acuerdo a datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).

La ilustración mostrada a continuación detalla el comportamiento histórico de la producción mundial de coco durante el periodo de 1994-2018.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

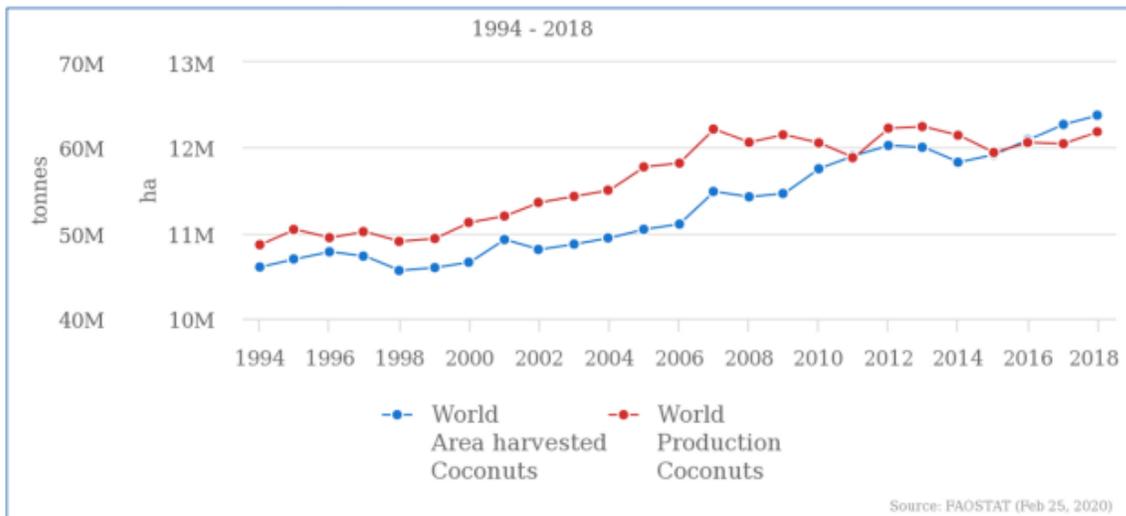


Ilustración 4 Producción de coco y áreas cultivadas a nivel mundial 1994-2018

Fuente: (FAOSTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020)

El rendimiento promedio desde el año 1994 hasta el 2018 ha sido de 4.98TM/HA.

Los rendimientos más altos tuvieron lugar en los años 2008 y 2009 con 5.31TM/HA y 5.37TM/HA, respectivamente. Por el contrario, los rendimientos más bajos corresponden a los años 1994 y 1996 cuando la relación toneladas métricas por hectárea alcanzó un idéntico 4.59%. El rendimiento para el año 2018 (último dato disponible) fue de 5.00TM/HA superior en 0.8TM/HA con respecto al año anterior. (FAOSTAT, 2020)

Indonesia, Filipinas e India son los 3 países principales en superficie y producción de coco. Indonesia ocupa la primera posición como productor con una participación del 32.90% del total de la producción mundial. Filipinas e India, se posicionan en el segundo y tercer puesto al aportar el 27.76% y 19.61%, respectivamente. Estos tres países acumularon el 80.27% de la producción global en el 2018, y para ello utilizaron el 71.8% de la superficie cultivada en el mundo.

Los diez países más importantes en superficie y producción de coco se presentan en la tabla 5.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Tabla 5. Producción de coco por países

País	Toneladas Métricas	Participación %	Acumulado %
Indonesia	16,740,796.28	32.90%	32.90%
Filipinas	14,126,599.52	27.76%	60.66%
India	9,981,044.08	19.61%	80.27%
Brasil	2,465,829.68	4.85%	85.12%
Sri Lanka	2,204,144.84	4.33%	89.45%
Tailandia	1,430,511.28	2.81%	92.26%
México	1,158,405.84	2.28%	94.54%
Vietnam	1,152,692.48	2.27%	96.80%
Nueva Guinea	9,71,792.96	1.91%	98.71%
Malasia	654,236.04	1.29%	100%
Total	50,886,053.00	100%	

Fuente: (FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020)

El sistema de producción de los países asiáticos es mayoritariamente tradicional, sin embargo, el año 2018, obtuvieron el 92.27% de la producción total. Siendo América la segunda región más importante alcanzando una producción total de 7.13%. De los diez principales productores mundiales, ocho pertenecen a la Comunidad Cocotera de Asia y el Pacífico (APCC1 por sus siglas en inglés).

La producción cocotera de América en el año 2018, estuvo representada por Brasil y México, principalmente. El primero registró una participación en la producción mundial del 4.82%, México, por su parte, participó con el 2.28%.

### 3.5.3. Comercio internacional de subproductos de coco

Los principales productos de exportación son el agua envasada, el coco deshidratado y la copra sin procesar. Entre los principales destinos de la copra o pulpa y el coco seco se encuentran China, Malasia, Singapur y Pakistán, que juntos concentran hasta el 70% de la demanda mundial. Por su parte, Asia, Europa y Norteamérica son los destinos esenciales del agua de coco envasada.

La Organización de la Alimentación y la Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas detallan que la demanda mundial de la fruta y sus derivados presenta un crecimiento anual del más del 10%, por el contrario, la producción actual crece el 2% anualmente. Esto debido a que los árboles asiáticos tienen una edad avanzada y comenzaron a reducir significativamente su producción, algo que se evidencia aún más frente a la creciente demanda mundial. Los analistas estiman que la crisis

asiática de producción de coco podría abrir mercados para los productores de otras regiones, como Centroamérica. (Trade, 2018).

Euromonitor Internacional refiere que Brasil es el mercado más grande de agua de coco, teniendo como marca líder Kero coco. En Estados Unidos, las tres principales marcas son O.N.E (PepsiCo), Zico (Coca Cola) y Vita Coco (Dr. Pepper). Entre 2013 y 2016 se sextuplicó la venta de agua de coco en México, al pasar de 1.7 millones a casi 11 millones de litros de agua. Calahua, A de Coco, Coco Dream y Nosso Coco son las principales marcas que han tenido mayor beneficio aprovechando la demanda del producto. El valor del mercado del agua de coco en México creció 172%, al pasar de 848,623 dólares en 2013 a 1, 459,631.56 dólares al cierre del 2016, como lo hace notar Euromonitor Internacional (2020).

### **3.6. Control de la calidad**

La norma ISO 9000 define el término “calidad” como el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su actitud para satisfacer necesidades al consumidor.

Actualmente todo producto debe ser sometido a un riguroso control de calidad que garantice su aceptación para ser comercializado. En los alimentos el control de calidad constituye una etapa más del proceso productivo y adquiere una particular importancia por la relación existente entre la alimentación y la salud. Por otra parte el control de calidad en la industria de los alimentos permite encontrar las fallas y los errores en el proceso de fabricación y en lo que respecta a las materias primas, almacenamiento, transportación, etc, proponiendo medidas eficaces para disminuir o eliminar estos errores. (Zumbado, 2002)

### **3.7. Diseño conceptual del proceso**

El diseño conceptual o síntesis de proceso, debe identificar los objetivos y requerimientos del proceso. Es una fase delicada porque precede inmediatamente aquella muy importante del análisis del proceso, para la cual los objetivos y justificaciones deben haber sido ya definidos. La fase de análisis del proceso será, en práctica, definir la factibilidad y el costo (en términos de recursos, riesgos, etc...) para la implementación del proyecto. (Coppola, 1994)

Esta etapa tiene como objetivo el desarrollo del proceso, es decir el esquema o diagrama de bloques que presenta la secuencia de operaciones necesarias para transformar las materias primas en los productos deseados. La conceptualización del proceso es sumamente importante, ya que los errores de esta etapa se trasladan en las etapas siguientes, la base del diseño se debe definir de forma clara antes de que se pueda realizar el diseño (Towler & Sinnott, 2012).

**Secado:** El secado es una operación compleja que implica la transferencia transitoria de calor y masa junto con varios procesos de velocidad, como la transformación física y química, que a su vez puede causar cambios en la calidad del producto, así como los mecanismos de transferencia de calor y masa (Mujumdar 2008).

En general, el secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. Esta etapa es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y, con frecuencia, el producto que se extrae de un secadero pasa a empaquetado.

Los secaderos que exponen los sólidos a un gas caliente se llaman adiabáticos o secaderos directos; aquellos en los que el calor es transmitido desde un medio externo reciben el nombre de no adiabáticos o secaderos indirectos (McCabe, 1998).

La elección temperatura de secado es muy delicada: una elevada temperatura permite aumentar la velocidad de secado, pero conduce a veces a la aparición de una costra en la superficie del producto (fenómeno de "Case handening") que dificulta la extracción de la humedad. En cambio, una temperatura demasiado baja aumenta considerablemente el tiempo de operación. (Madarro & Piñaga, 1986)

### **3.8. Principios de transferencia de calor**

Transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia o gradiente de temperatura. En la naturaleza se presentan 3 mecanismos:

**Conducción:** Es la transferencia de energía debido a la interacción a nivel atómico y molecular, entre partículas de alta energía cinética (traslacional, rotacional, vibracional) y partículas de baja energía cinética.

**Convección:** Es el mecanismo de transferencia de calor asociado a todo fluido en movimiento sometido a un gradiente de temperatura. El Origen del movimiento define el tipo de convección.

- a) **Convección forzada:** En este caso el fluido es forzado por un mecanismo externo (bombas, ventiladores, compresores, viento, corrientes marinas, etc.)
- b) **Convección natural:** El movimiento del fluido a los gradientes de densidad, inducidos por los gradientes de temperatura, sometidos a un campo gravitacional.
- c) **Convección por ebullición:** En este caso, el movimiento del fluido se debe en gran parte a las burbujas que escapan hacia la superficie.

**d) Convección por condensación:** El movimiento del fluido es causado por el condensado que se forma en la pared sólida y cae por gravedad.

**Radiación:** La radiación es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones). Mientras que la transferencia de calor por conducción o por convección requiere la presencia de un medio, materia, la radiación no la precisa. De hecho, la transferencia de radiación ocurre de manera más eficiente en el vacío. (Weston, 2006)

**Índice de humedad.** Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. El agua se encuentra en los alimentos en dos formas: agua libre y agua ligada. El agua libre es la forma predominante, se libera con facilidad por evaporación o por secado. El agua ligada está combinada o unida en alguna forma química a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y adsorbida en la superficie de las partículas coloidales. (García Martínez, 2013)

**Las cenizas:** se refieren a los residuos inorgánicos que permanecen después de la ignición completa de la materia orgánica. Esos residuos pueden ser elementos o minerales que se encuentran en combinaciones de sales inorgánicas, los cuales no se pueden oxidar en nuestro organismo para obtener energía. (Peralta González, 2013)

La selección del proceso es una decisión estratégica que involucra seleccionar que tipos de procesos de producción debemos considerar. Una decisión en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se usara para la elaboración de productos.

### **3.9. Diseño conceptual del proceso de flujo**

Existen diversas razones que puede impulsar el diseño de productos, dando lugar a diferentes tipos de proyectos, en los que se incluye desde la variación o mejora de productos existentes hasta el nuevo desarrollo (Ferrer, Ciurana, & Ríos, 2006).

La transformación de la materia prima disponible en productos deseados comienza a conceptualizarse mediante el desarrollo de un diagrama de flujo del proceso que está diseñado. Para llevar a cabo esta transformación, se puede dividir la estrategia global en las siguientes etapas (Sinnott, 2005):

- Definir las reacciones involucradas.
- Establecer la distribución de especies.
- Diseñar los sistemas de separación.
- Diseñar sistemas con integración de energía.
- Incorporar criterios de seguridad de procesos.

- Analizar los aspectos ecológicos pertinentes.

### **3.10. Selección de equipos**

De acuerdo a la estandarización del proceso se establecen los equipos requeridos para desarrollar el proceso. El tamaño de los equipos está referido inicialmente a su capacidad de producción, como unidades (volumen o pesos a procesar) o flujos (magnitudes por unidad de tiempo) para tener un equipo correctamente utilizado (FONSECA, 2016).

Para los equipos que trabajan continuamente la capacidad está definida de acorde a los flujos de producción, propios de la formulación del proyecto del diseño.

### **3.11. Análisis de Costos**

La palabra costo es muy utilizada hoy en día, sin embargo, definirla con exactitud presenta dificultad debido a su amplia utilización, pero se puede decir que el costo es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado, presente, futuro o en forma virtual (costo de oportunidad) (Urbina Baca, 2010).

Los costos de producción, que incluye costos de materia prima, equipamiento, servicios, instalaciones, así como categorías especiales tales como las contingencias, depreciación, entre otros.

#### **3.11.1. Método del porcentaje del costo del equipo entregado**

Este método para la estimación de la inversión de capital fijo o total requiere determinar el costo de envío de los equipos, los otros elementos incluidos en el total de los costos directos de la planta están estimados como porcentaje del costo de los equipos entregados. Los componentes adicionales del capital de inversión están basados en porcentajes promedios del total de los costos directos de la planta, costos totales directos e indirectos de la planta o capital total.

En la siguiente tabla están dados los factores para estimar los elementos del capital de inversión basados en el costo de envío del equipo.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 6. Porcentaje del costo del equipo entregado para los diferentes tipos de plantas de proceso

Elementos	Porcentajes del costo del equipo entregado.		
	Planta de proceso de sólidos.	Planta de proceso de solido-fluidos.	Planta de proceso de fluidos.
<b>Costos directos</b>			
Entrega de los equipos comprados (incluidos la maquinaria del proceso)	1 0 0	100	1 0 0
Instalación del equipo comprado	4 5	39	4 7
Instrumentación y controles (instalados)	9	13	1 8
Tubería (instalados)	1 6	31	6 6
Sistema eléctrico (instalado)	1 0	10	1 1
Edificios	2 5	29	1 8
Mejoras en el terreno	1 3	10	1 0
Instalaciones de servicios (instalados)	4 0	55	7 0
Terreno (si se requiere de compra)	6	6	6
<b>Total, de costos directos de la planta</b>	2 6 4	293	3 4 6
<b>Costos indirectos</b>			
Ingeniería y supervisión	3 3	32	3 3
Gastos de construcción	3 9	34	4 1
Costos directos e indirectos de la planta	3 3 6	359	4 2 0
Tarifa del contratista (acerca del 5% de los costos directos e indirectos de la planta)	1 7	18	2 1
Contingencias (acerca del 10% de los costos directos e indirectos de la	3 4	36	4 2

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

<b>planta)</b>			
<b>Inversión de capital fijo</b>	3 8 7	413	4 8 3
<b>Capital de trabajo (acerca del 15% del total de la inversión de capital fijo)</b>	6 8	74	8 6
<b>Total, de capital fijo</b>	4 5 5	487	5 6 9

Fuente: (Timmerhaus, 1991)

La planta de proceso se puede obtener multiplicando el costo básico del equipo por un factor para aproximar el capital de inversión. Estos factores varían dependiendo del tipo de planta de proceso que se esté considerando. Los porcentajes dados en la tabla número 7 son aproximaciones que son válidas para los tipos de planta de proceso indicadas. Los factores de estimación de la inversión de capital fijo o del total de capital de inversión están dados en la siguiente tabla.

Tabla 7 Factores de multiplicación para la estimación de inversión de capital fijo o total de capital de inversión.

<b>Tipo de planta</b>	<b>Factor de</b>	
	<b>Inversión de capital fijo</b>	<b>Total, de capital de inversión</b>
<b>Planta de proceso de sólido.</b>	3.9	4.6
<b>Planta de proceso de Solido- fluido.</b>	4.1	4.9
<b>Planta de proceso de Fluido.</b>	4.8	5.7

Fuente: (Timmerhaus, 1991)

### **3.11.2. Estimación del capital de inversión**

Este se subdivide en costos directos e indirectos. El costo directo incluye todos los gastos que están relacionados con la instalación de la planta y el costo indirecto se refiere al costo de los factores que no están directamente relacionados con la instalación de la planta, en la siguiente tabla se muestra la lista típica de estos artículos.

Tabla 8 Costos Directos e Indirectos

<b>Costos directos</b>	<b>Costos indirectos</b>
Equipos	Ingeniería y supervisión
Envío del equipo hasta la planta	Cuestiones legales
Instalación de equipo	Gastos de construcción
Instrumentación y controles	Honorarios de los contratistas
Tuberías	Contingencias
Sistema eléctrico	
Edificios	
Servicios auxiliares	
Terreno	

Fuente: (Timmerhaus, 1991)

### **3.11.3. Equipos, envíos de los equipos hasta la planta y estimación de instalación de equipos.**

En algunos casos las facturas pro forma de los equipos sólo incluyen su valor intrínseco, y en otros el valor del equipo instalado. Aquellos equipos que se deban importar se detallarán en términos FOB1, CIF2 y en el lugar de utilización (gastos de importación, y fletes). También deben incluirse los equipos y maquinarias utilizadas durante el montaje y que puedan tener aplicaciones en el proceso productivo. Su valorización será el resultado de depreciar el bien en la medida en que fue utilizado, incorporando únicamente el valor residual resultante (Timmerhaus, 1991).

La instalación de equipos implica costos de mano de obra, cimentaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores directamente relacionados con montaje de equipos adquiridos. Las siguientes imágenes se muestran la gama general de instalación: costo de instalación como porcentaje del costo del equipo comprado para varios tipos de equipo. Y también se muestran exponentes variando de 0.0 a 1.56 para algunos equipos seleccionados (Timmerhaus, 1991).

Según (Timmerhaus, 1991) la estimación del costo de un equipo cuando no hay datos de costo disponibles para el tamaño en particular de la capacidad operacional, los resultados se pueden obtener utilizando una relación logarítmica.

### **3.11.4. Instrumentación y controles**

Esta parte de la inversión de capital a veces se combina con los grupos de equipamiento general. El costo total de instrumentación depende de la cantidad de control requerido y puede ascender del 6 al 30% de la compra del costo total del

equipo. Para la planta normal de procesamiento químico de fluidos sólidos, un valor del 13% del equipo comprado se utiliza normalmente para estimar el costo total de instrumentación. Este costo representa aproximadamente el 3% del capital total inversión (Timmerhaus, 1991)

#### **3.11.5. Tuberías**

Los métodos de estimación de tuberías implican algún grado de despegue de tuberías a partir de dibujos detallados y diagramas de flujo o utilizando una técnica de factor cuando no hay ningún dibujo detallado, ni diagramas de flujo disponibles.

#### **3.11.6. Instalación eléctrica**

El costo de las instalaciones eléctricas consiste principalmente en mano de obra de instalación y materiales para energía e iluminación. En plantas químicas ordinarias, El costo de las instalaciones eléctricas asciende a entre el 10 y el 15% del valor de todos los equipos comprados. Por lo tanto, el costo de instalación generalmente se estima entre el 3 y el 10% de la inversión de capital fijo. La instalación eléctrica consta de cuatro componentes principales, a saber, cableado eléctrico, iluminación, transformación y servicio, e instrumentación y control de alambrado (Timmerhaus, 1991).

#### **3.11.7. Servicios Auxiliares**

Los servicios públicos para el suministro de vapor, agua, energía, aire comprimido y combustible forman parte de las instalaciones de servicio de una planta industrial. Eliminación de desechos, protección contra incendios y artículos de servicio diversos, como equipo de tienda, primeros auxilios y cafetería, requieren inversiones de capital que se incluyen en el rubro de costo de servicios auxiliares o utilidades. El costo total de las instalaciones de servicios auxiliares en plantas químicas generalmente varía entre 30 a 80 % del costo del equipo comprado con 55% representando un promedio para la planta de procesamiento de solido-fluido (Timmerhaus, 1991).

#### **3.11.8. Ingeniería y supervisión**

Los costos para el diseño de construcción e ingeniería, contabilidad, software, planos, comunicaciones, viáticos, entre otros. Incluidos los gastos generales, constituyen el capital de Inversión para ingeniería y supervisión. Este costo, ya que no puede ser directamente cargado a equipo, materiales o mano de obra, normalmente se considera un costo indirecto en el capital fijo de inversión y es aproximadamente el 30% del costo del equipo comprado o el 8% de los costos directos totales de la planta de proceso (Timmerhaus, 1991).

### **3.11.9. Gastos de construcción**

Involucra los gastos por la compra y renta de herramientas y maquinaria, mano de obra, impuestos y seguros y otros gastos relacionados con la construcción. Si los gastos de construcción o de campo se deben estimar por separado. Para procesos químicos ordinarios plantas, los gastos de construcción promedian aproximadamente el 10% del total directo costos de la planta (Timmerhaus, 1991).

### **3.11.10. Contratistas y contingencias**

La tarifa del contratista varía según las diferentes situaciones, pero se puede estimar en alrededor del 2 al 8% del costo directo de la planta o del 1,5 al 6% de la Inversión de capital fijo.

Para eventualidades como tormentas, inundaciones, accidentes de transporte, aumento súbito de precios, huelgas, cambios en diseño, errores de estimación y otros eventos inesperados hacen necesario tener un gasto para contingencias, la estimación de estos se encuentra en un rango del 5 al 15% de los costos directos e indirectos de la planta, y el 8% se considera un valor promedio razonable (Timmerhaus, 1991).

### **3.11.11. Estimación del capital de trabajo**

Los recursos que tiene la planta para atender las operaciones de producción y operación, contemplan el monto de dinero que se precisa para dar inicio al ciclo de producción en su fase de funcionamiento o bien el capital adicional con el que se debe de contar para que comience la producción, esto se conoce como financiar antes de percibir ingresos. Entre los gastos contemplados se tiene: Gastos de construcción durante la puesta en marcha (pérdidas en líneas y equipos, defectos de diseño que deben solucionarse, falla de instrumentos, necesidad de equipos adicionales) y costos de operación de puesta en marcha (salarios, materias primas, productos semiterminados o terminados fuera de especificación) que requiere salidas de dinero (Timmerhaus, 1991).

### **3.11.12. Costos de producción**

También llamados costos de operación son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto (Zugarramurdi, Parín, & Lupin, 1998).

#### **3.11.12.1. Costos de materia prima**

Este rubro está integrado por las materias primas principales y subsidiarias que intervienen directa o indirectamente en los procesos de transformación. La estimación de este rubro podrá llevarse a cabo mediante el conocimiento de los siguientes elementos de juicio:

- Cantidades de materia primas requeridas para elaborar una unidad de producto.
- Precios unitarios de las materias primas puestas en fábrica.

#### **3.11.12.2. Supervisión**

La supervisión comprende los salarios del personal responsable de la supervisión directa de las distintas operaciones. Se puede estimar en la industria pesquera como un 10% de la mano de obra directa. Lo que se debe tener en cuenta es que en muchos casos este personal percibe sus haberes en forma mensual, por lo que este rubro se convierte en un costo fijo hasta el 100% de la capacidad instalada. También en este caso deben incluirse las cargas sociales sobre el sueldo básico (Timmerhaus, 1991).

#### **3.11.12.3. Servicios y mantenimiento**

Una vez estimado el consumo de energía eléctrica en kWh, de acuerdo al nivel de producción elegido, queda por establecer el costo de la energía eléctrica. Este es el caso más simple es que sea comprada y desde el punto de vista de la estimación pues se tendrá un valor para el kWh puesto en entrada de fábrica fijado por el proveedor de energía que estará definido por la zona, nivel de consumo, etc.

El cálculo de este rubro es similar al del control de calidad. Si se decide realizarla internamente existe la misma consideración de necesidades de inversión en equipo, área disponible, personal capacitado etc. o se contrata un servicio externo (Urbana Baca, 2010).

El mantenimiento incluye los costos de materiales y mano de obra (directa y supervisión) empleados en rutinas o reparaciones incidentales y, en algunos casos, la revisión de equipos y edificios. Puede estimarse anualmente como un 4-6% de la Inversión Fija en los casos en que no se posean otras informaciones.

#### **3.11.12.4. Costos de mano de obra**

Para este cálculo se consideran las determinaciones del estudio técnico. Hay que dividir la mano de obra del proceso en directa e indirecta. La mano de obra directa es aquella que interviene personalmente en el proceso de producción, se refiere en específico a los obreros. La mano de obra indirecta se refiere a quienes aun estando en producción no son obreros, tales como supervisores, jefes de turno, gerente de producción, etc. (BacaUrbina, 2010).

#### **3.11.12.5. Depreciación**

Los impuestos pueden variar mucho de acuerdo con las leyes vigentes. Dependen fundamentalmente del sitio donde está ubicada la planta y es así que las ubicadas en ciudades pagan más impuestos que las correspondientes a regiones con menor densidad de habitantes. Los seguros dependen del tipo de proceso y de la

posibilidad de contar con servicios de protección. Normalmente se incluyen seguros sobre la propiedad (incendio, robo parcial o total), para el personal y para las mercaderías (pérdidas parciales, totales), salarios caídos, etc.

**3.11.13. Costos de mano de obra directa**

La mano de obra de operación se refiere a la gente que opera en realidad el equipo, incluye los sueldos de las personas cuyos esfuerzo están directamente asociados al producto elaborado (obreros del proceso), en procesos muy mecanizados este rubro representa menos del 10% del costo de producción, las dos variables que regulan esto son: costo de hora-hombre u hombre-año, y número de horas-hombre o número de hombres requerido, esto también se estima de acuerdo a los convenios laborales vigentes, con las cargas sociales que están a cargo del empleador.

Los gastos de mano de obra integrados en el resumen de costos son los salarios directos basados en el sueldo por hora. Los beneficios al margen y el reembolso de mano de obra indirectos se consideran posteriormente. El sueldo por hora varia y además para adecuar los costos debido a la inflación los índices de costos de mano de obra como los índices de costo de los equipos los regulan varias instituciones (Ulrich, 1992)

#### **IV. METODOLOGÍA**

##### **4.1 Caracterización física y química de materia prima y producto terminado**

Para caracterización física y química del agua de coco y pulpa de coco deshidratada, se realizaron pruebas de laboratorio (Ver Anexo E). Así mismo, se consideraron especificaciones, restricciones y desarrollo de pruebas descritos por normas, guías técnicas y estudios previos que se describen a continuación.

###### **4.1.1 Selección de Materia prima**

La variedad del fruto de coco se seleccionó considerando la comparación de 3 variedades (Alto de Panamá, Enano Amarillo de Malasia y Enano Verde de Brasil). Estudio realizado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA (2018).

Tabla 9 Características según variedad de coco

Características	Unidad de medida	Alto de Panamá	Enano Amarillo de Malasia	Enano Verde del Brasil
Altura de la palma	Metros	7.32	3.80	2.75
Longitud de la hoja	Centímetros	562.50	293.83	397.00
Hojas por palma	Unidad	30	32	27
Agua	Mililitros	699.59	317.50	347.08
	°Brix	4.68	5.16	5.60
	Promedio de nueces/palma/año	73	137	93

Fuente: (INTA, 2016)

Para la verificación de parámetros establecidos por la guía “Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada”. El documento “Procesamiento inocuo de Agua de coco” presentado por la Fundación para la Autonomía y Desarrollo de la Costa Atlántica, FADCANIC y los aspectos descritos en el CODEX para Frutas y Hortalizas Elaboradas CX/PFV 00/7 y la Norma para el Coco Rallado Desecado CODEX STAN 177-1991, se realizaron pruebas de laboratorio por duplicado.

Se elaboró una guía de laboratorio en la cual se describieron los métodos para la determinación de pH, °Brix, temperatura, volumen de agua para el agua de coco y peso de la pulpa coco. También, se calculó porcentaje de humedad para la pulpa

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

coco deshidratado. Así mismo, se obtuvieron resultados del peso de cada uno de los subproductos (fibra y endocarpio o concha).

### 4.1.2 Obtención de agua de coco y pulpa de coco deshidratada a nivel de laboratorio

La materia prima, variedad Enano amarillo de Malasia utilizada en la práctica de laboratorio se obtuvo de Campos Azules - INTA Masatepe. Se seleccionaron 10 unidades de coco que no presentaban golpes, fracturas, ni materia extraña a como lo indica el manual de Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada propuesto por la FAO.



Ilustración 5 Cocos enteros variedad Enano Amarillo de Malasia

### Pesado y Lavado



Ilustración 6 Lavado de cocos

Con el objetivo de conocer el peso promedio de la variedad, se pesó cada coco en una balanza analítica. Seguidamente, los cocos se pre lavaron y se cepillaron para eliminar cualquier tipo de contaminación de la cáscara. De acuerdo con la FAO, es esencial lavar los cocos con agua potable y quitar la tierra para reducir el riesgo de contaminación durante la extracción del agua de coco. Luego, los cocos se colocaron en una tina con 35 litros de agua y 175 ml de Hipoclorito de Sodio ( $\text{NaClO}$ ) se dejaron reposar por 5 minutos. Posteriormente, se enjuagaron con abundante agua.

### Desfibrado y desconchado

La remoción del mesocarpio (fibra) y el endocarpio (concha) se realiza con el objetivo de obtener los productos principales, agua de coco y pulpa de coco. Y pesar el resto de subproductos (concha, y fibra).



Ilustración 7 Mesocarpio o fibra de coco

### Extracción de agua de coco

Se realizó un pequeño orificio en la pulpa utilizando un cuchillo de acero inoxidable para proceder a extraer el agua de coco en una probeta. Se procedió a determinar el pH del agua de coco de acuerdo con el método establecido por la **AOAC 981.12**.

Este método consiste en obtener una porción de la muestra de prueba, en este caso el agua de coco. Para la determinación de pH, los electrodos se sumergen directamente en el líquido, para ello se utilizó un pH metro Orión modelo 410 A. La importancia de medir el pH radica en que este afecta no solo el crecimiento microbiano en el agua de coco y alimentos en general. Si no que también, conociendo el rango de pH se determina la calidad del producto final.

El método **AOAC 932.12** establece que se debe determinar el nivel de °Brix utilizando un refractómetro. Posteriormente, el agua se filtra utilizando algodón para retirar materia extraña que pudo ser adquirida durante la manipulación.

El °Brix permite conocer los niveles de sacarosa contenido en el agua de coco. También se puede conocer cuál es el momento óptimo para ejecutar la recolección. A continuación, se presenta evidencia fotográfica de cada uno de las pruebas realizadas:

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---



Ilustración 8  
Determinación de pH



Ilustración 9 Medición de °Brix

**Cortado:** Con el objetivo de disminuir el tamaño de la pulpa se utilizó un cuchillo de acero inoxidable y un procesador de alimentos. La pulpa se lavó con agua potable para eliminar impurezas.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---



Ilustración 10 Pulpa de coco



Ilustración 11 Pulpa de coco triturada

### Secado y Tamizado

Se procedió a pesar el producto para obtener la pulpa de coco deshidratada en una Mufla a una temperatura de 60°C por 4 horas. Según la norma del Codex para el coco desecado (**CODEX STAN 177-1991**), el coco desecado fino del que no menos del 90%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 0,85 mm de lado.



Ilustración 12 Equipo de Tamizado

## 4.2 Capacidad de Producción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) La producción de coco en Nicaragua hasta el 2019 alcanzó las 6,469 toneladas la cual se toma como referencia para estimar la cantidad de materia prima disponible y seleccionar la capacidad productiva.

### 4.3. Diseño del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada

**Recepción de la materia prima:** La materia prima será transportada desde el lugar de cultivo hasta la planta de producción en camiones de transporte de 5 toneladas en cajillas de plástico (50 x 37 x 27 cm). Diariamente se reciben 3,333 kg de coco y se trasladan al área de almacenamiento. Las condiciones de recepción y almacenamiento son: temperatura de 25°C en un lugar limpio, fresco y bien ventilado.

**Selección:** La materia prima es transportada por medio de montacargas desde las bodegas de almacenamiento hasta la zona de producción de la planta. Esta operación es llevada a cabo por operarios quienes de forma visual seleccionan la fruta apta, cada coco debe tener una edad de 9 meses, para obtener mayor cantidad de agua posible, no debe poseer fracturas. Los operarios colocan los cocos previamente verificados en el transportador de rodillos para la siguiente etapa. En esta etapa alrededor del 5% son descartados debido a fracturas.

**Lavado:** En esta etapa entran 3,163.35 kg/día de cocos, los cuales se sumergen en un tambor rotatorio que cuenta con rendijas que permiten la entrada de solución desinfectante líquida (NaClO al 0.05%), por 5 minutos. Esta se agregará en una proporción 3:1 en masa equivalente a 9499.05 kg/día. Finalmente, se desechan 9562.38 kg/día de la solución y materia extraña que representa el 2% en peso de los cocos. La temperatura de la solución en el proceso es de 25° C.

**Desfibrado:** En esta etapa entran 3103.02 kg/día, los cocos son transportados a través de transportadores de rodillos hacia el molino de rodillos donde a presión se separa la fibra del coco, equivalente a 1086.06 kg/día. La fibra se elimina del

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

proceso y el coco desfibrado cae en un transportador de rodillos para trasladarse a la siguiente etapa. La temperatura en esta etapa del proceso es de 25°C.

**Extracción de agua:** Los 2016.96 kg/días obtenidos de la etapa anterior se hacen llegar al operario que, de manera manual, realiza a la concha una perforación con una máquina perforadora para extraer 504.24 L/día de agua a 22°C. Obteniendo como resultado, 1512.72 kg/día de coco desfibrado sin agua.

En esta etapa el proceso se divide en dos: El agua es recogida en un contenedor y posteriormente este es depositado en un tanque conectado a una bomba centrífuga hacia la etapa de filtración, mientras que el coco desfibrado sin agua se hace pasar por un transportador de rodillos.

**Filtración:** El agua de coco es impulsada por una bomba centrífuga hacia filtros de cartucho de 1  $\mu\text{m}$  y 0,5  $\mu\text{m}$ . Luego, 479.03 L/día de agua de coco son transportadas al llenado por medio de una bomba centrífuga.

**Llenado:** El agua de coco se transporta hacia la embotelladora por gravedad y es envasada en botellas PET de 500 ml.

**Almacenamiento del agua:** Posteriormente las botellas llenas se almacenan en un cuarto frío a 4°C.

**Desconchado:** Los 1,512.72 kg/día de coco desfibrado sin agua que se obtiene en la etapa de extracción, se transportan hacia el desconchado donde operarios de manera manual utilizan una desconchadora de coco presionando la concha hasta separarla de la pulpa obteniendo 181.53 kg/día de concha más restos de estopa. Se obtiene como resultado 1331.20 kg/día de pulpa.

**Triturado:** La pulpa se transporta por medio de una banda transportadora a un triturador, para obtener el producto de un tamaño adecuado (0.85 mm). Los restos adheridos al equipo equivale al 5% (66.56 kg/día).

**Lavado:** Por medio de una banda transportadora entran 1264.64 kg/día de la pulpa obtenida por medio del filtrado, esta es lavada mediante tambores rotatorios con solución de NaClO en una proporción 3:1 en masa equivalente a 3793.91 kg/día. Esta solución proviene del mismo tanque de almacenamiento de solución que se emplea en el primer lavado, pero por una bomba centrífuga diferente, finalmente, se desechan 3819.20 kg/día de la solución y materia extraña.

**Secado:** En esta etapa entran 1239.34 kg/día de pulpa triturada, se traslada en una banda al secador rotatorio continuo a contracorriente que opera a una temperatura de 60° C. Se obtienen 574.89 kg/día de pulpa de coco deshidratado.

La pulpa triturada cuenta con una humedad de 55% y se reduce hasta 3%.

**Tamizado:** La pulpa de coco deshidratada pasa a través de bandas hasta llegar a un tamizador donde se obtienen 563.39 kg/día. Este es recolectado en bolsas de polipropileno.

**Empacado:** Las bolsas de polipropileno son colocadas a la salida del tamizador donde se procede a empacar. El producto final es colocado en el área de almacenamiento.

#### **4.1 Balances de materia y energía**

**Balance de materia:** Se realizó un balance de materia, en donde se especificó la corriente y concentraciones de cada materia prima y producto terminado en las diferentes etapas del proceso productivo. Estos se muestran en el anexo E-

**Balance de energía:** Se realizó un balance de energía, en donde se especificó el calor generado en las partes del proceso que conllevan un cambio de temperatura, se aplicará la siguiente fórmula general:

$$Q = M * C_p * (T_f - T_0) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$Q$ : Energía calorífica

$M$ : Masa entrante al sistema

$C_p$ : Calor específico de la materia

$T_f$ : Temperatura final del sistema

$T_0$ : Temperatura inicial del sistema

#### **4.2 Rendimiento del proceso productivo**

Con el fin de tener un rendimiento de ambos procesos, se realizó el cálculo de cada uno con las siguientes ecuaciones:

$$R.A.C = \frac{\text{Producción de agua de coco en kg}}{\text{Entrada de cocos al proceso de producción de pulpa}} * 100 \% \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

R.A.C: Rendimiento productivo de agua de coco

$$R.A.P = \frac{\text{Producción de pulpa de coco deshidratada}}{\text{Entrada de cocos al proceso de producción de pulpa}} * 100 \% \quad \text{Ecuación 3}$$

R.A.P: Rendimiento productivo de pulpa de coco deshidratada

#### **4.3 Selección de equipos del proceso**

Se seleccionaron los equipos necesarios para cada una de las etapas, conforme a los requerimientos del proceso de agua de coco y pupa de coco deshidratada. Seleccionando cada equipo con las especificaciones adecuadas de acuerdo con la capacidad de producción.

Los equipos utilizados en la industria química se pueden clasificar (Towler & Sinnott, 2012)

- Propietarios: Los propietarios, son los patentados que son fabricados y diseñados por empresas especializados.
- No propietarios: son los equipos diseñados para procesos particulares.

Para efectuar la selección de los equipos propietarios, se utilizó el diagrama de flujo del proceso y los resultados del balance de materia y energía, donde se identificaron los tipos de equipos y su capacidad, así como su distribución dentro del área de producción.

En la selección de equipos, se consideraron los siguientes factores según (Towler & Sinnott, 2012):

- Calidad de los productos finales.
- Resultados del balance de materia y energía.
- Escalamiento de la producción.
- Costos de los equipos.
- Requerimientos de espacios y de servicios.

Se definieron los equipos por etapa, así como su clasificación genérica, la cual se muestra en la siguiente tabla:

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 10. Equipos utilizados en el proceso productivo

N°	Equipo	Etapa	Tipo genérico
1	Transportador de rodillos 1	Selección	Transportadores
2	Tanque contenedor 1	Lavado I	Recipientes de almacenamiento
3	Bomba centrífuga 1	Lavado I	Bombas
4	Tambor rotatorio	Lavado I	Recipientes de proceso
5	Transportador de rodillos 2	Desfibrado	Transportadores
6	Molino de rodillos	Desfibrado	Recipientes de proceso
7	Transportador de rodillos 3	Desfibrado	Transportadores
8	Máquina perforadora	Extracción de agua	Otros
9	Tanque almacenamiento	Extracción de agua	Recipientes de almacenamiento
10	Transportador de rodillos 4	Extracción de agua	Transportadores
11	Bomba centrífuga 2	Filtración	Bombas
12	Filtros de cartucho	Filtración	Separadores
13	Bomba centrífuga 3	Filtración	Bombas
14	Embotelladora	Llenado	Otros
15	Desconchadora de coco	Desconchado	Otros
16	Banda transportadora 1	Triturado	Transportadores
17	Triturador	Triturado	Trituradores
18	Banda transportadora 2	Lavado II	Transportadores
19	Bomba centrífuga 4	Lavado II	Bombas
20	Tambor rotatorio	Lavado II	Recipientes de proceso
21	Bomba centrífuga 5	Secado	Bombas
22	Secador continuo a contracorriente	Secado	Intercambiadores de calor
23	Banda transportadora 3	Tamizado	Transportadores
24	Tamizador	Tamizado	Separadores
25	Empacadora	Empacado	Otros

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se especifican los datos requeridos para la selección de los equipos, a como se muestra en la siguiente tabla:

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 11. Datos para selección de los equipos

Equipos	Temperatura		Presión		Concentración		Carga de calor	Consumo de servicios	Flujo
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida			
Transportadores								C	✓
Recipientes de almacenamiento	✓		✓						✓
Bombas	✓		✓	✓				C	✓
Recipientes de proceso	✓	C	✓	C	✓	✓	C	C	✓
Separadores	✓		✓		✓	✓		C	✓
Trituradores								C	✓
Intercambiadores de calor	✓	✓	✓				C	S	✓
Servicios auxiliares	Dependiente del tipo de servicio								✓

Fuente: (Ulrich, 1992)

### 4.3.1 Transportadores

Los equipos de transporte de sólidos utilizados serán cuatro transportadores de rodillos y tres bandas transportadoras, en la siguiente tabla se aprecian el material de transportar y el equipo específico utilizado en el proceso:

Tabla 12. Equipos utilizados como transportadores

Equipo	Material a transportar	Flujo (kg/día)
Transportador de rodillos 1	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	3333.00
Transportador de rodillos 2	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	3103.02
Transportador de rodillos 3	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	2016.96
Transportador de rodillos 4	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	1512.72
Banda transportadora 1	Cocos sin concha, circunferencia reducida de 36 cm y 18 cm de longitud	1331.20
Banda transportadora 2	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	1264.64
Banda transportadora 3	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	574.89

Fuente: Elaboración propia

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Los criterios de selección para transportadores son los siguientes (Dunlop-Enerka, 1994):

- ◆ Velocidad de la banda/rodillos (m/s)
- ◆ Ancho de la banda (mm)
- ◆ Área de sección transversal del flujo de la carga (m<sup>2</sup>)
- ◆ Capacidad del transportador (ton/h)

Los valores estándares de velocidad de las bandas transportadoras estipuladas para los tipos de materiales a transportar:

Tabla 13. Velocidades de banda recomendada según el material

Cargas unitarias, líneas de montaje	≤1,68
Transportadores móviles	0.52-1.68
Cargas muy polvorientas como harinas, cemento	≤1,31
Ceniza	≤ 1,68
Grava, premezcla de arena. Grano, piedra caliza triturada	1.05- 2.09
Minerales, carbón bituminoso. Almacenamiento y transbordo de sinterización, centrales eléctricas	1.31 - 3.35
Transporte de larga distancia, sobrecarga, carbón marrón	2.62 - 6.60

Fuente (Dunlop, 1994)

Tomando en cuenta que se transportaran cocos de 46.9 cm de circunferencia y 27.7 de longitud, se clasifican cada uno de los transportadores a utilizar en el proceso, esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Clasificación de materiales en transportadores del proceso

Equipo	Material a transportar	Clasificación de material	Velocidad recomendada (m/s)
Transportador de rodillos 1	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	cargas unitarias	1.31
Transportador de rodillos 2	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	cargas unitarias	1.31
Transportador de rodillos 3	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	cargas unitarias	1.31

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Transportador de rodillos 4	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	cargas unitarias	1.31
Banda transportadora 1	Cocos sin concha, circunferencia reducida de 36 cm y 18 cm de longitud	cargas unitarias	1.31
Banda transportadora 2	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	producto móvil	0.52
Banda transportadora 3	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	producto móvil	0.52

Fuente: Elaboración propia

Lo siguiente que se especifica es el tamaño del coco, para así mismo determinar un ancho estándar de banda, en la siguiente tabla se muestra el ancho mínimo de banda en relación con el ancho del coco.

Tabla 15. Anchos mínimos de bandas

Ancho Mínimo(mm)	Tamaño de coco (k)	
	Tamaño	
400	50	100
500	80	150
650	130	200
800	200	300
1000	250	400
1200	350	500
1400	400	600
1600	450	650
1800	550	700
2000	600	800

Fuente: (Dunlop, 1994)

Esto se relacionó con los resultados de laboratorio del ancho de los cocos al pasar por banda a como se muestra en la siguiente tabla:

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 16. Tamaño de bandas seleccionadas

Equipo	Material a transportar	Tamaño de coco aproximado	Tamaño de banda seleccionada
Transportador de rodillos 1	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	400 mm	1400 mm
Transportador de rodillos 2	Cocos enteros de 46.9cm de circunferencia y longitud de 27.7 cm	400 mm	1400 mm
Transportador de rodillos 3	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	400 mm	1400 mm
Transportador de rodillos 4	Cocos desfibrados, circunferencia reducida de 44 cm y 24 cm de longitud	400 mm	1400 mm
Banda transportadora 1	Cocos sin concha, circunferencia reducida de 36 cm y 18 cm de longitud	400 mm	1400 mm
Banda transportadora 2	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	150 mm	500 mm
Banda transportadora 3	Trozos de coco de 0.85 mm de tamaño	150 mm	500 mm

Fuente: Elaboración propia

Los transportadores fueron seleccionados planos, esto con el fin de facilitar las actividades manuales en el proceso. En la siguiente tabla se muestra la longitud de los rodillos en función del arreglo del transportador (en este caso planos) y la longitud de las bandas:

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 17. Diámetro de los rodillos en base al arreglo del transportador

Ancho de la correa	Longitud estándar L mm de rodillos			
	2 rodillo	3 rodillo	Canal profundo	Guirnalda
300	200		-	-
400	250	160	-	-
500	315	200	-	-
600	340	250	-	-
650	380	250	-	-
800	465	315	200	165
1000	600	380	250	205
1200	700	465	315	250
1400	800	530	380	290
1600	900	600	465	340
1800	1000	670	530	380
2000	1100	750	600	420
2200	1250	800	640	460

Fuente: (Dunlop, 1994)

En la siguiente tabla se muestran las selecciones realizadas para cada transportador.

Tabla 18. Selección de diámetro de los rodillos para cada transportador

Equipo	Tamaño de banda seleccionada	Tipo de arreglo	Tamaño de rodillo Seleccionado
Transportador de rodillos 1	1400 mm	Plano	1600 mm
Transportador de rodillos 2	1400 mm	Plano	1600 mm
Transportador de rodillos 3	1400 mm	Plano	1600 mm
Transportador de rodillos 4	1400 mm	Plano	1600 mm
Banda transportadora 1	1400 mm	Plano	1600 mm
Banda transportadora 2	500 mm	Plano	600 mm
Banda transportadora 3	500 mm	Plano	600 mm

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación del área de la sección transversal del flujo de carga, se toma en cuenta los datos provistos por la siguiente tabla:

Tabla 19. Estimación del área de sección transversal del flujo de carga

Ángulo de vaguada	Carga de sección transversal	Comparación %
Plano	0.483	44
20°	1007	91
30°	1145	104
20°	00,935	85
30°	01,100	100
45°	01,247	113
20°	00,989	90
30°	0. 1161	106
45°	01,284	117
30°/60°	01,329	121

Fuente: (Dunlop, 1994)

Todos los transportadores seleccionados tienen un arreglo plano por lo tanto el área de sección transversal

del flujo de carga se especifica en 0.0483 m<sup>2</sup>, posteriormente se realizan los cálculos de la capacidad del transportador, esta se determina por medio de la fórmula:

$$Q = A * V * 3600 * \varphi \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$Q$ : Capacidad del transportador (m<sup>3</sup>/h)

$A$ : Área de sección transversal del flujo de carga (m<sup>2</sup>)

$V$ : Velocidad de la banda (m/s)

$\varphi$ : Grado de efectividad de la banda (el valor es 1 al trabajarse en condiciones no abrasivas).

El flujo de carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_m = Q * \rho * \varphi \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$Q_m$ : Flujo de carga del transportador (kg/h)

$Q$ : Capacidad del transportador (m<sup>3</sup>/h)

$\rho$ : Densidad del material

$\varphi$ : Grado de efectividad de la banda

Para calcular la potencia de la polea se calcula:

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Potencia con el transportador vacío:

$$p_1 = \frac{C_B * V * Q_m}{C_L * k_f} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$P_1$ : Potencia con el transportador vacío

$C_B$ : Factor de ancho

$C_L$ : Factor del largo

$k_f$ : Factor de condiciones de trabajo

Los factores de  $C_B$ ,  $C_L$  y  $k_f$ , se obtienen de las siguientes tablas.

Tabla 20. Obtención del valor de CL

L(m)	3	5	6	8	10	12.5	16	20
CL	667	555	526	454	417	370	323	286
L(m)	25	40	50	63	80	90	100	150
CL	250	192	167	145	119	109	103	77
L(m)	200	300	350	400	450	500	550	600
CL	63	47	41	37	33	31	28	26
L(m)	700	900	1000	1500	2000			
CL	23	18	17	12	9			

**L (m) Longitud de transporte**

Fuente: (Dunlop, 1994)

Tabla 21. Obtención del valor de CB

		Ancho de cinturón B (mm)											
		Densidad a Granel p (t/m3)	300	400	500	650	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Ligero	Mayor de Ca.LO		31	54	67	81	133	194	227	291			
Medio	1.0 a 2.0		36	59	76	92	187	277	320	468	554	691	745
Pesado	Menor 2.0			65	86	103	241	360	414	644	727	957	1033

Fuente: (Dunlop, 1994)

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 22. Obtención del valor de kf

Condiciones de trabajo	Kf
Favorable, buena alineación, velocidad lenta.	117
Normal (condiciones estándar)	1
Desfavorable, polvoriento, baja temperatura, sobrecarga, alta velocidad	0.87 -
Temperatura extremadamente baja	0.74 0.57

Fuente: (Dunlop, 1994)

Potencia de carga:

$$P_2 = \frac{H \cdot Q_m}{367} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

H: Elevación del transportador (En este caso 0)

Potencia de fricción:

Se obtiene para cada caso en específico por medio de la siguiente tabla:

Tabla 23. Obtención de la fórmula de potencia de fricción

Carruajes de desechables	Ancho de banda B (mm)	P (kW)
	≤ 500 ≤ 1000 > 1000	0.8 * v 1.5 * v 2.3 * v
Raspadores (para instalaciones Ls 80 m)	Tipo de raspador	
	Sencillo, contacto normal	0.3 * v
	Fuerte contacto	1.5 * v
Material Descarga	Raspador multifuncional	1.8 * B * v
	Punto de carga	0.16 * v * lf
	Densidad a Grane p ≤ 1.2 Angulo α = 30° - 45°	1.5 * B * v

Ancho de banda V (m/s Velocidad de banda  
Si Longitud del material entre el faldón

Fuente: (Dunlop, 1994)

Para los casos estudiados se utilizaría la fórmula:

$$P_3 = 0.3 * B * v \quad \text{Ecuación 8}$$

Finalmente se calcula la potencia en la polea de transmisión

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{Ecuación 9}$$

Y con esto se calcula la potencia del motor:

$$P_M = \frac{P_T}{\eta} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$P_M$ : Potencia del motor (kW)

$\eta$ : Eficiencia del motor (Valor recomendado de 0.9)

### 4.3.2 Recipientes de almacenamiento

Los recipientes de almacenamiento se seleccionaron conforme a la entrada másica y el volumen, teniendo en cuenta siempre la resistencia a la corrosión de acuerdo con el tipo de líquido que se estará almacenando. El volumen para contener se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 24. Selección de recipientes de almacenamiento

Equipo	Material a contener	Flujo másico kg/día	Volumen requerido L/día
Tanque contenedor 1	Solución NaClO	9499.05	6128.42
Tanque almacenamiento	Agua de coco	N/A	504.24

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Bombas

Para la selección de las bombas se realiza la metodología sugerida en (Hydroenv, 2020)

- ◆ Se selecciona el tipo de bomba a utilizar según el tipo de fluido a mover.
- ◆ Se emplea la siguiente fórmula para determinar la potencia:

$$HP = \frac{Q * H}{76 * \mu} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

HP: Potencia en caballos de fuerza

H: Altura manométrica (en relación con la altura al nivel del mar)

Q: Flujo (gpm)

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

$\mu$ : Eficiencia de la bomba (se recomienda 60%)

### 4.3.4 Recipientes de procesos

Para la selección de recipientes se tomó en cuenta las cantidades másicas de las entradas a los procesos, costos, así como la disponibilidad del mercado.

### Separadores

La selección de separadores se realiza conforme a la metodología sugerida por (Ulrich, 1992), los separadores que contiene el proceso son separadores mecánicos, un filtro de cartucho y un tamizador. En la siguiente tabla se realiza una preselección según la metodología:

Tabla 25. Selección de separadores

Dimensionamiento	Filtro de cartucho	Tamizador
Longitud	1 m	2-5 m
Diámetro	1 m	0.3 - 1.5 m
Intervalo de presión	1-2 atm	<5 atm
Capacidad del lote	<1000 kg/h	<1000 kg/h

Fuente: Adaptado de (Ulrich, 1992)

### 4.3.5 Trituradores

Según las propiedades físicas de un material, se emplean distintos métodos de trituración, en la siguiente tabla se detallan:

Tabla 26. Métodos de trituración

Clasificación de trituración	Trituradores	Clave
Trituración Burda	Rodillos de compresión	A (sin limitaciones)
Trituración Intermedia	Discos	B (limitaciones modestas)
Trituración fina	Molinos de Bolas	C (Unidades especiales)
Trituración extrafina	Molinos de rotación de bolas	D (limitado en ese aspecto)
Trituración ultrafina	Molino de rotación de Barras	X (Inaceptable)

Se seleccionó el triturador de rodillos de compresión ya que era el ideal para nuestro producto en la siguiente tabla se detallan las características:

Tabla 27. Selección de intervalos de distribución y trituraciones aceptables

Equipo	Intervalo de distribución de tamaño	Trituraciones aceptables	Diámetro máximo de los terrones alimentados(m)
Triturador de rodillos	A	Burda e intermedia	0.089

#### 4.3.6 Intercambiadores de calor

Para la selección del intercambiador se necesitaron conocer los siguientes 6 parámetros:

- La cantidad de calor que se transferirá (carga de calor)
- Las temperaturas de entrada y salida en los lados primario y secundario.
- La caída de presión máxima permitida en los lados primario y secundario
- La temperatura máxima de funcionamiento
- La presión máxima de funcionamiento
- El caudal en los lados primario y secundario.

Si se conoce el caudal, el calor específico y la diferencia de temperatura en un lado, se puede calcular la carga térmica.

La carga de calor de un intercambiador de calor se puede derivar de las dos siguientes formulas:

$$Q = m * cp * \Delta T \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$$m = \frac{P}{cp * \Delta T}; \Delta t = \frac{P}{m * cp}$$

$$Q = k * A * LMTD \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Q= carga de calor (btu/h)

m= masa de velocidad de flujo (lb/h)

cp= calor específico (btu/lb °F)

ΔT= diferencia de temperatura de temperatura entrada y salida en °F.

k = coeficiente de calor (btu/ft<sup>2</sup> h °F)

A= área de transferencia de calor (ft<sup>2</sup>)

LMTD = logaritmo de diferencia de temperatura media.

$$\theta = \frac{\Delta t}{LMTD} = \frac{k \cdot A}{m \cdot cp} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

T1 = temperatura de entrada - lado caliente

T2 = temperatura de salida - lado caliente

T3 = temperatura de entrada - lado frío

T4 = temperatura de salida - lado frío

El LMTD puede ser calculado usando la siguiente formula:

$$\Delta T1 = T1 - T4$$

$$\Delta T2 = T2 - T3$$

$$LMTD = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}} \quad \text{Ecuación 15}$$

Coefficiente de transferencia de calor y margen de diseño.

El coeficiente de transferencia de calor total k se define como:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\alpha}{\lambda} + Rf = \frac{1}{Kc} + Rf \quad \text{Ecuación 16}$$

El margen de diseño se calcula:

$$M = \frac{Kc - k}{k} \quad \text{Ecuación 17}$$

$\alpha_1$  = El coeficiente de transferencia de calor entre el medio cálido y la superficie de transferencia de calor (btu / ft<sup>2</sup> h ° F)

$\alpha_2$  = El coeficiente de transferencia de calor entre la superficie de transferencia de calor y el medio frío (btu / ft<sup>2</sup> h ° F)

$\delta$  = El espesor de la superficie de transferencia de calor (ft)

Rf = El factor de ensuciamiento (ft<sup>2</sup> h ° F / btu)

$\lambda$  = La conductividad térmica del material que separa los medios (btu / ft h ° F)

kc = Coeficiente de transferencia de calor limpio (Rf = 0) (btu / ft<sup>2</sup> h ° F)

k = Coeficiente de transferencia de calor de diseño (btu / ft<sup>2</sup> h ° F)

M = Margen de diseño (%)

La combinación de estas dos fórmulas da:  $M = kc \cdot Rf$

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.

---

Es decir, cuanto mayor sea el valor de  $k_c$ , menor será el valor de  $R_f$  para lograr el mismo margen de diseño.

### 4.3.7 Otros

Estos equipos serán directamente adquiridos con los proveedores de estos, ya que son equipos que forman parte del proceso, pero se adquieren según la base del flujo másico requerido a producir. En la siguiente tabla se detallan estos equipos y su uso:

Tabla 28. Equipos auxiliares y sus usos

Equipos Auxiliares	Uso
Máquina perforadora	Extracción del agua de la etapa proveniente del desfibrado
Desconchadora de coco	Separación de la pulpa
Tubería de calentamiento eléctrico	Aumentar la temperatura en el proceso
Embotelladora	Embotellar el producto terminado
Empacadora	Empacar el producto terminado

Fuente: Elaboración propia

## 4.4 Costos del proceso productivo

Incluye costos de materias primas, costos directos e indirectos, costos de insumos, costos de personal operativo, costos de utilidades para las dos líneas de proceso productivo.

**Costos de materia prima:** La materia prima será comprada directamente a los agricultores en el país, los cuales son los encargados de cultivar los 7 cultivares de coco más solicitados para este proceso.

El costo de materia prima se calcula en base al precio por tonelada del coco que tiene un valor de \$580,000.00 de coco que lo venderán los proveedores.

**Costos de Equipos:** Se realizaron cotizaciones en Alibaba para la compra de los equipos, al precio unitario de estos se les aplica el 10% de fletes. Dada a la falta de fabricantes en el país todos los equipos son internacionales.

**Capital de inversión:** Para la estimación del capital de inversión se dividió en dos grupos, costos directos e indirectos, tal como se muestra en la tabla 50. Dada a la falta de fabricantes en el país se realizaron cotizaciones de los equipos de proceso en empresas internacionales, aplicando un flete del 10%. Se tomó en cuenta la instalación e instrumentación de la maquinaria, así como el sistema eléctrico, tuberías, contingencias, ingeniería y supervisión, etc. En la tabla 7 se muestra los

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

diferentes porcentajes de inversión de capital fijo para los diferentes tipos de plantas que hay en la industria, debido a que el tipo de planta que se está diseñando es de sólidos – líquido se utilizarán dichos porcentajes presentados para este tipo de planta de proceso.

**Costo de mano de obra directa:** El costo de mano de obra se calcula en base al sector correspondiente (Industrias manufactureras) y a la ley del salario mínimo (Ley 625) vigente en Nicaragua, el cual es de 5, 615.75 córdobas mensuales, equivalentes a 172.80 dólares. Se considera mano de obra directa los trabajadores de oficina de producción.

**Costos de utilidades:** En el caso de esta planta los costos de utilidades que se tomaron en cuenta son los eléctricos, consumo de agua, aguas residuales, gasolina y aire comprimido. La parte eléctrica abarca los kW requeridos por cada uno de los equipos del proceso, Según el instituto nicaragüense de energía con las nuevas reformas que entraron en vigencia en enero del año 2021 el costo de energía para el consumidor industrial menor que necesite energía que oscila entre 25 y 200 kw y se le aplica una tarifa sin medición horaria estacional, entonces esta empresa cotiza los precios a un costo de 0.19 (USD\$/Kwh).

Para el consumo de combustible se tomó en cuenta los equipos que requieren de esto y se les aplicó su valor unitario según el gasto de los litros por hora, el tipo de modelo del montacargas consume 6 litros de diésel por hora. El costo unitario del diésel por litro es de 1.063 US\$/l.

Según por lo establecido el Ministerio de Trabajo MITRAB, en una empresa se debe disponer 150 litros de agua por día por cada trabajador. Se necesitará agua también en dos etapas del proceso, y agua para la limpieza del área de trabajo. En el apartado de resultados se detalla la información.

**Costos de envases:** Se comprarán envases PET de 500 ml para el agua de coco y así mismos empaques de grado sanitario para el coco deshidratado se cotizará el costo en diferentes empresas.

## V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Caracterización de la materia prima

Considerando el estudio realizado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA (2018b), el cual describe características de las tres variedades de coco. Se decidió utilizar la variedad: ***Enano amarillo de Malasia***.

Se seleccionó la variedad Enano Amarillo de Malasia, debido a que por sus características es reconocida mundialmente como tolerante al Amarillento Letal de Cocotero (A.L.C), enfermedad causada por un organismo fitoplasma, que se transmite por el insecto *Myndus Crudus* Van Duzze. Esta variedad posee un excelente sabor de agua, cuyo uso potencial es la producción en bebidas envasadas. También es utilizada como progenitora femenina en el proceso de mejoramiento del cocotero, de tal forma que puede ser establecido con propósitos de venta como producto fresco o bien como material de siembra.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del peso de cada uno de los cocos así como el total en peso kg para los subproductos (endocarpio y mesocarpio).

Tabla 29. Pesos de coco entero, pulpa, fibra y concha

Peso de coco (kg)	Peso de la concha (Kg)	Peso de la fibra (kg)	Peso de la pulpa (kg)	Longitud (cm)	Circunferencia (cm)
1.75	0.13	1.2	0.18	27.7	46.9

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un peso de coco entero equivalente a 1.75 kg. La concha o endocarpio representó un 7% del peso del coco con un peso igual al 0.13 kg. En cambio, la fibra y exocarpio representó un 68% del peso obteniendo 1.2 kg del peso. Por su parte, la pulpa obtuvo un 10% en peso 0.18 kg.

La investigación desarrollada por la FAO (2007) indica que el agua de coco de buena calidad es translúcida e incolora, con un pH de 5 a 5,4 y un nivel de Brix de 5 a 6,5. Debe tener, por mililitro, un conteo microbiológico total de inferior de 5,000, menos de 10 de bacterias Coliformes y cero Coliformes fecales. En este laboratorio no se realizó análisis microbiológico por lo cual se recomienda hacer pruebas para el producto terminado.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 30. Características de agua de coco embotellada

<b>Factor</b>	<b>Buenas prácticas de Manufactura para el embotellamiento de agua de coco</b>	<b>INTA</b>	<b>Agua de coco resultado de Laboratorio</b>
pH	5 – 5.4	5.1	5.3
°Brix	5- 6	5.16	5.1

Fuente: Elaboración propia

Para el agua de coco, a nivel de laboratorio se determinó pH, Grados Brix en comparación con las Buenas Prácticas de Manufactura para el coco embotellado establecido por la FAO, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria y Resultados de laboratorio.

El valor registrado de pH se asemeja al obtenido por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA y La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Encontrándose una diferencia mínima, el resultado que se obtuvo en el laboratorio indica un total de °Brix de 5,1 siendo el rango de la FAO entre 5- 6, mientras que el dato del INTA fue de 5.16. Cabe destacar que, al momento de la medición, la temperatura del agua oscilaba entre 20 - 22 °C.

Como se puede observar, el dato obtenido se encuentra dentro del rango establecido por la FAO por lo cual no se cree que existan variaciones en el sabor de agua de coco y se considera un valor aceptable para este parámetro.

En cuanto al dato establecido por el INTA se muestra una pequeña variación respecto al obtenido en el laboratorio. Según la literatura consultada existen diferentes factores que pueden influir en el cambio de pH, como ejemplo; golpes o fracturas al momento del transporte de la materia prima o bien el estado de madurez del mismo. Estudios realizados en la University of West Indies aseguran que el agua extraída de cocos fracturados cuando caen desde una altura de 8,5 metros, presenta un alto nivel de turbidez (bajo porcentaje transmitancia) en lugar de ser clara y con un pH bajo.

Para la pulpa de coco deshidratada se determinaron factores de calidad como color, sabor, aroma, textura el porcentaje de humedad, contenido de cenizas, granulometría y materia extraña establecida en la Norma del Codex Stan 177 – 1991.

Para la pulpa de coco deshidratada se determinaron factores de calidad como color, sabor, aroma, textura el porcentaje de humedad, granulometría y materia extraña establecida en la Norma del CODEX STAN 177 – 1991.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

En la etapa de secado se utilizó una muestra inicial de 62 g de pulpa de coco. A continuación, se muestra el tiempo en minutos y la pérdida de peso en g.

Tabla 31. Tiempo y Peso de Pulpa en la etapa de secado

Muestra	Tiempo(min)	Peso g
1	30	58.92
2	60	52.5
3	90	46.9
4	120	36.9
5	150	31.9
6	180	26.4
7	210	25.8
8	240	25.7

Fuente: Elaboración propia

La temperatura de secado tiene una influencia muy importante en las características finales del producto, influyendo en la estabilidad de los compuestos deseables, la aparición de compuestos indeseables y la conservación de propiedades nutricionales, de calidad e inocuidad. Por su parte, las temperaturas más altas pueden influir en un deterioro de la calidad del producto, debido a una disminución exagerada del contenido de humedad, mientras que las más bajas no permitirían alcanzar una disminución aceptable de la actividad microbiológica del producto final.

La temperatura de secado fue de 60°C durante todo el periodo de tiempo. Se logró obtener un peso constante a partir del minuto 180.

Para muestra de ello se presenta la siguiente ilustración que detalla el comportamiento del secado tomando en cuenta variables como tiempo y peso de la muestra.

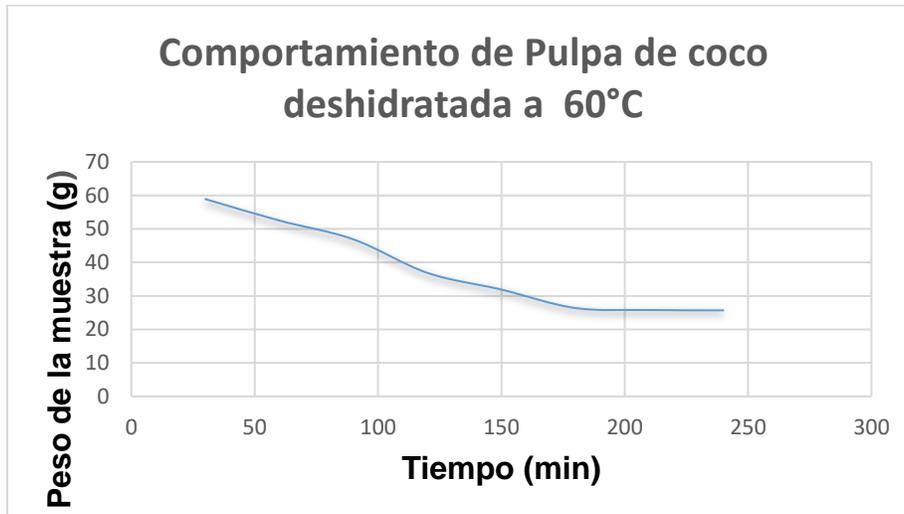


Ilustración 17. Comportamiento de secado respecto al tiempo

Referente al cálculo de humedad se pesó una muestra de 3 g. Se secó una capsula vacía en una mufla duraste 3 horas, se dejó enfriar y se pesó. Obteniendo un total de 2.60 g para la capsula vacía, la muestra inicial fue de 3 g y se obtuvo el peso de la muestra final 2.93 g.

$$\% \text{ humedad} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

Donde  $W_1$       Peso en g de la muestra antes del secado  
 $W_2$       Peso en g de la muestra después del secado

$$\% \text{ humedad} = \frac{3 - 2.89}{3} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 3.6$$

Tabla 32. Características de coco deshidratado

Factor	Norma del Codex para el coco desecado (CODEX-STAN 177)	Resultados de Laboratorio
Humedad	≤ 4% m/m	≤ 3.6% m/m
Ceniza	≤2.5% m/m	
Granulometría	El 80% debe pasar a través de un tamiz de orificios cuadrados de 0.85 mm	
Materia vegetal extraña	≤ 15 fragmentos por cada 100 g	≤ 15 fragmentos por cada 100 g

Fuente: Elaboración propia

El aroma fue el característico del producto, sin malos olores debidos a mohos, ni olor a queso, humo, fermentación o ranciedad, y no deberá poseer ningún olor indeseable. El color resulto entre blanco natural y blanco cremoso claro.

### **5.2 Control de calidad del proceso productivo de agua de coco y pulpa deshidratada**

Un control es importante antes de comercializar para verificar que se cumpla con las normas de higiene y calidad, de acuerdo con estudios técnicos realizados deben cumplir con las especificaciones siguientes:

Tabla 33. Características de calidad de pulpa de coco deshidratada.

Parámetros	Presencia
Humedad	3 %
Color	Natural- crema
Olor	Característico
Rancidez	Negativa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Contenido nutricional de copra de coco tierna y madura (para 100 gr)

Composición	Tierna	Madura
Agua	80.6 g	51.9 g
Lípido	5.5 g	26.1 g
Carbohidratos	11 g	15.1 g
Ceniza	0.6 g	0.9 g
Fibra	0.9 g	2.1 g
Calcio	10 mg	32 mg
Fosforo	54 mg	96 mg
Hierro	0.7 mg	1.5 mg
Tiamina	0.07 mg	0.04 mg
Riboflavina	0.04 mg	0.03 mg
Niacina	0.9 mg	0.4 mg
Vitamina C	4 mg	3 mg
Energía	96 kcal	293 kcal

Fuente: (Figuerola, 2014)

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.**

**5.3 Balances de materia y energía del proceso productivo de agua de coco y pulpa deshidratada**

En el siguiente diagrama se muestra el balance de materia de cada uno de las etapas

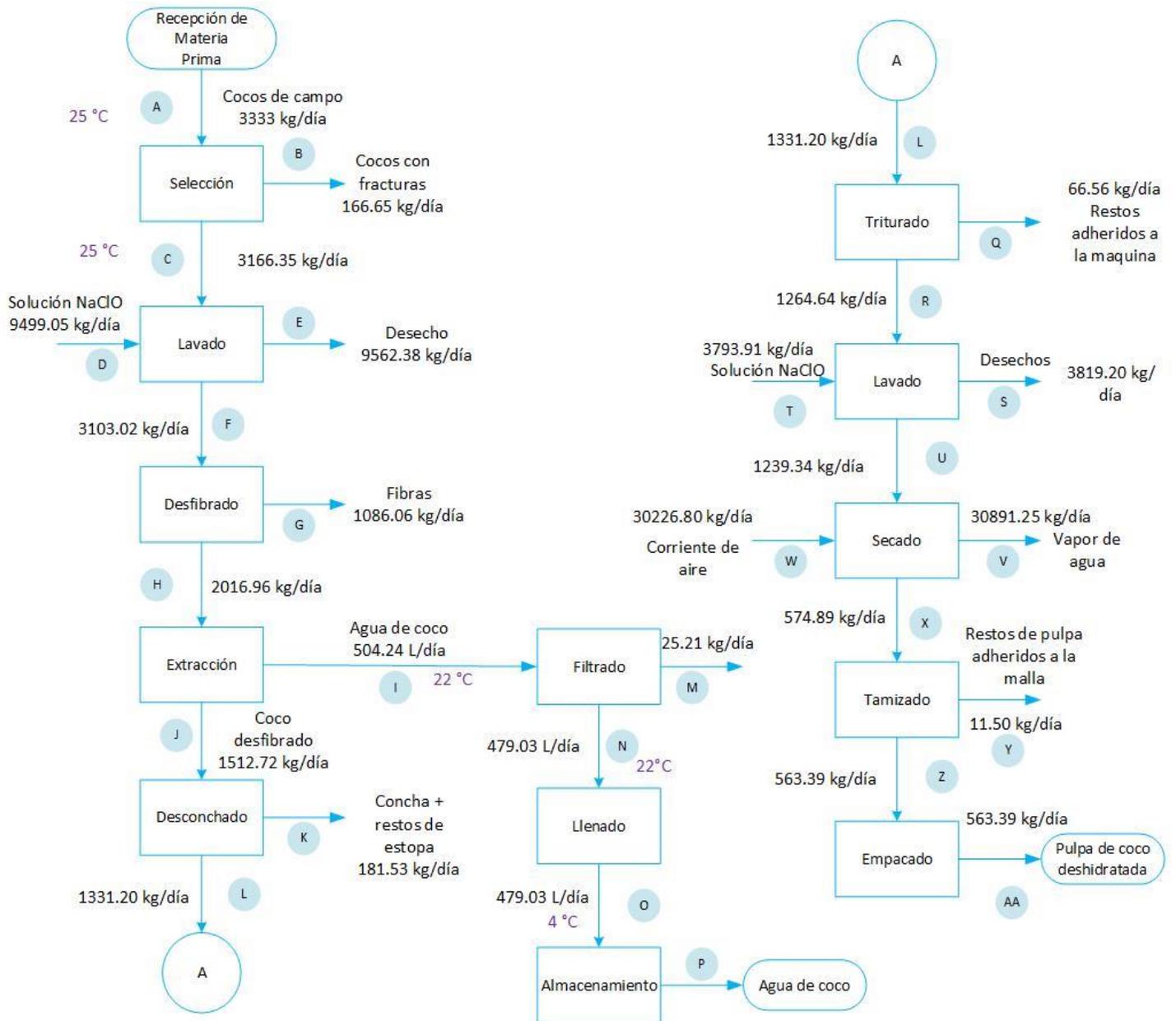


Ilustración 13. Diagrama del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada

#### **5.4 Resultados de Balances de Materia y Energía**

Para llevar a cabo los cálculos de la estimación de los flujos de entrada y salida del proceso y una correcta selección de equipos de acuerdo con su capacidad se utilizan las ecuaciones correspondientes.

Se realizaron balances de materia necesarios en cada una de las etapas del proceso de agua de coco y para el proceso de la pulpa de coco deshidratada se realizó balance de energía en la etapa de secado.

A continuación, se presenta una tabla con los códigos de entrada y salidas del proceso. En anexo F balances de materia para la obtención de agua de coco y pulpa de coco deshidratada de forma detallada.

Tabla 35. Numeración de entradas y salidas en el balance de materia y energía del proceso de producción de agua de coco y pulpa de coco

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Corriente</b>	<b>Flujo (kg)</b>
Recepción	Se reciben cocos de campo	A	3333.00
Salida de selección	5% de los cocos están fracturados	B	166.65
Entrada lavado	Salida de cocos en buen estado	C	3166.35
Entrada de solución de lavado	Se lavan los cocos con una relación 3:1 solución-cocos	D	9499.05
Salida de desechos	Salen toda la solución de lavados, se considera también que 2% de los pesos del coco es suciedad	E	9562.38
Entrada desfibrado	Salen los cocos lavados	F	3103.02
Salida desfibrado (desechos)	Se retira la fibra del coco que contempla el 35% de este	G	1086.06
Entrada a extracción	Salen los cocos sin fibra	H	2016.96
Entrada a filtrado de agua	Entra al proceso de extracción, se considera que el coco tiene 25% de agua	I	504.24
Desechos en filtración	un 5% del peso del agua son pequeñas partículas solidas	M	25.21
Entrada a llenado	Es la salida del filtrado	N	479.03

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Almacenamiento	Salida del llenado	O	479.03
Salida de llenado	Igual flujo que la corriente anterior, aquí se obtiene agua de coco	P	479.03
Entrada a desconchado	es el coco después de retirar el agua	J	1512.72
desechos en desconchado	Se retira el endocarpio (concha) del coco	K	181.53
Salida de desconchado	Sale solo pulpa que entra en el proceso de triturado	L	1331.20
Desechos del triturado	5% en pérdida por triturado	Q	66.56
Entrada a lavado	Sale pulpa triturada	R	1264.64
Entrada solución lavado	Entra agua + NaClO, en relación 3:1 agua masa	T	3793.91
Desechos de lavado	Sale la solución más un 2% de perdida	S	3819.20
Entrada a secado	Sale pulpa triturada	U	1239.34
Entrada corriente aire	Entra corriente de aire al secador	W	30226.80
Salida corriente de aire	Sale corriente de aire del secador	V	30891.25
Salida del secador entrada a tamizado	Se reduce la humedad de 55% a 3%	X	574.89
Desechos de tamizado	Se pierde el 2% del producto	Y	11.50
Salida del tamizado entrada a Empacado	Pulpa Tamizada	Z	563.39
Entrada al Empacado	Aquí se empaca, se obtiene pulpa de coco deshidratada	AA	563.39

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.1 Balance en Recepción y selección de Materia Prima

Los cocos A llegan sucios al área de recepción, se desechan los cocos inmaduros o fracturados B representados por el 5%. Finalmente, C se traslada al área de lavado.

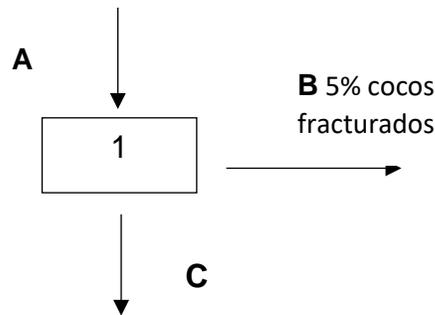
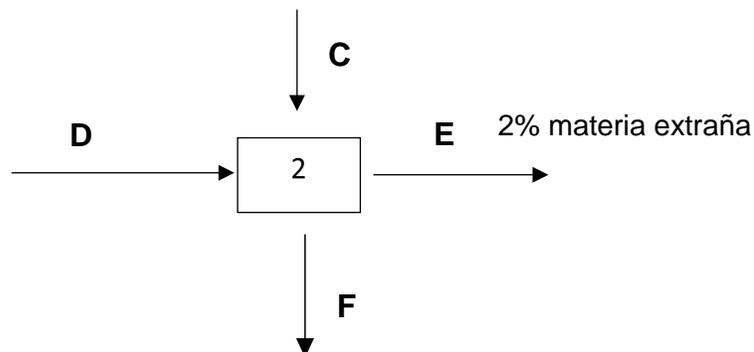


Tabla 36. Balances de materia en la Recepción y Selección

Cocos	A (kg/h)	B (kg/h)	C(kg/h)
Salidas	3333.00	166.65	3166.35

### 5.4.2. Balance en etapa de Lavado

En esta etapa entra **C** equivalente a los resultados obtenido de la etapa de selección. **D** es la solución de NaClO 3: 1 agua masa, salida **E** representa la solución de NaClO más restos de materia extraña 2%. **F** es la entrada de cocos a la etapa de desfibrado.



**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 37 Balances de materia en el Lavado

Entradas y Salidas	C (kg/h)	D (kg/h)	E(kg/h)	F(kg/h)
<b>Resultados</b>	3166.35	9499.05	9562.38	3103.02

**5.4.3. Balance de materia en la etapa de Desfibrado**

En esta etapa entra **F** y se separa la fibra equivalente al 35% **G**. **H** es el total de cocos desfibrados

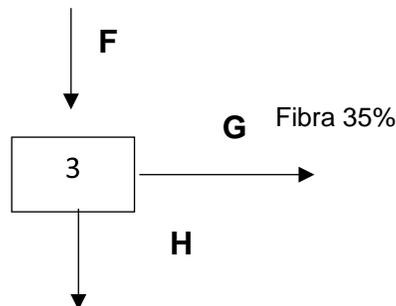


Tabla 38. Balances de materia en la etapa de Desfibrado

Entradas y Salidas	C (kg/h)	G (kg/h)	H(kg/h)
<b>Resultados</b>	3166.35	1086.06	2016.96

**5.4.4. Balance de materia en la etapa de Extracción de Agua de coco**

En esta etapa el proceso se separa en 2 para la extracción de agua de coco y pulpa de coco deshidratada. **H** es el total de cocos desfibrados en kg/día. **I** es la cantidad de agua obtenida y **J** son los cocos trasladados al área de desconchado.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

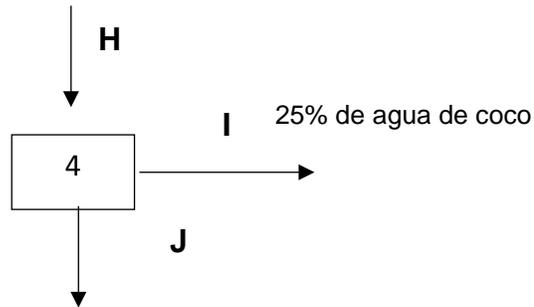


Tabla 39. Balances de materia en la etapa de extracción de Agua de coco

Entradas y Salidas	H (kg/h)	I (kg/h)	J(kg/h)
<b>Resultados</b>	2016.96	504.24	1512.72

**5.4.5. Balance de materia en la etapa de Filtración**

Los litros obtenidos de agua de coco **I**, pasan por un filtro de cartucho donde el 5% queda adherido al filtro en forma de partículas sólidas de pulpa de coco **M**. Finalmente **N** es el total de litros de agua a embotellar.

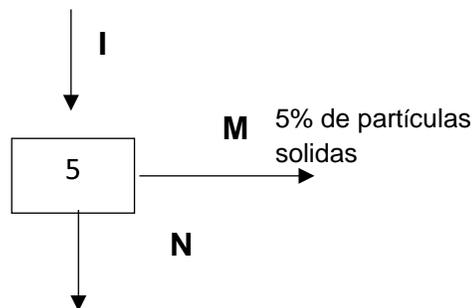


Tabla 40. Balances de materia en la etapa de filtración de Agua de coco

Entradas y Salidas	I(kg/h)	M (kg/h)	N(kg/h)
<b>Resultados</b>	504.24	25.21	479.03

#### 5.4.6 Balance de materia en la etapa de Llenado y almacenamiento

Los litros obtenidos de agua de coco **N**, se trasladan al área de llenado **O** donde Finalmente **P** es el total de litros de agua a embotellar.

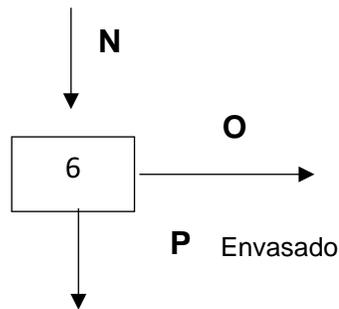


Tabla 41. Balances de materia en la etapa de llenado y Almacenamiento

Entradas y Salidas	N(kg/h)	O(kg/h)	P(kg/h)
<b>Resultados</b>	479.03	479.03	479.03

#### 5.4.7. Balance de materia en la etapa de Desconchado

Los cocos obtenidos de la etapa de desfibrado **J**, se trasladan al área de desconchado para separar la concha **K** de la pulpa **L**.

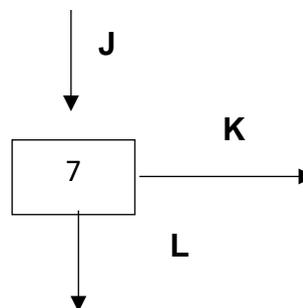


Tabla 42. Balances de materia en la etapa de Desconchado

Entradas y Salidas	J(kg/h)	K(kg/h)	L(kg/h)
<b>Resultados</b>	1512.72	181.53	1331.20

#### 5.4.8. Balance de materia en la etapa de Trituración

Los cocos obtenidos de la etapa de desfibrado **J**, se trasladan al área de triturado para obtener el tamaño adecuado de 0.85 mm **R**. **Q** es el 5% de restos adheridos al equipo de trituración.

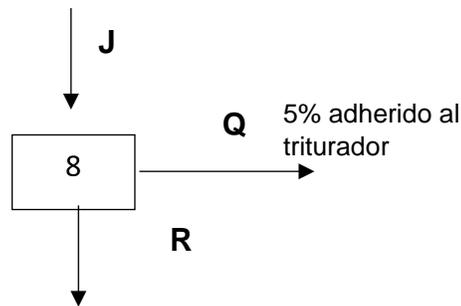
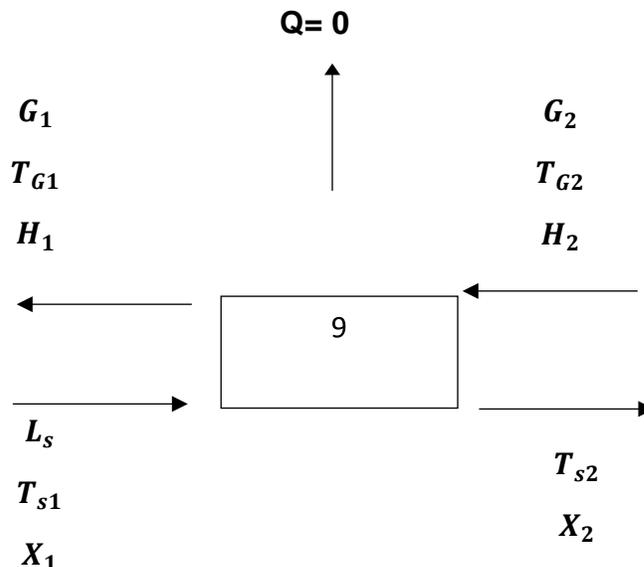


Tabla 43 Balances de materia en la etapa de Desconchado

Entradas y Salidas	J(kg/h)	Q(kg/h)	R(kg/h)
<b>Resultados</b>	1512.72	66.56	1264.64

#### 5.4.9. Balance de materia y Energía en la etapa de Secado

Los cocos obtenidos de la etapa de desfibrado **J**, se trasladan al área de triturado para obtener el tamaño adecuado de 0.85 mm **R**. **Q** es el 5% de restos adheridos al equipo de trituración.



**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Tabla 44. Balances de materia en la etapa de Secado

Entradas y Salidas	J(kg/h)	Q(kg/h)	R(kg/h)
<b>Resultados</b>	1512.72	66.56	1264.64

**5.4.10. Balance de materia en la etapa de Tamizado**

En esta etapa entra la pulpa deshidratada X, un 2% queda adherido a la malla Y. Y se obtiene el total de kg/día de pulpa deshidratada

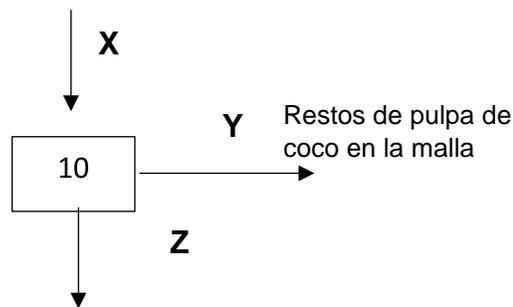


Tabla 45. Balances de materia en la etapa de Tamizado

Entradas y Salidas	X(kg/h)	Y(kg/h)	Z(kg/h)
<b>Resultados</b>	574.89	11.50	563.39

**5.4.11 Balance de materia en la etapa de Empacado**

En esta etapa la pulpa deshidrata se traslada al área de empacado para posteriormente ser almacenada.

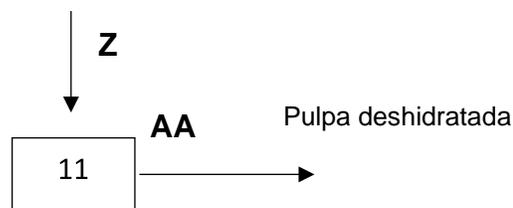


Tabla 46. Balances de materia en la etapa de Empacado

Entradas y Salidas	Z(kg/h)	AA(kg/h)
<b>Resultados</b>	574.89	563.39

### **5.5 Rendimiento del proceso de producción de agua de coco y pulpa deshidratada**

El rendimiento del proceso productivo de agua de coco resulta en:

$$R.A.C = \frac{541.31 \text{ kg/día}}{3333 \text{ kg/día}} * 100 \%$$
$$R.A.C = 16.24 \%$$

El rendimiento del proceso resulta en 16.24 %

El rendimiento del proceso productivo de pulpa deshidratada resulta en:

$$R.A.P = \frac{563.39 \text{ kg/día}}{3333 \text{ kg/día}} * 100 \%$$
$$R.A.C = 16.90 \%$$

El rendimiento del proceso resulta en 16.90 %

### **5.6 Características básicas técnicas de los equipos del proceso productivo**

Considerando los resultados de balance de materia y energía y las necesidades de producción, se seleccionaron los siguientes equipos de procesos:

#### **5.6.1 Recepción**

Se utilizan dos tipos de transportadores, transportadores de rodillos y bandas, los primeros fueron seleccionados a comprarse al mismo proveedor, teniendo en cuenta las diferencias de especificaciones técnicas de cada uno de ellos.

El principio básico de su funcionamiento consiste en el desplazamiento de la carga sobre los rodillos que giran sobre su propio eje fijo a la estructura. (Embalajes Terra, 2021)

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Transportador de rodillos	
	<b>Especificaciones técnicas</b>  Modelo: Jiabao Custom Velocidad de transportador 80 m/min Tamaño de banda 1450 mm Flujo de carga: 180 kg/h Voltaje: 145 kW Número de equipos: 4
<b>Ilustración 14</b> Transportador de rodillos	

Posteriormente se seleccionaron las bandas transportadoras. Estas bandas o cintas transportadoras ofrecen una buena estabilidad, que permite transportar materiales que por su tamaño o características no se pueden transportar con transportadores de rodillo. (Alibaba, 2021)

Banda transportadora	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: Yupak Velocidad de transportador 80 m/min Tamaño de banda 500/1400 mm Flujo de carga: 180 kg/h / 70 kg/h Voltaje: 145 kW / 22 kW Número de equipos: 3
<b>Ilustración 15.</b> Banda transportadora	

### 5.6.2 Selección de recipientes de almacenamiento

Se seleccionaron los tanques de almacenamiento requeridos en el proceso. El tanque de almacenamiento es una estructura que permite el acopio de distintas materias primas y productos, sino también hacen posible tener a disposición estos elementos. (Alibaba, 2021)

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Tanque de almacenamiento	
	<b>Especificaciones técnicas</b>  Modelo: RET-N3031 Volumen: 13200 L / 600 L Productos especificados: zumos, jugos, agua, hidróxido de sodio Diámetro: 2500 mm / 1500 mm Material: acero inoxidable Número de equipos: 2
<b>Ilustración 16 Tanque de almacenamiento</b>	

### 5.6.3 Selección de bombas

Se seleccionaron 5 bombas a utilizarse en el proceso. Están formada por distintos elementos que permiten transformar la energía cinética en energía hidráulica para producir una presión continua y mover el mayor volumen de líquido. (Alibaba, 2021)

Bomba centrífuga	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: PST Flujo máximo: 100-360 m <sup>3</sup> /h Diámetro: 150 mm Material: acero inoxidable Potencia: 0.50- 1,90 HP Número de equipos: 5
<b>Ilustración 16 Bomba centrífuga</b>	

### 5.6.4 Selección de recipientes de procesos

Entre los equipos del proceso a seleccionar se encuentran dos tambores rotatorios y un molino de rodillos. El tambor rotatorio es un tambor de metal cilíndrico largo, construido con tres secciones de diferentes ángulos de la paleta guía espiral, puede reproducir importación y exportación. (Alibaba, 2021)

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

Tambor rotatorio	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: HT-SQJ4E Flujo máximo: 50-80 kg/h Dimensiones: 2700x810x2100 Material: acero inoxidable Voltaje: 380 v Número de equipos: 2
<b>Ilustración 17. Tambor rotatorio</b>	

### 5.6.4.1 Molino de rodillos

El molino de rodillos LHG adopta el principio de molienda de extrusión, con ventajas de menor consumo de energía y distribución de concentración de partículas, además es adecuado para moler materiales con una amplia gama de tamaños: 325mesh-2, malla 500 son todos posibles. (Alibaba, 2021). Los cocos son transportados a través de transportadores de rodillos hacia el molino de rodillos donde a presión se separa la fibra de del coco. (Alibaba, 2021)

Molino de rodillos	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: LHG-150 Flujo máximo: 0.7 ton/h Consumo energético: 75 kW/h Número de equipos: 1
<b>Ilustración 18. Molino de rodillos</b>	

### 5.6.5 Selección de separadores

Estos recipientes representan una opción económica en comparación a recipientes de acero inoxidable de tipo multi-elemento. Los rangos típicos de flujo son de 30 (115 LPM) GPM a 150 GPM (568 LPM). (Water System, 2021)

Filtro de cartucho	
	<p><b>Especificaciones técnicas</b>  Material de construcción:  UPVC  Temperatura Máxima: 113 °F,  45 °C  Tipo de Cartucho: Cartuchos  de 30" pulgadas  x 2,5 pulgadas de diámetro  tipo DOE (ambos  extremos abiertos)  Altura H: 965 mm  Diámetro D: 225 mm  Largo W: 473 mm</p>
<p><b>Ilustración 19. Filtro de cartucho</b></p>	

Así mismo se muestran las especificaciones del tamizador: El tamiz vibratorio giratorio es una máquina de cribado de polvo fino de alta precisión con bajo nivel de ruido y alta eficiencia. Se tarda de 3 a 5 minutos en cambiar la pantalla rápidamente. Es adecuada para cribar y filtrar partículas, polvo y mucílago. (Alibaba, 2021)

Tamizador	
	<p><b>Especificaciones técnicas</b>  Modelo: HENGSHUN HY-  2000  Consumo eléctrico: 2.5 kW/h  Diámetro: 1916 mm  Flujo máximo: 100 kg/h</p>
<p><b>Ilustración 20. Tamizador</b></p>	

### 5.6.6 Selección de trituradores

Se utiliza un triturador en el proceso se muestra a continuación el equipo seleccionado: La máquina es adecuada para el procesamiento de molienda gruesa de diversos materiales químicos, farmacéuticos, alimentarios y otros materiales dúctiles y quebradizos. (Alibaba , 2021).

Trituradora	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: Type-80 Flujo: 175 kg/h Granulometría: <50 mm RPM: 400 Dimensiones: 510x450x980 mm Consumo: 1.5 kwh

Ilustración 21. Trituradora

#### 5.6.7 Selección de intercambiadores de calor

Se seleccionó un secador a contracorriente, el equipo seleccionado se muestra a continuación (TCA Industry, 2021). El secador rotatorio es un tipo de secador usado en la industria para **reducir el contenido de agua** en los materiales. La rotación facilita la exposición del material a fuentes de calor que aumentan su temperatura, lo cual ayuda a eliminar o reducir su contenido de agua.

Secador continuo a contracorriente	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: YCPH-100 Dimensiones: 3.5x2.5x2 m Capacidad: 250 kg/h Bandejas incorporadas secado alimentos
Ilustración 22. Secador a contracorriente	

#### 5.6.8 Selección de servicios auxiliares

A continuación, se muestra la selección de la máquina tapadora de llenado de lavado se utiliza principalmente para bebidas de dióxido de carbono no aireadas, como agua pura, agua mineral, agua de coco entre otras. Es un diseño único que combina las tres máquinas de lavado, llenado y tapado de botellas en una para

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

reducir la potencia principal, ahorrar espacio y reducir la contaminación del aire entre las tres máquinas (Baiji Machinery, 2021)

Embotelladora PET	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: CGF18-18-6 5000 BPH Consumo eléctrico: 3.13 KW Dimensiones: 2450*1800*2400 mm Embotelladora y etiquetadora
<b>Ilustración 23. Embotelladora PET</b>	

La máquina desconchadora de coco incluye el estante de la máquina, el eje de rotación, el sistema de control, dispositivo de accionamiento, estator del cilindro. (Allibaba, 2021).

Desconchadora de coco	
	<b>Especificaciones técnicas</b> Modelo: QT-CP Energía (W): 0.8kw Peso: 65 KG Dimensión (L*W*H): 335*490*910mm Certificación: CE ISO
<b>Ilustración 24. Desconchadora de coco</b>	

### 5.7 Diagrama de equipos del proceso

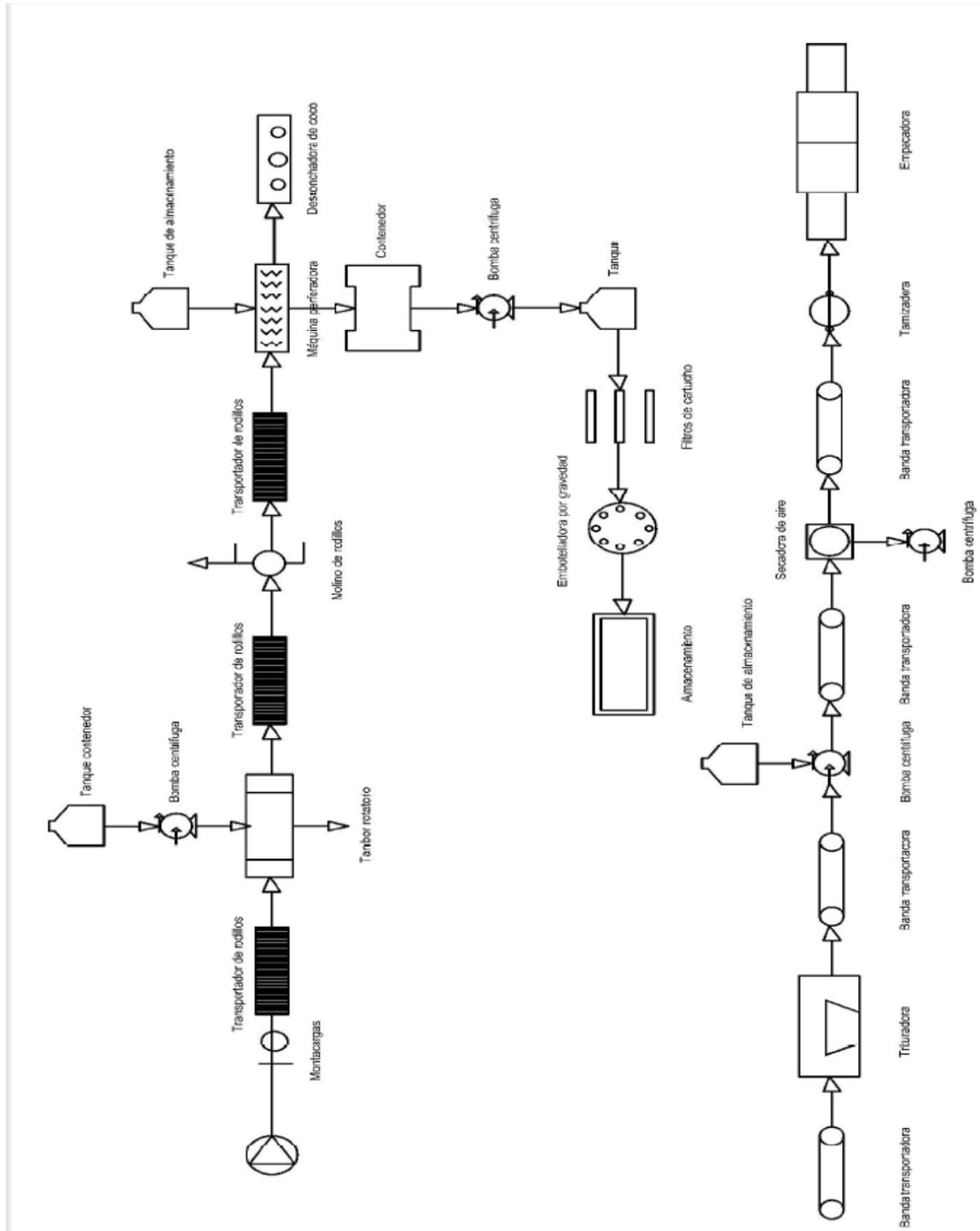


Ilustración 25 Diagrama de equipos del proceso

## **5.8 Costos del proceso de producción de agua de coco y pulpa deshidratada**

### **5.8.1 Costos de equipos**

El valor de las maquinarias y equipos para la producción de agua de coco y pulpa de coco deshidratada es de \$39,710.00 de acuerdo con las cotizaciones dadas por las empresas que diseñan maquinas agroindustriales de grado alimenticio. El desglose de los equipos y maquinarias se describen a continuación:

Tabla 47 Costos de equipos

<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>
Transportador de rodillos 1	\$1,500.00
Transportador de rodillos 2	\$1,500.00
Transportador de rodillos 3	\$1,500.00
Transportador de rodillos 4	\$1,500.00
Banda transportadora 1	\$1,200.00
Banda transportadora 2	\$1,200.00
Banda transportadora 3	\$1,200.00
Tanque de almacenamiento 1	\$3,000.00
Tanque de almacenamiento 2	\$1,200.00
Bomba centrífuga 1	\$400.00
Bomba centrífuga 2	\$400.00
Bomba centrífuga 3	\$400.00
Bomba centrífuga 4	\$400.00
Bomba centrífuga 5	\$200.00
Tambor rotatorio 1	\$2,500.00
Tambor rotatorio 2	\$2,300.00
Molino de rodillos	\$4,300.00
Filtro de cartucho	\$1,300.00
Tamizador	\$1,000.00
Trituradora	\$1,200.00
Secador continuo a contracorriente	\$4,500.00
Máquina perforadora de cocos	\$450.00
Desconchadora de coco	\$560.00
Embotelladora PET	\$6,000.00
<b>Total</b>	<b>\$39,710.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

**5.8.2 Costos Directos**

En el siguiente cuadro se describe detalladamente la materia prima a utilizar que tiene un valor de \$578,216.99 por toneladas en base al consumo anual para la elaboración de los productos establecidos.

Tabla 48 Costos directos

<b>Equipos</b>		\$39,710.00
<b>Envío Equipos</b>	0.1	\$3,971.00
<b>Equipos enviados</b>		<b>\$43,681.00</b>
<b>Instalación de equipos</b>	0.39	\$15,486.90
<b>Instrumentación (instaladas)</b>	0.26	\$10,324.60
<b>Tuberías (Instaladas)</b>	0.31	\$12,310.10
<b>Sistema eléctrico (Instalado)</b>	0.1	\$3,971.00
<b>Edificación de planta (con servicios)</b>	0.29	\$11,515.90
<b>Mejoras de campo</b>	0.12	\$4,765.20
<b>Instalaciones de servicios</b>	0.55	\$21,840.50
<b>Total de costos directos</b>	2.02	<b>\$123,895.20</b>

Fuente: Elaboración propia

**5.8.3 Costos Indirectos**

En el siguiente cuadro expresan la composición de los sueldos a nivel de mano de obra directa e indirecta.

Tabla 49. Costos indirectos

<b>Ingeniería y supervisión</b>	0.32	\$13,977.92
<b>Gastos de construcción</b>	0.34	\$14,851.54
<b>Gastos legales</b>	0.04	\$1,747.24
<b>Tarifa del contratista</b>	0.19	\$8,299.39
<b>Contingencia</b>	0.37	\$16,161.97
<b>Total de costos indirectos</b>	1.26	<b>\$55,038.06</b>

Fuente: Elaboración propia

**5.8.4 Costos de inversión de capital fijo**

En el cuadro que se detalla a continuación se expresan los costos energéticos basados en los equipos que requieren de este servicio básico para operar.

Tabla 50. Costos de inversión de capital fijo

<b>Inversión de capital fijo</b>	<b>\$178,933.26</b>
----------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.5 Costos de capital de trabajo

En el cuadro siguiente se detalla el costo total de agua en base al consumo estimado para la producción

Tabla 51. Costos de capital de trabajo

<b>Capital de trabajo</b>	0.75	<b>\$32,760.75</b>
---------------------------	------	--------------------

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.6 Costos Total de capital de inversión

En el siguiente cuadro se describen los costos de los tipos de envases a utilizar para cada producto.

Tabla 52. Costos totales de capital de inversión

<b>Total de capital de inversión</b>	<b>\$211,694.01</b>
--------------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.7 Costo anual de materia prima

En el cuadro que se muestra a continuación se expresa el valor que corresponde a los costos de combustibles utilizados en la operación del proceso de producción.

Tabla 53 Costo anual de materia prima

<b>Materia prima</b>	<b>Precio \$ / kg</b>	<b>Consumo anual en toneladas</b>	<b>Costo anual en materia prima</b>
Cocos maduros	\$0.58	1,000	<b>\$580,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.8 Costo anual de insumo

A como se detalla a continuación se presentan los costos anuales que corresponden a la determinación de microorganismos patógenos para el control de calidad.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 54 Costo anual de insumos

<b>Materia prima</b>	<b>Precio \$ / unidad</b>	<b>Consumo anual en unidades</b>	<b>Costo anual en Insumos</b>
Botellas plástico PET	\$0.10	301,770	<b>\$30,177.00</b>
Bolsas de empaque 1 kg	\$0.05	170,742	<b>\$8,537.10</b>
Casco de seguridad	\$15.00	6	<b>\$89.85</b>
Gafas de protección	\$15.00	5	<b>\$74.85</b>
Guantes de cuero	\$15.00	8	<b>\$119.85</b>
Guantes de látex	\$9,000.00	2	<b>\$17,910.00</b>
Botas de goma	\$15.00	21	<b>\$314.85</b>
Botas de protección	\$15.00	36	<b>\$539.85</b>
Manguera de agua	\$5.00	15	<b>\$74.95</b>
Detergente industrial	\$48.00	5	<b>\$230.88</b>
Cepillos industriales	\$15.00	3	<b>\$37.50</b>
Escobas	\$15.00	3	<b>\$45.00</b>
Cofias	\$900.00	2	<b>\$2,016.00</b>
Jabón bactericida industrial	\$76.00	9	<b>\$646.00</b>
Hidróxido de sodio 50%	\$48.00	3	<b>\$151.20</b>
Papel toalla	\$228.00	2	<b>\$456.00</b>
Alfombras	\$20.00	4	<b>\$88.20</b>
Mascarillas	\$1,800.00	1	<b>\$1,044.00</b>
Señales de seguridad	\$15.00	3	<b>\$51.75</b>
Línea de circulación peatonal	\$5.00	11	<b>\$54.50</b>
Gabachas	\$30.00	15	<b>\$450.00</b>
Polines	\$50.00	3	<b>\$166.50</b>
Dispensador de papel toalla	\$6.00	15	<b>\$91.50</b>
		<b>Total</b>	<b>\$63,367.33</b>

Fuente: Elaboración propia

### **5.8.9 Costo de personal operativo**

Estos son rubros que están destinados a cubrir el mantenimiento anual de los equipos en cuanto a las reparaciones y daños que pueden darse.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 55 Costo de personal operativo

Plaza	Plazas	Sueldo mensual en dólares por trabajador	Sueldo anual en dólares por trabajador	Vacaciones anuales	Aguinaldo	Liquidación anual	INSS	Total
Operarios	15	\$ 235.00	\$ 2,820.00	\$ 235.00	\$ 235.00	\$ 235.00	\$ 606.30	\$61,969.50
Analista de Calidad	1	\$ 280.00	\$ 3,360.00	\$ 280.00	\$ 280.00	\$ 280.00	\$ 722.40	\$ 4,922.40
Asistente de Bodega	2	\$ 250.00	\$ 3,000.00	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 645.00	\$ 8,790.00
Operador de Montacargas	1	\$ 170.00	\$ 2,040.00	\$ 170.00	\$ 170.00	\$ 170.00	\$ 438.60	\$ 2,988.60
Empacador	1	\$ 170.00	\$ 2,040.00	\$ 170.00	\$ 170.00	\$ 170.00	\$ 438.60	\$ 2,988.60
							<b>Total</b>	<b>\$81,659.10</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.10 Costo de utilidades

Para iniciar las actividades productivas será necesario la adquisición de equipos y materiales para el proceso de fabricación, considerando las condiciones de seguridad y confort de los trabajadores como la calidad del producto terminado, en la tabla siguiente se detallan los activos necesarios para dicha ejecución.

Tabla 56 Costo de utilidades

Utilidad	Costo del servicio por unidad	Unidad de medida	Cantidad anual del servicio a utilizar	Unidad de requerimiento del servicio	Costo anual del servicio
<b>Aire comprimido</b>					
Aire de proceso 93.3 °C	\$1.00	\$/100m <sup>3</sup>	95453.05263	m <sup>3</sup> /año	\$95,453.05

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Instrumento de aire de proceso	\$0.95	\$/100m <sup>3</sup>	95453.0526	m <sup>3</sup> /año	\$90,680.40
<b>Electricidad</b>					
Costo promedio	\$0.19	\$/kWh	814760.1	kWh/año	\$154,804.42
<b>Combustible</b>					
Diesel	\$1.06	\$/L	100	L/año	\$106.00
<b>Refrigeración agua de coco</b>					
4°C	\$2.00	\$/L	143709	L/año	\$287,418.00
<b>Agua residual</b>					
Tratamiento	\$0.53	\$/m <sup>3</sup>	4014.74	m <sup>3</sup> /año	\$2,127.81
<b>Agua</b>					
Agua de proceso	\$0.55	\$/m <sup>3</sup>	3150	m <sup>3</sup> /año	\$1,732.50
				<b>Total</b>	<b>\$632,322.18</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.11 Costos de inversión inicial total

En base a los datos detallados en las anteriormente, se logró determinar los costos de inversión inicial total, equivalente a \$1, 569,042.62.

*Tabla 57 Costo de inversión inicial total*

Concepto	Costo inicial
Inversión de capital fijo	\$178,933.26
Capital de trabajo	\$32,760.75
Costo materia prima	\$580,000.00
Costo insumos	\$63,367.33
Costo personal operativo	\$81,659.10
Costo de servicios	\$632,322.18
<b>Total</b>	<b>\$1,569,042.62</b>

Fuente: Elaboración propia

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se logró caracterizar la materia prima y productos terminados para el proceso tecnológico de agua de coco y pulpa de coco deshidratada, de acuerdo con las prácticas de laboratorio pertinentes para la determinación de características físico químicas como pH obteniendo 5,3, °Brix 5,1 y 3,6% humedad. Se obtuvo olor, sabor y textura característicos del producto, en comparación con las normas de calidad.
2. Se seleccionó la variedad Enano Amarillo de Malasia para la obtención de los productos terminados.
3. La selección de los equipos y accesorios para el proceso productivo se determinaron tomando como referencia los resultados obtenidos en los balances de materia y energía, las capacidades y parámetros técnicos requeridos para cada uno de los equipos seleccionados, totalizando la cantidad de 25 equipos para obtener 479.03 L/día para agua de coco y 563.39 kg/día para pulpa de coco deshidratada.
4. Para la estimación de la inversión inicial total del proceso, se consiguió determinar los costos de cada uno de los 25 equipos a utilizar, así como costos directos e indirectos, costos de personal operativo, costos de utilidades, costo anual de insumos, obteniendo como resultado la cantidad de \$1,569,042.62.

Por tanto, el presenta trabajo monográfico cumple satisfactoriamente con cada uno de los objetivos proyectados, con el fin de diseñar un proceso tecnológico para el agua de coco y pulpa de coco, para su aprovechamiento industrial.

## **VII. RECOMENDACIONES**

El presente trabajo recomienda:

1. Realizar un estudio de pre factibilidad para la evaluación de los parámetros de instalación de la planta procesadora a fin de determinar la viabilidad económica y financiera.
2. Ejecutar pruebas de rendimiento con otras variedades de cocos como Alto de Panamá y Enano verde de Brasil.
3. Realizar análisis microbiológicos a los productos terminados y análisis de vida útil.
4. Realizar un estudio para el aprovechamiento de los subproductos del proceso como la fibra y la concha.
5. Establecer criterios de inocuidad del proceso de producción de agua de coco y pulpa de coco deshidratada.
6. Estudiar diferentes rangos de temperatura y tiempos de secado para conocer el comportamiento del mismo.
7. Realizar estudios para conocer los periodos de cosecha del coco para determinar la maduración del fruto y su papel en la calidad de la materia prima.
8. Evaluar métodos de filtración para el agua de coco

### **VIII. BIBLIOGRAFÍA**

- Andrade Moreira, M. B., & Intriago Zambrano, E. F. (2014). *Factibilidad de una planta envasadora de agua de coco (*Coccus nucifera*) con adición de alcohol, en el cantó*
- (2021). Obtenido de Alibaba: <https://tinyurl.com/54rkdckw>
- (2021). Obtenido de Alibaba: <https://tinyurl.com/2s9s6pbe>
- (2021). Obtenido de Alibaba: <https://tinyurl.com/kp878cvp>
- (2021). Obtenido de Water System: <https://tinyurl.com/4msf62>
- (2021). Obtenido de Alibaba : <https://tinyurl.com/9zt4j5e2>
- (2021). Obtenido de Baiji Machinery: [https://zjgbaiji.en.alibaba.com/es\\_ES/?spm=a2700.details.cordpanyb.2.70e24f0dvS4ynn](https://zjgbaiji.en.alibaba.com/es_ES/?spm=a2700.details.cordpanyb.2.70e24f0dvS4ynn)
- A, B. (1987). *Food Factories. Processes, equipment, costs*. VCH Publishers.
- Agriculture, U. S. (2020). *Oilseeds: World Markets and Trade. Foreing Agricultural Service*. .
- Alibaba. (2021). Obtenido de <https://tinyurl.com/vaby4sb8>
- Alibaba. (2021). Obtenido de <https://tinyurl.com/t23puvje>
- Allibaba. (2021). Obtenido de <https://tinyurl.com/mwjaabsm>
- Atz, O. D. (2008). *Caracterización física, mecánica y química de fibras de desecho del fruto del coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas*. Guatemala.
- ATZ, O. D. (Septiembre de 2008). Caracterización física, mecánica y química de fibras de desecho del fruto del coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 2020, de Caracterización física, mecánica y química de fibras de desecho del fruto del coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas. Universidad de San Carlos de Guatemala.: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_8571.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_8571.pdf)
- BacaUrbina, G. (2010). *Formulación y Evaluacion de Proyectos* (7ma ed.). Mexico. Obtenido de [https://www.academia.edu/39204599/Evaluacion\\_de\\_Proyectos\\_7ma\\_Ed\\_Gabriel\\_Baca\\_Urbina](https://www.academia.edu/39204599/Evaluacion_de_Proyectos_7ma_Ed_Gabriel_Baca_Urbina)
- Cardenas, O. (2018). *Caracterización microbiológica y fisicoquímica del coco (*Cocos nucifera* L.) utilizado como materia prima en la fabricación de coco rallado deshidratado*. Caracas, Venezuela.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

- Comilon, S. (2014). *El platillo del comilon*. Obtenido de E platillo del comilon: <https://elplatillocomilon.es/como-abrimos-un-coco-y-extraemos-su/>
- dreamstime*. (2021). Recuperado el 2021, de *dreamstime*: <https://www.dreamstime.com/stock-image-coconut-coir-fibre-image17645731>
- Dunlop. (1994). *BELT CONVEYOR DESIGN*. Obtenido de <https://vdocuments.mx/belt-conveyor-design-dunlop-558454eadcaef.html>
- Dunlop. (1994). *Conveyor Belt Technique Design and Calculation*. Obtenido de <https://vdocuments.mx/belt-conveyor-design-dunlop-558454eadcaef.html>
- Dunlop-Enerka. (1994). *Conveyor belt technique design and calculation*. Dunlop.
- Embalajes Terra*. (27 de Junio de 2021). Obtenido de <https://www.embalajesterra.com>
- FAO. (2007). *Datos de Composición de Alimentos*. Obtenido de Datos de Composición de Alimentos: <https://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>
- FAO. (2019). Recuperado el 10 de Noviembre de 2021, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAOSTAT. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/%20coco>
- FAOSTAT. (2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- FEDNA. (2019). *FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA)*. Recuperado el 2022, de FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA): [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/harina-de-extracci%C3%B3n-de-copra](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-extracci%C3%B3n-de-copra)
- FUNICA*. (s.f.). Obtenido de Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua: <http://funica.org.ni/index/>
- Gaitán, L. W. (Marzo de 2020). *Cadena de valor del cocotero en el Caribe Sur de Nicaragua*. Obtenido de Cadena de valor del cocotero en el Caribe Sur de Nicaragua: <https://repositorio.unan.edu.ni/14020/1/14020.pdf>

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

- Hydroenv. (2020). *Guía de selección de bombas*. Obtenido de [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=151](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=151)
- IICA. (25 de Marzo de 2021). 2004. . Obtenido de Capítulo 7. FRUTAS, HORTALIZAS Y OTROS.: <https://es.scribd.com/doc/41779818/produccion-frutas#scribd>
- INTA. (2016). *Inta.gob.ni*. Obtenido de <https://inta.gob.ni/2019/02/14/principales-caracteristicas-de-variedades-de-coco-cocos-nucifera-l-para-la-produccion-de-agua-y-aceite/>
- Lizano, I. M. (2015). *GUÍA TÉCNICA DEL GUÍA TÉCNICA DEL*. Recuperado el 2020, de *GUÍA TÉCNICA DEL GUÍA TÉCNICA DEL*: <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/2013819141156.pdf>
- Lizano, M. (2015). *Guía Técnica del cultivo de coco*. Obtenido de *Guía Técnica del cultivo de coco*: <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/2013819141156.pdf>
- McCabe, W. L. (1998). En W. L. McCabe, *Operaciones Unitaria en Ingeniería Química*.
- Moog. (1997). Roles of coconut and the potential of coco-palm juice in animal production in the Philippines.
- SAGARPA. (OCTUBRE de 2015). *Estudio multidimensional para el aprovechamiento del producto de la Palma de Coco a través del proceso de deshidratado como soporte tecnológico para los cultivos ubicados en la Costa del Pacífico*. Recuperado el 2021, de *Estudio multidimensional para el aprovechamiento del producto de la Palma de Coco a través del proceso de deshidratado como soporte tecnológico para los cultivos ubicados en la Costa del Pacífico*: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346828/Palma-de-Coco-Detallado.pdf>
- Seaton. (1970). Scheduling plantings and predicting harvest maturities for processing vegetables. En *Food Technology*.
- TCA *Industry*. (2021). Obtenido de [https://xinmachinery.en.alibaba.com/?spm=a2700.details.0.0.2c507ce4x1izop&tracelog=product\\_detail\\_cp](https://xinmachinery.en.alibaba.com/?spm=a2700.details.0.0.2c507ce4x1izop&tracelog=product_detail_cp)
- Timmerhaus. (1991). *Plant Design for Chemical Engineers*.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

- Trade, M. (10 de Noviembre de 2018). *Marco.Tradenews*. Obtenido de [https://www.procomer.com/alertas\\_comerciales/potencial-mercado-para-el-coco-y-sus-derivados/](https://www.procomer.com/alertas_comerciales/potencial-mercado-para-el-coco-y-sus-derivados/)
- Ulrich, G. (1992). *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*. Ciudad de México: Mcgraw-Hill.
- Weston, C. G. (2006). *Fundamentos de Operaciones unitarias: series de clases en Ingeniería Química*.
- Zumbado, H. (2002). *Analisis Quimicos de los Alimentos Metodos Clasicos*. Habana. *n Rocafuerte-Manabí*. Calceta: Espam.
- Avelar Nieto, A., & Ayala Gómez, G. M. (2006). *Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en la seguridad alimentaria para la industria de jugos naturales (naranya y limón) y agua de coco*. Universidad de El Salvador.
- Baca Urbina, G. (2006). *Evaluación de proyectos*: México: Mc Graw-Hill Ineramericana Editores.
- Banguera, J., & Preciado, L. (2013). *Plan de negocios para el montaje de una planta procesadora de copra deshidratada de coco (Cocos nucifera L.) en el municipio de Tumaco departamento de Nariño-Colombia*.
- Carvajal, C. C. (2003). Agua de coco: Una solución alternativa en la terapia de rehidratación oral. *Pediatría*, 70(3).
- Comilon, S. (2014). El platillo comilon from: <https://elplatillocomilon.es/como-abrimos-un-coco-y-extraemos-su/>
- Coppola, S. R. (1994). SIPAL, Sistema informático para la planificación de la acuicultura en latinoamérica y el caribe.
- Ferrer, I., Ciurana, Q., & Ríos, J. (2006). Flujo de información en el proceso de diseño (pp. 63-74).
- Figueroa, M. (2014). *Estudio Tecnico para la Transformacion del Coco*.
- FONSECA, I. V. J. (2016). *Selección y dimensionamiento de equipos* Retrieved from [https://www.academia.edu/23738616/UNIDAD\\_2\\_DIMENSIONAMIENTO\\_DE\\_EQUIPOS\\_Y\\_SERVICIOS](https://www.academia.edu/23738616/UNIDAD_2_DIMENSIONAMIENTO_DE_EQUIPOS_Y_SERVICIOS)
- INTA. (2018). *Recomendaciones para la producción de coco en el ciclo productivo 2018*. Retrieved from <http://www.inta.gob.ni/project/cultivo-de-coco/>.
- Moreira, A., & Zambrano, I. (2014). *Factibilidad de una planta envasadora de agua de coco (Coccus nucifera) con adición de alcohol, en el cantón Rocafuerte-Manabí*. .
- Ohler, J. G. (1999). *Modern coconut management: palm cultivation and products*: Intermediate Technology Pub.
- Peters, M., & Timmerhaus, K. *Plant design and economics for chemical engineers*. 1991: New York: McGraw-Hill.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

- Peters, M., Timmerhaus, K., & West, R. (1991). Cost estimation. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 923.
- Sinnott, R. (2005). Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series: Chemical Engineering Design. *Volume, 6*, 936-958.
- Towler, G., & Sinnott, R. (2012). *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design*: Elsevier.
- USDA, N. (2015). The PLANTS Database (<http://plantsusda.gov>, 1 May 2018). National Plant Data Team, Greensboro: NC.
- Zugarramurdi, A., Parín, M. A., & Lupin, H. M. (1998). Costos de producción -FAO documento técnico de pesca 351 *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*.

## IX. ANEXOS

### Anexo A: Estructura Del coco

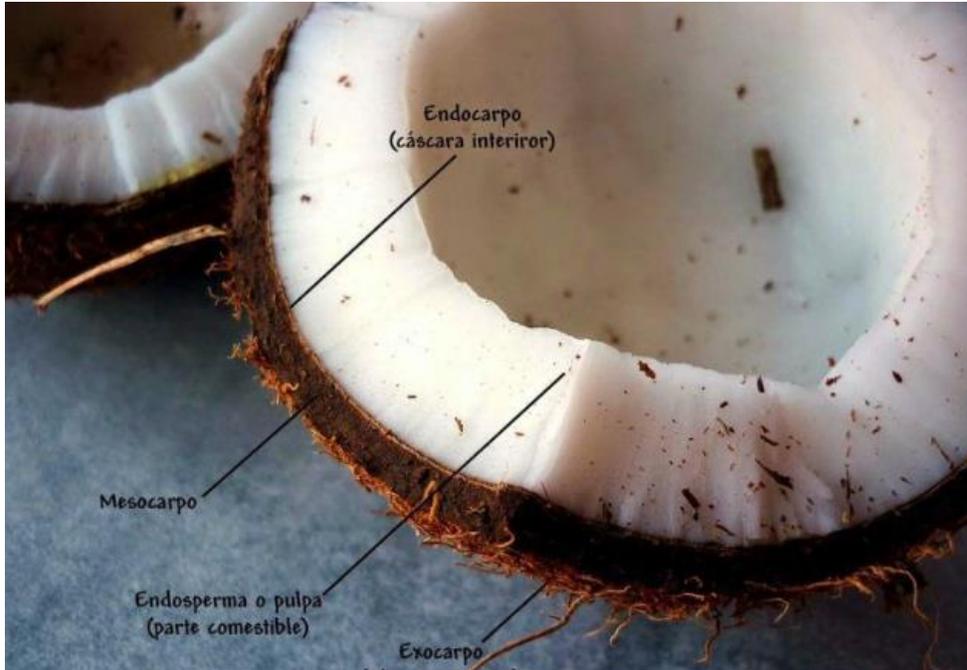


Ilustración 26. Estructura del coco

### Anexo B: Crecimiento de la fruta de coco

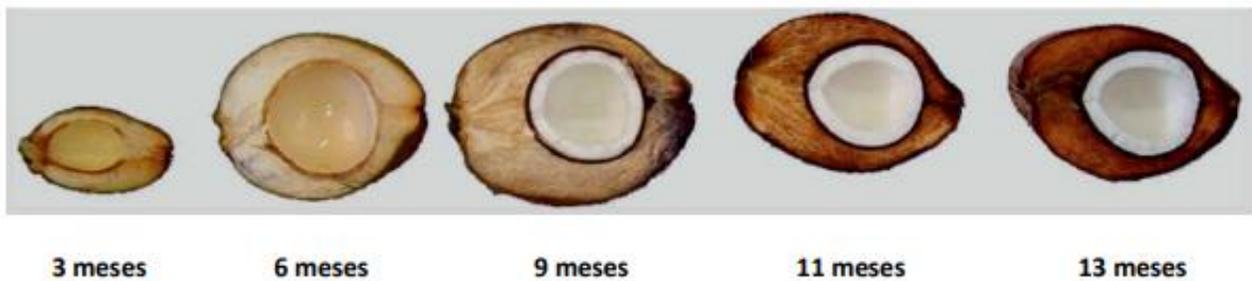


Ilustración 27. Crecimiento del coco por cada 3 meses

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

**Anexo C: Disposiciones relativas de la calidad de coco**

Tabla 58. Descripción relativa de la calidad del coco

Descripción Relativa a la Calidad					
Frutos	Requisitos Mínimos	Criterios de madurez		Higiene	Parametros físicos químicos
		Coloración	Contenido mínimo de agua		
Coco	<p>Estar sanos, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.</p> <p>Estar prácticamente exentos de daños causados por plagas.</p> <p>Estar exentos de cualquier olor o sabor extraños.</p> <p>Los frutos del cocotero deberán haberse recolectado cuidadosamente y haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez, teniendo en cuenta las características de la variedad, el tiempo de recolección y la zona en que se producen.</p> <p>Estar prácticamente exentos de plagas que afecten el aspecto general del producto.</p>	<p>La coloración deberá ser la típica de la variedad por lo menos en dos tercios de la superficie del fruto.</p>	<p>Se desea un contenido a aproximado de 450 ml de agua de coco.</p>	<p>Se recomienda que el fruto de coco se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de prácticas: Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003).</p>	<p>Rango de °Brix (20°C): 4-6</p> <p>pH: 6.5 – 8.5</p> <p>Sólidos no grasos del coco: 3.2</p> <p>Sólidos totales de coco: 4.0</p>

## **Anexo D: Proceso de producción de agua de coco y pulpa de coco deshidratada a escala de laboratorio**

Considerando la etapa de realización del laboratorio y lo descrito por las normas antes mencionadas, se describe el proceso de obtención de agua de coco y pulpa de coco deshidratada.

### **Selección**

La materia prima variedad -Enano amarillo de Malasia utilizada en la práctica de laboratorio se obtuvo de Campos Azules- INTA Masatepe.

Las 10 unidades de coco Enano amarillo de Malasia fueron bajadas con cuerdas para evitar golpes y fracturas que influyeran en el proceso. Todos los cocos tenían la edad de 9 meses y no presentaban golpes, fracturas, ni materia extraña. La materia prima se trasladó a Managua en horas frescas de la mañana para ser procesado en el laboratorio.

### **Lavado**

El proceso dio inicio pesando cada uno de los cocos en una balanza analítica. El peso promedio del coco Enano Amarillo de Malasia es de 1758,45 gr. Seguidamente, los cocos se pre lavaron con abundante agua 35 litros y se cepillaron para eliminar cualquier tipo de contaminación de la cáscara. Luego, los cocos se colocaron en una tina con 35 litros de agua y 175 ml de Hipoclorito de Sodio (NaClO) se dejaron reposar por 5 minutos y se enjuagaron con abundante agua.

### **Desfibrado**

Los cocos se trasladaron a la mesa de trabajo en la que se procedió a medir la circunferencia (46,9 cm) y longitud (27,7 cm) de cada uno. Los cocos se descascaron, esto consistió en la remoción del mesocarpio (fibra) y el endocarpio (cáscara dura). La fibra, concha y pulpa fueron pesadas en una balanza analítica obteniendo los siguientes resultados (1200,8 gr), (128,75 gr), (172,35).

### **Extracción de agua de coco**

Posteriormente, se realizó un pequeño orificio en la pulpa utilizando un cuchillo de acero inoxidable para proceder a extraer el agua de coco en una probeta con capacidad de 600 ml y de esa forma determinar la cantidad de agua. Para conocer resultados del peso de agua de coco, se colocó el agua en beaker de 300 y 500 ml utilizando la balanza analítica se obtuvieron los resultados, el volumen obtenido fue 238 ml.

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

Se procedió a determinar el pH (5,3) del agua de coco de acuerdo con el método establecido por la AOAC 981.12 utilizando un pHmetro Orión modelo 410 A. Por su parte, los grados Brix (5,1) se determinaron utilizando un refractómetro con control de Temperatura según el método AOAC 932.12.

**Filtrado:** Posteriormente, el agua se filtró utilizando algodón para retirar materia extraña que pudo ser adquirida durante la manipulación de la misma. El líquido filtrado se trasladó a un beaker esterilizado.

**Cortado:** Seguidamente, la pulpa se cortó por la mitad, se inspeccionó para asegurar que no poseía materia extraña. Después se procedió a cortar en trozos pequeños con un cuchillo de acero inoxidable para ser enviada a un procesador de alimentos a una velocidad de por 1 minuto con el objetivo de disminuir el tamaño de la pulpa.

**Tamizado:** Según la norma del Codex para el coco desecado (CODEX STAN 177-1991) el coco desecado medio pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 0.85 mm de lado, por lo cual se utilizó un tamiz OU para obtener el tamaño establecido por la norma.

**Secado:** Una vez tamizada la pulpa, se procedió a pesar el producto para luego secarla en una Mufla a una temperatura de 60°C por 4 horas.

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.**

---

**Anexo E. Evidencia fotográfica**



**Anexo F. Balances de Materia y energía para agua de coco y pulpa de coco deshidratada**

- Balance de Selección**



$$A + B = C$$

$$3333 \text{ kg/día} = B + C$$

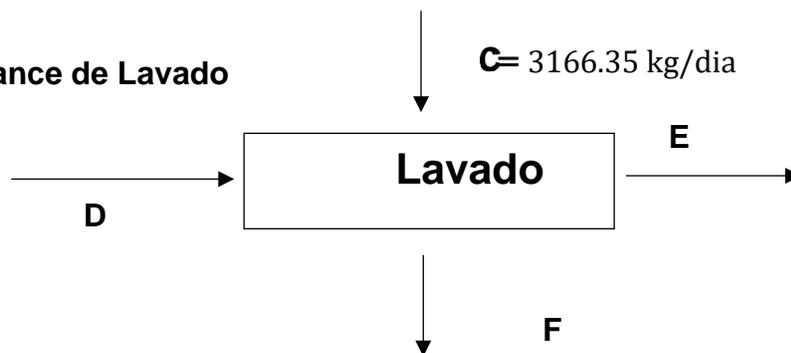
$$B = 3333 \text{ kg/día} (0.05)$$

$$B = 166.65 \text{ kg/día}$$

$$3333 \text{ kg/día} = 166.65 \text{ kg/día} + C$$

$$C = 3166.35 \text{ kg/día}$$

- Balance de Lavado**



$$C + D = E + F$$

$$F = C + D - E$$

$$F = 3166.35 \text{ kg/día} + 9499.05 - 9502.38 \text{ kg/día}$$

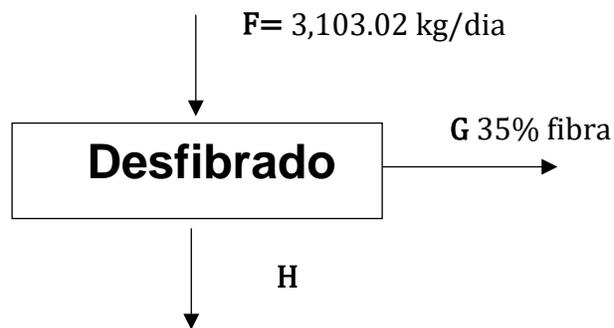
$$F = 3,103.02 \text{ kg/día}$$

$$E = D + (0.02) (3166.35 \text{ kg/día})$$

$$E = 9499.05 + 0.02 (3166.35 \text{ kg/día})$$

$$E = 9502.38 \text{ kg/día}$$

- **Desfibrado**



$$F = G + H$$

$$3,103.02 \text{ kg/dia} = G + H$$

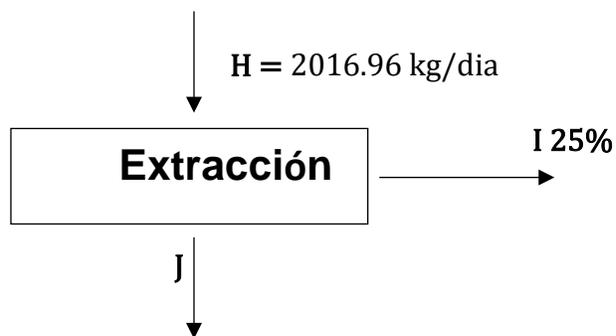
$$G = (3,103.02 \text{ kg/dia}) (0.35)$$

$$G = 1086.06 \text{ kg/dia}$$

$$3,103.02 \text{ kg/dia} = 1086.06 \text{ kg/dia} + H$$

$$H = 2016.96 \text{ kg/dia}$$

- **Balance en la etapa de Extracción**



$$H = I + J$$

$$2016.96 \text{ kg/dia} = I + J$$

$$I = 2016.96 \text{ kg/dia} (0.25)$$

$$I = 504.24 \text{ L/dia}$$

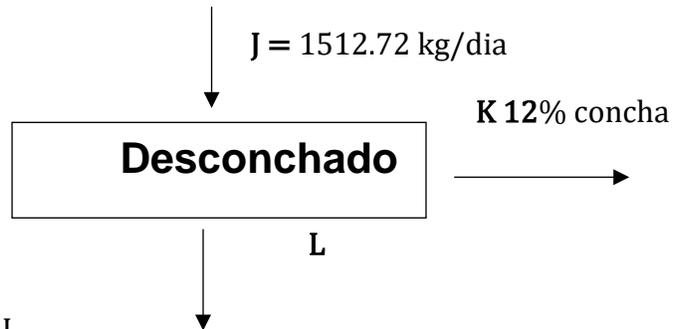
$$2016.96 \text{ kg/dia} = 504.24 \text{ L/dia} + J$$

$$I = 1512.72 \text{ kg/dia}$$

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

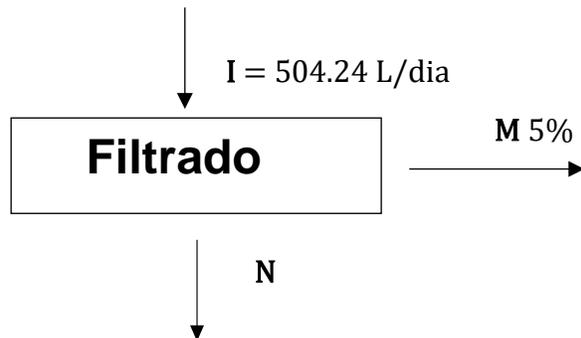
---

• **Balance en la Desconchadora**



$$J = K + L$$
$$1512.72 \text{ kg/dia} = K + L$$
$$K = (1512.72 \text{ kg/dia}) (0.12)$$
$$K = 181.53 \text{ kg/dia}$$
$$1512.72 \text{ kg/dia} = 181.53 \text{ kg/dia} + L$$
$$L = 1512.72 \text{ kg/dia} - 181.53 \text{ kg/dia}$$
$$L = 3331.19 \text{ kg/dia}$$

• **Balance Agua de coco. Etapa de Filtrado**

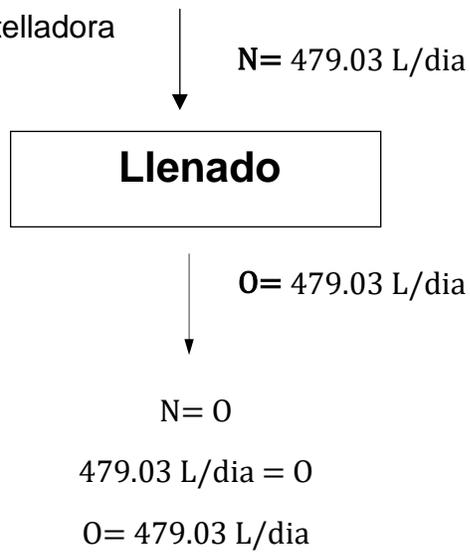


$$I = M + N$$
$$504.24 \text{ L/dia} = M + N$$
$$M = 504.24 \text{ L/dia} (0.05)$$
$$K = 25.21 \text{ kg/dia}$$
$$504.24 \text{ L/dia} = 25.21 \text{ kg/dia} + N$$
$$N = 504.24 \text{ L/dia} - 25.21 \text{ kg/dia}$$
$$N = 479.03 \text{ L/dia}$$

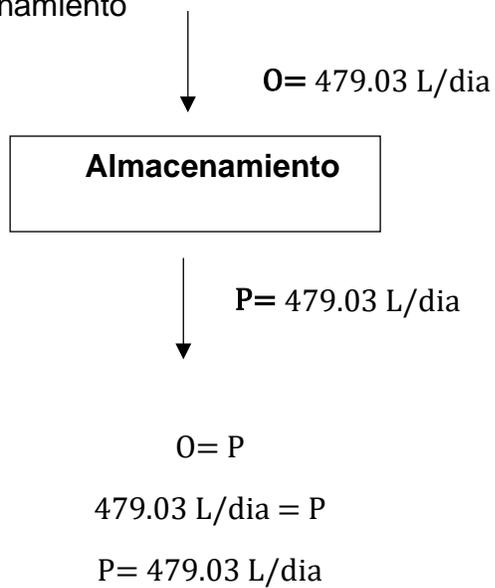
**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

- Balance en la Embotelladora



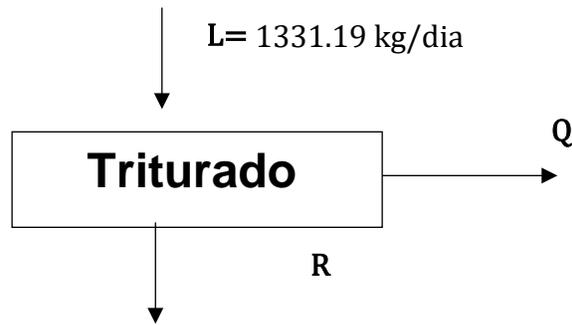
- Balance en Almacenamiento



**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

- Balance para pulpa de coco deshidratada – Etapa de Triturado**



$$L = Q + R$$

$$1331.20 \text{ kg/día} = Q + R$$

$$Q = 1331.20 \text{ kg/día} (0.05)$$

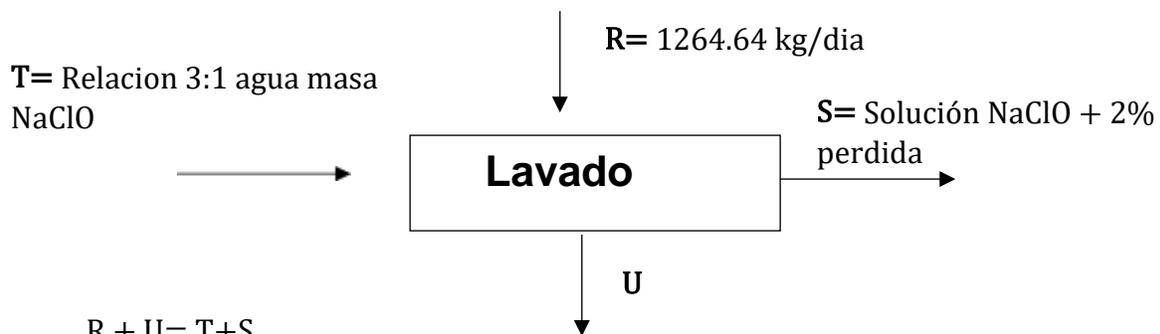
$$Q = 66.56 \text{ kg/día}$$

$$1331.20 \text{ kg/día} = 66.56 \text{ kg/día} + R$$

$$R = 1331.20 \text{ kg/día} - 66.56 \text{ kg/día}$$

$$R = 1264.64 \text{ kg/día}$$

- Balance para Lavado**



$$R + U = T + S$$

$$1264.64 \text{ kg/día} + U = T + S$$

$$T = 1264.64 \text{ kg/día} (3)$$

$$T = 3793.91 \text{ kg/día}$$

$$S = T + 0.02(R)$$

$$S = 3819.20 \text{ kg/día}$$

$$U = R (0.02)$$

$$U = 1264.64 \text{ kg/día} (0.02)$$

$$U = 1239.34 \text{ kg/día}$$



### Bulbo húmedo

$$\text{Bulbo húmedo} = \frac{\text{Kg de agua}}{\text{Kg.ss} + \text{kg agua}}$$

$$\frac{\text{kg agua}}{\text{kg ss}} = \%$$

$$\text{Bulbo húmedo} = \frac{0.55 \text{ kg}}{0.45 \text{ kg.ss}} = 1.2222 \frac{\text{Kg de agua}}{\text{Kg.ss}} \text{ entrada}$$

$$X_1 = 1.2222$$

### Bulbo Seco

$$\text{Bulbo seco} = \frac{0.03 \text{ kg}}{0.97 \text{ kg.ss}} = 0.0309 \frac{\text{Kg de agua}}{\text{Kg.ss}} \text{ salida}$$

$$X_2 = 0.0309$$

### Formula

$$GH_2 + L_s X_1 = GH_1 + L_s X_2$$

$$G_1 = ?$$

$$H_2 = ?$$

$$L_s = 1239.34 \text{ kg} * 0.45 = 557.7030 \text{ kg/h}$$

$$X_1 = 1.2222 \frac{\text{kg agua}}{\text{kg ss}}$$

$$H_1 = ?$$

$$X_2 = 0.0309 \frac{\text{kg agua}}{\text{kg ss}}$$

$$GH_2 + L_s X_1 = GH_1 + L_s X_2$$

$$G (0.010) + (557.7030 \text{ kg/h})(1.2222) = GH_1 + (557.7030 \text{ kg/h}) (0.0309)$$

$$0.010 G + 681.6246 = GH_1 + 17.2336$$

$$GH_1 - 0.010G = 681.6246 - 17.2336$$

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.

---

$$G = \frac{664.391}{H_1 - 0.010}$$

$$G (H_1 - 0.010) = 664.391$$

$$G = \frac{664.391}{H_1 - 0.010}$$

Balance de calor para el secador a contracorriente adiabático

$$GH'_{G2} + L_S H'_{S1} = GH'_{G1} + L_S H'_{S2} + Q$$

$$GH'_{G2} + L_S H'_{S1} = GH'_{G1} + L_S H'_{S2} + Q$$

$$C_S = 1.005 + 1.88 H$$

$C_S$  = Coeficiente calorífico

Cálculo de las entalpías

**Entalpia del gas de Entrada =**  
( $H^1 G_2$ )

$$H^1 G_2 = C_S (T_{G2} - T_0) + H_2$$

$T_0$  =      Temperatura de referencia  
                  Calor latente del agua

$$H^1 G_2 = C_S (93.3 - 0) + (0.10) (2501) = 120.5 \text{ kJ / kg aire seco}$$

**Entalpia de salidas**

$$H_{s1} = (C_{psol} + X_1 * C_{paire}) * (T_{s1} - T_0)$$

$T_{s1} = 25^\circ \text{C}$
$T_{s2} = 60^\circ \text{C}$

$C_{pA} = 4.184 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C de agua}$
$C_{ps} = 2.85 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$

### **Entalpia de salida de gases**

$$H^1 G_2 = C_s (T_{G1} - T_o) + H_1$$

$$H^1 G_2 = (1.005 + 1.88 H_1) (37.8 - 0) + H_1 (2501)$$

$$H^1 G_2 = 37.99 + 2572 H_1$$

### **Entalpia de sólidos entrada**

$$H^1_{s1} = C_{ps} (T_{s1} - T_o) + X_1 C_{pA} (T_{s1} - T_o)$$

$$H^1_{s1} = 2.85 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C} (25^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) + (1.2222)(4.184 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C agua}) (25^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$H^1_{s1} = 199.09212 \text{ kJ / kg}$$

### **Entalpia de solidos salida**

$$H^1_{s2} = C_{ps} (T_{s2} - T_o) + X_2 C_{pA} (T_{s2} - T_o)$$

$$H^1_{s2} = 2.85 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C} (60^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) + (0.0309)(4.184 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C agua}) (60^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$H^1_{s2} = 178.757136 \text{ kJ/kg}$$

**Balance de Calor para el secador**

$$GH'_{G2} + L_s H'_{S1} = GH'_{G1} + L_s H'_{S2} + Q$$

$$H^1 G_2 = 120.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg aire seco}}$$

$$L_s = 557-7030 \text{ kg/h}$$

$$H^1 S_1 = 199.09212 \text{ kJ/ kg}$$

$$H^1 G_1 = 37.99 + 2572 H_1$$

$$H^1 S_1 = 178.7571 \text{ kJ/ kg}$$

$$G (120.5 \text{ kJ/kg de aire seco}) + (557-7030 \text{ kg/h}) (199.09212 \text{ kJ/ kg})$$

$$= G (37.99 + 2572 H_1) + (557-7030 \text{ kg/h}) (178.7571 \text{ kJ/ kg})$$

$$= (120.5 \text{ kJ/ kg aire seco}) G + (111,034.2726) = (37.99 + 2572 GH_1) G + (99,693.3709)$$

$$= 120.5 G + 37.99 + 2572 H_1 - 2572 GH_1 = 99,693.3709 - 111,034.2726$$

$$= 82.51 G - 2572 GH_1 = -11,340.9017$$

$$= G (82,51 - 2572 H_1) = - 11,340.9017$$

$$G = \frac{11,340.9017}{82,51 - 2572 H_1}$$

**Igualando G balance de masa en G balance de energía**

$$\frac{664.391}{H_1 - 0.10} = \frac{11,340.9017}{82.51 - 252H_1}$$

$$(664.391) (82.51 - 2572 H_1) = 11340.9017 (H_1 - 0.10)$$

$$54,818.9041 - 1,708,813.52 H_1 = - 11,340.9017 H_1 + 113.4090$$

$$54,818.9041 - 11340.4090 = 11340.9017 H_1 + 1,708,813.52 H_1$$

$$54,705.49241 = 1,697,472.75 H_1$$

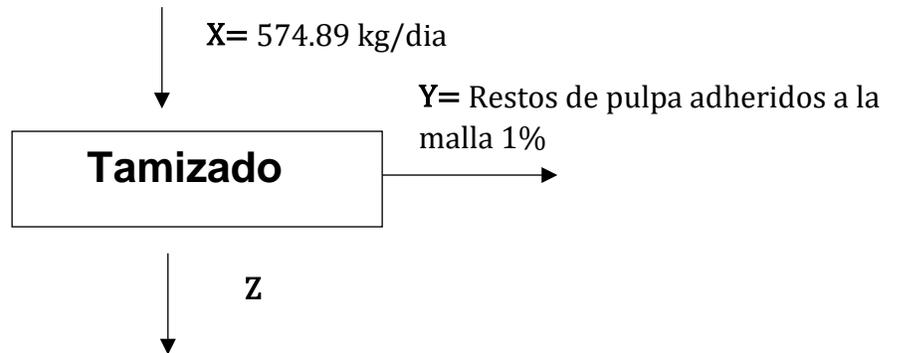
$$= \frac{54,705.49241}{1,697,472.75} = 0.0322 \text{ kg agua/kg aire seco}$$

$$H_1 = 0.0322 \text{ kg agua/kg aire seco}$$

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

- Balance para Tamizador



$$X = Y + Z$$

$$574.89 \text{ kg/día} = Y + Z$$

$$Y = 574.89 \text{ kg/día} (0.02)$$

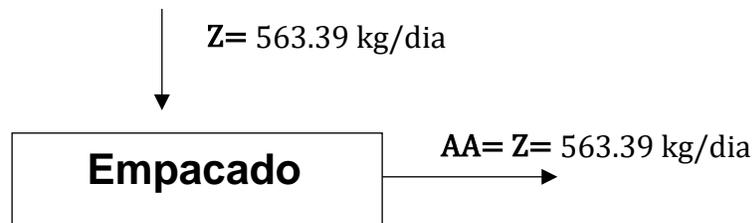
$$Y = 11.50 \text{ kg/día}$$

$$Z = X - 11.50 \text{ kg/día}$$

$$Z = 574.89 \text{ kg/día} - 11.50 \text{ kg/día}$$

$$Z = 563.39 \text{ kg/día}$$

- Balance para Empacado



**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.**

**Anexo G: Diagrama del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada**

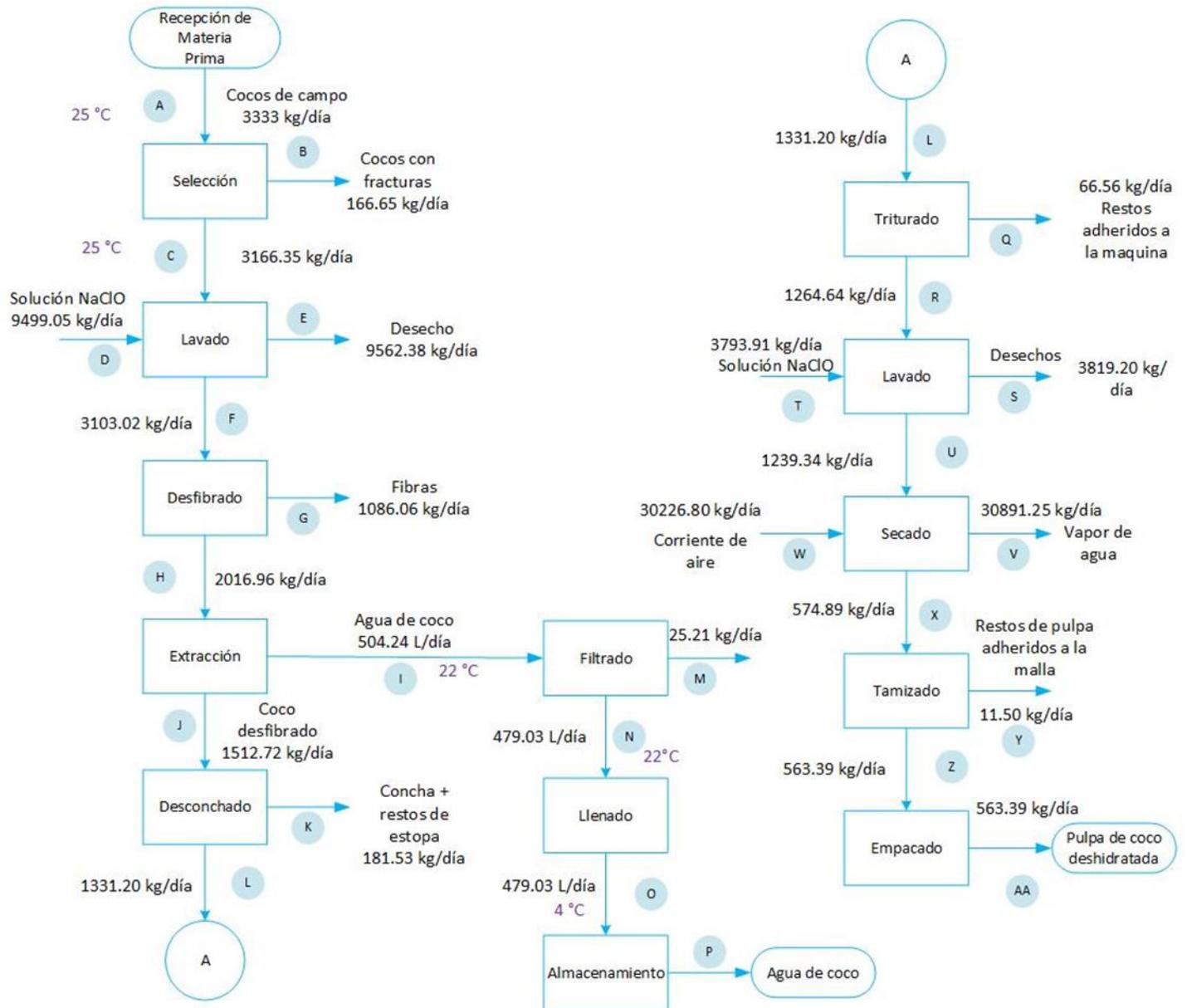


Ilustración 28 Diagrama del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratado

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 59 Balance de materia y descripción del flujo

Etapa	Descripción	Corriente	Flujo (kg)
Recepción	Se reciben cocos de campo	A	3333.00
Salida de selección	5% de los cocos están fracturados	B	166.65
Entrada al lavado	Salida de cocos en buen estado	C	3166.35
Entrada de solución de lavado	Se lavan los cocos con una relación 3:1 solución-cocos	D	9499.05
Salida de desechos	Sale toda la solución de lavados, se considera también que 2% de los pesos del coco es suciedad	E	9562.38
Entrada al desfibrado	Salen los cocos lavados	F	3103.02
Salida del desfibrado (desechos)	Se retira la fibra del coco que contempla el 35% de este	G	1086.06
Entrada a extracción	Sale el coco sin fibra	H	2016.96
Entrada a filtrado de agua	Entra al proceso de extracción, se considera que el coco tiene 25% de agua	I	504.24
Desechos en filtración	un 5% del peso del agua son pequeñas partículas solidas	M	25.21
Entrada a llenado	Es la salida del filtrado	N	479.03
Almacenamiento	Salida del llenado	O	479.03
Salida de llenado	Igual flujo que la corriente anterior, aquí se obtiene agua de coco	P	479.03
Entrada a desconchado	es el coco después de retirársele el agua	J	1512.72
desechos en desconchado	Se retira el endocarpio (concha) del coco	K	181.53
Salida de desconchado	Sale solo pulpa que entra en el proceso de triturado	L	1331.20
Desechos del triturado	5% en pérdida por triturado	Q	66.56
Entrada a lavado	Sale pulpa triturada	R	1264.64
Entrada solución lavado	Entra agua + NaClO, en relación 3:1 agua masa	T	3793.91
Desechos de lavado	Sale la solución más un 2% de perdida	S	3819.20
Entrada a secado	Sale pulpa triturada	U	1239.34

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Entrada corriente aire	Entra corriente de aire al secador	W	30226.80
Salida corriente de aire	Sale corriente de aire del secador	V	30891.25
Salida del secador entrada a tamizado	Se reduce la humedad de 55% a 3. %	X	574.89
Desechos de tamizado	Se pierde el 2% del producto	Y	11.50
Empaque	Aquí se empaca, se obtiene pulpa de coco deshidratada	Z	563.39

Fuente: Elaboración propia

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

**Anexo H. Cálculos de selección de equipos**

Los equipos seleccionados cuentan con una codificación específica la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 60. Codificación de equipos del proceso

N°	Equipo	Etapas	Tipo genérico
1	Transportador de rodillos 1	Selección	Transportadores
2	Tanque contenedor 1	Lavado I	Recipientes de almacenamiento
3	Bomba centrífuga 1	Lavado I	Bombas
4	Tambor rotatorio	Lavado I	Recipientes de proceso
5	Transportador de rodillos 2	Desfibrado	Transportadores
6	Molino de rodillos	Desfibrado	Recipientes de proceso
7	Transportador de rodillos 3	Desfibrado	Transportadores
8	Máquina perforadora	Extracción de agua	Otros
9	Tanque almacenamiento	Extracción de agua	Recipientes de almacenamiento
10	Transportador de rodillos 4	Extracción de agua	Transportadores
11	Bomba centrífuga 2	Filtración	Bombas
12	Filtros de cartucho	Filtración	Separadores
13	Bomba centrífuga 3	Filtración	Bombas
14	Embotelladora	Llenado	Otros
15	Desconchadora de coco	Desconchado	Otros
16	Banda transportadora 1	Triturado	Transportadores
17	tritrador	Triturado	Trituradores
18	Banda transportadora 2	Lavado II	Transportadores
19	Bomba centrífuga 4	Lavado II	Bombas
20	Tambor rotatorio	Lavado II	Recipientes de proceso
21	Bomba centrífuga 5	Secado	Bombas
22	Secador continuo a contracorriente	Secado	Intercambiadores de calor

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

23	Banda transportadora 3	Tamizado	Transportadores
24	Tamizador	Tamizado	Separadores
25	Empacadora	Empacado	Otros

Tabla 61. Selección de recipientes de almacenamiento

Equipo	Código Equipo	Material a contener	Flujo másico kg/día	Volumen requerido L/día	Sobredimensionamiento 10%
Tanque contenedor 1	A-0201	Solución NaClO 0.05%	13292.96	11975.64	13173.20
Tanque almacenamiento	A-0401	Agua de coco	-	504.24	554.66
<p align="center">*El tanque contenedor 1 se utiliza en dos etapas del proceso  ** Densidad del hipoclorito 1.11 kg/L  Fuente: <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-hypochlorite#section=UN-Number">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-hypochlorite#section=UN-Number</a></p>					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Selección de bombas

Equipo	Código Equipo	Altura manométrica	Flujo másico gpm	Eficiencia	Potencia (HP)
Bomba centrifuga 1	B-0201	1.00	1.124276	0.60	1.87
Bomba centrifuga 2	B-0501	1.00	0.09246	0.60	0.15
Bomba centrifuga 3	B-0502	1.00	0.08787	0.60	0.15
Bomba centrifuga 4	B-0901	1.00	0.6958	0.60	1.16
Bomba centrifuga 5	A-1001	1.00	0.007155	0.60	0.01
<p align="center">* Se convirtieron los flujos de kg/día a gpm</p>					

Fuente: Elaboración propia

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

Tabla 63. Selección de recipientes de procesos

Equipo	Código Equipo	Material a contener	Flujo másico kg/día
Tambor rotatorio 1	P-0201	Cocos enteros + NaClO	12665.4
Tambor rotatorio 2	P-0901	Cocos enteros + NaClO	5058.55
Molino de rodillos	P-0301	Cocos enteros	3103.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Selección de separadores

Equipo	Código Equipo	Longitud (m)	Diámetro (m)	Intervalo de presión
Filtros de cartucho	S-0501	1.00	1	1 atm
Tamizador	S-1101	3.00	1	<5 atm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Selección de intercambiadores

Dato	Valor
Temperatura entrada	25 °C
Temperatura salida	60 °C
CP. Coco	2.85 kJ/kg °C
Flujo másico	1239.34 kg
Q (flujo de calor)	123624.165 kJ

Fuente: Elaboración propia

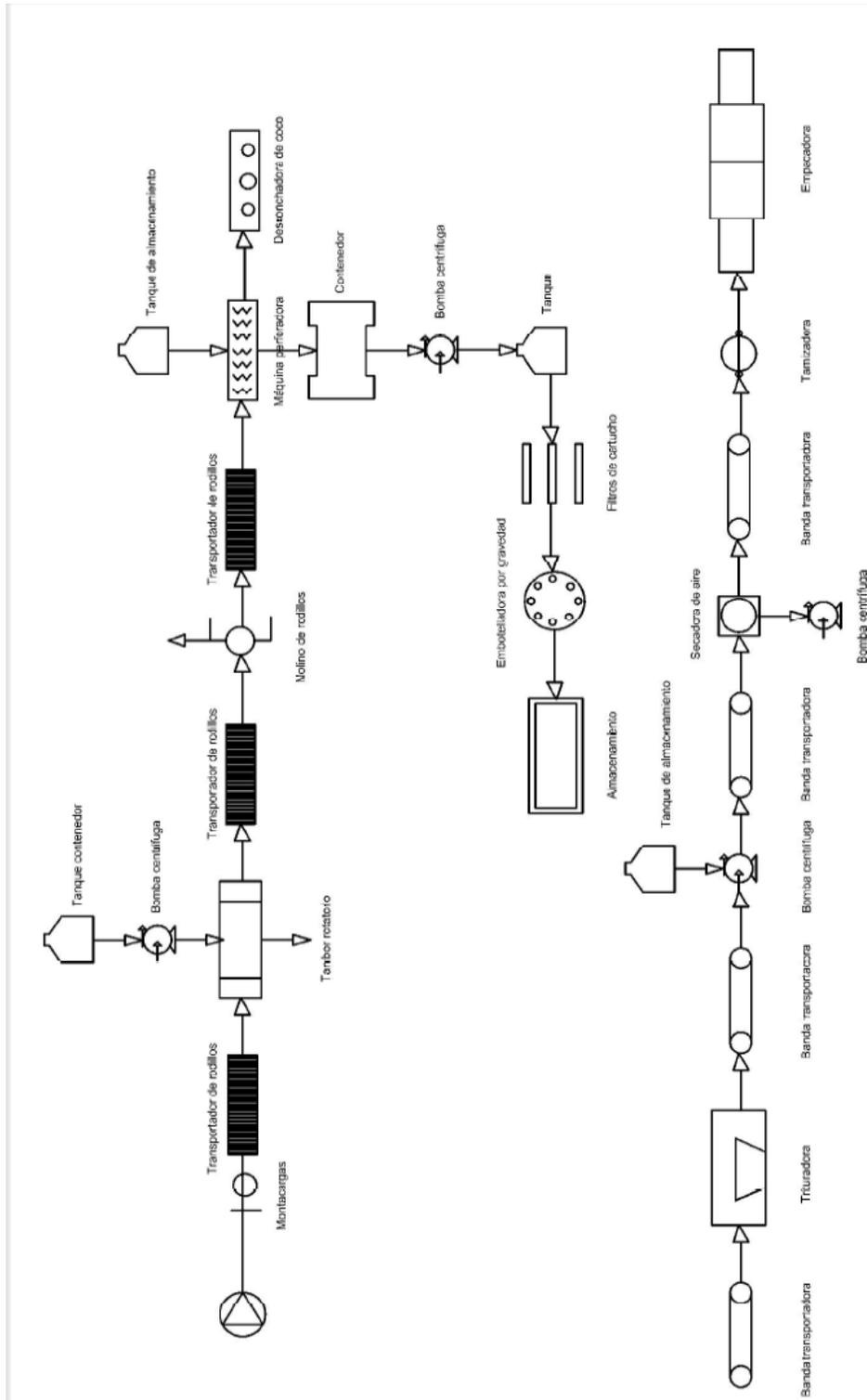
Tabla 66. Selección de otros equipos

Equipo	Código Equipo	Material a contener	Flujo másico
Máquina perforadora	AU-0401	Cocos enteros	2016.96
Embotelladora	AU-0601	Agua de coco	479.03 L/día
Desconchadora de coco	AU-0701	Cocos con concha	1512.72 kg/día
Empacadora	AU-1201	Coco deshidratado	563.39 kg/día

Fuente: Elaboración propia

# Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

## Anexo I. Diagrama de equipos del proceso productivo de agua de coco y pulpa de coco deshidratada



## Anexo J. Normas utilizadas para la comparación de datos del proceso de agua de coco y pulpa de coco

### NORMA DEL CODEX PARA EL COCO DESECADO (CODEX STAN 177-1991)

#### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica al coco desecado, según se define en la Sección 2 *infra*. La presente norma no abarca los productos tratados mediante el salado, el azucarado, el aromatizado o el tostado.

#### DESCRIPCIÓN

#### DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

El coco desecado es el producto:

- (a) elaborado a partir de la almendra blanca básicamente sana obtenida del fruto entero de coco (*Cocos nucifera* L.), que haya alcanzado el desarrollo adecuado para su transformación, sin extracción de aceite, de conformidad con la Sección 3.2.4(c);
- (b) tratado de manera apropiada, que atraviese procesos tales como: descascarado, descascado, mondado, lavado, desmenuzado, secado y tamizado;
- (c) descrito en los puntos (a) y (b) del que se ha extraído parcialmente el aceite por medios físicos adecuados de conformidad con la Sección 3.2.4(c).

#### CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO (opcional)

El coco desecado se puede clasificar por tamaños de acuerdo a su granulometría según se describe a continuación:

- (a) **Coco desecado extrafino** - Coco desecado del que no menos del 90%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 0,85 mm de lado, pero del cual un máximo del 25%, en peso, pasa por un tamiz con aberturas de 0,50 mm de lado.
- (b) **Coco desecado fino** - Coco desecado del cual no menos del 80%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 1,40 mm de lado, pero del cual un máximo del 20%, en peso, pasa por un tamiz con aberturas cuadradas de 0,71 mm de lado.
- (c) **Coco desecado medio** - Coco desecado del cual no menos del 90%, en peso, pasa con facilidad por un tamiz de orificios cuadrados de 2,80 mm de lado, y del cual un máximo del 20%, en peso, pasa por un tamiz con orificios cuadrados de 1,40 mm de lado.
- (d) **Coco desecado de otros tamaños** - comprende todas las demás presentaciones que incluyen los “cortes de fantasía” o cortes especiales (a saber: copos tiernos o finos, rodajas largas y finas, tiras extra fantasía, tiras largas, tiras normales, etc.).

## Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, *Cocos nucifera* L.

---

### FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD

#### ➤ **COMPOSICIÓN**

Ingredientes básicos

Coco según se definen en la Sección 2.1.

#### ➤ **FACTORES DE CALIDAD**

Color y Textura

El color deberá ser entre blanco natural y blanco cremoso claro. La textura deberá ser característica del producto.

- Sabor

El sabor será el característico del producto, sin malos sabores debidos a deterioro o a la absorción de sustancias extrañas.

- Aroma

El aroma será el característico del producto, sin malos olores debidos a mohos, ni olor a queso, humo, fermentación o ranciedad, y no deberá poseer ningún olor indeseable.

- Características químicas y físicas

Parámetros	Requisitos
(a) Acidez total del aceite extraído	□ 0,3% m/m medida como ácido láurico
(b) Humedad	□ 4% m/m
(c) Contenido de aceite	≥ 60% m/m en el caso del coco desecado total como describe en la Sección 2.1.1 (a) y (b)
	≥ 35 < 60% m/m en el caso del coco desecado total como se describe en la Sección 2.1.1(c)
(d) Contenido de cenizas	□ 2,5% m/m

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

(e) <u>Materia vegetal extraña</u> : Materia vegetal inocua asociada con el producto.	15 fragmentos por cada 100 g <input type="checkbox"/>
(f) <u>Materias extrañas</u> : Toda materia visible y/o evidente o material que no suele estar asociado con el producto.	Ausencia en 100 g

➤ **CLASIFICACIÓN DE ENVASES “DEFECTUOSOS”**

Los envases que no cumplan uno o más de los requisitos pertinentes de calidad que se establecen en la Sección 3.2 se considerarán “defectuosos”.

➤ **ACEPTACIÓN DEL LOTE**

Se considerará que un lote cumple los requisitos pertinentes de calidad a los que se hace referencia en la Sección 3.2 cuando el número de envases “defectuosos” tal como se definen en la Sección 3.3 no sea mayor que el número de aceptación (c) del correspondiente plan de muestreo, según se describe en la Sección 10.

➤ **ADITIVOS ALIMENTARIOS**

En los alimentos regulados por la presente Norma podrán emplearse antioxidantes y conservantes de conformidad con los Cuadros 1 y 2 de la Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios (CODEX STAN 192-1995) para la Categoría de Alimento 04.1.2.2 – Frutas Desecadas.

En los productos regulados por la presente Norma también se permite el uso del antioxidante anotado a continuación bajo las condiciones de las buenas prácticas de fabricación.

<b>No. SIN</b>	<b>Nombre del aditivo alimentario</b>	<b>Dosis máxima</b>
330	Ácido cítrico	BPF

➤ **CONTAMINANTES**

Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

### ➤ **HIGIENE**

Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma se preparen y manipulen de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas

Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para el Coco Desecado (CAC/RCP 4-1971) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

### ➤ **PESOS Y MEDIDAS**

Los recipientes deberán estar llenos como sea posible sin perjuicio de la calidad y se ajustarán a la declaración correspondiente del contenido.

### ➤ **ENVASADO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El coco desecado se deberá envasar, transportar y almacenar de conformidad con el Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para el Coco Desecado (CAC/RCP 4-1971).

### ➤ **ETIQUETADO**

Los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma deberán etiquetarse de conformidad con la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Pre envasados (CODEX STAN 1-1985). Además, se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

#### ▪ **NOMBRE DEL PRODUCTO**

El nombre del producto será “Coco Desecado” precedido o seguido por el nombre corriente u ordinario legalmente aceptado en el país de venta al por menor.

El nombre debe indicar el contenido de aceite del producto de acuerdo con la descripción contenida en la Sección 3.2.4(c).

Cuando corresponda, el nombre podrá indicar la clasificación por tamaño del producto, de conformidad con las descripciones contenidas en la Sección 2.2.

Anexo K. Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada.

RECURSOS Y MATERIALES  
DE CAPACITACIÓN EN  
TECNOLOGÍA AGRÍCOLA  
Y ALIMENTARIA

1

ISSN 1995-3025



Buenas prácticas para  
la producción en pequeña  
escala de agua de coco  
embotellada



# Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada

**Rosa Rolle**

Servicio de Tecnologías de  
Ingeniería Agrícola y Alimentaria

Dirección de Infraestructura Rural  
y Agroindustrias

FAO

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN  
Roma, 2007

## **Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Los recursos y materiales de capacitación en tecnología agrícola y alimentaria están a la disposición de instituciones del sector público, universidades, asociación de industrias y organismos no gubernamentales, (ONG) para apoyarlos en la creación de capacidades y su implicación en las políticas. La serie comprende manuales de capacitación y las guías del recurso los cuales han sido desarrollados y probados a través de los programas de campo y normativos de la FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

ISBN 978-92-5-305849-5

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al

Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación  
Electrónica de la División de Comunicación de la FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia o  
por correo electrónico a:  
copyright@fao.org © FAO 2007

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Prólogo.....	ix
1 Introducción.....	1
2 La cadena de producción del agua de coco.....	3
3 Inocuidad y calidad en las operaciones de embotellado del agua de coco.....	5
¿Qué es la calidad?	5
¿Cuáles son los mayores factores que determinan la calidad del agua de coco?	5
Factores previos a la recolección	5
Factores posteriores a la recolección	6
¿Cómo se puede evaluar la calidad y la inocuidad del agua de coco?	8
¿Cuáles son algunas especificaciones de calidad para el agua de coco embotellada?	8
Características físico-químicas	10
Límites microbiológicos	10
¿Cómo se puede garantizar la inocuidad y la calidad del agua de coco?	10
¿Qué son buenas prácticas?	10
4 Elaboración del agua de coco: un enfoque de cadena	13
La selección de los cocos, para la elaboración de agua de coco	13
Consideraciones básicas	13
Buena práctica	14

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Recolección	14	
Consideraciones básicas	14	
Buenas prácticas	17	
Manipulación posterior a la recolección	17	
Consideraciones básicas	17	
Buenas prácticas	18	
Inspección de calidad de los cocos recolectados après la cueillette	19	
Consideraciones básicas	19	
Buenas prácticas	19	
Lavado de los cocos	20	
Consideraciones básicas	20	
Buenas prácticas	20	
Desinfección de las herramientas y de los instrumentos para la elaboración	20	
Consideraciones básicas	20	
Buenas prácticas	21	
Desinfección de botellas y tapas	22	
Consideraciones básicas	22	
Buenas prácticas	22	
Embotellado del agua de coco	22	
Consideraciones básicas	22	
Buenas prácticas higiénicas para los cortadores de cocos y los embotelladores del agua de coco	24	24
Buenas prácticas para recoger el agua de coco	24	24
Buenas prácticas para la filtración del agua de coco	25	25
Buenas prácticas para el embotellado del agua de coco	25	
Etiquetado del agua de coco embotellada	26	
Buena práctica	26	
Almacenamiento y transporte del agua de coco embotellada	26	

**Diseño del proceso tecnológico de agua y pulpa de coco deshidratada, para el aprovechamiento industrial del coco, Cocos nucifera L.**

---

Consideraciones básicas	26
Buenas prácticas	27

## Capítulo 3

### 1 Seguridad y calidad en las operaciones de embotellado del agua de coco

#### 2 ¿QUÉ ES LA CALIDAD?

- La calidad incluye todos los factores o las características que se utilizan para decidir si un producto es bueno o no.
- Un producto que no tiene una calidad aceptable no se debe distribuir, porque puede ser **peligroso** y hacer daño al consumidor.

#### 3 ¿CUÁLES SON LOS MAYORES FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA DE COCO?

Factores previos y factores posteriores a la recolección, así como las condiciones del almacenamiento, pueden afectar negativamente la calidad del agua de coco.

#### 4 Factores previos a la recolección

- **Contaminación por residuos de pesticida**
  - Son el resultado del uso de pesticidas durante la producción del coco.
- **Contaminación por metales pesados**
  - Los metales pesados pueden entrar en contacto con el agua de coco a través de la tierra o por la contaminación del agua y pueden causar enfermedades.

#### 5 Factores posteriores a la recolección

- **Contaminación por microorganismos**
  - Los microorganismos podrían entrar en contacto con el agua de coco a través de la manipulación irregular posterior a la recolección y por las técnicas del proceso.

RECUADRO 1  
**Microorganismos**

- Los microorganismos comprenden mohos, levaduras, bacterias y virus.
- Los microorganismos se encuentran en todos los ambientes: en el aire, en la suciedad, en nuestra piel.
- Muchos microorganismos son demasiado pequeños para ser apreciados a simple vista.
- Muchos microorganismos son útiles y juegan un papel positivo e importante en nuestras vidas.
- Varios microorganismos causan la descomposición de los alimentos.
- Algunos microorganismos causan enfermedades. Son llamados *patógenos*.
- Algunos microorganismos pueden secretar sustancias tóxicas.

*¿Cómo contribuyen los microorganismos a la descomposición del agua de coco?*

- Los microorganismos consumen los azúcares del agua de coco y producen ácido y gas, causando su fermentación.
- Los microorganismos contribuyen a la descomposición de los lípidos presentes en el agua de coco causando surancidez;
- Los microorganismos contribuyen a la descomposición de pequeñas cantidades de proteína en el agua de coco y es la causa de que tenga olor a azufre.
- **Condiciones del almacenamiento posterior a la recolección**
  - Las altas temperaturas estimulan la tasa de respiración del coco después de la recolección, lo que causa un rápido deterioro de la calidad del agua dentro del coco entero.
- **Condiciones del almacenamiento del agua de coco embotellada**
  - Las altas temperaturas también fomentan el desarrollo microbiano dentro del producto embotellado y, por lo tanto, limita su vida útil.

## **6 ¿CÓMO SE PUEDEN EVALUAR LA CALIDAD Y LA INOCUIDAD DEL AGUA DE COCO?**

### **¿En casa o sin tener un laboratorio?**

- **Observando la apariencia del producto**
  - ¿es un producto aparentemente limpio?
  - ¿parece estar fermentando, es decir, ha producido gas en la botella?
  - ¿tiene algún objeto extraño, por ejemplo: un cabello, parte de un insecto, partículas de suciedad en el producto?
- **Por su olor**
  - ¿huele a rancio?
  - ¿huele como a azufre?

### **7 ¿En el laboratorio?**

- **Por pruebas químicas**
  - para residuos de pesticidas
  - para metales pesados
  - para medir el contenido de ácidos grasos libres
- **Por la supervisión de las propiedades fisicoquímicas**
  - medir el pH
  - medir los grados Brix
  - medir el nivel de turbidez (por ejemplo: opacidad del producto).
- **Por pruebas microbiológicas**
  - para determinar el número de microorganismos presentes en una muestra del producto
  - para determinar los tipos de microorganismos que están presentes

## **8 ¿CUÁLES SON ALGUNAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA EL AGUA DE COCO EMBOTELLADA?**

El agua de coco de buena calidad para beber es incolora y de aspecto claro.

Las características de un producto aceptable son las siguientes:

RECUADRO 2  
pH

**¿Qué es el pH?**

El pH de un producto indica el nivel de acidez del producto y se mide en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro. Los valores menores de siete son ácidos, los de más de siete son alcalinos. El agua de coco tiene un pH entre 5 y 5,4 y, por lo tanto, es ligeramente ácida.

**¿Cómo se mide?**

El pH se mide usando el medidor de pH.



**Lámina 1**  
*Un medidor portátil de pH*

RECUADRO 3  
Grados Brix

**¿Qué son los grados Brix?**

Los grados Brix proporcionan una medida objetiva de la concentración de azúcar disuelto en un producto y da la idea del nivel de dulzura del mismo. Los grados Brix se miden usando el refractómetro (Lámina 2).



**Lámina 2**  
*Un refractómetro portátil*

## **9 Características físico-químicas**

pH	5 - 5,4
Grado Brix	5 - 6,5

## **10 Límites microbiológicos:**

Conteo total de bacterias aeróbicas / ml	menos de 5 000	Coliformes / ml	menos de 5 000
Coliformes fecales / ml	ausentes		

El conteo microbiológico, o conteo de aerobios totales, indica el buen estado del producto; en cambio, el conteo de coliformes indica el grado de higiene presente en el proceso y envasado del producto. Los microorganismos patógenos, como los coliformes fecales, son potencialmente dañinos para el consumidor y por consiguiente, no son tolerables en el agua de coco.

## **11 ¿CÓMO SE PUEDE GARANTIZAR LA INOCUIDAD Y LA CALIDAD DEL AGUA DE COCO?**

Aplicando **buenas prácticas** para evitar la contaminación y el uso de temperaturas adecuadas en cada paso de la cadena de producción.

## **12 ¿QUÉ SON BUENAS PRÁCTICAS?**

Son los procedimientos aprendidos de la experiencia y la comprobación por prueba científica.

Una buena práctica

- está basada científicamente
- se mejora constantemente
- es rentable
- asegura la producción de productos seguros y de alta calidad