



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial

## **MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE PALMISTE**

**Ludwing Mauricio Aristondo Gutiérrez**

Asesorado por el Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
UNA PLANTA DE BENEFICIO DE PALMISTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LUDWING MAURICIO ARISTONDO GUTIÉRREZ**

ASESORADO POR EL ING. ESDRAS FELICIANO MIRANDA OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahan Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Videz Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Hernan Leonardo Cortes Urioste
EXAMINADOR	Ing. Jose Arturo Estrada Martinez
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento De Serrano
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial

Como Asesor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE PALMISTE**, realizado por el estudiante universitario **Ludwing Mauricio Aristondo Gutiérrez**, me permito recomendar la aprobación y revisión del mismo haciéndome responsable de su contenido.

**Atentamente**

**Guatemala marzo de 2006**

**Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco**  
**Ing. Mecánico**  
**Asesor, Colegiado No. 4637**

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE PALMISTE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica – Industrial, el 21 de octubre de 2004.

Ludwing Mauricio Aristondo Gutiérrez



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial

Como Asesor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE PALMISTE**, realizado por el estudiante universitario **Ludwing Mauricio Aristondo Gutiérrez**, me permito recomendar la aprobación y revisión del mismo haciéndome responsable de su contenido.

**Atentamente**

**Guatemala marzo de 2006**

**Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco**  
**Ing. Mecánico**  
**Asesor, Colegiado No. 4637**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS:** Fuente de sabiduría que ha guiado mi vida y porque nada es posible sin su voluntad.
- MIS PADRES** Patricia de Aristondo y Mauricio Aristondo  
Por todo su amor, esfuerzo y dedicación; porque sus esfuerzos hoy se vean recompensados.
- MIS ABUELITOS** Martha Aristondo, Carmen Marroquí y Carlos Gutiérrez.  
Como muestra de agradecimiento por su paciencia y sus sabios consejos.
- MIS HERMANOS** Rudy y Joseluis Aristondo Gutiérrez  
Pos su apoyo, cariño y comprensión incondicional.  
Porque mi triunfo es también de ustedes.
- MIS TÍOS** Arturo Pichardo, Carlos Gutiérrez, José Maria Gutiérrez, Juan Fernando Gutiérrez, Luís Gutiérrez y Marco Antonio Aristondo  
Por todas aquellas experiencias compartidas que ayudaron a mi formación como ser humano.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A todas aquellas personas que me alentaron y apoyaron en la elaboración de este trabajo. Al personal de Inversiones de Desarrollo, S. A. que hicieron posible este trabajo, Ing. Clara Oliva, Rigoberto Sagastume, Edy Lecointe y al Ing. Esdras Miranda por su asesoría.

Especial agradecimiento a Ana Marcela Cruz Colocho. Por todo tu amor, cariño, paciencia y comprensión. Un millón de gracias.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI

### 1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 La extracción de aceite y harina de palmiste en Guatemala.....	1
1.1.1 Generalidades de la palma africana.....	1
1.1.2 El palmiste en Guatemala.....	6
1.2 Características de la almendra de palmiste. ....	11
1.3 Aplicaciones en la industria alimentaria del aceite de palmiste.....	16
1.3.1 Grasas y aceites.....	16
1.3.2 Aplicaciones en la industria alimentaria.....	17
1.4 Aplicaciones de la harina de palmiste en la industria alimentaria.....	19
1.5 Proceso de la recuperación de la almendra de palmiste. ....	20

## 2 SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Descripción del proceso de extracción de aceite y harina en INDESA.....	23
2.2 Descripción mecánica del equipo instalado.....	24
2.2.1 Silos de secado.....	24
2.2.2 Expeller primer prensado.....	26
2.2.2.1 Sistema motor-reductor.....	27
2.2.2.2 Eje central.....	27
2.2.2.3 Tornillo helicoidal. ....	27
2.2.2.4 Filtro o canasta.....	28
2.2.2.5 Cono de contrapresión.....	29
2.2.3 Expeller segundo prensado.....	29
2.2.4 Molino de martillos.....	30
2.2.4.1 Estator. ....	31
2.2.4.2 Rotor.....	32
2.2.5 Filtro prensa. ....	32
2.2.5.1 Tanque sedimentador.....	33
2.2.5.2 Marcos metálicos.....	33
2.2.6 Sistema de calentamiento.....	35
2.3 Descripción de operación.....	36
2.3.1 Silos de secado.....	36
2.3.2 Expeller primer prensado.....	38
2.3.2.1 Arranque .....	38
2.3.2.2 Operación .....	39
2.3.2.3 Paro.....	40
2.3.3 Expeller segundo prensado.....	40
2.3.3.1 Arranque.....	41
2.3.3.2 Operación.....	41
2.3.3.3 Paro.....	42

2.3.4	Molino de martillos.....	43
2.3.4.1	Arranque. ....	43
2.3.4.2	Operación. ....	43
2.3.4.3	Paro.....	44
2.3.5	Filtro-prensa.....	44
2.3.5.1	Arranque.....	44
2.3.5.2	Operación. ....	45
2.3.5.3	Paro.....	45
2.3.6	Sistema de calentamiento.....	46
2.4	Parámetros de análisis.....	47
2.4.1	Porcentaje de humedad en almendra.....	47
2.4.1.1	Definición. ....	47
2.4.1.2	Muestreo.....	48
2.4.2	Porcentaje de impureza.....	49
2.4.2.1	Definición. ....	49
2.4.2.2	Muestreo.....	49
2.4.3	Porcentaje de residual de aceite en harina.....	51
2.4.3.1	Definición.....	51
2.4.3.2	Muestreo.....	53
2.4.4	Porcentaje de humedad en aceite.....	53
2.4.4.1	Definición. ....	53
2.4.4.2	Muestreo.....	54
2.4.5	Porcentaje de humedad en harina .....	54
2.4.5.1	Definición.....	55
2.4.5.2	Muestreo.....	55

### **3 ESTABLECIMIENTO DE NORMAS DE OPERACIÓN Y MATENIMIENTO**

3.1 Normas de operación.....	57
3.1.1 Silos de secado.....	58
3.1.1.1 Arranque.....	58
3.1.1.2 Operación.....	59
3.1.1.3 Paro.....	61
3.1.2 Expeller primer prensado.....	61
3.1.2.1 Arranque.....	62
3.1.2.2 Operación.....	63
3.1.2.3 Paro. ....	65
3.1.3 Expeller segundo prensado.....	66
3.1.3.1 Arranque.....	66
3.1.3.2 Operación.....	68
3.1.3.3 Paro. ....	69
3.1.4 Molino de martillos.....	70
3.1.4.1 Arranque.....	71
3.1.4.2 Operación.....	71
3.1.4.3 Paro. ....	72
3.1.5 Filtro prensa. ....	73
3.1.5.1 Arranque.....	73
3.1.5.2 Operación.....	74
3.1.5.3 Paro.....	75
3.1.6 Sistema de calentamiento de aceite.....	77
3.1.6.1 Arranque.....	77
3.1.6.2 Operación.....	78
3.1.6.3 Paro.....	79
3.2 Normas de mantenimiento.....	80
3.2.1 Silos de secado.....	81
3.2.2 Expeller primer prensado.....	82

3.2.3	Expeller segundo prensado.....	84
3.2.4	Molino de martillos.....	87
3.2.5	Filtro prensa. ....	89
3.2.6	Sistema de calentamiento de aceite.....	90
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	
4.1	Humedad en almendra. ....	93
4.2	Porcentaje de impureza. ....	96
4.3	Porcentaje de residual de aceite en harina.....	97
4.4	Porcentaje de humedad en aceite.....	101
4.5	Porcentaje de humedad en harina.....	103
<b>5</b>	<b>SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA</b>	
5.1	Programa de mantenimiento.....	107
5.1.1	Definición de piezas de recambio.....	107
5.1.1.1	Expeller primer y segundo prensado.....	106
5.1.1.2	Molino de martillos.....	109
5.1.1.3	Filtro-prensa.....	111
5.1.2	Inventario mínimo en bodega.....	112
5.1.3	Fichas técnicas de los equipos.....	117
5.2	Control diario del proceso. ....	119
5.2.1	Control rápido del proceso.....	120
5.2.2	Reporte de los análisis de laboratorio.....	123
5.2.3	Reporte de mantenimiento. ....	125
5.2.3.1	Hoja de mantenimiento expeller.....	125
5.2.3.2	Hoja de mantenimiento molino de martillos.....	128
5.2.3.3	Hoja de mantenimiento filtro prensa.....	128
5.2.3.4	Hoja de mantenimiento silo de secado. ....	128

5.3 Condiciones mínimas de almacenamiento. ....	132
5.3.1 Almacenamiento del aceite de palmiste. ....	132
5.3.2 Almacenamiento de la harina de palmiste. ....	132
5.4 Personal operativo.....	132
5.4.1 Supervisor.....	132
5.4.1.1 Funciones y responsabilidades.....	132
5.4.2 Operador.....	134
5.4.2.1 Funciones y responsabilidades.....	134
5.4.3 Auxiliar. ....	135
5.4.3.1 Funciones y responsabilidades .....	135
<b>CONCLUSIONES</b> .....	137
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	139
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	141

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figura

1	Foto de una palma africana	1
2	Racimo y fruta de palma africana	2
3	Producción mundial de aceites	5
4	Incremento del área cultivada en el mundo	6
5	Distribución del área sembrada de palma africana en Guatemala	8
6	Producción de palmiste en Guatemala	10
7	Extracción de aceite y harina de palmiste en Guatemala	11
8	Partes del fruto de la palma africana	12
9	Frutos externos, medio e internos	13
10	Variedades de las semillas de la palma africana	14
11	Relación mesocarpio y almendra en fruto.	15
12	Esquema general silo de secado	25
13	Arreglo general expeller primer y segundo prensado	26
14	Esquema explosivo general expeller primer y segundo prensado	30
15	Esquema general molino de martillos	31
16	Esquema general filtro prensa	34
17	Esquema de tuerca de ajuste y cono de presión	39
18	Esquema de las piezas de recambio expeller primer segundo prensado	83
19	Esquema de identificación de piezas molino de martillos	88
20	Porcentaje de humedad salida del silo de secado antes de la implementación de normas	94

21	Porcentaje de humedad salida del silo de secado después de implementarse las normas	95
22	Porcentaje de impurezas	96
23	Residual de aceite de palmiste en harina antes de la implementación de normas	98
24	Residual de aceite de palmiste en harina después de implementarse las normas	100
25	Humedad del aceite antes de implementarse las normas	102
26	Humedad en aceite después de implementarse las normas.	103
27	Humedad en harina antes de implementarse las normas	104
28	Humedad en harina después de implementarse las normas.	105
29	Piezas de recambio expeller	108
30	Esquema de canasta de alimentación y canasta de presión	109
31	Esquema general molino de martillos	110
32	Esquema de marcos y lona filtro-prensa	111
33	Hoja de análisis rápido del proceso	121
34	Hoja de control de operación	122
35	Hoja de control de calidad	124
36	Hoja de control de mantenimiento de expeller	126
37	Hoja de control de mantenimiento de expeller parte posterior	127
38	Hoja de control de mantenimiento molino de martillos	129
39	Hoja de control de mantenimiento filtro-prensa	130
40	Hoja de control de mantenimiento silo de secado	131



## Tablas

I	Primeras plantaciones de palma africana	3
II	Mayores productores de aceite de palma y palmiste en el mundo	4
III	Mayores productores de aceite de palma y palmiste en Latinoamérica	4
IV	Ácidos grasos saturados	16
V	Ácidos grasos insaturados	17
VI	Lista de mantenimiento para los silos de secado	82
VII	Lista de piezas de recambio expeller primer prensado	83
VIII	Actividades de mantenimiento expeller primer prensado	84
IX	Lista de piezas de recambio expeller segundo prensado	85
X	Actividades de mantenimiento expeller segundo prensado	86
XI	Actividades de mantenimiento molino de martillos	88
XII	Actividades de mantenimiento filtro-prensa	90
XIII	Actividades de mantenimiento del sistema de calentamiento	91
XIV	Lista de piezas de recambio expeller primer y segundo prensado	108
XV	Lista de piezas de recambio del molino de martillos	110
XVI	Inventario mínimo de repuestos para los expeller	113
XVII	Inventario mínimo de repuestos molino de martillos	114
XVIII	Inventario mínimo de repuestos filtro prensa	114
IXX	Inventario mínimo de repuestos generales	115



## GLOSARIO

<b>Angiospermas</b>	Plantas cuya semilla están cubiertas por una capa protectora.
<b>Ápice</b>	Parte superior del tronco donde se originan las hojas y el fruto.
<b>Collarín</b>	Anillo cónico que se utiliza para aumentar gradualmente el diámetro del arreglo de tornillos en los expeller, y donde se produce la compresión.
<b>Cuesco</b>	Recubrimiento duro natural de la almendra, de alto poder calorífico, llamado también cáscara o cascarilla, que en conjunto forman la nuez o semilla de la palma africana.
<b>Esterina</b>	Sustancia grasosa sólida a temperaturas más altas que la oleína, presente en mayor proporción en las grasas de origen animal.
<b>Expeller</b>	Equipo utilizado para comprimir y así separar el aceite de la harina de palmiste.

<b>Fraccionamiento</b>	Proceso que consiste en la separación de oleína y esterina, de las grasas animales y vegetales.
<b>Hectárea (ha)</b>	Unidad de superficie igual a 10000 m <sup>2</sup> .
<b>Mesocarpio</b>	Parte fibrosa o carnosa entre el pericarpio y mesocarpio de algunas frutas.
<b>Oleína</b>	Sustancia grasosa líquida a temperatura más baja que la esterina, presente en mayor proporción en las grasas vegetales, comúnmente llamadas aceites.
<b>Raquiz</b>	Soporte natural de los frutos de la palma africana, que en conjunto forman los racimos de fruta.
<b>Refinación</b>	Proceso que consiste en extraer del aceite impurezas color y olor.
<b>Residual</b>	Cantidad de aceite remanente en la harina, expresado como porcentaje de peso, que no ha sido posible extraer.
<b>Soxhlet</b>	Equipo de laboratorio utilizado para la evaporación y condensación de solventes y sustancias volátiles.
<b>Tonelada métrica (Tm):</b>	Unidad de masa igual a 1,000 kilogramos.

## RESUMEN

Del fruto de la palma africana se obtienen tres productos: el aceite de palma, el aceite de palmiste y la harina de palmiste; estos dos últimos se obtienen de la almendra o palmiste. El aceite de palmiste tiene una amplia aplicación en la industria alimenticia y la harina en la elaboración de concentrados para animales. Existen varios métodos para la extracción del aceite de palmiste: en frío, en caliente y por solvente. El presente trabajo de graduación se basa en el aumento de la eficiencia en la extracción del aceite de palmiste, enfocándose en la mejora de la operación y mantenimiento del equipo en una planta de extracción en caliente, en la empresa Inversiones de Desarrollo, S. A.

Inicialmente se realiza una evaluación del equipo instalado para determinar su capacidad, se analiza la operación y el mantenimiento actual, tomando como referencia los manuales de operación y mantenimiento. Así también, se determinan los parámetros de los análisis de laboratorio que determinan la eficiencia del proceso, y se establecen rangos en la operación.

Con los resultados de los análisis de laboratorio, se determinan los puntos críticos en la operación, estableciéndose normas de operación y mantenimiento, para poder alcanzar y mantener los análisis dentro de los rangos establecidos. Siempre tomando en cuenta la capacidad y las limitaciones del equipo instalado. Para que el programa de mantenimiento pueda seguirse, se establece un inventario mínimo de repuestos, tomando en cuenta el tiempo de operación y el tiempo de entrega, principalmente para aquellos repuestos que no se encuentran en el mercado local.



# OBJETIVOS

## General

- Por medio de la comparación de la situación actual del proceso y la información obtenida en las investigaciones, identificar los puntos críticos en la operación del sistema que influyen en la eficiencia del proceso, en términos de pérdidas y calidad de aceite y harina de palmiste. Y en base a esto determinar normas de operación que permitan alcanzar los estándares establecidos.

## Específicos

1. Establecer los parámetros de análisis que determinan la eficiencia del proceso de extracción de aceite de palmiste, en base a los requerimientos de calidad y porcentaje de extracción por tonelada métrica de palmiste.
2. En base a las características técnicas de los equipos que forman el sistema, proporcionados por el fabricante en los manuales de operación y mantenimiento, determinar los valores máximos y mínimos del parámetro a analizar.
3. Por medio del análisis de la operación actual del sistema, determinar los puntos críticos que afectan la eficiencia del proceso.

4. En base a las investigaciones y los resultados de los ensayos de campo realizados en la planta extractora de INDESA, determinar normas de operación que permitan alcanzar los estándares establecidos.
5. Determinar el tiempo óptimo de operación de las partes de recambio que componen el sistema, para poder mantener los estándares en un tiempo determinado.
6. Determinar las condiciones óptimas del palmiste para su proceso, y establecerlas como normas de calidad.
7. Implementar un sistema de evaluación rápida del proceso. Que permita evaluar continuamente el cumplimiento de las normas establecidas.



## INTRODUCCIÓN

La palma africana, como su nombre lo indica, tiene sus orígenes en el oeste de África. A mediados del siglo pasado se inició el cultivo de la palma a gran escala, debido al desarrollo tecnológico que hizo cada vez más eficiente el proceso de extracción de aceite rojo, y sucesivamente harina y aceite de palmiste, siendo Malasia e Indonesia, los mayores productores a nivel mundial.

Inversiones de Desarrollo, S.A. (INDESA), se dedica a la extracción y comercialización de aceite de palma, aceite y harina de palmiste. La planta extractora, en la cual se basa este proyecto, tiene capacidad de proceso de dos toneladas métricas de palmiste por hora.

El aumento de la eficiencia en la extracción de aceite y harina de palmiste es el principal objetivo de este proyecto. Comparando los resultados de laboratorio de la situación actual con resultados teóricos, se establecen rangos permisibles para la operación, que se alcanzan con el establecimiento de normas y controles en la operación y mantenimiento para los equipos de los cuales depende la eficiencia del proceso y la calidad del producto.

Para el establecimiento de las normas se realiza una comparación del historial de resultados de la situación actual, con los resultados de la operación y mantenimiento bajo normas y controles, que demostrarán que un proceso bajo control es más eficiente que aquel que carece de éstos. También se demuestra que existen situaciones en las que las normas que pueden funcionar para un proceso no necesariamente darán los mismos resultados en diferentes situaciones, ya sea de carácter estructural o funcional.



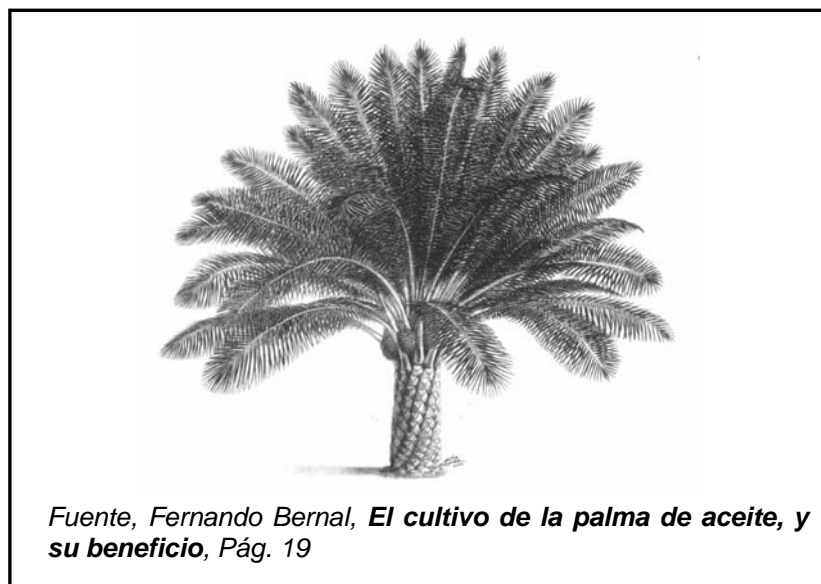
# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1 La extracción de aceite y harina de palmiste en Guatemala

### 1.1.1 Generalidades de la palma africana

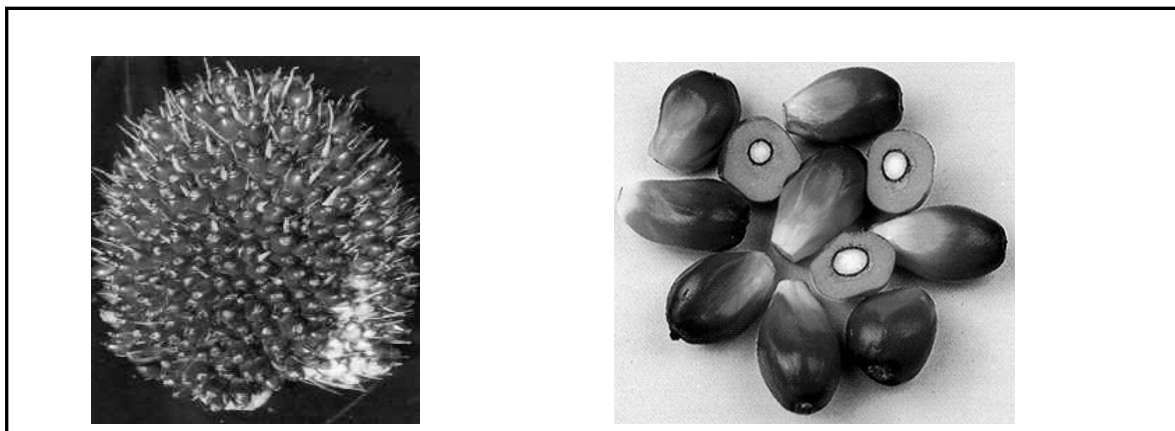
Su nombre científico *Elaeis guineensis*, pertenece a la familia de las *palmáceas*, originaria del oeste de África, llamada también como Palma de Guinea o Palma de Aceite o Palma Aceitera. Muy similar a la palma de coco, con hojas grandes acumuladas en el ápice del tronco, en su estado silvestre puede llegar a medir hasta 30 metros de alto en 50 años, pero por la dificultad de su cosecha se deja crecer hasta 12 metros, lo cual se alcanza a los 25 años. Al igual que todas las *palmáceas* crece en clima tropical a menos de 500 metros sobre el nivel del mar, largas estaciones de lluvia, abundante luz solar y temperatura promedio de 26 °C. En la Figura 1, se puede observar la foto de una palma africana.

Figura 1. Foto de una palma africana, *Elaeis Guineensis Jacq*



Los racimos de fruta de la palma africana al igual que el coco se encuentran en el ápice de la palma, con la diferencia de que el racimo de la palma africana es mucho más compacto, de forma cónica, con un peso entre 10 y 40 Kg. compuesto por varios centenares de fruto, ver Figura 2, los cuales pueden ser casi circulares, ovoides o alargados y de diferentes tamaño. Negros en la etapa de crecimiento y de color anaranjado rojizo al alcanzar la madurez. Del fruto se extraen dos aceites, el Aceite de Palma de color rojo, que se encuentra en el mesocarpio y que recubre la semilla de la palma, compuesta de cáscara dura llamada cuesco, que a su vez cubre la almendra llamada también palmiste o coquito, del cual se obtiene el segundo aceite, de color dorado, por medio del prensado o utilizando solventes y también se obtiene la harina.

**Figura 2. Racimo y fruta de palma africana**



Fuente: Ricardo Escobar y Amancio Alvarado, **XXVI Curso internacional de palma de aceite 2004, ASD Costa Rica, Clonación palma aceitera**, Presentación No 1.

Los frutos de la palma africana han sido utilizados durante miles de años por los nativos de la costa occidental de África como alimento y sus hojas para protegerse de las inclemencias del tiempo. Las primeras plantaciones en el mundo con fines agroindustriales se muestran en la Tabla I.

**Tabla I. Primeras plantaciones de palma africana**

<i>País</i>	<i>Año</i>
• <i>Sumatra</i>	<i>1,911</i>
• <i>Camerún</i>	<i>1,913</i>
• <i>Malasia</i>	<i>1,917</i>
• <i>Zaire</i>	<i>1,921</i>

Fuente: Ricardo Escobar, **Mejoramiento genético de la palma de aceite y producción de semillas de alto rendimiento**, Pagina No 2.

La palma africana se introdujo al continente americano por medio de los colonizadores y comerciantes españoles y portugueses, alrededor del siglo XVI, que traían consigo esclavos provenientes de África, ya que el fruto era parte de su dieta alimenticia. La introducción de la palma africana como cultivo industrial en América fue realizado por United Fruit Company, aunque su principal cultivo siempre ha sido el banano, inició la investigación del cultivo de la palma africana en 1923 con miras a la diversificación debido a problemas políticos que en ese entonces se producían en Honduras y a la oposición del sector cafetalero al cultivo de banano en Costa Rica.

El centro de investigación se instaló en Lima, Honduras en 1926 con un área experimental en Lencitilla. Después de varios problemas fitosanitarios, United Fruit Company inicio las primeras plantaciones comerciales en El Progreso, Yoro, Honduras, abarcando únicamente 6.5 hectáreas en 1936. En 1943 se iniciaron las siembras en San Alejo, Honduras y luego en Quepos, Costa Rica 1,944. En Guatemala las primeras siembras se iniciaron en La Bananera, Morales, Izabal, y por un productor individual en Pueblo Nuevo Tiquisate, Escuintla con 360 hectáreas entre 1946 y 1948. La United Fruit Company inicio la siembra de palma africana compartiendo terreno con las plantaciones de banano en Latinomerica.

En la Tabla II, se muestra el área sembrada de por los 2 mayores cultivadores de palma a nivel mundial, solamente Malasia seguido de Indonesia, producen el 80 por ciento del aceite de palma y de palmiste del mundo muestra y En la Tabla III, se muestra el área sembrada de los mayores productores de aceite de palma y palmiste en Latinoamérica.

**Tabla II. Mayores productores de aceite de palma y palmiste en el mundo**

<b>País</b>	<b>Millones de hectáreas</b>
• Malasia	3.67
• Indonesia	2.8

Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 139

**Tabla III. Mayores productores de aceite de palma y palmiste en Latinoamérica**

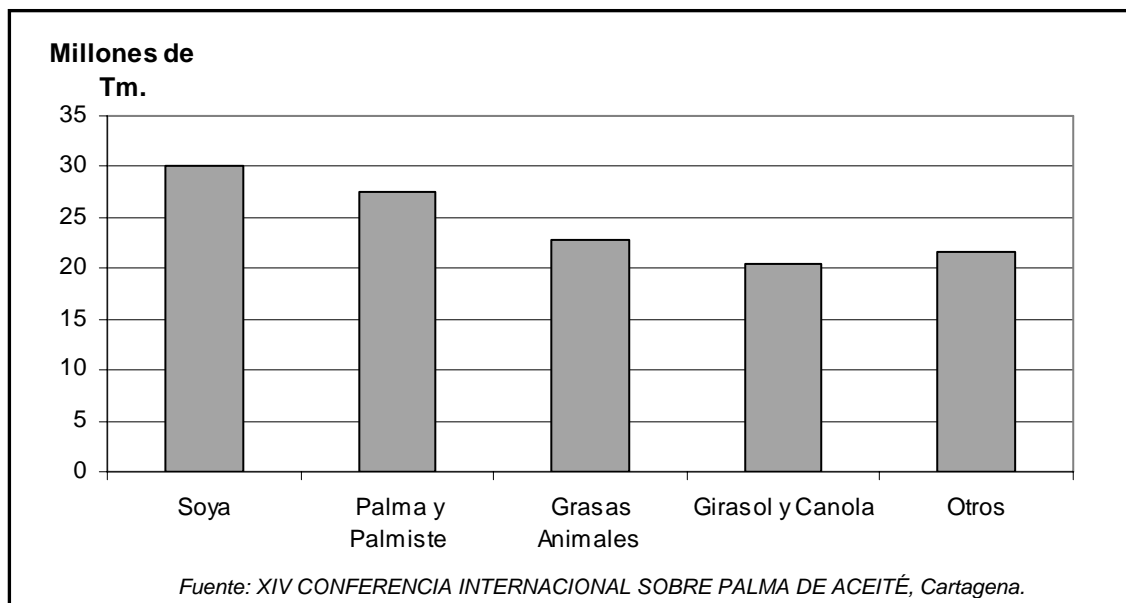
<b>País</b>	<b>Miles de hectáreas</b>
• <i>Colombia</i>	<i>138</i>
• <i>Ecuador</i>	<i>104</i>
• <i>Brasil</i>	<i>42</i>
• <i>Costa Rica</i>	<i>39</i>
• <i>Honduras</i>	<i>33</i>
• <i>Venezuela</i>	<i>30</i>

Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 118.

La importancia de la palma africana es el rendimiento de aceite por hectárea sembrada, desde un 3.36 a 5 toneladas métricas de aceite, mas 0.57 a 0.84 de aceite de palmiste y .69 a 1.02 toneladas de harina por hectárea sembrada. Comparado con el rendimiento del la soya con .5 % de toneladas métricas de aceite mas 2 métricas de harina soya por hectárea sembrada, y el aceite de algodón hasta un máximo de .8 toneladas de aceite por hectárea. Otra de las grandes ventajas, es que la palma africana es un cultivo perenne, mientras que la soya y el algodón son cultivos anuales.

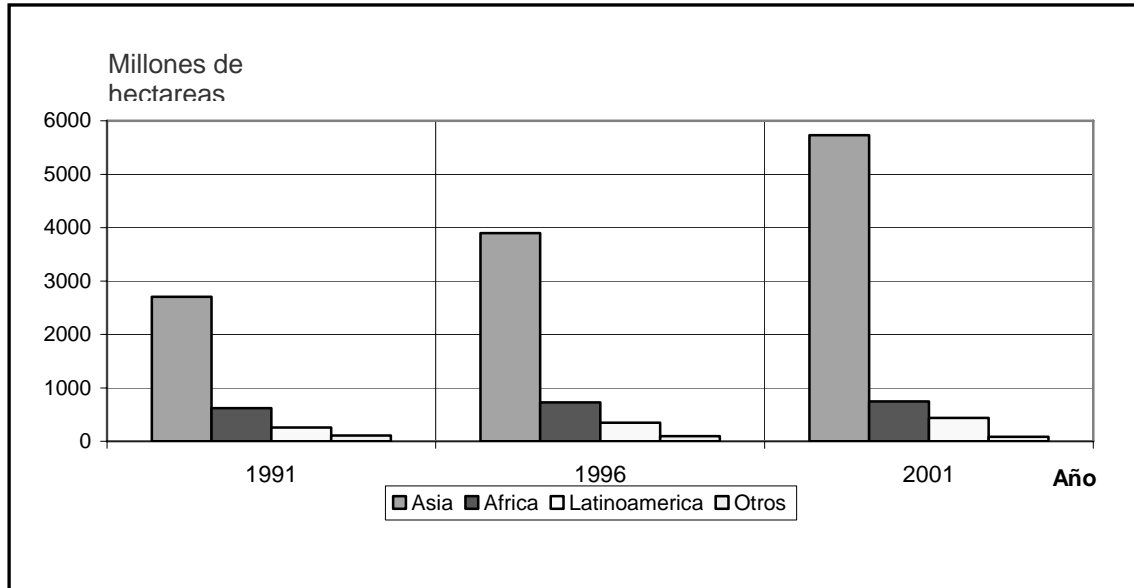
Estas características son las que han llevado a la palma africana a ser el segundo cultivo dentro de los 16 aceites vegetales y grasas animales a nivel mundial, y el primer lugar en su expansión anual como se puede ver en la Figura 3 y en la Figura 4.

**Figura 3. Produccion mundial de aceites**



Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 138. Efectos en la promoción de aceite de palma en la experiencia malaya, Salleh Cassin.

**Figura 4. Incremento del área cultivada en el mundo**



Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 138. Efectos en la Promoción de aceite de palma en la experiencia malaya, Salleh Cassin.

### **1.1.2 El palmiste en Guatemala**

Como se indica anteriormente las primeras siembras de palma africana en Guatemala se iniciaron por la United Fruit Company en la Bananera, Morales, Izabal y en Pueblo Nuevo Tiquisate, Escuintla, por una persona individual. A diferencia de las plantaciones de Honduras y Costa Rica, las dos plantaciones en Guatemala fueron abandonadas. Gran parte de ello debido a la reforma agraria impulsada por el gobierno de Guatemala.



En 1974 se inicia de nuevo la siembra de la palma africana como proyecto de diversificación de cultivos en las áreas cafetaleras, impulsado por Anacafe, en la finca Buena Vista, San Sebastián, Retahulehu; Finca Murciélagos, El Estor, Izabal y La Tinta, Alta Verapaz. De estos cultivo solamente la Finca Buena Vista siguió con el programa, con 182 hectáreas, compartiendo el terreno con mango, café y la planta extractora, con capacidad de proceso de 1 tonelada métricas por hora (TM/ hora ).

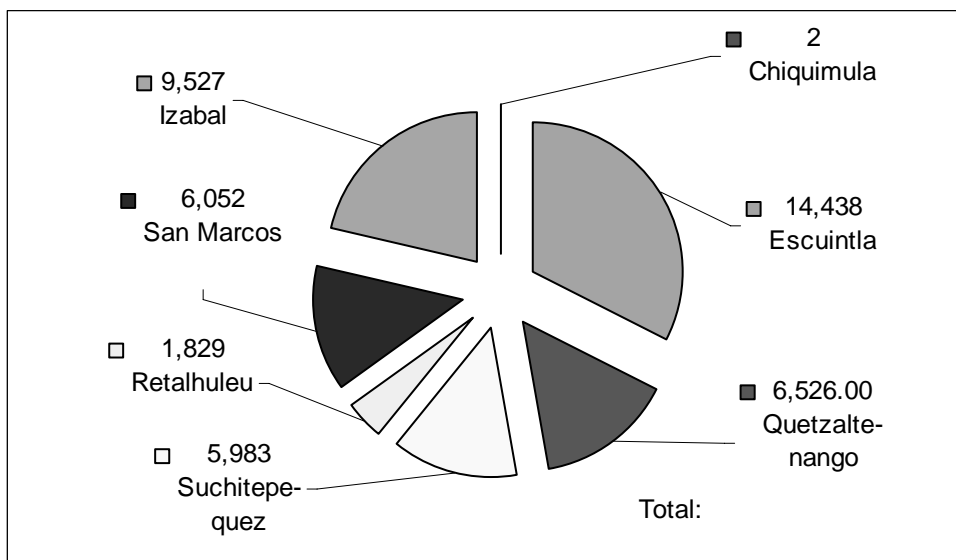
La planta extractora de la finca Buena Vista solamente se dedica a la extracción del aceite de palma, mientras que el palmiste debido a su baja producción, 24 Toneladas métricas al mes, se vende a las fincas aledañas dedicadas a la ganadería, ya que su alto contenido de proteína y grasa es ideal para el engorde de ganado.

No es sino hasta finales de la década de los años ochenta, reemplazando poco a poco parte de la tierra sembrada por algodón, que se inicia en la finca El Álamo, Tecun Human, San Marcos, en la frontera con México, las primeras siembras de palma africana por Agroindustrias HAME, iniciando con una planta extractora, de 10 toneladas métricas por hora Tm/hora, que actualmente tiene una capacidad de 60 TmFFB/h, con una planta de extracción de aceite y harina de palmiste por medio de solvente, utilizando como solvente el Hexano. Agroindustrias HAME cuenta con 4 plantas extractoras, y plantaciones en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepequez y Petén.

En la misma época Agroindustrias Suprema inicia la siembra de palma africana instalando una planta extractora de aceite de palma , Las Palmas, en la finca Acacias, La Gomera, Escuintla. Las Palmas cuenta actualmente con una planta extractora de aceite y harina de palmiste, por medio de prensado.

En el año 1997 Inversiones de Desarrollo, S. A. (INDESA) inicia la siembra de palma africana en la finca Chapín, El Estor, Izabal a orillas del Lago de Izabal. Actualmete el área sembrada por INDESA es de 4,500 hectáreas, en las fincas, Chapín, Pataxte, Río Zarco, Chabiland y la Cabaña a orillas del lago de Izabal y parte del valle del río Polochiq. En la Figura 5, se muestra la distribución de área sembrada de palma africana en Guatemala.

**Figura 5. Distribución del área sembrada de palma africana en Guatemala**



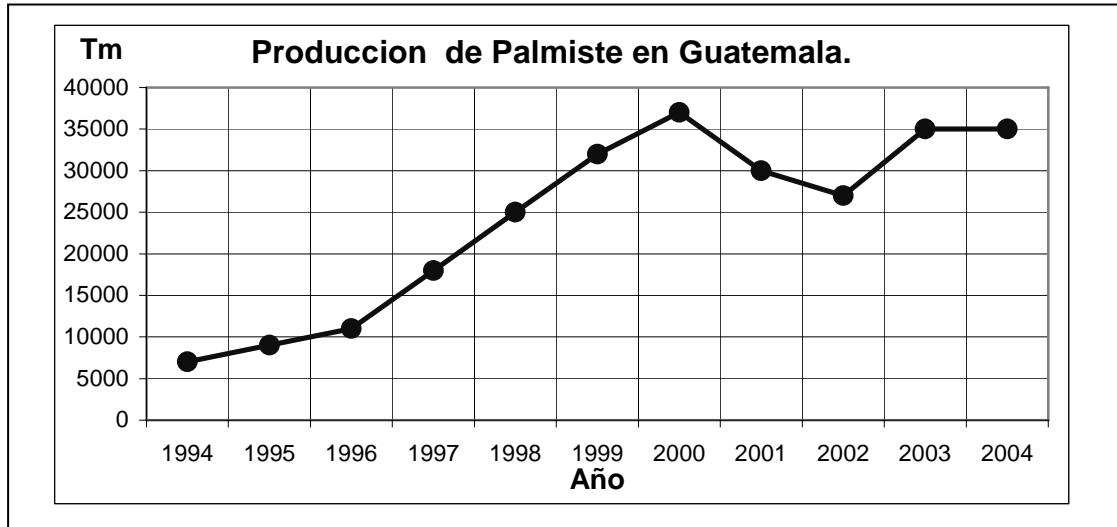
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, (INE).

A finales del 2001 se inicia la extracción de aceite de palma en INDESA con una planta extractora de 10 toneladas métricas por hora, ubicada en la finca Pataxte La planta extractora actualmente tiene una capacidad de 30 toneladas de fruta fresca métricas por hora. Pero no es sino hasta en mayo del 2002 que se inicia la extracción de aceite y harina de palmiste con una planta con capacidad de 2 toneladas métricas de palmiste utilizando un sistema de doble prensado.

A diferencia de países como Malasia e Indonesia en donde existen empresas que se dedican a comprar el palmiste seco, existen plantas con capacidad de procesar hasta 100 toneladas métricas de palmiste por hora. En Guatemala las plantas extractoras de aceite y harina de palmiste se instalan junto con las plantas extractoras de aceite de palma, diseñadas para procesar la producción de palmiste de la planta.

El rendimiento de palmiste se encuentra entre el 3.5 y el 4.5 % hasta un 5% por tonelada métrica de fruta. Es por eso que la producción de aceite de palma y la producción de aceite de palmiste están íntimamente ligadas. En la Figura 6, se muestra el incremento de producción de palmiste como almendra en la década de 1994 - 2004. Solamente en entre el año 1996 y 1997, la producción de palmiste se incremento en 49.25%, siguiendo una tendencia promedio del crecimiento del 24% anual, hasta en el año 2001 y 2002 donde los precios del aceite de palma y de palmiste descendieron drásticamente, recuperándose en los últimos dos años.

**Figura 6. Producción de palmiste en Guatemala**

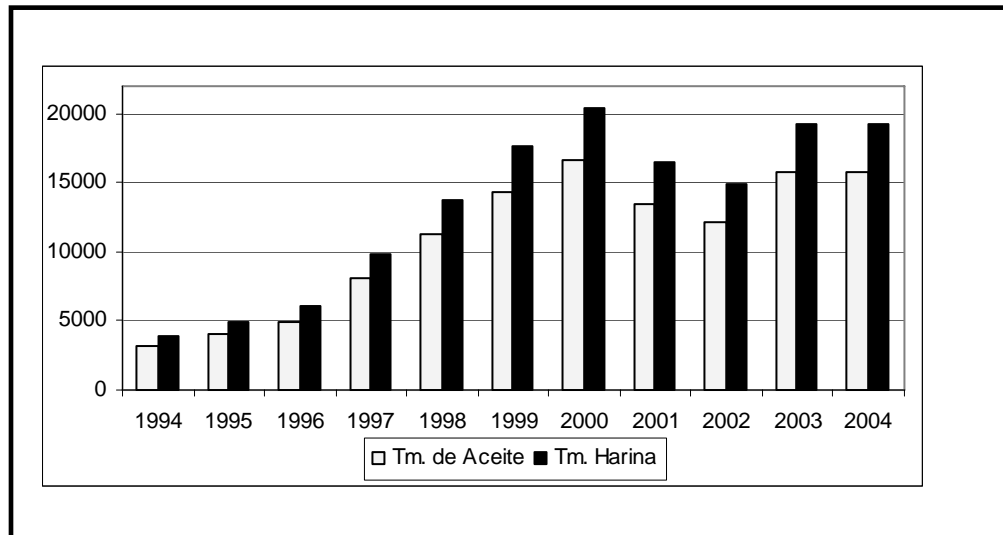


Fuente: [www.indexmundi.com/guatemala/agriculture/oilseed\\_palm\\_kernel.html](http://www.indexmundi.com/guatemala/agriculture/oilseed_palm_kernel.html), Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

El rendimiento teórico de aceite y harina por tonelada métrica de palmiste es de 45% y 55% respectivamente. Estos porcentajes varían dependiendo el sistema utilizado para la extracción de aceite. La extracción por solventes, la más eficiente, deja hasta un 3% de aceite en harina mientras que el sistema con doble prensado hasta un 12%.

En la Figura 7, se muestra la producción de aceite y harina de palmiste en Guatemala, utilizando el sistema por doble prensado con un residual de aceite en la harina del 12%, utilizando el sistema de extracción por solvente el porcentaje de extracción aceite podría aumentar hasta llegar a tener una diferencia solamente 8% con relación a la harina, ya que el precio internacional del aceite de palmiste ha sido hasta 5 veces el precio de la harina.

**Figura 7. Extracción de aceite y harina de palmiste en Guatemala**

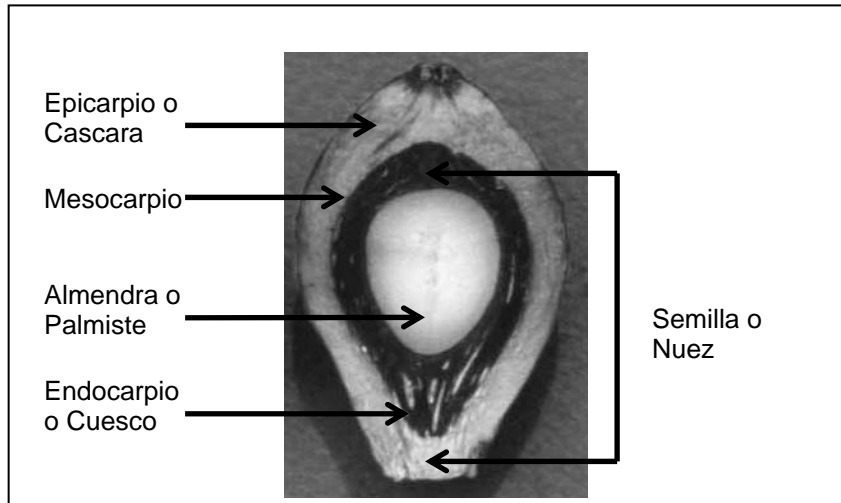


Fuente: [www.indexmundi.com/guatemala/agriculture/oilseed\\_palm\\_kernel.html](http://www.indexmundi.com/guatemala/agriculture/oilseed_palm_kernel.html), Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

## 1.2 Características de la almendra de palmiste

El fruto de la palma se encuentra compuesto por, el epicarpio o cáscara, que protege al mesocarpio del medio ambiente, el cual es de textura fibrosa y aceitosa debido al contenido del aceite encapsulado en diminutas celdas. El mesocarpio, como en las semillas angiospermas, cubren en su totalidad a la semilla, compuesta por una capa dura llamada endocarpio, que protege al embrión y a la almendra o palmiste. Como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8. Partes del fruto de la palma africana**

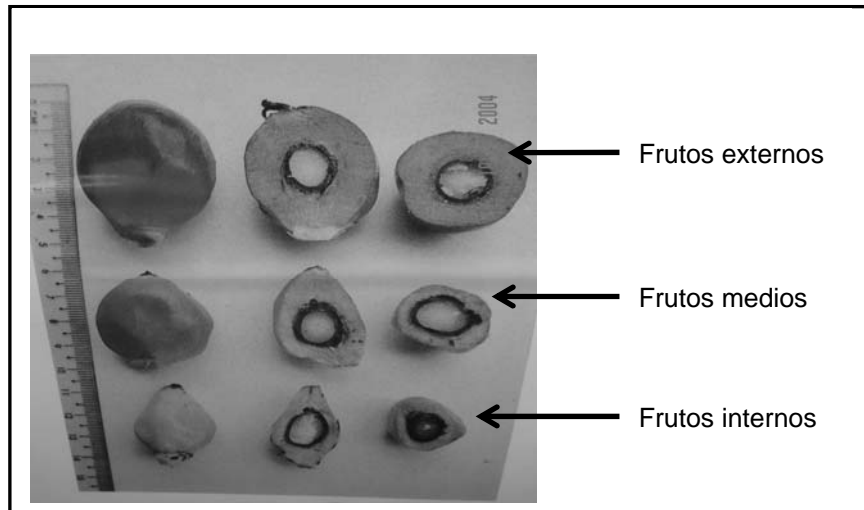


Fuente: Carlos Humaña, Morfología, crecimiento, fluoración y rendimiento de la palma aceitera. Pagina 22

Como se puede observar en la Figura 8, la semilla o nuez ocupa gran parte del tamaño del fruto. Pero esto puede variar por diferentes razones entre ellas, la edad de la palma, la ubicación del fruto en el racimo y la variedad. Haciendo la comparación entre palmas de la misma variedad y de frutos en la misma ubicación en el racimo, en racimos de palmas jóvenes la nuez se caracteriza por tener poco desarrollado el palmiste y un cuesco bastante delgado, mientras que en palmas maduras la nuez presenta un palmiste más desarrollado y cuesco más grueso. Aumentando de forma proporcional el espesor de la capa del mesocarpio.

Con relación a la ubicación de los frutos en el racimo se puede clasificar como externos, medios e internos, en la Figura 9, se puede observar la relación del tamaño del fruto interno con el fruto externo, disminuyendo con mayor proporción el mesocarpio, mientras el tamaño de la nuez disminuye de forma menos drástica.

**Figura 9. Frutos externos, medio e internos**

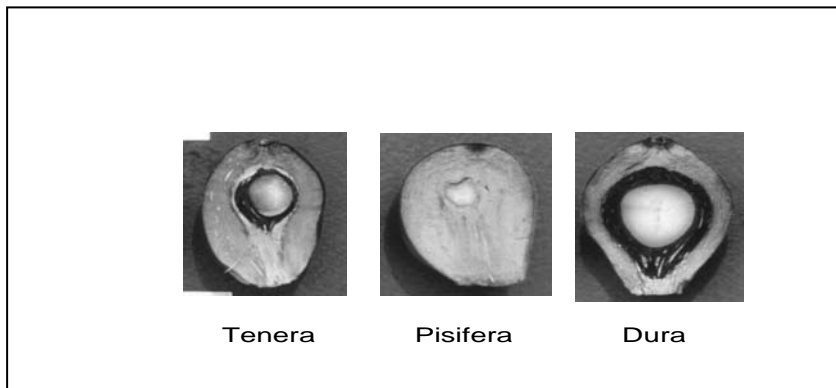


Fuente: Yee Leeng, **Contribución de frutos internos y externos (Contribution of outer, middle and inner fruits)**, Porim Malasia.

La relación del peso de nuez con respecto a la ubicación del fruto y el peso total para los frutos externos es de 6.7 % para los frutos medios es de 9.68% mientras que para los internos es de 11.8%.

Por la variedad, también existen grandes diferencias con relación al tamaño y sobre todo con el espesor del cuesco, que es el que determina las tres variedades de frutos, Dura Tenera y Pisifera. La característica de la variedad Dura es el gran tamaño de la nuez, y principalmente el espesor del cuesco que puede llegar a medir hasta 8 milímetros. La variedad Tenera a diferencia de la Dura, la cáscara es mucho más delgada y el tamaño de la nuez más reducida. Y por último la Pisifera que a diferencia de las otras dos, el palmiste está cubierto por una capa delgada de fibras, reemplazando al cuesco. La diferencia se puede observar en la Figura 10.

**Figura 10. Variedades de las semillas de palma africana**



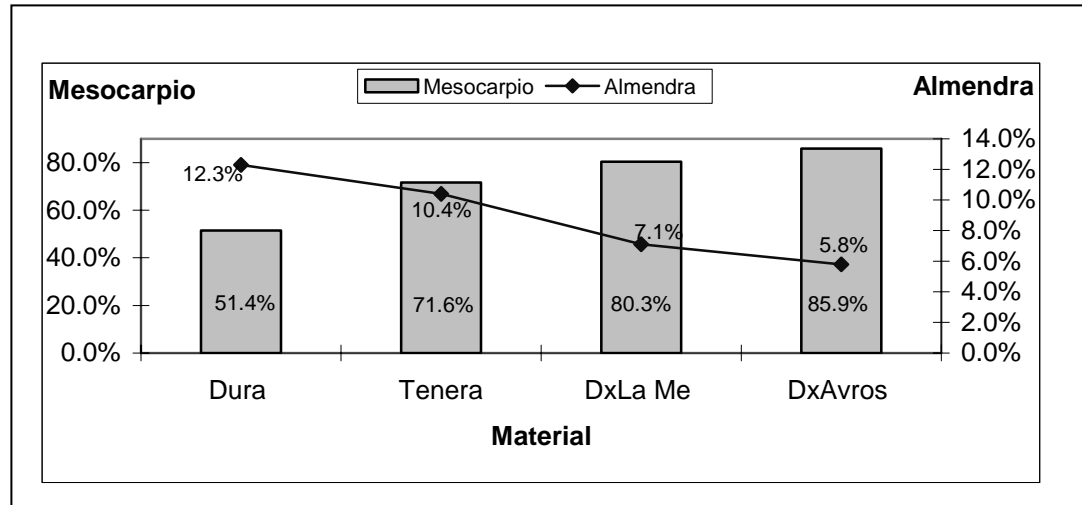
*Fuente: Ricardo Escobar, **Mejoramiento genético de la palma de aceite y producción de semillas de alto rendimiento.** Pág. No. 4*

La variedad Tenera resulta del cruce de las variedades Dura y Pisifera, que es el resultado de la investigación para el mejoramiento genético, cuyos objetivos son, obtener la mayor cantidad de toneladas métricas de aceite palma por hectárea sembrada. Así como la resistencia al frío, largas épocas de sequía, tolerancia a diferentes enfermedades y las características físicas para adaptarse a diferentes ambientes, como la altura, ancho del tronco y hojas. Lo que ha dado como resultado diferentes materiales como, DxAvros, DxEkona, DxGhana, DxLa Me, DxYangmbi, DxNigeria, por mencionar algunos.

El incremento en la producción de aceite de palma está directamente relacionado con el espesor del mesocarpio, lo que influye directamente en el tamaño del palmiste, por lo que es de esperarse que la producción de palmiste disminuya en aquellos materiales que proporción en la mayor cantidad de mesocarpio. Tal relación se puede observar en la Figura 11, donde se muestra la relación mesocarpio-fruto (%M/F) y la relación almendra-fruto (%K/F) por diferentes materiales. Como se puede observar la relación mesocarpio almendra es inversa. A medida que se aumenta mesocarpio se sacrifica cierto porcentaje de almendra.



**Figura 11. Relación mesocarpio y almendra en fruto**



Fuente: Carlos Umaña, **Morfología, crecimiento, fluoración y rendimiento de la palma aceitera**, Pagina No. 26.

Independientemente de la relación que exista entre la cantidad de almendra y el mesocarpio, el rendimiento de aceite y harina por tonelada métrica de palmiste permanecerá constante, 45% aceite y 55% harina. Pero el rendimiento de palmiste por tonelada métrica de fruta si se vera afectada por las variedades escogidas para la siembra, entre el 3.5% y el 5%, por tonelada métrica de fruta.

## 1.3 Aplicaciones en la industrial alimentaria del aceite de palmiste

### 1.3.1 Grasas y Aceites

Las grasas y los aceites comestibles por su origen se clasifican como grasas animales y grasas vegetales. Las grasas animales pueden ser de origen marino, porción, vacuno y de aves. Mientras las grasas de origen vegetal se obtienen del prensado de semillas o frutos, como el aceite de palma, palmiste, maíz, soja, girasol.

Las grasas son compuestos formados en la naturaleza por un conjunto de ácidos grasos, glicerol y alcohol a los que comúnmente se les llama triglicéridos. Los dos ácidos grasos predominantes en las grasas son los saturados y los insaturados, Los ácidos grasos saturados, se muestran en la Tabla IV, junto con su símbolos característicos, estos tienen enlaces simples carbón-carbón, en la cadena de carbonos e hidrógenos. Las grasas son normalmente más sólidas y blandas a temperaturas ambiente y se encuentran en mayores proporciones en grasas de origen animal.

**Tabla IV. Ácidos Grasos Saturados**

<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>
• Lauríco	C:12
• Miristíco	C:14
• Palmitíco	C:16
• Estearíco	C:18
• Arachidíco	C:20

Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 297

Los ácidos grasos insaturados, se muestran en la Tabla V, junto con sus símbolos característicos, en la cadena de carbonos e hidrógenos, los carbonos tienen dobles enlaces. Las grasas normalmente más líquidas, a las que se les conoce como aceites, y se encuentran en mayores proporciones en las grasas de origen vegetal.

**Tabla V. Ácidos grasos insaturados**

<b>Ácidos Grasos Insaturados</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>
• Palmitoleico	C:16 :1
• Oleico	C:18 :1
• Eicosaenoico	C:20 :1
• Linoleico	C:18 :2
• Linolenico	C:18 :3

Fuente: Fedepalma, **Palmas Volumen No. 25**, Tomo 1, Pagina No. 297

### **1.3.2 Aplicaciones en la industria alimentaria**

El aceite de palmiste es ampliamente utilizado en la industria alimentaria dependiendo la refinación. Uno de los procesos consiste en, refinar, blanquear y desodorizar, que como el nombre lo indica, se extraen los colores y olores característicos dejando un aceite totalmente transparente e inolor al que se le llama, RBD de Palmiste, y es utilizado en la industrias alimenticias, de las margarinas, heladerías, como sustituto de lácteos mezclándose con otros aceites.

Debido a que el aceite de palmiste es mucho más insaturado al igual que el aceite de coco, el proceso de hidrogenación da un rango más amplio en la industria alimenticia. El proceso de hidrogenación consiste en romper la cadena de carbonos de los aceites insaturados y agregar hidrógenos a la cadena, convirtiéndolos en grasas o aceite saturadas, lo que permite obtener sólidos cremosos de los aceites a temperaturas ambientes. A este producto se le llama Palmiste Hidrogenado y es utilizado principalmente en la elaboración de cubiertas para halados, el cual le da una consistencia cremosa evitando la formación de cristales de hielo, manteniendo el helado sólido por mas tiempo a temperaturas mas altas y a homogenizar el sabor. En la confitería se utiliza como materia prima en la elaboración de cremas para rellenos de galletas, pasteles y otras mezclas finas de turrone y cremas. También se ha utilizado ampliamente como complemento o sustituto total de la crema de cacao y del aceite de coco.

En la fabricación de jabones finos para baño se utiliza como mínimo 15% de aceites lauricos, ayudando a la dilución del jabón en el agua y en los jabones utilizados con agua de mar se utiliza aproximadamente el 100% para que el proceso de dilución en el agua sea más rápido. Como se menciona anteriormente las mayores concentraciones de ácido laurico se encuentra en el aceite de coco y el palmiste, y el aceite de palmiste ha demostrado mejores resultados en las características finales de los jabones.

Otro de los procesos del aceite de palmiste en las planta refinadores es el fraccionamiento, y este consiste en separar en sus dos componentes, oleina y esterina, llevándolo a una temperatura donde la esterina se solidifica y la oleina permanece en estado liquido separándolos por filtración o centrifugación. La oleina obtenida en este proceso se refina y tiene las mismas aplicaciones que el RBD de Palmiste, de igual forma la esterina obtenida, aunque la cantidad de oleina es mucho mayor debido a la cantidad de aceite insaturado, aproximadamente 82%.

Las industrias oleo químicas como las dedicadas a la fabricación de cosméticos, alcoholes, amino-esters y cadenas cortas de ácidos grasos, utilizados en la fabricación detergentes y bases para otros compuesto químicos, han encontrado en el aceite de palmiste grandes ventajas tanto en sus características físico-químicas como la diferencia de precios debido a la creciente producción de este a nivel mundial, en comparación con otros aceites como fuente de ácido laurico.

#### **1.4 Aplicaciones de la harina de palmiste en la industria alimentaria**

La harina de palmiste es la parte sólida después de extraer el aceite al palmiste, 55% del peso total de la almendra. De color café, sus aplicaciones en la industria alimenticia se limitan a la fabricación de concentrados para animales bovinos, porcinos, avícolas y caninos. La calidad de la harina esta medida en dos factores, por el porcentaje de proteína, y el nivel energético.

En el proceso de extracción de aceite, siempre existirá un remanente de aceite en harina, normalmente llamando residual, dependiendo del proceso y la calidad de la almendra este porcentaje será mayor o menor. En proceso de extracción de aceite por solventes los rangos permisibles se encuentran entre 4% y 5% de peso de aceite sobre peso de harina. Mientras que en los procesos de extracción mecánica los rangos se encuentran entre el 10% y 14% de residual, en donde la calidad de la almendra juega un papel importante, medida en porcentaje de humedad, peso de agua sobre peso de almendra.

### **1.5 Proceso de la recuperación de la almendra de palmiste**

La recuperación de la almendra se realiza en la planta extractora de aceite de palma, cocinando inicialmente los racimos de fruta en donde se acondiciona para extraer el aceite de palma en el pericarpio y deshidratar parcialmente la nuez y la almendra para facilitar su separación. Posteriormente se realiza el desprendimiento de la fruta de los racimos, en un proceso llamado desfrutación, en donde se separa la fruta de su sostenimiento natural, el raquiz. Luego la fruta se masea previamente en unos digestores, para luego pasar a unas prensas de doble tornillo con conos en contra flujo, en donde se exprime la fruta y se obtiene el aceite palma que se encuentra en el mesocarpio, que luego pasa por un proceso de clarificación y secado antes de su almacenamiento.

El reprimir la fruta da como resultado una torta compuesta de nuez y mesocarpio, que en este punto se le llama fibra, que puede llegar a tener hasta un 34% de humedad e idealmente menos del 6% de contenido de aceite. Esta torta después de salir de las prensas cae aun transportador tipo gusano acondicionado especialmente para separar la fibra de nuez hasta llegar a una columna de aire que hace la separación final, la fibra se traslada a una caldera de combustibles sólidos para la generación de energía eléctrica y el sobrante se utiliza como abono orgánico en las plantaciones.

La nuez por su parte, se almacena en silos donde por medio de ventiladores de aire caliente en contra flujo se calienta para deshidratar aún más el cuesco haciéndolo más frágil y así facilitar a la separación de la almendra del cuesco. La nuez ya deshidrata se introduce a unos rotores con barras ajustables que al girar golpean la nuez quebrándola obteniendo una mezcla de cuesco y almendra, la cual se pasa por una serie de columnas de aire para separar el cuesco y la almendra. El cuesco se mezcla con la fibra para la generación de energía.

La almendra ya limpia se traslada y se almacena en silos donde por medio de ventiladores de aire caliente en contra flujo se deshidrata hasta un 8% de humedad, con el fin de hacer mucho más fácil la extracción de aceite. En Guatemala y Latinoamérica normalmente las plantas extractoras de aceite de palma tienen dentro de sus instalaciones la planta de extracción de aceite de palmiste y de harina haciendo simplemente un traslado de los silos hasta las tolvas de almacenamiento en la planta de palmiste. Pero en países como Malasia e Indonesia, las plantas extractoras de aceite de palma, venden a terceros el palmiste bajo ciertos parámetros de calidad, expresados en % de humedad y % impurezas.

### **1.6 Métodos de extracción de aceite y harina de palmiste**

Los métodos utilizados para la extracción de aceite de palmiste, se dividen en prensado en frío, prensado en caliente y la extracción por solvente. Las principales diferencias entre cada uno de estos es la eficiencia en la extracción del aceite, la capacidad de proceso y la inversión. Los primeros intentos para obtener el aceite fue el prensado en frío de forma manual y el mas complejo y eficiente la extracción por solvente.

### **1.6.1 Prensado en frío**

Se le llama en frío ya que el único pre-tratamiento que recibe el palmiste antes de ser presado es la separación de impurezas, cáscara o nueces enteras. El palmiste limpio se alimenta a un expeller o prensa que consiste en un tornillo cónico y una canasta o filtro cilíndrico que a medida que aumenta el diámetro del tornillo se disminuye el espacio entre el tornillo y la canasta, produciéndose la compresión. Este método es el más antiguo y menos eficiente, normalmente son equipos de baja capacidad y requiere de un segundo prensado.

### **1.6.2 Prensado en caliente**

En el prensado en caliente, el palmiste pasa por un pre-tratamiento antes de ingresar a los expeller, el cual consiste en el secado del palmiste utilizando aire caliente, después se corta en pequeñas hojuelas a lo que se le llama laminado y antes de ingresar al expeller las hojuelas se calientan de nuevo, facilitando la separación del aceite de la harina. Existen plantas donde se ha omitido el laminado y se ha implementando el doble prensado. Las plantas que utilizan el prensado en caliente son plantas más industrializadas que maneja mayor volumen de palmiste y son más eficientes.

### **1.6.3 Extracción por solvente**

En la extracción por solvente, normalmente se utiliza hexano. El palmiste pasa por un pre-tratamiento, que consiste en la eliminación de impurezas, secado con aire caliente y laminado, luego ingresa a unos recipientes sellados donde el hexano en contra flujo arrastra el aceite separándolo de la harina. Luego se separa el hexano del aceite y de la harina por evaporación. Este método es el más eficiente de todos, pero la inversión es muy elevada la cual se justifica con el manejo a gran escala.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Descripción del proceso de extracción de aceite y harina en INDESA**

El proceso inicia con el calentamiento y deshidratación de la almendra en los silos de almacenamiento en donde se introduce en contra flujo aire caliente. De estos silos de almacenamiento existen 3 con capacidad para almacenar 13 Toneladas métricas de palmiste cada uno, estos se encuentra intercomunicados por medio de un sistema de elevadores y transportadores tipo gusano para poder trasladar la almendra de un silo a otro o después de haber alcanzado la humedad requerida se traslada hacia las tolvas de alimentación del primer prensado.

El sistema de extracción de INDESA, posee 4 prensas monotornillo o Expeller, 2 en la primera etapa o primer prensado y otras dos para el segundo prensado. Después de que la almendra ha sido exprimida o prensada en la primera etapa se obtiene una torta con un residual entre el 21% y el 24 % de aceite de palmiste. Esta torta es trasladada hacia las tolvas de alimentación del segundo prensado. En la segunda etapa se logra un residual entre el 12% y 16% de aceite de palmiste. Esta torta se traslada hacia las tolvas de alimentación de un molino de partillos en donde se pulveriza y finalmente se almacena en sacos de 100 lb.

El aceite que se extrae en las dos etapas, se recolecta utilizando un transportador tipo gusano, el cual pasa por debajo de las cuatro prensas, llevando el aceite hasta un tanque sedimentador, al llegar a cierto nivel se bombea a través de un filtro prensa, que consiste en una serie de filtros de tela uno tras de otro, alcanzando entre el 0.1% y 0.3% de impurezas. El aceite ya filtrado se almacena en un tanque pulmón donde se calienta para finalmente trasladarlo al tanque de almacenamiento.

## **2.2 Descripción mecánica del equipo instalado**

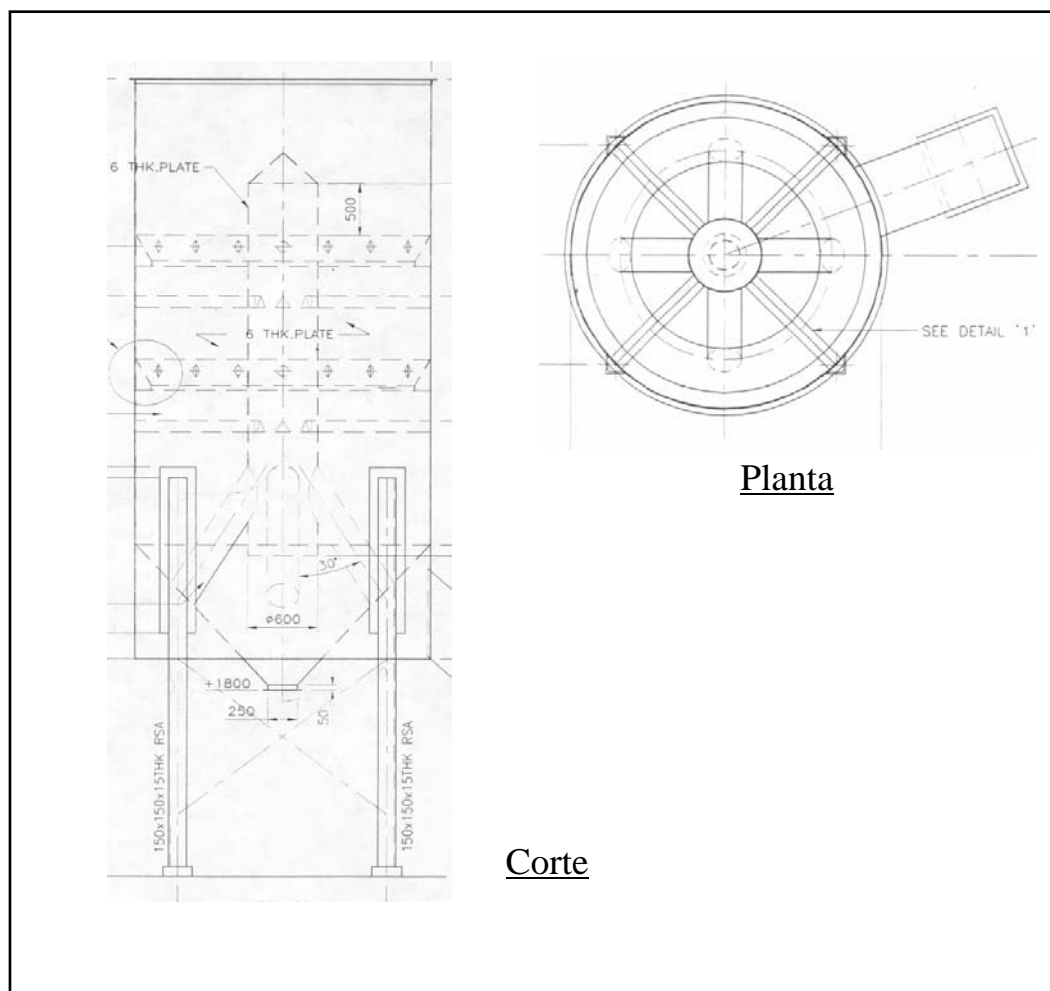
### **2.2.1 Silos de secado**

El silo de secado es un cilindro metálico con 2.5 m. de diámetro por 4.5 m. de alto, en la parte inferior un cono invertido con 1.5 m. de alto terminando en un diámetro de 0.25 m que dirige la almendra hacia los vibradores de vaciado. El silo tiene una capacidad de almacenamiento de 13 TM. En el centro desde la parte inferior del cilindro hacia la parte superior se encuentra un distribuidor de aire de 0.6 m. de diámetro y 3.55 m. de alto, del cual salen 8 tomas de aire de forma triangular hacia la parte exterior del silo, con salidas de aire dirigidas hacia abajo por medio de ventanas direccionales distribuyendo el aire de abajo hacia arriba.

En la parte inferior, cubriendo la parte cónica, se encuentra una recámara que recibe el aire caliente del ventilador, accionado por un motor de 12 Kilowatts a 1760 revoluciones por minuto, inyectando 580 m<sup>3</sup>/min. El ventilador succiona el aire del exterior haciéndolo pasar por un radiador de vapor que lo calienta a una temperatura de hasta 95 C. este ingresa al silo distribuyéndose de abajo hacia arriba, por medio del distribuidor central, y del centro hacia los extremos por medio de las tomas de aire. En las paredes del silo se encuentran unas ventanas que permiten la salida del aire y de la humedad hacia el exterior.

En la parte inferior del silo, se encuentra un vibrador, el cual se utiliza para alimentar los transportadores de almendra que la llevaran hasta el primer prensado o a otro silo de secado, este vibrador es una bandeja de acero inoxidable acoplada a un motor de 30 W con un contrapeso excéntrico, las revoluciones de este motor se ajustan para aumentar o disminuir la velocidad de alimentación. En la Figura 12, se muestra un esquema general de la estructura del silo.

**Figura 12. Esquema general silo de secado.**

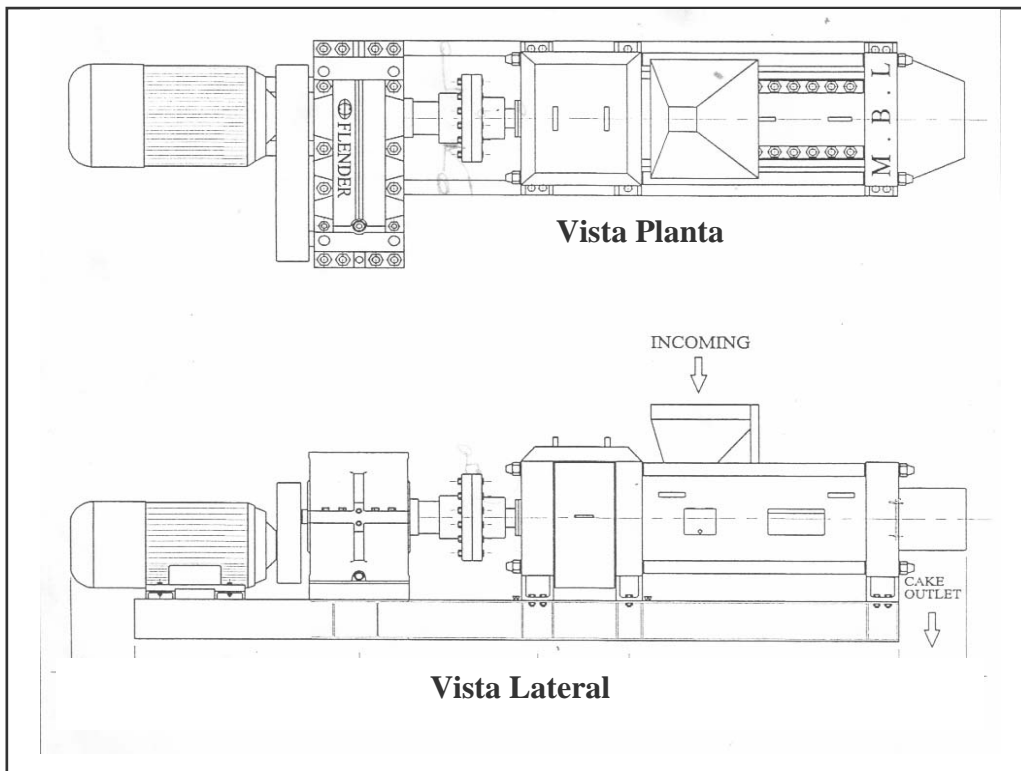


Fuente: Silo de secado, Plano No. SA.FR-M2-625.147, INDESA.

## 2.2.2 Expeller primer prensado

Los expeller o prensas de palmiste, son máquinas diseñadas especialmente para la extracción de aceite de palmiste, por Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD, el modelo: EK-150- K. Figura 13, esta compuesto por un sistema motor-reductor, acoplado a un eje central, un tornillo sinfín seccionado cónico, un filtro o canasta, un cono de contrapresión, tuerca de ajuste y un bastidor robusto. Con capacidad para procesar entre 15 y 17 toneladas métricas de palmiste diarias.

**Figura 13. Arreglo general expeller primer y segundo prensado**



### **2.2.2.1 Sistema motor-reductor**

Motor eléctrico de tres fases, 440 Voltios, 45 KW., 60 Hz., 1200 RPM e IP 55 (antiexplosivo) Marca Focus, acoplado por un sistema de fajas y poleas con una relación de 0.816 RPM a un reductor con triple reducción de engranajes cónicos marca Flender con una radio de 0.01785 RPM, para obtener finalmente una velocidad de salida de 17 RPM (revoluciones por minuto) y un torque de 65,000 Nm.

### **2.2.2.2 Eje central**

El eje central está fabricado con acero de alta tenacidad ASSAP 705, para soportar la presión y las altas temperaturas que se producen en operación. El eje se encuentra a lo largo de la prensa, desde el acople del reductor hasta el otro extremo. El eje gira en uno de sus extremos sobre dos cojinetes cilíndricos en marcos de hierro fundido y un cojinete de presión cónico que amortigua la vibración y presión producidas en operación. Y en el otro extremo se encuentra el arreglo de tornillos helicoidales y los collarines que se ajustan al eje por medio de una cuña, en la punta una tuerca que ajusta el cono de presión, en este extremo el eje es flotante.

### **2.2.2.3 Tornillo helicoidal**

El tornillo está compuesto por 5 secciones de diferentes diámetros, separados por collarines cónicos, que en conjunto forman a lo largo del eje central un solo tornillo cónico. Las dos primeras secciones reciben el palmiste del las tolvas de alimentación llevándolo hacia las secciones de mayor diámetro aumentando de igual forma la presión y el calor sobre el palmiste, lo que provoca la separación del aceite de la parte sólida.

Las secciones del tornillo y collarines se fabrican utilizando como base una fundición gris, que se recubre con 6 mm de espesor de electrodo Great 663 resistente a la abrasión la cual le da las dimensiones finales, los extremos que hacen contacto con los collarines y los otros tornillos están recubiertas por una capa de soldadura a base de tungsteno, la cual evita que estas se adhieran entre por la presión y el calor producido en operación.

En los collarines es donde se produce la mayor concentración de presión y temperatura debido al incremento de los diámetros y disminución del espacio entre la canasta y el tornillo. En la Figura 14, se muestra una gráfico explosiva de las partes de los expeller.

#### **2.2.2.4 Filtro o canasta**

Más conocida como canasta, este es un arreglo de barras cuadradas soldadas sobre dos marcos que forman dos semicírculos con una separación de 1 a 1.5 milímetros permitiendo solamente el paso de aceite. Las dos mitades forman un cilindro que rodea al arreglo del tornillo.

La canasta se sujeta y ajusta entre los dos bastidores de hierro fundido y un arreglo de tonillos y barras, llamado costillero, que en conjunto mantienen la rigidez de la canasta, evitando que esta pierda la forma cilíndrica debido a las condiciones de operación.

### **2.2.2.5 Cono de contrapresión**

Este se encuentra a la salida de la prensa entre el último bastidor y la salida de la canasta restringiendo aun más la salida del palmiste disminuyendo el espacio entre el tornillo y la canasta y el bastidor, este espacio se gradúa con una tuerca de ajuste con rosca izquierda. Al apretar la tuerca esta empuja el cono hacia dentro disminuyendo el espacio aumentando la presión, y viceversa, al aflojar la tuerca esta jala el cono hacia fuera disminuyendo la presión. Tanto el cono como la tuerca de ajuste son fundición gris, La punta del cono se recubre con soldadura resistente a la abrasión, Greate 663, igual que los tornillo y collarines.

Es de suponer que a más presión la cantidad de aceite que se pueda obtener tiende a aumentar y a menos presión disminuye, pero hay que tomar en cuenta la calidad de la almendra y los parámetros nominales de operación del motor ya que al aumentar la presión el consumo de energía aumenta así como el desgaste de los tornillos, collarines, canasta y conos de presión.

### **2.2.3 Expeller segundo prensado**

La única diferencia entre el segundo y el primer prensado son las revoluciones por minuto a la salida de la caja reductora, debido al aumento del diámetro de la polea de entrada al reductor, gira a 14 revoluciones por minuto. Esto permite que el tiempo de residencia del palmiste dentro de la prensabsea mayor permitiendo obtener hasta un 25 % más de aceite. En la Figura 14, se puede observar un esquema general explosivo del expeller.

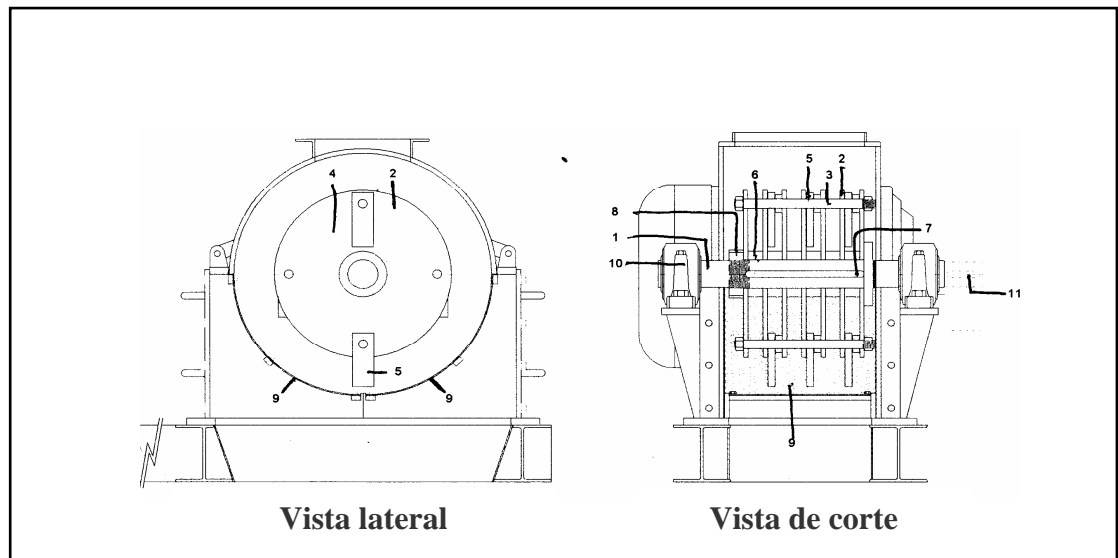




### 2.2.4.1 Estator

Este consiste en dos mitades fabricadas en fundición gris con un espesor de 12 mm en la parte superior y la parte inferior, la base del molino, que sirve de soporte para el juego de láminas perforadas que forman un semicírculo, y a los ejes del rotor que giran sobre unos cojinetes de bolas. Las perforaciones de las láminas pueden ser de diferentes diámetros. En la Figura 15, se muestra un esquema general del molino de martillos.

**Figura 15. Esquema general molino de martillos.**



Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. **MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP**, Pag. 8.8

#### **2.2.4.2 Rotor**

El rotor está compuesto por un eje principal, soportado por dos cojinetes, una serie de discos que giran junto con el eje sirven de soporte al conjunto de paletas, en total 16 llamadas comúnmente martillos de aquí su nombre, molino de martillos, que al girar el eje pivotean sobre sus bases, el eje los discos y los martillos están fabricados con acero ASAB 250 de alta resistencia a la abrasión. El rotor es impulsado por un motor trifásico 55 Kw., 440 voltios 1300 revolución por minuto, IP 55 (antiexplosivo), utiliza un sistema de fajas y poleas con un radio de .90, haciendo girar al rotor a 1170 revoluciones por minuto.

#### **2.2.5 Filtro prensa**

El filtro prensa Modelo MBL-80-FP es diseñado y fabricado especialmente para el filtrado de aceite de palmiste por Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. El filtro está compuesto por una bomba que se utiliza para pasar el aceite a través del filtro, un conjunto de marcos que sujetan entre si los filtros que purifican el aceite y un bastidor robusto diseñado para soportar la presión de trabajo.

El aceite que se obtiene del primero y segundo prensado contiene un alto porcentaje de impurezas proveniente del mismo palmiste, este se recolecta de las cuatro prensas se lleva a un tanque sedimentador donde las partes mas pesadas se precipitan y al llegar a una determinada altura se bombea al filtro prensa para purificar el aceite.

### **2.2.5.1 Tanque sedimentador**

Este tanque se utiliza para recolectar el aceite de las cuatro prensas, un transportador helicoidal recolecta el aceite por debajo de las prensas y lo lleva hasta el tanque dividido en 2 partes iguales para que por decantación las impurezas más pesadas se sedimenten en la primera mitad y a la segunda rebose aceite con impurezas más pequeñas en suspensión. Estas impurezas son pequeños granos de palmiste que logran atravesar las canastas de los expeller que aumentan cuando el espacios entre las barras se hace con el tiempo más grande. Cuando la segunda mitad del tanque ha llegado ha cierto nivel este se bombea al filtro prensa.

Los sedimentos que se han acumulado en la primera mitad del tanque se retornan hacia el expeller No. 1 del primer prensado utilizando un elevador de cubetas y un transportador helicoidal, esto con el objetivo de recuperar el aceite que contienen estos sedimentos y mezclar los sedimentos con la torta de palmiste.

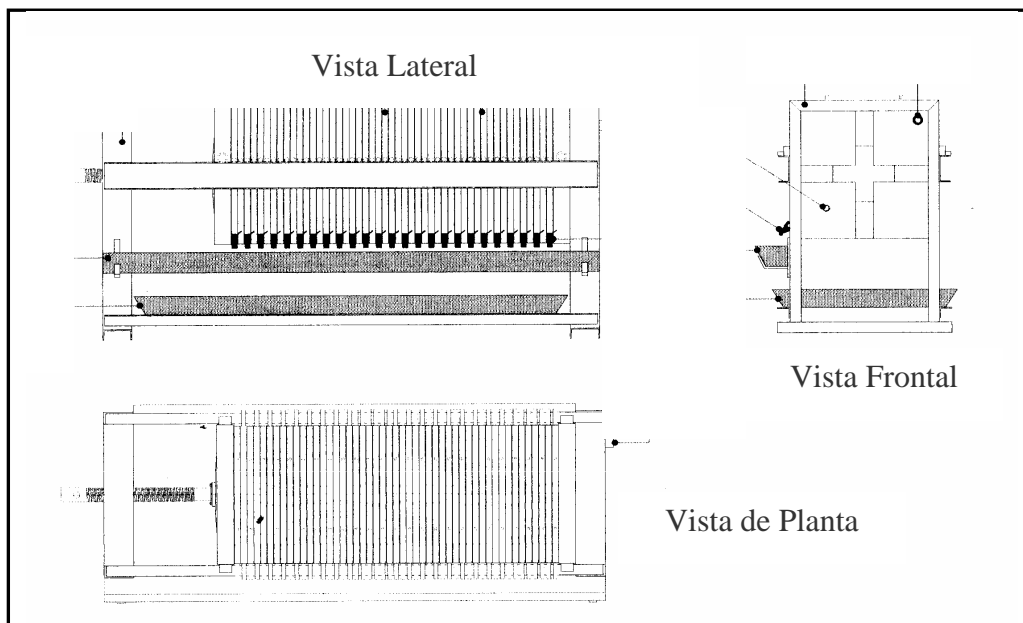
### **2.2.5.2 Marcos metálicos**

El filtro está compuesto por un conjunto de 48 marcos metálicos colgantes, uno tras otro, que deslizan en los extremos superiores sobre un par de rieles paralelos que forman el cuerpo del filtro. Un juego de 24 cortinas hechas de lona cruda, llamadas también filtros, se acomodan intercaladamente entre cada uno de los marcos, los cuales están diseñados para que el filtro no se deforme o se rompa con la presión de la bomba al momento de efectuarse el filtrado. El aceite filtrado se recupera por medio de tubería dentro de los marcos y un canal de recolección hasta el tanque de aceite puro.

En uno de los extremos se encuentra una tuerca y un tornillo de ajuste que empuja el último de los marcos y al apretar prensa uno contra otro los marcos con los filtros, de aquí su nombre filtro prensa. Los marcos están intercomunicados por medio de un sistema de tubería y acoples que al momento de realizar el ajuste con la tuerca estos casan perfectamente y permiten la recolección del aceite entre ellos, cuando el primer filtro se ha saturado de impurezas el aceite pasa al segundo filtro y al saturarse el segundo pase al tercero hasta llegar al No. 24. Como se observa en la Figura 16.

Junto a la entrada de aceite se encuentra una línea de aire a 7 bar, la cual se utiliza para exprimir los sedimentos que los filtros detuvieron y dejar la menor cantidad de aceite en ellos, para eso se utiliza un compresor de 37 Kw. marca Swan.

**Figura 16. Esquema general filtro prensa.**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP, Pag. 4.2*

### **2.2.6 Sistema de calentamiento**

Como se indicó anteriormente en las prensas de palmiste debido a la presión de trabajo se generan altas temperaturas lo que permite que el aceite se mantenga lo suficientemente líquido para su traslado de un lugar a otro, por lo que no necesita calentamiento. Es hasta en el tanque de aceite puro, después del filtrado que es necesario calentar el aceite para trasladarlo al tanque de almacenamiento, donde también debe calentarse para homogenizar y despachar el aceite, debido al bajo punto de fusión del aceite, 25 ° C.

Para calentar el aceite dentro de estos tanques se utiliza un serpentín, que no es más que una tubería de 50 mm de diámetro de hierro negro cédula 40, a la que se le inyecta vapor del proceso de extracción de aceite de palma, esta tubería recorre el fondo del tanque a lo largo y a lo ancho, el vapor le entrega calor a la tubería y esta calienta el aceite a su alrededor.

Para evacuar el condensado del vapor se utiliza un arreglo típico de para una trampa de vapor, un marco con tubería de 25 mm de diámetro una válvula a la entrada, una a la salida, de la trampa un filtro tipo "Y" para proteger la trampa y finalmente un válvula de by-pass para evacuar el condensado al inicio de la operación o para poder hacer cualquier reparación en la trampa o en el filtro. Este sistema se utiliza en el tanque de aceite puro con en el tanque de almacenamiento.

## **2.3 Descripción de operación**

### **2.3.1 Silos de secado**

Como se indicó anteriormente, los silos tienen en su interior un sistema de distribución de aire compuesto por una serie de canales que permiten distribuir uniformemente el aire dentro del silo, el aire se calienta utilizando un radiador de vapor y un ventilador hace pasar el aire a través para que el calor del vapor sea transmitido al aire.

En el caso de la planta extractora de INDESA los silos de secado se llenan directamente del proceso de extracción de aceite palma, se empieza llenando el silo No. 1, desde que inicia el llenado del silo la válvula de entrada de vapor al radiado se habré totalmente, se drenan los condensados, se pone en marcha el ventilador para que empiece a circular el flujo de aire caliente dentro del silo. Cuando el silo No. 1 se ha llenado se sigue con el silo No. 2 siguiendo con la misma operación de secado y de igual forma con el silo No. 3.

Cuando los tres silos se han llenado, el palmiste del silo No. 1 se traslada a las tolvas del primer prensado para darle lugar al palmiste nuevo y empezar la extracción de aceite y harina.

La operación de los silos tiene tres problemas principales:

- El tiempo de residencia del palmiste en el silo
- La temperatura del aire de entrada a los silos
- Mantenimiento de los radiadores.

El tiempo de residencia del palmiste es muy variable, en ocasiones por largos períodos provocando que el palmiste se sobrecaliente y que el aceite escurra hacia el fondo del silo donde después cae el suelo y la exposición por largos períodos a altas temperaturas hacen que el aceite empiece a perder sus cualidades y a bajar de calidad. En otras ocasiones el tiempo de residencia es tan corto que el palmiste no alcanza a secarse adecuadamente lo que provoca que el residual de aceite en la harina se eleve. En ambos casos se produce pérdida de aceite.

El problema con la temperatura del aire se debe a un mal manejo de la válvula de entrada de vapor al radiador y la operación del arreglo de las trampas de vapor. Normalmente las altas temperaturas se deben a que la válvula de entrada al radiador se abre completamente lo que hace que la temperatura del aire se eleve hasta 85° C, que como se mencionó anteriormente esto hace que el aceite escurra por el fondo del silo y al deterioro de la calidad del aceite. Las bajas temperaturas del aire se deben a obstrucciones en la trampa de vapor que impiden que el condensado del radiador se drenen hasta que este se llena totalmente de agua, esto también es provocado por que el operador no conoce realmente la función de las trampas de vapor, dejando abierta totalmente la válvula de by-pass del arreglo o dejando abiertas o cerradas las válvulas equivocadas.

En lo que respecta al mantenimiento del radiador, debido al flujo de aire que el ventilador succiona los paneles se obstruyen con fibra, polvo e insectos, disminuyendo la eficiencia en la transferencia de calor, provocando bajas temperaturas en el aire de secado. Por otro lado el arreglo de las trampas de vapor y las trampas mismas necesitan limpieza y mantenimiento, para evitar fugas u obstrucciones en el flujo del condensado.

## **2.3.2 Expeller primer prensado**

Después de haberle reducido la humedad al palmiste en los silos de secado se traslada hacia las tolvas del primer prensado, estas tolvas sirven únicamente para mantener constantemente abastecidos los expeller, ya que si este es intermitente se corre el riesgo de un sobrecalentamiento u bstruccion en los expeller.

### **2.3.2.1 Arranque**

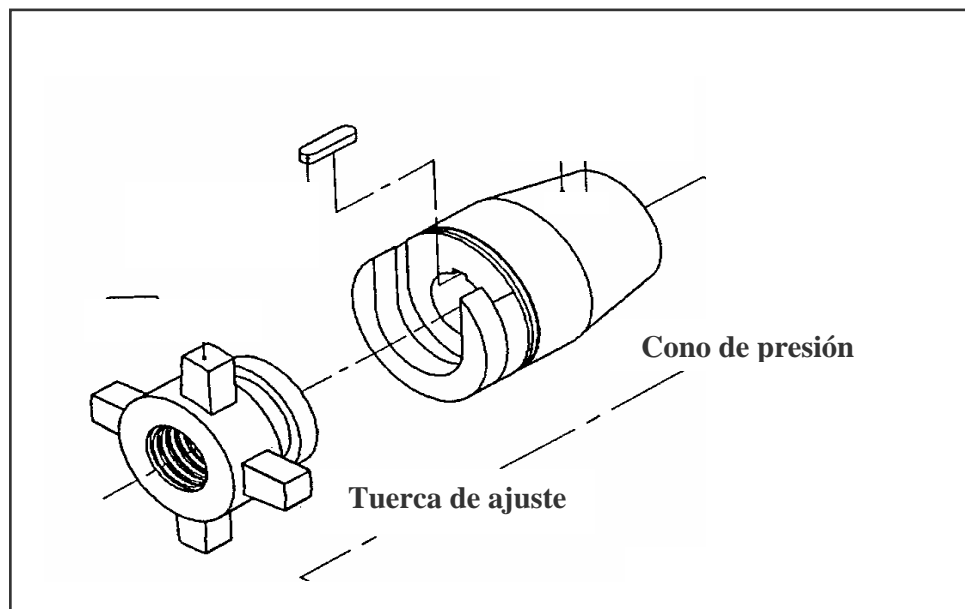
1. después de haberse asegurado que todos los transportadores están funcionando y de revisar que no halla ningún material extraño a la entrada al expeller se pone en marcha el motor del expeller.
2. Se afloja la turca de ajuste del cono de presión, hasta dejar una luz de aproximadamente 15 mm entre el cono y la salida.
3. Se abre la válvula de agua a la entrada al expeller, lo suficiente para humedecer el tornillo.
4. Se abre la compuerta de alimentación del silo al expeller hasta llenarse la cubeta de alimentación. Se humedece el palmiste y se deja vaciar la cubeta de dos a tres veces.
5. Se abre totalmente la compuerta de la tolva al expeller.
6. Se aprieta la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el amperaje del motor de la prensa, que se lee en el panel principal, alcance entre 40 y 50 amperios.



### 2.3.2.2 Operación

1. Se revisa constantemente el amperaje del motor del expeller, el cual debe de estar entre 40 y 50 amperios, si el amperaje está por debajo de 40 se aprieta la tuerca de ajuste del cono de presión y si está sobre 50 amperios se afloja la tuerca o se le añade un poco de agua al palmiste. La tuerca y el cono de presión se muestran en la Figura 17. La tuerca de ajuste empuja o jala el cono.

**Figura 17. Esquema de tuerca de ajuste y cono de presión.**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP Pag. 3.20*

2. Se recolecta constantemente el sedimento en el colector de aceite para regresarlo a la cubeta de alimentación del expeller.
3. Se verifica que la cubeta de alimentación al expeller esté constantemente llena.

### **2.3.2.3 Paro**

1. Se cierra la compuerta de alimentación de la tolva al expeller.
2. Se agrega agua para humedecer el palmiste que queda en la cubeta de alimentación del expeller y se mezcla con la mano.
3. Se espera a que se vacíe la cubeta de alimentación y se vea el gusano del expeller.
4. Se apaga el motor del expeller.

Después de haber observado los procedimientos de arranque, operación y paro del expeller, se revisaron los manuales de operación y mantenimiento, en los cuales se observaron varias diferencias en la práctica, así como pasos omitidos y otros distorsionados. Estas diferencias, podrían ser las causas de amperajes altos del motor principalmente en los arranques, vibración de la prensa, explosiones a la salida de la torta de palmiste, sobrecalentamiento de las piezas, desgaste prematuro de las canastas y tornillos, residuales de aceite en la torta de palmiste y humedad en la harina como en el aceite, muy por encima del límite establecido en el manual de laboratorio.

### **2.3.3 Expeller Segundo prensado**

Después de que el palmiste ha pasado por el expeller del primer prensado la torta resultante se traslada hacia las tolvas del segundo prensado, utilizando un transportador helicoidal y un elevador de cangilones, como se menciona estas tolvas sirven para mantener constante la alimentación a los expeller y evitar que estas trabajen en vacío provocando un sobrecalentamiento en el expeller.

### **2.3.3.1 Arranque**

1. Después de asegurarse de que todos los transportadores están funcionando y de que no halla ningún material extraño a la entrada del expeller se pone en marcha el motor.
2. Se afloja la tuerca de ajuste del cono de presión, hasta dejar una luz de aproximadamente 15 mm entre el cono y la salida.
3. Se abre la válvula de agua a la entrada al expeller, lo suficiente para humedecer el tornillo.
4. Se abre la compuerta de alimentación de torta de palmiste al expeller hasta llenarse la cubeta de alimentación. Se humedece la torta mezclándola a mano con agua se y se vacía la cubeta, dos o tres veces.
5. Se abre totalmente la compuerta de la tolva al expeller
6. Se aprieta la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el amperaje del motor de la prensa, que se lee en el panel principal, alcance entre 40 y 50 amperios.

### **2.3.3.2 Operación**

1. Se revisa constantemente el amperaje del motor del expeller, el cual debe de estar entre 40 y 50 amperios, si el amperaje esta por debajo de 40 se aprieta la tuerca de ajuste del cono de presión y si esta sobre 50 amperios se afloja la tuerca o se le añade un poco de agua a la torta de palmiste.
2. Se recolecta constantemente el sedimento en el colector de aceite para regresarlo a la cubeta de alimentación del expeller.

### **2.3.3.3 Paro**

1. Se cierra la compuerta de alimentación de la tolva al expeller.
2. Se agrega agua para humedecer el palmiste que queda en la cubeta de alimentación del expeller mezclándola con la mano.
3. Se espera a que se vacíe la cubeta de alimentación y se vea el tornillo del expeller.
4. Se apaga el motor del expeller.

Como se puede observar los procedimientos de arranque, operación y paro de los dos expeller del segundo prensado se realizan de la misma forma como en los expeller del primer prensado, como se mencionó anteriormente estos procedimientos tienen grandes diferencias con el manual de operación, además como lo indica el manual de mantenimiento aunque los expeller del primer y segundo prensado parezcan iguales, existen diferencias mecánicas que las diferencian. Por lo que los procedimientos de arranque, operación y paro tienen sus diferencias.

Al igual que en el primer prensado estas diferencias pueden ser la causa de amperajes altos del motor principalmente en los arranques, vibración excesiva, explosiones a la salida de la torta de palmiste, sobrecalentamiento de las piezas, desgaste prematuro de las canastas y tornillos, residuales de aceite en la torta de palmiste y humedad en la harina como en el aceite, muy por encima de los límites establecidos en los manuales de laboratorio.

### **2.3.4 Molino de martillos**

Al salir del segundo prensado la torta de palmiste es más compacta, asemejándose a una piedra pómez con menos contenido de humedad y aceite. Esta torta se traslada hasta el silo de alimentación del molino de martillos, utilizando dos transportadores helicoidales y un elevador de cangilones. Diferencia de los silos que alimentan los expeller este no necesita estar totalmente lleno ya que el molino no sufre ningún daño si la alimentación se interrumpe.

#### **2.3.4.1 Arranque**

1. Normalmente se espera a que la altura de la tolva de alimentación este por la mitad ya que la capacidad del molino es el doble de la producción de torta de los expeller del segundo prensado.
2. Se verifica que el molino esté totalmente vacío y que no hallan materiales extraños.
3. Se arranca el motor del molino.
4. Se abre la compuerta de alimentación lentamente hasta que este totalmente abierta.

#### **2.3.4.2 Operación**

1. Se mantiene en constante monitoreo el amperaje del motor, el cual no debe de exceder de 25 amperios.
2. Se debe monitorear el tamaño del grano a la salida del molino, ya que si este es más grande de lo normal puede ser indicio de que la canasta se ha roto o se ha movido de su lugar.

3. Se le presta mucha atención al sonido del molino, ya que un sonido fuera de lo normal es indicio de que algún material extraño ha ingresado al molino.

#### **2.3.4.3 Paro**

1. Se cierra la compuerta de alimentación al molino.
2. Se espera a que deje de salir harina y que el molino quede totalmente vacío.
3. Se apaga el motor del molino.

Aunque no se encontró ningún manual de operación y esta parezca muy sencilla, esta podría mejorarse. Ya que se han identificado dos puntos importantes, uno de ellos es el paro constante del molino debido a roturas de las canastas. Y el otro es harina con mal olor, que es el resultado del acumulación de harina en las paredes del silo de alimentación.

#### **2.3.5 Filtro prensa**

##### **2.3.5.1 Arranque**

1. Se deja llenar el tanque de sedimentación a una altura no determinada, sino cuando el operador lo decida.
2. Se revisa el espacio disponible en el tanque de aceite puro.
3. Se abren las válvulas de entrada al filtro y se cierra la válvula de entrada de aire al filtro.
4. Se prieta la tuerca que prensa los filtros entre si, ó solo se ajusta.
5. Se abren las válvulas que descargan el aceite al canal recolector de cada uno de los marcos.

6. Se arranca la bomba y se empieza a bombear el aceite del tanque sedimentador al filtro.

#### **2.3.5.2 Operación**

1. Se monitorea la altura del tanque sedimentador.
2. Se revisa que todas las válvulas de los marcos estén descargando aceite al canal recolector.
3. Se verifica que no existan fugas de aceite entre los marcos.
4. Se monitorea la altura del tanque de aceite puro.

#### **2.3.5.3 Paro**

1. Se apaga la bomba del tanque sedimentador hasta una altura determinada por el operador, que varía sin razón.
2. Se cierra la válvula de entrada de aceite al filtro y se abre la válvula de entrada de aire al filtro.
3. Se arranca el compresor de aire.
4. Se abre la válvula de salida de aire del compresor.
5. Se revisan las válvulas de los marcos descarguen libremente y sin salpicar afuera del canal recolector.
6. Se espera hasta que deje de salir aceite de las válvulas de los marcos.
7. Se cierra la válvula de entrada de aire al filtro.
8. Se cierra la válvula de salida de aire al compresor.
9. Se apaga el compresor.

A diferencia de la operación de los equipos mencionados anteriormente, en el filtro prensa si se realiza la mayoría de los pasos en el arranque, operación y paro. Pero existen aspectos en los que se puede mejorar, como por ejemplo el tiempo de cambio de filtros para que estos sean más fáciles de limpiar y aumentar su tiempo de vida útil, determinar la altura adecuada del aceite en el tanque sedimentador tanto en el arranque como en el paro de la bomba.

### **2.3.6 Sistema de calentamiento**

El sistema de calentamiento es el mismo sistema para el tanque de aceite puro como para el tanque de almacenamiento. No existe un procedimiento determinado para el arranque o paro de los mismos, ya que como se pudo comprobar los operadores y auxiliares tienen muy poco conocimiento de la forma de operar el mismo. Los errores más comunes son:

- Abrir la válvula de entrada de vapor al serpentín sin drenar la tubería.
- Abrir la válvula de entrada de vapor dejando totalmente abierta la válvula del by-pass del arreglo de la trampa de vapor.
- Abrir la válvula de entrada de vapor y dejar cerradas las válvulas de entrada y salida de la trampa de vapor.
- Ningún control sobre la temperatura del aceite. Muchas veces muy alta y otras veces muy baja.



## **2.4 Parámetros de análisis**

Los análisis se realizan en tres puntos principalmente, el primero se realiza a la entrada del palmiste a las tolvas de almacenamiento de los expeller del primer presado. Para determinar la calidad del palmiste que se está procesando, determinada por el porcentaje de impurezas y el porcentaje de humedad.

El segundo punto de análisis es a la salida del molino de martillos, para determinar el porcentaje de humedad de la harina y el porcentaje de residual de aceite aún en ésta.

El último punto de muestreo es a la salida del aceite del filtro prensa donde los principales parámetros son el porcentaje de humedad y la el porcentaje de impurezas del aceite, aunque existen otros parámetros para determinar la calidad del aceite estos dos son en los que influye la operación y el mantenimiento de los equipos de la planta.

### **2.4.1 Porcentaje de humedad en almendra**

#### **2.4.1.1 Definición**

El porcentaje de humedad en almendra, se representa como porcentaje en peso. Esto se calcula pesando 50 gramos de palmiste, de una muestra tomada del proceso, la cual se pone a secar en un horno de convección de laboratorio por 3 horas a 100 °C, luego se saca la muestra y se pesa de nuevo, la diferencia de estos dos pesos se divide dentro del peso inicial, el resultado de esta división es el porcentaje de humedad.

El contenido de humedad antes de entrar a los silos de secado se encuentra entre 15% y 20%, si se realiza una adecuada operación de los silos, la humedad de la almendra al salir del silo no debería ser mayor al 8%.

En los manuales de operación de los expeller se especifica que para hacer más eficiente el proceso de extracción de aceite el porcentaje de humedad debe estar entre 7% y 9 %. Esto debido a que el agua hace que la almendra sea más elástica encapsulando el aceite dentro de la almendra aumentando la cantidad del residual en la harina, mientras que con un 7% el palmiste se vuelve frágil y quebradizo haciendo más fácil la extracción.

Por otro lado, porcentajes altos de humedad representan menos aceite por tonelada métrica de almendra. Es decir, que si se tienen 100 Toneladas métricas de palmiste con una humedad del 18%, 18 toneladas son agua, 36.9 toneladas de aceite y 45.1 toneladas de harina. Mientras que si se tienen 100 Toneladas métricas de palmiste con una humedad del 7%, 7 toneladas son agua, 41.85 toneladas son agua y 51.15 toneladas es harina. La diferencia en aceite es de 4.95 Toneladas y en harina 6.15 toneladas.

#### **2.4.1.2 Muestreo**

La muestra del palmiste se toma a la entrada de las tolvas de los expeller, durante el turno, el operador toma directamente de la alimentación del transportador a la tolva un puño de palmiste y lo introduce en una cubeta con tapadera, esto se realiza una vez cada hora durante todo el turno, esta muestra es la representativa del turno. Las muestras puntuales son muestras que se toman a una hora determinada, de un silo de secado determinado.

## **2.4.2 Porcentaje de impureza**

### **2.4.2.1 Definición**

Para determinar el porcentaje de impurezas, se toman 50 gramos de palmiste de una muestra del proceso o una muestra puntual, se separan de esta todo aquello que no sea palmiste, por lo general pedazos de cáscara, el peso de la cáscara se dividen dentro del peso inicial, los 50 gramos, el resultado de esta división es el porcentaje de impurezas en el palmiste.

Las impurezas son normalmente pedazos de cáscara o cascarilla, el recubrimiento natural del palmiste. Como se mencionó anteriormente el palmiste junto con el recubrimiento, se le llama nuez, esta se introduce en un silo de secado igual que los silos de secado del palmiste para deshidratar el recubrimiento, luego quebrar la nuez y separar la cascarilla del palmiste. Todo esto es parte del proceso de extracción de aceite de palma, ya que la cascarilla se quema en una caldera de combustible sólido, en este caso fibra y cascarilla, para generar energía eléctrica.

Los resultados de la cantidad de impurezas en el palmiste entregan al supervisor del proceso de extracción de aceite palma para que se realicen los ajustes necesarios, ya sea en los quebradores o en las columnas de aire en la separación de la almendra y la cáscara.

Las impurezas se clasifican en:

- Nueces enteras.
- Cascarilla aun adherida al palmiste.
- Cáscara no adherida.

Para calcular la cantidad de impurezas se separa la cascarilla del palmiste, en el caso de las nueces enteras y la cascarilla aún adherida se quiebran para sacar el palmiste y separarlos, se pesa la cáscara y se realiza la operación descrita anteriormente. La cantidad de impurezas no deberían ser mayores al 5% del peso total de la muestra.

Al igual que la humedad la cantidad de impurezas por tonelada métrica de palmiste se traduce en una disminución del rendimiento de aceite y harina. Por otro lado, acelera el desgaste de los tornillos y canastas en los expeller, los martillos y canastas en el molino de martillos, por lo que el costo de mantenimiento se incrementa.

#### **2.4.2.2 Muestreo**

La muestra para este análisis se toma en la descarga del elevador que alimenta los silos de secado 1 y 2. Ya que este es el punto donde se separa el proceso de extracción de aceite de palma y el proceso de extracción de aceite y harina de palmiste, es considerado también la recepción de materia prima. Al igual que la muestra de humedad, el operador toma una vez cada hora durante el turno una sub-muestra de palmiste y lo introduce en una cubeta con tapadera, representando la muestra total del turno. También se realiza la muestra puntual, a una hora específica o cuando se realizan ajustes en el sistema o en la operación.

### **2.4.3 Porcentaje de residual de aceite en harina**

#### **2.4.3.1 Definición**

El porcentaje de residual de aceite en harina o residual en harina, se expresa como porcentaje en peso. Se toma una muestra de 10 miligramos con precisión a 1 miligramo y se pone a secar en un horno por convección de laboratorio a 105 °C por 3 horas. Luego se pone a enfriar dentro de un desecador por 1 hora.

Ya seca la muestra se empaca en papel filtro, se pesa de nuevo y se pone la muestra en el Soxhlet, en donde utilizando un solvente, en este caso hexano, 150 mililitros dentro de un balón, se extrae el aceite de la muestra. El hexano se hace evaporar utilizando hornillas de laboratorio dentro del balón, los vapores de hexano se elevan hasta el enfriador del Soxhlet donde se condensan y precipitan sobre la muestra, el condensado de hexano arrastra el aceite de la muestra para regresar de nuevo al balón y comenzar de nuevo el ciclo, este proceso se lleva a cabo por aproximadamente 5 horas. Después se saca la muestra de harina se pone a secar en el horno para evaporar el hexano. El hexano que se encuentra en el balón con los arrastres de aceite se deja evaporar hasta dejar solamente el aceite arrastrado, después se pone a secar dentro del horno a 105 ° C por 1 hora y luego a enfriar en el desecador por 1 hora.

Para realizar el cálculo se pesa el balón solamente con el aceite arrastrado y se dividen dentro del peso de la muestra de harina libre de humedad. El porcentaje de aceite en harina no debería ser mayor del 12%, sobre el peso de la muestra de harina seca, para este tipo de extracción.

El residual de aceite en harina es el principal índice de la eficiencia del proceso de extracción de aceite, ya que éste representa la cantidad de aceite sobre el peso de harina producida que se ha dejado de extraer y que se ha perdido, considerando que el precio de la harina independientemente de la cantidad de aceite que ésta contenga, su precio de venta es hasta 5 veces menor que el precio del aceite. Es decir que si se producen 100 toneladas de harina con un residual del 20% se estará perdiendo 20 toneladas de aceite, las cuales se estarán pagando 5 veces menos que su precio real.

Existen 3 causas por las que el residual de aceite se incrementa, una de ellas es la humedad del palmiste, que como se mencionó anteriormente la humedad hace más elástico el palmiste evitando que el aceite salga, esto tiene su origen en la operación de los silos de secado donde el tiempo de residencia es muy corto o la temperatura del aire no es la adecuada.

Otro factor es la operación de los expeller, el apriete de la tuerca de ajuste del cono de presión no es la adecuada, la presión entre el tornillo y la canasta no es suficiente al igual que el tiempo de residencia del palmiste dentro del expeller.

Otro factor importante es el mantenimiento de los expeller, la programación del cambio de las piezas de desgaste, como los tornillos, las canastas y los conos de presión. Estos tiempos son fundamentales ya que al dejar pasar más tiempo del establecido por el manual la distancia entre la canasta y el tornillo se hacen más grandes perdiendo eficiencia.

### **2.4.3.2 Muestreo**

Normalmente la muestra se toma a la salida del molino de martillos, el operador toma un puño de harina cada hora durante el turno introduciéndola a una cubeta, esta representa la muestra total del turno. También se toman muestras puntuales a la salida de cada uno de los expeller para obtener el residual de un expeller específico. Debido al tiempo que lleva el análisis no es posible tomar una muestra de todos los expeller todos los días, pero cuando el residual de la muestra total del turno esta sobre el límite establecido, se realiza el análisis para cada uno de los expeller.

## **2.4.4 Porcentaje de humedad en aceite**

### **2.4.4.1 Definición**

Al igual que los análisis de harina la humedad del aceite se expresa como porcentaje en peso. El cálculo de la cantidad de humedad en el aceite es bastante rápido ya que se cuenta con una balanza de humedades o balanza determinadora de humedad, diseñada especialmente como su nombre lo indica, para determinar la cantidad de agua en diferentes sustancias y materiales. Se toman 10 gramos de aceite en un plato de aluminio desechable especial, se acomoda dentro del determinado de humedad y después de 10 minutos se obtiene la cantidad en peso de agua y el porcentaje sobre el peso de la muestra.

La cantidad de agua en el aceite es crítica en el almacenamiento ya que los tanques de almacenamiento así como la tubería por donde se transporta son de hierro dulce, debido al paso del aceite sufren desgaste por abrasión, las partículas de hierro son arrastradas por el flujo de aceite y al entrar en contacto con el agua se producen óxidos de hierro estos a su vez reaccionan con el aceite formando peróxidos que degradan el aceite. Y el agua al entrar en contacto con el aceite acelera la generación de ácidos grasos, lo que comúnmente se conoce como la acidificación del aceite o rancidez disminuyendo su calidad, el porcentaje de humedad no debería ser mayor de 0.12%.

Las causas de la humedad en el aceite se deben principalmente a la operación de los silos de almacenamiento y de la operación de los expeller. Parte de la humedad del palmiste se evapora al momento de producirse la extracción debido a las altas temperaturas, pero cuando el porcentaje es muy alto parte de ésta se queda en el palmiste y otra parte con el aceite. Por otro lado al arrancar y al parar los expeller se le adiciona agua para subir gradualmente la temperatura de los tornillos, en el caso del arranque, y para parar se le adiciona agua para limpiarlos. El exceso de agua en estas dos actividades se dirige directamente al flujo de aceite aumentando así el porcentaje de humedad.

#### **2.4.4.2 Muestreo**

El punto de muestreo se realiza a la salida del filtro prensa, en la descarga al tanque de aceite puro, el operador utiliza una botella para guardar todas las muestras de cada hora durante el turno, representando la muestra del turno. Se realizan muestras puntuales a una hora determinada a solicitud del supervisor para determinar la humedad a una hora específica.



## **2.4.5 Porcentaje de humedad en harina**

### **2.4.5.1 Definición**

El porcentaje de humedad se expresa como porcentaje en peso. Esta se puede calcular con la misma muestra con la que se calcula el porcentaje de residual de aceite, después de sacar la muestra del horno. Se toman 10 miligramos de harina con exactitud al 0.1 miligramo se pone a secar en el horno de convección a 105 ° C por tres horas, luego se pone a enfriar en el desecador y antes de envolver la muestra en el papel filtro, se pesa de nuevo. La diferencia del peso se divide entre el peso antes de ponerla a secar multiplicado por 100 y el resultado es el porcentaje de humedad de la muestra.

El porcentaje de humedad en harina es importante ya al almacenar por largos periodos de tiempo la humedad genera un ambiente propicio para la generación de hongos produciendo mal olor, acelera la acidificación del aceite contenida, disminuyendo la calidad de la misma.

Al igual que la humedad del aceite las causas de un alto contenido de humedad son mala operación de los silos de secado y el aditamento de agua en los arranques y paros de los expeller.

### **2.4.5.2 Muestreo**

Normalmente la muestra se toma a la salida del molino de martillos, el operador toma un puño de harina cada hora durante el turno introduciéndola a una cubeta, esta representa la muestra total del turno. También se toman muestras puntuales a la salida de cada uno de los expeller para obtener la humedad de un expeller específico.



### **3. ESTABLECIMIENTO DE NORMAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

La normalización es el proceso de formular y aplicar reglas a una actividad específica con el objetivo de establecer un orden y así fabricar un producto de calidad, de forma eficiente.

En el caso del proceso de extracción de aceite y harina de palmiste, la calidad de los productos y la eficiencia del proceso se mide con el porcentaje de humedad en aceite y harina, y del residual de aceite en harina. La variación de estos análisis dependen principalmente los procedimientos de operación y del mantenimiento de los equipos.

Después de haber observado y analizado los procedimientos de la operación de cada uno de los equipos, estos se compararon con los descritos en los manuales de operación. Muchos de los procedimientos no coincidían con lo establecido en los manuales, omitiéndose, distorsionando o malinterpretando los pasos. A esto se le puede atribuir las fluctuaciones bruscas en los resultados de los parámetros de análisis, el desgaste prematuro de las piezas de recambio y a las fallas inesperadas de los equipos que llevan a paros prolongados y continuos.

#### **3.1 Normas de operación**

Para establecimiento de las normas de operación se utilizó los manuales de operación, secuencia lógica para aquellos en los que no existían manuales de operación y una combinación de lo descrito en los manuales con los procedimientos actuales ya que en muchos casos los manuales de operación también presentaban inconsistencias.

### **3.1.1 Silos de secado**

Los silos de secado se alimentan con almendra con humedad del 17 % al 19%, procedente del proceso de extracción de aceite de palma. El objetivo de los silos es disminuir la humedad del palmiste hasta un máximo de 7 %, calentando la almendra con aire caliente que se distribuye desde la parte inferior del silo utilizando un radiador de vapor y un ventilador. Esto para hacer más eficiente el proceso de extracción de aceite ya que las especificaciones del los expeller garantizan un residual de aceite en harina del 12% con humedad del 7 %.

Para hacer más eficiente la operación y obtener los resultados necesarios, como máximo 7 % de humedad en la almendra, se desarrollaron procedimientos para el arranque, operación y paro de los silos de secado.

#### **3.1.1.1 Arranque**

En el arranque del silo de secado se elimina principalmente el condensado que se halla formado en el lapso que no haya trabajado.

1. Se arranca el motor del ventilador.
2. Se abre la válvula de by-pass en el arreglo de la trampa de vapor.
3. Se abre la válvula de entrada de vapor al radiador.
4. En la tubería de drenaje de la trampa de vapor se observa la salida continua de agua.
  - a. Si no sale agua ni vapor, asegurarse que este llegando vapor al radiador.

- b. Si ya se aseguro el suministro de vapor y aun así no sale agua ni vapor, se debe desmontar la tubería para inspeccionar y limpiar la tubería, el filtro y la trampa de vapor.
5. Al dejar de salir agua por la tubería de drenaje de la trampa de vapor, se cierra la válvula de by-pass, y se deja trabajando la trampa de vapor para que evacue los condensados.

### **3.1.1.2 Operación**

La operación de los silos es relativamente fácil, ya que únicamente se debe controlar el nivel de almendra en el silo, a la mitad de la altura total del silo como mínimo, ajustando el vibrador que se utiliza para graduar la velocidad de evacuación de la almendra con la velocidad de alimentación del proceso de palma al silo. El otro factor a controlar es la temperatura del aire a la entrada del silo logrando una adecuada evacuación de los condensados de vapor dentro de los radiadores.

1. Mantener el nivel de almendra dentro del silo sobre la mitad, esto garantiza que la almendra en esa mitad se este secando siempre que el tiempo no sea menor de 5 horas, disminuyendo la humedad de 19% hasta 7%.
  - a. Si el nivel del silo se encuentra por debajo de la mitad, se debe restringir la salida de almendra, disminuyendo la vibración ajustando el potenciómetro, si el silo está siendo alimentado con palmiste del proceso. Si el silo no está siendo alimentado se debe apagar el vibrador y cerrar la compuerta de salida y esperar a que el palmiste tenga 5 horas de residencia para asegurar la humedad requerida.

- b. Si el nivel del silo se encuentra sobre la mitad, el potenciómetro del vibrador se puede de ajustar hasta un nivel 5. Este nivel debería permitir que el silo se mantenga a un nivel constante, si el silo está siendo alimentado a un ritmo normal. De lo contrario se puede evacuar hasta la mitad y dejar que el resto se quede secando en no menos de 5 horas.
2. Controlar la temperatura del aire de entrada al silo, esto se controla con la evacuación adecuada de los condensados de vapor dentro del radiador, graduación de la válvula de entrada de vapor al radiador, limpieza del radiador y del arreglo de la trampa de vapor.
- a. Si la temperatura está sobre los 85 ° C cerrar la válvula de entrada de vapor al radiador.
  - b. Si la temperatura está por debajo de los 80 ° C abrir la válvula de entrada de vapor al radiador.
  - c. Si la temperatura después de abrir la válvula de entrada de vapor al radiador no sube, drenar el radiador abriendo la válvula del by-pass en el arreglo de la trampa de vapor, observar la salida de condensado en la tubería de drenaje y cerrar la válvula cuando deje de salir agua.
  - d. Si al abrir la válvula de by-pass no sale agua aun cuando la válvula de entrada de vapor está abierta, la tubería de la trampa de vapor esta obstruida por lo que hay que desarmar la tubería para poder limpiarla, revisar el filtro y la trampa de vapor.
  - e. Si al revisar la tubería de la trampa de vapor se comprueba que no hay obstrucción y aun así no sube la temperatura asegurarse que los paneles del radiador estén limpios, libres de fibra, polvo, telas de araña, insectos u otro tipo de material que este impidiendo la transferencia de calor al aire.

### **3.1.1.3 Paro**

En el paro de operación de los silos de secado el principal factor a tomar en cuenta es el drenaje del radiador y la tubería de condensado, para evitar la incrustación o la obstrucción por insectos o animales rastreros.

1. Cerrar la compuerta de salida de almendra.
2. Apagar el vibrador de evacuación de almendra del silo.
3. Apagar el motor del ventilador.
4. Abrir la válvula del by-pass del arreglo de la trampa de vapor y dejar salir el condensado.
5. Cerrar la válvula de entrada de vapor al radiador.
6. Cerrar la válvula de by-pass del arreglo de la trampa de vapor hasta que deje de salir vapor y condensado.

### **3.1.2 Expeller primer prensado**

La principal función de los expeller del primer prensado es extraer el aceite del palmiste hasta un 50% a un 60 % de la cantidad total de su contenido. Esto se logra cumpliendo con ciertas condiciones, primero con un porcentaje de humedad no mayor de 7%. Segundo, el control del amperímetro en el panel de control, y cantidad de agua en operación. Tercero, control adecuado de las horas de operación de las piezas de recambio. El tiempo de vida útil de las piezas de recambio depende del arranque y paro adecuado, así como de la cantidad de impurezas en el palmiste la cual no debería exceder del 5%, esto debido a que las impurezas, en este caso es el recubrimiento natural del palmiste, es muy abrasivo y un aumento del porcentaje establecido desgasta las piezas en un tiempo mucho menor.

### 3.1.2.1 Arranque

El arranque de los expeller es de vital importancia para prolongar la vida de las piezas de recambio así como de su estructura y demás componentes. La idea principal es iniciar la operación lentamente permitiendo que los tornillos, canasta, eje y piezas de presión, que han pasado por un periodo de enfriamiento, calienten y dilaten lentamente ya que las temperaturas en operación alcanzan hasta 150 °C y presiones de hasta 100 Bar. Un arranque muy brusco, como iniciar la operación con almendra y sin agua podría provocar desprendimientos de metal en los tornillos, desalineamiento del eje principal, rotura de los conos o daños en la estructura de la prensa.

1. Aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión.
2. Retirar de la cubeta y del tronillo de alimentación cualquier objeto extraño, especialmente objetos metálicos así como palmiste que halla quedado del último día de operación.
3. En 3 cubetas de 5 galones llenar hasta  $\frac{3}{4}$  cada una con harina que sale del molino de martillos y mezclar con cada una de las cubetas con 2 galones de agua. La mezcla debe ser lo mas uniforme posible evitando aglomerados de harina. Esta mezcla puede prepararse mucho antes del arranque y tener un recipiente más grande con la mezcla ya preparada.
4. Revisar que todos los transportadores y elevadores estén funcionando.
5. Arrancar el motor del expeller.



6. Llenar la cubeta de alimentación con la mezcla de agua y harina vaciando las tres cubetas.
7. Esperar a que la mezcla llegue a la mitad de la cubeta de alimentación y abrir la compuerta de la tolva del palmiste hasta que la cubeta de alimentación se llene y cerrarla.
8. Abrir  $\frac{1}{4}$  la válvula de agua y humedecer el palmiste en la cubeta de alimentación y mezclarlo con la mano.
9. Repetir el paso No. 8, 5 veces, monitoreando que el amperaje del motor, en el panel de control, no sobrepase los 30 Amperios.
  - a. Si el Amperaje del motor sobrepasa los 30 amperios, aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión. No agregar agua.
  - b. Si el Amperaje del motor está por debajo de 25 Amperios, apretar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que este se encuentre entre los 25 y 30 Amperios. No quitar el agua.
10. Después de haber repetido el paso No. 8, 5 veces y de haber controlado el amperaje como se indica en paso No. 9, que debería durar entre 15 y 20 minutos, apretar la tuerca de ajuste hasta que el Amperaje del motor se mantenga entre 40 y 50 Amperios.

### **3.1.2.2 Operación**

En la operación los puntos principales de control son el amperaje del motor, la cantidad de agua y la alimentación continua de palmiste. Ya que si el amperaje del motor es muy bajo la presión del cono no es suficiente, haciendo que el residual en la harina sea muy alto, mientras que si el amperaje es muy alto se reduce el tiempo de vida útil de las piezas de recambio.

1. Debe controlarse constantemente el amperaje del motor en el panel de control, este debe mantenerse entre 50 y 60 Amperios.
  - a. Si el amperaje se encuentra por debajo de los 50 Amperios, se deben revisar dos cosas, la primera es la cantidad de agua que se le está adicionando al palmiste, la llave no debe de abrirse más de un cuarto. Y la segunda el apriete de la tuerca de ajuste del cono de presión.
  - b. Si el amperaje no sube y el consumo de palmiste es muy lento se debe revisar el desgaste de las piezas de recambio, tornillos, canastas y el cono de presión, desarmando el expeller.
  - c. Si el amperaje esta sobre 60 Amperios, se deben revisar dos cosas inicialmente, primero el abastecimiento de agua a la prensa, la llave debe estar abierta un cuarto. Segundo aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el Amperaje se encuentre dentro del rango.
  - d. Si al realizar lo indicado en el inciso anterior no baja el amperaje, se debe revisar la calidad de palmiste que se está procesando, ya que un alto contenido de impurezas puede ser causa del sobre esfuerzo del motor. Entre las causas mecánicas están, el desalineamiento del eje principal o de la canasta, provocando roces entre las partes en movimiento, y mal armado de los tornillos y collarines de separación.
2. Si al cerrar totalmente la válvula de agua se logra mantener el amperaje del motor dentro del rango, es mucho mejor ya que se esto evitará el humedecimiento del aceite y la harina.
3. Se debe recolectar constantemente la harina que se ha sedimentado en el recolector de aceite y ponerla en la cubeta de alimentación del expeller.

4. Controlar constantemente el nivel de las tolvas de alimentación al expeller.
5. Cualquier sonido o vibración fuera de lo normal debe de reportarse inmediatamente al supervisor de producción.

### **3.1.2.3 Paro**

Al igual que el arranque del expeller el paro de operación es fundamental para alargar la vida útil de las piezas de recambio, el motor así como la estructura misma del expeller. El principal cuidado es dejar totalmente vacío el expeller de palmiste, ya que debido al tiempo en que el expeller pueda estar sin operar el palmiste que se halla quedado dentro se solidifique adhiriéndose a las piezas, que en el arranque podría dañar severamente al expeller debido al esfuerzo para romper y sacar estos residuos.

1. Cerrar la compuerta de alimentación de palmiste en la tolva de alimentación.
2. Tomar 3 cubetas de la misma mezcla que se utilizó para arrancar el expeller.
3. Aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el amperaje del motor marque 30 Amperios.
4. Abrir la válvula de agua hasta un cuarto de su abertura total y mezclar con la mano el palmiste que halla quedado en la cubeta de alimentación mientras este baja de nivel.
5. Cuando el nivel de palmiste en la cubeta de alimentación halla bajado a la mitad, agregar la mezcla de harina con agua hasta que se vuelva a llenar y cerrar la válvula de agua.
6. Repetir el paso No. 5 hasta que se terminen las 3 cubetas de mezcla.

7. Esperar hasta que se vacíe la cubeta de alimentación y deje de salir harina en la parte frontal del expeller.
8. Ya que ha dejado de salir harina del expeller apagar el motor.

### **3.1.3 Expeller segundo prensado**

Como se describió anteriormente la única diferencia entre los expeller del primer y segundo prensado es la velocidad del eje principal, que hace aumentar el tiempo de residencia, en este caso de la torta del palmiste procedente del primer prensado, dentro del expeller. Los cuidados y los controles para el arranque la operación y el paro del expeller son exactamente los mismos, con los mismos propósitos, mantener la calidad y la eficiencia de la extracción de aceite y harina de palmiste, así como de aumentar la vida útil de las piezas de recambio.

#### **3.1.3.1 Arranque**

El arranque de los expeller es de vital importancia para prolongar la vida de las piezas de recambio así como de su estructura y demás componentes. La idea principal es iniciar la operación lentamente permitiendo que los tornillos, canasta, eje y piezas de presión, que han pasado por un periodo de enfriamiento, calienten y dilaten lentamente ya que las temperaturas en operación alcanzan hasta 150 °C y presiones de hasta 100 Bar. Un arranque muy brusco, como iniciar la operación con la torta de palmiste del primer prensado y sin agua podría provocar desprendimientos de metal en los tornillos, desalineamiento del eje principal, rotura de los conos o daños en la estructura de la prensa.

1. Aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión.
2. Retirar de la cubeta y del tronillo de alimentación cualquier objeto extraño, especialmente objetos metálicos así como torta de palmiste del primer prensado que halla quedado del último día de operación.
3. En 3 cubetas de 5 galones llenar hasta  $\frac{3}{4}$  cada una con harina que sale del molino de martillos y mezclar con cada una de las cubetas con 2 galones de agua. La mezcla debe ser lo mas uniforme posible evitando aglomerados de harina. Esta mezcla puede prepararse mucho antes del arranque y tener un recipiente más grande con la mezcla ya preparada.
4. Revisar que todos los transportadores y elevadores estén arrancados.
5. Arrancar el motor del expeller.
6. Llenar la cubeta de alimentación con la mezcla de agua y harina vaciando las tres cubetas.
7. Esperar a que la mezcla llegue a la mitad de la cubeta de alimentación y abrir la compuerta de la tolva de torta de palmiste del primer prensado hasta que la cubeta de alimentación se llene y cerrarla.
8. Abrir  $\frac{1}{4}$  la válvula de agua y humedecer la torta en la cubeta de alimentación y mezclándola con la mano.
9. Repetir el paso No. 8, 5 veces, monitoreando que el amperaje del motor, en el panel de control, no sobrepase los 30 Amperios.
  - a. Si el Amperaje del motor sobrepasa los 30 amperios, aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión. No agregar agua.
  - b. Si el Amperaje del motor esta por debajo de 25 Amperios, apretar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que este se encuentre entre los 25 y 30 amperios. No quitar el agua.

10. Después de haber repetido el paso No. 8, 5 veces y de haber controlado el amperaje como se indica en paso No. 9, que debería durar entre 15 y 20 minutos, apretar la tuerca de ajuste hasta que el Amperaje del motor se mantenga entre 40 y 50 Amperios.

### **3.1.3.2 Operación**

En la operación los puntos principales de control son el amperaje del motor, la cantidad de agua y la alimentación continua de la torta de palmiste. Ya que si el amperaje del motor es muy bajo la presión del cono no es suficiente, haciendo que el residual en la torta sea muy alto, mientras que si el amperaje es muy alto se reduce el tiempo de vida útil de las piezas de recambio.

1. Debe controlarse constantemente el amperaje del motor en el panel de control, este debe mantenerse entre 50 y 60 Amperios.
  - a. Si el amperaje se encuentra por debajo de los 50 Amperios, se deben revisar dos cosas, la primera es la cantidad de agua que se le esta adicionando a la torta palmiste, la llave no debe de abrirse más de un cuarto. Y la segunda el apriete de la tuerca de ajuste del cono de presión.
  - b. Si el amperaje no sube y el consumo de palmiste es muy lento se debe revisar el desgaste de las piezas de recambio, tornillos, canastas y el cono de presión, desarmando el expeller.
  - c. Si el amperaje está sobre 60 Amperios, se deben revisar dos cosas inicialmente, primero el abastecimiento de agua a la prensa, la llave debe estar abierta un cuarto. Segundo aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el Amperaje se encuentre dentro del rango.

- d. Si al realizar lo indicado en el inciso anterior no baja el amperaje, se debe revisar la calidad de la torta que se está procesando, ya que un alto contenido de impurezas puede ser causa del sobre esfuerzo del motor. Entre las causas mecánicas están, el desalineamiento del eje principal o de la canasta, provocando roces entre las partes en movimiento, y mal armado de los tornillos y collarines de separación.
2. Si al cerrar totalmente la válvula de agua se logra mantener el amperaje del motor dentro del rango, es mucho mejor ya que se esto evitará el humedecimiento del aceite y la harina.
3. Se debe recolectar constantemente la harina que se ha sedimentado en el recolector de aceite y ponerla en la cubeta de alimentación del expeller.
4. Controlar constantemente el nivel de las tolvas de alimentación al expeller.
5. Cualquier sonido o vibración fuera de lo normal debe de reportarse inmediatamente al supervisor de producción.

### **3.1.3.3 Paro**

Al igual que el arranque del expeller el paro de operación es fundamental para alargar la vida útil de las piezas de recambio, el motor así como la estructura misma del expeller. El principal cuidado es dejar totalmente vacío el expeller, ya que debido al tiempo en que el expeller pueda estar sin operar la torta que se halla quedado dentro se solidifique adhiriéndose a las piezas, que en el arranque podría dañar severamente al expeller debido al esfuerzo para romper y sacar estos residuos.

1. Cerrar la compuerta de alimentación de torta en la tolva de alimentación.
2. Tomar 3 cubetas de la misma mezcla que se utilizó para arrancar el expeller.
3. Aflojar la tuerca de ajuste del cono de presión hasta que el amperaje del motor marque 30 Amperios.
4. Abrir la válvula de agua hasta un cuarto de su abertura total y mezclar con la mano el palmiste que halla quedado en la cubeta de alimentación mientras este baja de nivel.
5. Cuando el nivel de la torta en la cubeta de alimentación halla bajado a la mitad, agregar la mezcla de harina con agua hasta que se vuelva a llenar y cerrar la válvula de agua.
6. Repetir el paso No. 5 hasta que se acaben las 3 cubetas de mezcla.
7. Esperar hasta que se vacíe la cubeta de alimentación y esperar hasta que deje de salir harina en la parte frontal del expeller.
8. Ya que ha dejado de salir harina del expeller apagar el motor.

#### **3.1.4 Molino de martillos**

La función del molino de martillos es convertir en granos de hasta 3 milímetros de espesor la torta de palmiste que sale de los expeller del segundo prensado, golpeándola con unos martillos dispuestos en un rotor que la hacen pasar a través de una malla con agujeros del diámetro requerido.

Al igual que los expeller, el arranque y el paro adecuado del molino de martillos son fundamentales para producir harina con granulometría uniforme y prolongar la vida útil de las piezas de recambio así como la del molino mismo.



### **3.1.4.1 Arranque**

El principal cuidado en el arranque del molino es asegurarse de que el interior del molino esté completamente vacío y que éste se haga lentamente, para permitir que el calentamiento y dilatación de las piezas metálicas se produzca lentamente. Un arranque brusco con material dentro del molino podría ocasionar una sobrecarga en el motor, rotura de los soportes de los martillos o desalineamiento del eje.

1. Revisar que el molino esté totalmente vacío. Si el molino contiene torta de palmiste o algún otro objeto debe desatarse y retirar cualquier material que este contenga.
2. Cuando ya se esté seguro de que el molino está totalmente vacío arrancar el motor.
3. Abrir la compuerta superior de alimentación de la tolva de alimentación, completamente.
4. Abrir muy lentamente la compuerta inferior, a la entrada del molino, un cuarto de la abertura total por 5 minutos.
5. Abrir hasta la mitad la compuerta inferior, por 5 minutos.
6. Abrir completamente la compuerta.
7. Controlar constantemente el nivel del silo de alimentación.

### **3.1.4.2 Operación**

Una vez arrancado el molino la operación es bastante sencilla, se debe controlar que el amperaje del motor se encuentre entre 25 y 30 Amperios esto es para asegurar que el motor del molino está trabajando sin ninguna sobrecarga y evitar que el molino sufra algún daño.

1. Controlar en el panel de control el amperaje del motor el cual debe encontrarse entre 25 y 30 Amperios.
  - a. Si el amperaje del motor se encuentra por debajo de este rango, se debe revisar el ducto de alimentación, que éste no se encuentre obstruido impidiendo el paso de la torta al molino. Y asegurarse de que la tolva de alimentación al molino contenga aun torta de palmiste.
  - b. Si el amperaje del motor se encuentra sobre los 30 amperios, cerrar inmediatamente la compuerta superior de alimentación, cuando el ducto se encuentre totalmente vacío cerrar la compuerta inferior, esperar a que este se vacíe, destapar el molino y retirar cualquier material extraño, como impurezas, objetos metálicos así como el desgaste de los martillos y obstrucción de la malla.
2. Controlar constantemente el nivel de la tolva de alimentación al molino.
3. Empujar desde la parte superior del la tolva hacia el centro lo que se halla quedado pegado en las paredes.

#### **3.1.4.3 Paro**

Al igual que el arranque es de vital importancia para alargar la vida del molino. Dejar el molino lleno de torta, al igual que los expeller, esta se solidifica y adhiere a las partes metálicas, un arranque con estos residuos solidificados podría dañar como se mencionó anteriormente el molino.

1. Cerrar completamente la compuerta superior en la alimentación del molino.
2. Esperar a que el ducto de alimentación se quede totalmente vacío y cerrar la compuerta inferior de alimentación al molino.
3. Esperar hasta que el molino se quede totalmente vacío observando la salida de harina y ésta deje de salir.
4. Apagar el motor del molino de martillos.

### **3.1.5 Filtro prensa**

La función del filtro prensa es eliminar las impurezas del aceite de palmiste más no así la humedad, las impurezas en el aceite son por lo general pequeños granos de palmiste que han logrado pasar a través del filtro o canasta de los expeller, los más pesados se sedimentan en el tanque sedimentador y los que se encuentran en suspensión se retienen en el filtro prensa. Los controles en operación del filtro son principalmente los niveles y la limpieza del tanque sedimentador y la limpieza de los filtros. Un buen manejo de estos tres puntos alarga la vida útil de los filtros y mantener el porcentaje de impurezas por debajo del 1 %.

#### **3.1.5.1 Arranque**

Los principales puntos de atención en el arranque del filtro son, el nivel del tanque sedimentador y el apriete de la tuerca de ajuste de los marcos de los filtros. El nivel de aceite en el tanque sedimentador le da al aceite un tiempo de residencia para sedimentar las impurezas más pesadas y grandes evitando que estas lleguen hasta el filtro, mientras más largo sea este tiempo, menos impurezas llegaran al filtro alargando la vida útil de los filtros.

El apriete de la tuerca de ajuste de los marcos metálicos, asegura que no se producirán pérdidas de aceite por fugas ni contaminación por fugas de las impurezas al canal recolector de aceite puro.

1. Apretar la tuerca de ajuste de los marcos metálicos, de tal forma que no existan fugas de aceite ni de impurezas en el canal recolector.
2. Cerrar la válvula de entrada de aire al filtro.
3. Cerrar la válvula de retorno al tanque sedimentador.
4. Abrir la válvula de entrada de aceite.
5. Asegurarse de que las 24 válvulas en los marcos metálicos este abiertas.
6. Limpiar de cualquier impureza el canal recolector de aceite.
7. Verificar el nivel de aceite del tanque de aceite puro, si éste se encuentra arriba de los 2.5 m. debe evitarse al supervisor para enviar el aceite al tanque de almacenamiento.
8. Se debe asegurar que el nivel de aceite en la segunda mitad del tanque sedimentador este de .10 m. a .15 m. del nivel del rebose de la primera mitad.
9. Arrancar la bomba para iniciar el filtrado.

### **3.1.5.2 Operación**

La operación del filtro es muy sencilla debe controlarse principalmente el nivel del tanque sedimentador y el caudal a la salida.

1. Controlar el nivel del tanque sedimentador, Si el nivel del tanque llega hasta 0.50 m de altura, la bomba debe apagarse y dejar que el nivel regrese hasta 0.10 m. o 0.15 m. Sobre el nivel del rebose con la primera mitad del tanque sedimentador y arrancarse de nuevo.
2. Debe controlarse el nivel del tanque de aceite puro, si éste se encuentra por encima de los 2.5 m. debe de pararse al bomba del tanque sedimentador y avisar al supervisor para enviar el aceite al tanque de aceite terminado. Cuando el nivel del tanque de aceite puro este a 0.20 cm. de altura se puede encender la bomba del tanque sedimentador para seguir con el filtrado.
3. Debe controlarse constantemente la claridad del aceite a la salida de las válvulas de cada uno de los marcos tomando la muestra de cada hora y enviarla al laboratorio. Cualquier indicio de turbidez debe pararse el filtrado, como lo muestra el procedimiento de paro.
4. Si el flujo en la salida de las válvulas disminuye se debe parar el filtrado, como lo muestra el procedimiento de paro.

### **3.1.5.3 Paro**

El paro del filtrado debe de hacerse por dos razones, para limpiar la torta de residuos que han sido retenidos por los filtros que hace que el caudal de aceite en el canal de recolección disminuya y para el cambio de filtros. En este caso se hace uso de aire comprimido a 7 bar de presión que exprime la torta para dejarla con la menor cantidad de aceite.

1. Debe de apagarse la bomba del tanque sedimentador.
2. Cerrar la válvula de entrada de aceite al filtro.
3. Abrir la válvula de retorno al tanque sedimentador.

4. Cerrar las válvulas de salida de aceite en los marcos de los filtros hasta dejarlas  $\frac{1}{4}$  abiertas.
5. Arrancar el compresor.
6. Abrir la válvula de entrada de aire al filtro lentamente y dejar por 30 minutos.
7. Después de haber transcurrido los 30 minutos cerrar la válvula de entrada de aire.
8. Apagar el compresor.
9. Cerrar la válvula de retorno de aceite al tanque sedimentador.
10. Abrir totalmente las válvulas de salida de aceite en los marcos del filtro.
11. Aflojar totalmente la tuerca de apriete de los marcos y deslizarlos en el espacio libre el espacio debe ser de aproximadamente .40 m.
12. Si solamente es necesario limpiar, parte de la torta de residuos caerá en la bandeja inferior, el resto es necesario removerlo con una espátula de madera y con mucho cuidado para no rasgar los filtros.
13. Cuando el filtro ya esté limpio se debe revisar cada uno de los filtros que estos no tengan agujeros que permitan el paso de impurezas, si alguno de los filtros se encuentra dañado debe cambiarse.
14. Los filtros deben cambiarse después de 4 limpiezas manuales, reemplazando el juego completo por un juego nuevo o por uno limpio. La limpieza de los filtros se debe hacer con un escobón sobre una superficie plana, una plancha de concreto liza o una lámina de metal, con abundante agua, NO debe de usarse jabón.

### **3.1.6 Sistema de Calentamiento de Aceite**

El sistema de calentamiento que se utiliza en el tanque de aceite puro y en el tanque de aceite terminado esta diseñado para mantener la temperatura del aceite entre 40 ° C y 45 ° C, si la temperatura del aceite baja de 40 ° C ésta debe incrementarse en 5 ° C cada 24 horas. Por ningún motivo el aceite debe sobrepasar los 45 ° C, estas dos condiciones deben cumplirse para que la calidad del aceite no se vea alterada.

El sistema es un serpentín hecho de tubos de hierro al carbón de 50 mm. de diámetro cédula 40, al los que se les inyecta vapor a baja presión, 2.5 Bar, el vapor calienta los tubos que atraviesan el tanque a lo largo y a lo ancho y estos a su vez calientan el aceite a su alrededor. El sistema de trampas es similar al sistema de los silos de secado, el arranque y el paro es fundamental para poder cumplir las dos condiciones del calentamiento y no dañar el aceite.

#### **3.1.6.1 Arranque**

En el arranque se evacúa principalmente el condensado que se halla formado en el lapso que no haya trabajado.

1. Antes de realizarse el arranque del sistema debe asegurarse de que el nivel del aceite dentro del tanque no sea menor a 1.5 m. Si este es menor se debe esperar a que llegue a esta altura antes de iniciar el arranque.
2. Se abre la válvula de by-pass en el arreglo de la trampa de vapor a la salida del tanque.
3. Se abre la válvula de entrada de vapor a la entrada del tanque.

4. En la tubería de drenaje de la trampa de vapor se observa la salida continua de agua.
  - a. Si no sale agua ni vapor, asegurarse que este llegando vapor del distribuidor.
  - b. Si ya se está seguro el suministro de vapor y aun así no sale agua ni vapor, se debe desmontar la tubería para inspeccionar y limpiar la tubería, el filtro y la trampa de vapor.
  - c. Al dejar de salir agua por la tubería de drenaje de la trampa de vapor, se cierra la válvula de by-pass, y se deja trabajando la trampa de vapor para que elimine los condensados cuando el sistema este operando.

### **3.1.6.2 Operación**

En la operación se deben cumplir las dos condiciones de calentamiento, las cuales requieren de un estricto control por parte del operador, la graduación de la válvula de entrada de vapor es de mucha importancia así como el constante monitoreo de la temperatura y de la altura de aceite en el tanque.

1. Se mide la altura del aceite en el tanque.
  - a. Si la altura es menor a 1.5 m. 4eParar el calentamiento.
2. Se mide la temperatura del aceite en el tanque cada hora.
3. Si la temperatura esta dentro del rango 40 ° C y 45 ° C se debe graduar constantemente el flujo de vapor abriendo y cerrando la válvula de entrada y revisando constantemente la evacuación adecuada de los condensados de vapor en el serpentín.



- a. Si la temperatura después de abrir la válvula de entrada de vapor no sube, drenar el serpentín abriendo la válvula del by-pass en el arreglo de la trampa de vapor, observar la salida de condensado en la tubería de drenaje y cerrar la válvula cuando deje de salir agua.
  - b. Si al abrir la válvula de by-pass no sale agua aun cuando la válvula de entrada de vapor esta abierta, la tubería de la trampa de vapor podría estar obstruida por lo que hay que desarmar la tubería para poder limpiarla, revisar el filtro y la trampa de vapor.
  - c. Si la temperatura esta por debajo de los 40 ° C el volante de la válvula se debe girar 3 vueltas para abrirla. Esto asegura que el incremento de temperatura será de 5 ° C por cada 24 horas.
  - d. Si por alguna razón la temperatura del aceite se encuentra sobre los 45 ° C se debe cerrar inmediatamente la válvula de entrada de vapor.
4. Cuando se realiza el bombeo del aceite, este debe de estar dentro del rango, y el sistema de calentamiento apagado.

### **3.1.6.3 Paro**

En el paro de operación el principal factor a tomar en cuenta es el drenaje de la tubería del serpentín y la de drenaje de condensado, ya que la evacuación de los condensados evita que estos formen incrustaciones que disminuirían la eficiencia del serpentín.

1. Abrir la válvula del by-pass del arreglo de la trampa de vapor y dejar salir el condensado.
2. Cerrar la válvula de entrada de vapor.
3. Cerrar la válvula de by-pass del arreglo de la trampa de vapor hasta que deje de salir vapor y condensado.

### **3.2 Normas de mantenimiento**

El objetivo principal de las normas de mantenimiento es de conservar los equipos en buenas condiciones y obtener de ellos un resultado eficaz, combinando la obtención de un producto de buena calidad y de forma económica, prolongando su vida útil. La lubricación, limpieza, aprietes y chequeos rutinarios son fundamentales para la prevención de paros prolongados por reparaciones mayores.

En el caso de los equipos utilizados en la extracción de aceite y harina de palmiste, aparte de la lubricación, limpieza, aprietes y los chequeos rutinarios, el principal cuidado son las piezas de recambio, ya que debido a lo abrasivo del palmiste el control de los tiempos de operación es fundamental para la eficiencia del proceso. El desgaste excesivo de las piezas aumenta las pérdidas, disminuye la calidad del aceite y disminuye la capacidad de proceso de los equipos. Por otro lado, piezas con excesivo desgaste hacen imposible su reconstrucción o ajuste perdiéndose la oportunidad de utilizarlas de nuevo y ahorrarse hasta un 40 % del costo de una pieza nueva. Además afecta las bases o los soportes de estas piezas causando desajustes o desbalance de las piezas en movimiento.

Las normas para el mantenimiento de los equipos se estableció combinando lo indicado en los manuales de mantenimiento con los resultados obtenidos en el laboratorio, humedad de almendra, residual de aceite en harina, humedad del aceite y la humedad de la harina, el resultado de estos análisis dependen de forma directa del tiempo de operación de las piezas de recambio.

### **3.2.1 Silos de secado**

En los silos de secado el principal mantenimiento es la limpieza de los paneles de los radiadores, las aspas del ventilador y los ductos de distribución dentro del silo. El polvo, la harina, la fibra e insectos, característicos del proceso, son succionados por el ventilador incrustándose en las paredes, haciendo que la eficiencia de secado disminuya.

Las incrustaciones en los paneles del radiador disminuyen el intercambio de calor entre el vapor y el aire.

Las incrustaciones en los alabes del ventilador producen desbalance en el ventilador produciéndose vibraciones que reduce la vida de los cojinetes, fajas y finalmente provocando un sobre esfuerzo en el motor disminuyendo su vida útil.

Las incrustaciones en los ductos de distribución aumentan la velocidad del aire a la salida de los ductos, evitando que el aire entregue el calor, se aumenta la carga al motor disminuyendo la vida útil de este. En la Tabla VI, se muestra la lista de mantenimiento para los silos de secado con las horas de operación.

**Tabla VI. Lista de mantenimiento para los silos de secado.**

Limpieza externa del motor.	Diario.
Revisión de tensión de fajas	Diario.
Limpieza paneles de radiadores.	300 horas de operación.
Engrase de cojinetes.	150 horas de operación
Limpieza alavés del ventilador.	550 horas de operación.
Cambio de fajas.	2,100 horas de operación.
Limpieza ductos de distribución.	2,100 horas de operación.
Cambio de cojinetes.	4000 horas de operación.
Limpieza interna, barnizado y cambio de cojinetes del motor eléctrico.	4000 horas de operación

### **3.2.2 Expeller primer prensado**

En los expeller, las partes críticas son todas las piezas de recambio que sufren el mayor desgaste y de las que depende principalmente la eficiencia del proceso. De estas piezas depende el residual de aceite en la harina la capacidad del proceso y la humedad del aceite.

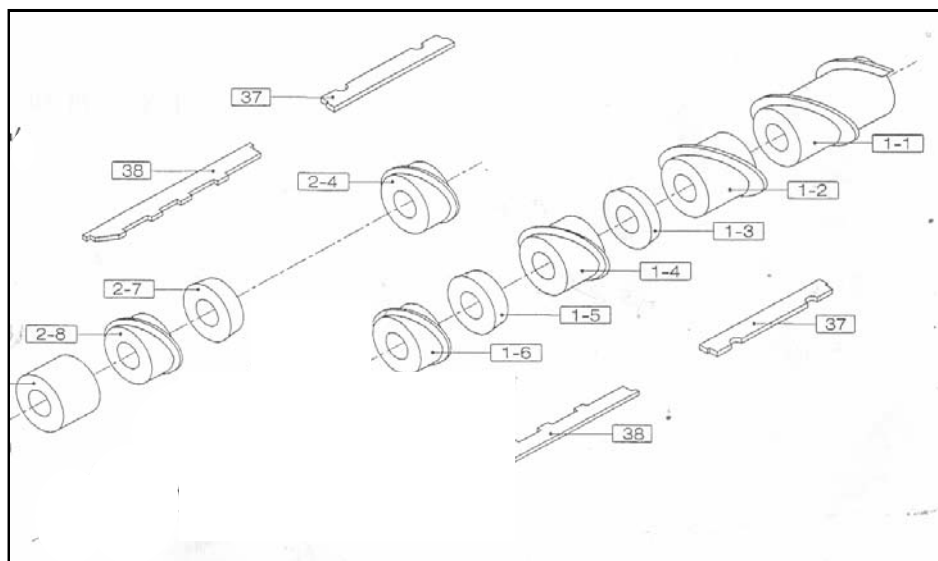
Las pieza de desgaste son, los tornillos, los collarines, las canastas el cono de presión y el cono de salida. El desgaste excesivo de estas piezas, ocasiona el aumento de residual de aceite en la harina, disminuye la capacidad de proceso del expeller haciendo lo más lento, esto debido al aumento de la distancia entre las paredes de la canasta y en el cono de contrapresión disminuyendo la presión y el calor necesarios para extraer el aceite.

En la Tabla VII, se muestra la lista de piezas de recambio con las horas de operación máximas, los números de las piezas corresponden al número en el manual de mantenimiento que se muestra en la Figura 18.

**Tabla VII. Lista de piezas de recambio expeller primer prensado**

Cambio de los Tornillos No. 1-2, 1-4, 1-6 y 2-8	600 horas de operación
Cambio de Collarines, 1-3, 1-5, 2-7 y 2-9	800 horas de operación
Cambio de canasta o filtro No. 2	1,600 horas de operación
Cambio de cono de desgaste No. 5-2	1,600 horas de operación
Cambio de cono de contrapresion No. 5-2	1,800 horas de operación

**Figura 18. Esquema de las piezas de recambio expeller primer y segundo prensado**



Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. **MANUAL DEL USUARIO KCP 30**  
**TDP Pag. 3.18**

El mantenimiento de los demás componentes es indispensable, como la lubricación, limpieza, aprietes y revisiones. En la Tabla VIII, se presenta una lista que con las horas máximas para realizar cada actividad ordenadas desde las inspecciones diarias hasta el mantenimiento anual, el número en la pieza o parte corresponde al indicado en el manual de mantenimiento del expeller.

**Tabla VIII. Actividades de mantenimiento expeller primer prensado**

Limpieza externa del motor	Diario.
Revisión de nivel de aceite caja reductora	Diario.
Revisión de tensado de fajas	Diario.
Apriete de tuercas en barras de tensión No. 30 y 31	Diario.
Limpieza de harina en costillero No. 33 y 34	Diario.
Apriete de tuercas en costillero No. 36 y en recolector de aceite.	Diario.
Nivelación de aceite y grasa en baño del cojinete No. 23	Diario.
Engrase Cojinete No. 20	150 horas de operación.
Engrase Cojinete No. 26	150 horas de operación.
Cambio de aceite y grasa a cubeta No. 25	1,600 horas de operación.
Cambio de fajas	2,100 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 20	4000 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 26	4000 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 23	4000 horas de operación.
Cambio de tornillo de alimentación No. 1-1	4,000 horas de operación.
Limpieza interna, barnizado y cambio de cojinetes motor eléctrico	4,000 horas de operación.
Cambio de aceite caja de reductora	4,000 horas de operación.

### 3.2.3 Expeller segundo prensado

Como se mencionó en capítulos anteriores, la única diferencia entre el expeller del primer prensado y el segundo son las revoluciones por minuto del eje principal, debido a la relación de las poleas del motor y de la caja reductora, que le da a la torta de palmiste más tiempo de residencia dentro de la canasta que al palmiste dentro de la canasta del primer prensado. El resto de los componentes son iguales los mismos materiales, las mismas medidas y hasta la misma numeración en el manual de mantenimiento.

Como se observa en la Tabla IX, las piezas de desgaste deben cambiarse con más frecuencia, ya que la cantidad de aceite ha disminuido a la mitad aumentando la fricción y el calor. El desgaste excesivo sobre estas piezas influye directamente sobre resultados de laboratorio, al igual que en el expeller del primer prensado, incremento del residual de aceite en la harina y la disminución de la capacidad de proceso.

**Tabla IX. Lista de piezas de recambio expeller segundo prensado**

Cambio de los Tornillos No. 1-2, 1-4, 1-6 y 2-8	350 horas de operación
Cambio de Collarines, 1-3, 1-5, 2-7 y 2-9	350 horas de operación
Cambio de canasta o filtro No. 2	700 horas de operación
Cambio de cono de desgaste No. 5-2	1,000 horas de operación
Cambio de cono de contrapresión No. 5-2	1,000 horas de operación

La lubricación, limpieza, aprietes y revisiones de las otras piezas que componen el expeller son esenciales para prolongar la vida útil del equipo. En la Tabla X, se presenta una lista con las horas máximas para realizar cada actividad ordenadas desde las inspecciones diarias hasta el mantenimiento anual.

**Tabla X. Actividades de mantenimiento expeller primer prensado**

Limpieza externa del motor	Diario.
Revisión de nivel de aceite caja reductora	Diario.
Revisión de tensado de fajas	Diario.
Apriete de tuercas en barras de tensión No. 30 y 31	Diario.
Limpieza de harina en costillero No. 33 y 34	Diario.
Apriete de tuercas en costillero No. 36 y en recolector de aceite.	Diario.
Nivelación de aceite y grasa en baño del cojinete No. 23	Diario.
Engrase Cojinete No. 20	150 horas de operación.
Engrase Cojinete No. 26	150 horas de operación.
Cambio de aceite y grasa a cubeta No. 25	3,00 horas de operación.
Cambio de fajas	1,200 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 20	4000 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 26	4000 horas de operación.
Cambio de cojinete No. 23	4000 horas de operación.
Cambio de tornillo de alimentación No. 1-1	4,000 horas de operación.
Limpieza interna, barnizado y cambio de cojinetes motor eléctrico	4,000 horas de operación.
Cambio de aceite caja de reductora	4,000 horas de operación.



Los lubricantes utilizados para el mantenimiento de los expeller son:

- La grasa para los cojinetes, Multipropósitos a base de lithio
- El aceite para caja de reductora, ISO 320.
- La mezcla de aceite y grasa en la cubeta No. 25, aceite ISO 220 y grasa multipropósito a base de lithio.

### **3.2.4 Molino de martillos**

El molino de martillos debido a la velocidad que gira, 1170 revoluciones por minuto, el desgaste por abrasión es mucho más alta que en los expeller. Los materiales de las piezas de desgaste son materiales de alta resistencia a la abrasión, pero aun así los tiempos de cambio son cortos si se les compara con las piezas de los expeller.

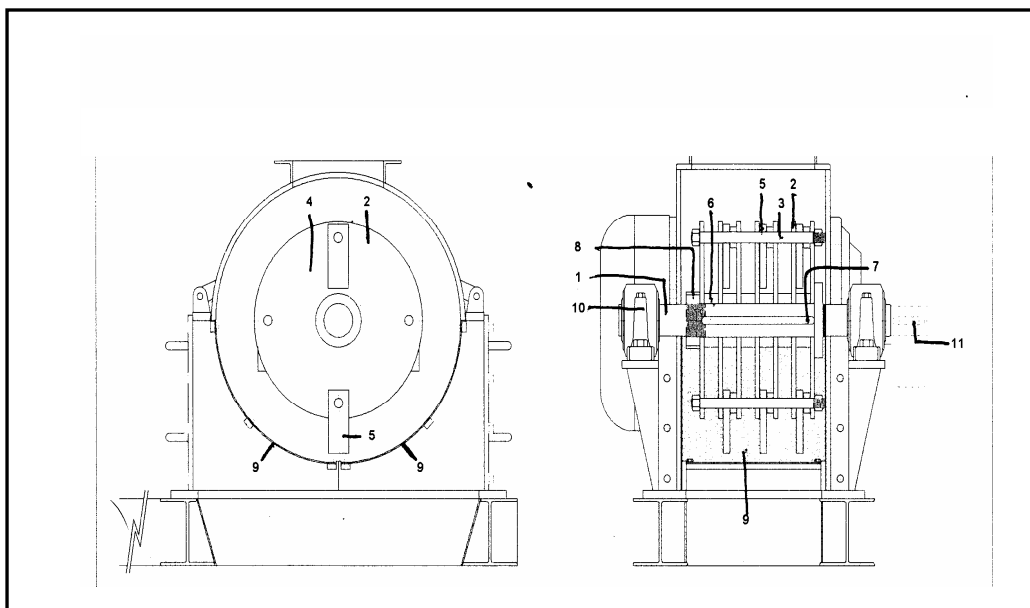
Al igual que los expeller, la eficiencia del molino depende en gran medida de las piezas de desgaste, martillos, canastas pasadores y platos de sujeción, el desgaste excesivo de estas piezas produce la disminución de la capacidad de proceso del molino, pérdida de uniformidad en la granulometría de la harina y desbalance del rotor ocasionan daños en los cojinetes y en el motor.

Al igual que la operación las normas de mantenimiento del molino de martillos es bastante sencilla de seguir, en la Tabla XI, se describen las normas de mantenimiento para cada una de las piezas y los tiempos máximos para realizarse. Los numeros en algunas de las partes se identifican en la Figura 19.

**Tabla XI. Actividades de Mantenimiento molino de martillos**

Limpieza del motor eléctrico	Diario
Revisión de tensión de fajas	Diario
Limpieza interna del molino	Diario
Engrase de cojinetes No. 10	150 horas de operación
Cambio de martillos No. 5	500 horas de operación
Cambio de canastas No. 9	1,000 horas de operación
Cambio de fajas	2,100 horas de operación
Cambio de tornillos pasadores No. 3	1,000 horas de operación
Cambio de platos No. 4	2,000 horas de operación
Cambio de cojinetes No. 10	4,000 horas de operación
Limpieza interna, barnizado y cambio de cojinetes motor eléctrico	4,000 horas de operación

**Figura 19. Esquema de identificación de piezas molino de martillos**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP Pag. 8.8*

La grasa que se utiliza para los cojinetes del molino es grasa Multipropósito con base de lithio.

En el caso de la limpieza interna del molino, el cambio de martillos, cambio de canastas, cambio de tornillos pasadores y el cambio de los platos, el tiempo para cada una de las actividades son considerados con un porcentaje de impurezas en el palmiste menor o igual al 5 %, si la cantidad de impurezas es mayor, el tiempo indicado debe ser menor. Aunque si la limpieza interna del molino se hace cada 50 horas de operación o cada 2 días de 24 horas, el tiempo podría ser mayor.

### **3.2.5 Filtro prensa**

Las principales piezas de desgaste del filtro prensa son las lonas de filtrado, la limpieza de las lonas es fundamental para alargar la vida útil y mantener constante la eficiencia del filtro.

A las lonas se le hacen 2 tipos de limpieza, una de ellas es el raspado de las lonas con una espátula de madera, puesta aún en el marco, aflojando la tuerca de ajuste y separando los marcos.

La otra limpieza se hace desmontando las lonas de los marcos, en este caso se lleva la lona a una plancha de concreto lisa donde con una escoba y abundante agua se restriega para sacar las impurezas que debido a la presión tapan los poros de las lonas disminuyendo la eficiencia del filtrado.

Finalmente la lona debe reemplazarse por completo antes de que ésta llegue a romperse, ya que debido a la presión, la corrosión y la limpieza debilitan la lona hasta que esta se rompe. Una lona rota representa aumento de impurezas en el aceite, y por lo tanto baja calidad. En la Tabla XII, se listan las normas de mantenimiento y los tiempos máximos para realizarse.

**Tabla XII. Actividades de mantenimiento filtro prensa**

Limpieza de canal recolector.	Diario.
Limpieza de válvulas en los marcos.	Diario.
Drenado de compresor.	Diario.
Limpieza tanque sedimentador.	Diario.
Raspado de lonas.	Diario.
Lavado de lonas.	300 horas de operación.

Las horas de operación para realizar las limpiezas del tanque sedimentador se relacionan con las horas de operación de los expeller del primer prensado.

La limpieza del tanque sedimentador es de vital importancia ya que si éste llegara a saturarse la bomba del tanque no solo bombearía aceite con sólidos en suspensión, sino también los sólidos más pesados y de mayor tamaño, acortando las horas de limpieza así como la vida útil de las lonas.

### **3.2.6 Sistema de calentamiento de aceite**

En este sistema de calentamiento las partes principales a tener en cuenta para el mantenimiento son las válvulas en el arreglo de la trampa de vapor el filtro y la trampa misma, ya que de este conjunto depende la eficiencia del calentamiento y de mantener la calidad del aceite.

La principal actividad en el mantenimiento, es el drenado de la tubería, ya que los condensados de vapor producen incrustaciones y sedimentaciones en el serpentín, disminuyendo la transferencia del calor al aceite y dañar u obstruir el filtro y la trampa de vapor, haciendo que la evacuación de los condensados no sea adecuada. En la Tabla XIII, se muestran la lista de normas de mantenimiento para el sistema de calentamiento, esta es aplicable para el tanque de aceite puro y para el tanque de almacenamiento.

**Tabla XIII. Actividades de mantenimiento del sistema de calentamiento**

Drenado de tubería	Diario.
Limpieza del filtro de vapor	1,000 horas de operación.
Limpieza de trampa de vapor	1,000 horas de operación.
Cambio de trampa de vapor	4,000 horas de operación.
Cambio de filtro de vapor	4,000 horas de operación.



## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se realizó comparando los resultados de laboratorio antes y después de haberse implementado las normas de operación, para el análisis se grafican los resultados comparando el comportamiento de las gráficas utilizando la desviación estándar para medir la variabilidad, máximos y el promedio.

En la mayoría de los resultados antes de implementarse las normas de operación se puede observar mucha variabilidad y datos muy lejanos a los límites establecidos mientras que las gráficas después de implementarse las normas se observa que los resultados son mucho más estables y cercanos a los límites. A excepción de uno de los análisis donde sí se pudo observar estabilización de los resultados pero no se pudo alcanzar el límite establecido, en el porcentaje de humedad de aceite, aún después de realizarse la implementación de las normas de operación.

### 4.1 Humedad en almendra

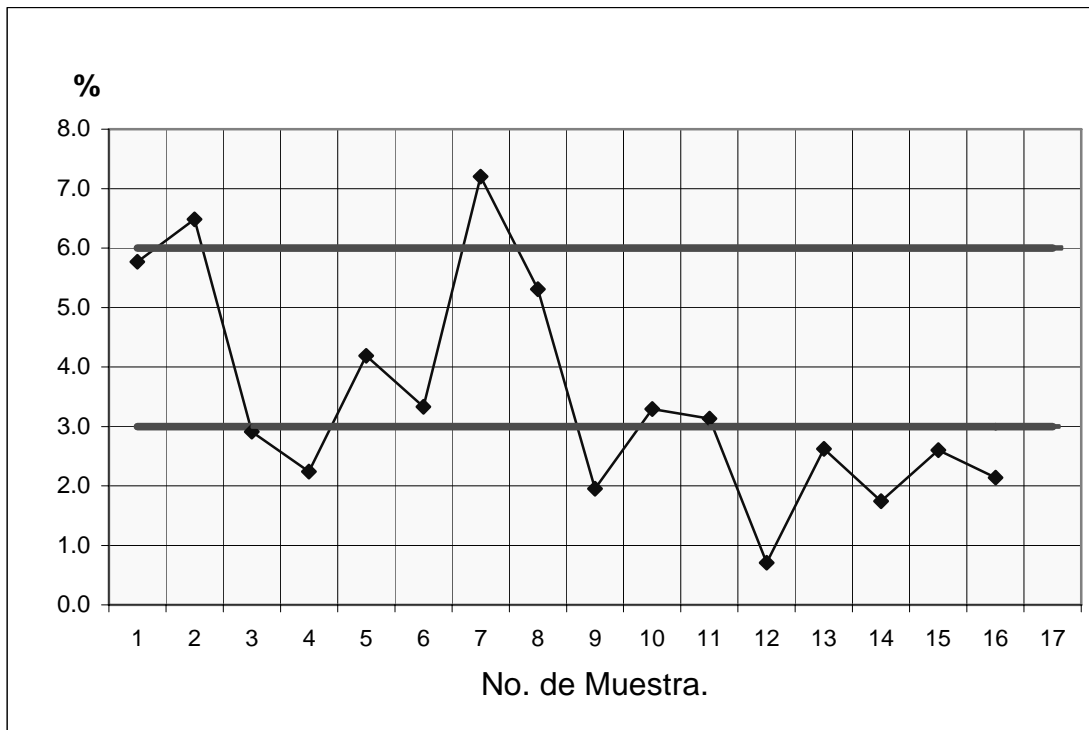
En la Figura 20, se muestra el resultado de los análisis de humedad realizados a uno de los silos de secado, antes de implementarse las normas de la operación.

En la Gráfica 4-1 se puede observar lo siguiente:

- La variabilidad de los resultados, con promedio de 3.48 %, máximo 7.20 % y una desviación estándar de 1.83 %, debido a la falta de control del tiempo de residencia del palmiste dentro del silo y de la temperatura del aire de secado.

- Los puntos por debajo del 3 % de humedad, son causados por sobrecalentamiento del palmiste, alta temperatura del aire o tiempo excesivo expuesto al aire de secado.
- Los puntos por debajo del 3 % de humedad ocasionan derrames de aceite en los silos, provocando perdidas y deterioro del aceite.
- Los puntos sobre el 6 % de humedad son causados por la falta de temperatura en el aire de secado o poco tiempo de residencia en el silo.

**Figura 20. Porcentaje de humedad salida del silo de secado antes de la implantación de normas**

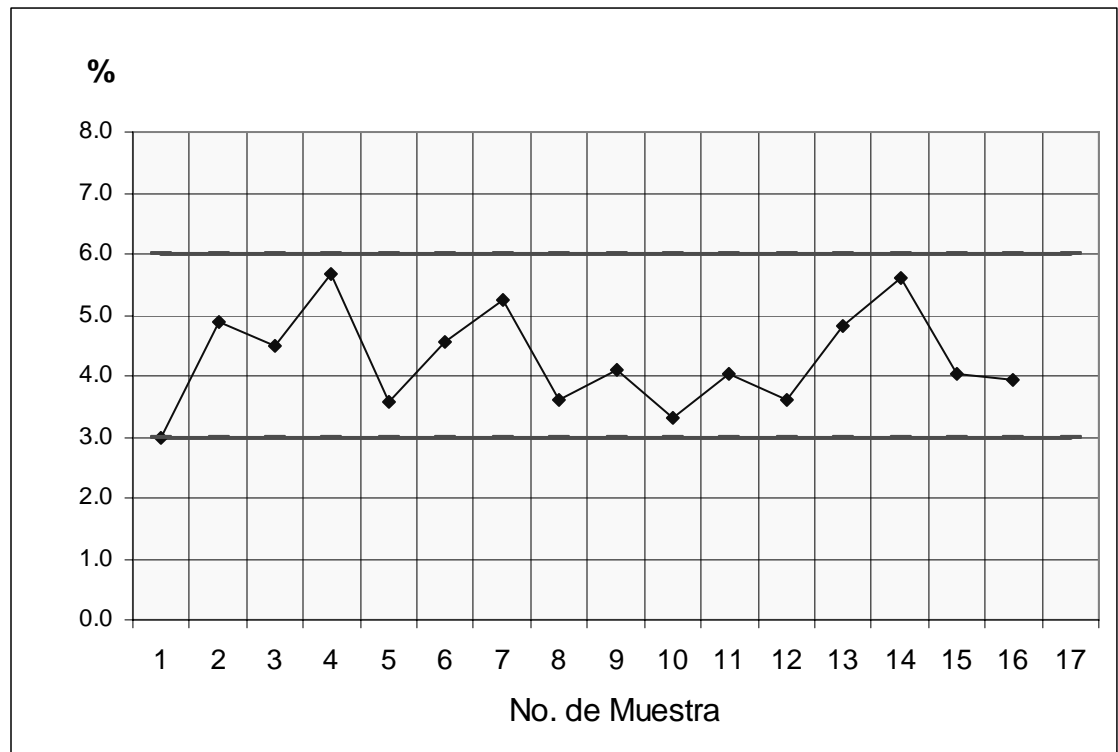


En la Figura 21, se observan los resultados del porcentaje de humedad a la salida del silo de secado, después de haberse implementado las normas establecidas en el capítulo No. 3, en la Gráfica se puede observar lo siguiente:



- Los resultados del porcentaje de humedad en el palmiste a la salida del silo tienen una media de 4.28 % máximo de 5.67% y una desviación estándar de 0.80%, mas de 1% menos que en los resultados anteriores.
- Estos datos aunque se encuentra muy cercanos a los limites establecidos no son causa de derrames de aceite del silo ni deterioro en la calidad del aceite, como lo sería un valor por debajo del 3 %, y el punto mayor esta muy por debajo del máximo permisible para ser procesado en los expeller.

**Figura 21. Porcentaje de humedad salida del silo de secado después de implementarse las normas**

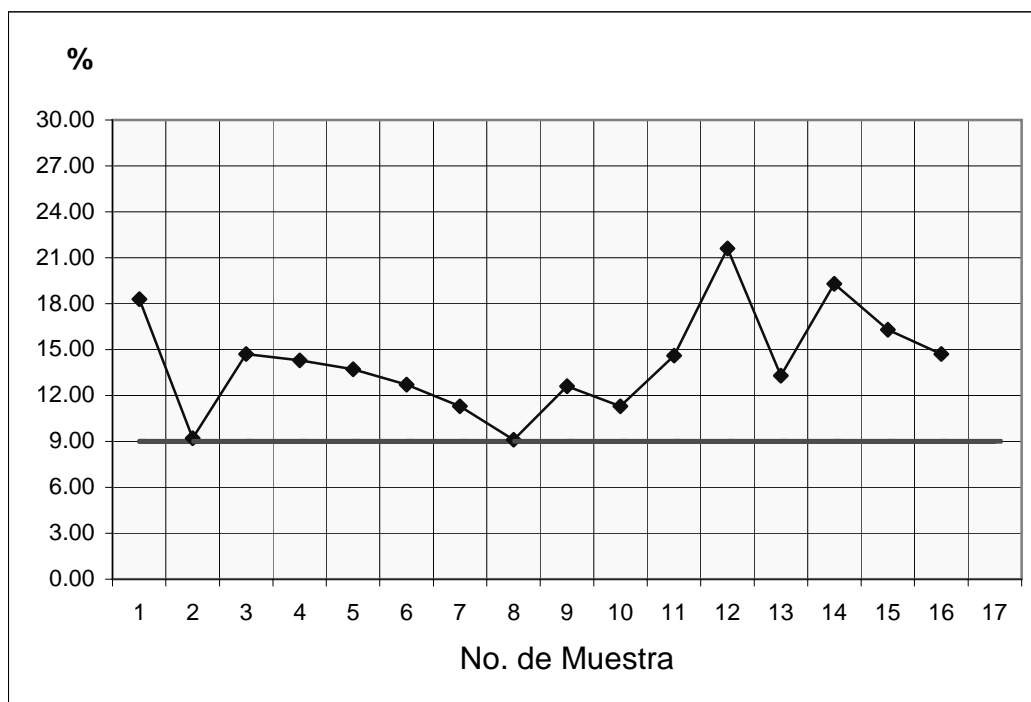


## 4.2 Porcentaje de impurezas

Como se describió anteriormente, las impurezas son pedazos de cáscara recubren el palmiste y la separación de estos se realiza en el proceso de extracción de aceite de palma, ya que ésta cáscara o cascarilla como comúnmente se le conoce, debido a su alto poder calorífico se utiliza como combustibles para la generación de energía eléctrica y vapor.

Aunque el control del porcentaje de impurezas en el palmiste no depende el proceso de extracción del aceite y la harina de palmiste, es un parámetro importante del control de calidad del palmiste que se recibe en la planta, para reportar los resultados de los análisis no se encuentran dentro del rango permisible y se hagan los ajustes necesarios en el proceso de extracción de aceite de palma, como los resultados de la Figura 22.

**Figura 22. Porcentaje de impurezas**



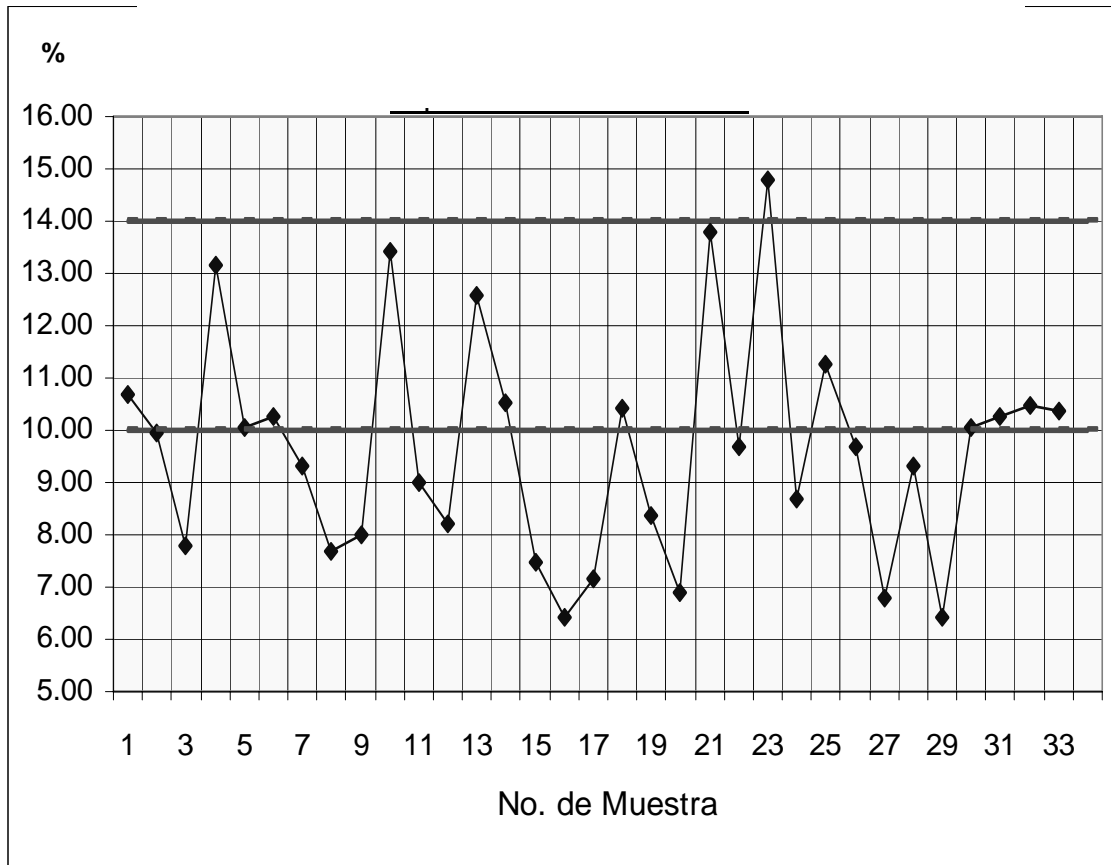
Como se puede observar en la Figura 22, los resultados del porcentaje de impurezas se encuentran muy variables y muy por encima del límite establecido, 9 %, con media de 14.19 %, hasta un máximo de 21.60 % y una desviación estándar de 3.43 %. Este porcentaje tan alto de impurezas disminuye considerablemente el tiempo de operación de las piezas de desgaste, aumentando los costos de operación y los costos por mantenimiento.

### **4.3 Porcentaje de residual de aceite en harina**

El análisis de residual de aceite en la harina no es un análisis de calidad, sino un análisis que indica la eficiencia del proceso de extracción de aceite de palmiste, indica la cantidad de aceite sobre peso de harina que se ha dejado de extraer. El máximo permisible en este tipo de extracción es 14 % de aceite, a la salida del molino de martillos, siempre que la humedad del palmiste sea menor al 7 %, y un adecuado programa de mantenimiento, que implica principalmente el control de las horas de operación de las piezas de recambio, especialmente aquellas que tienen contacto directo con el palmiste, gusanos y collarines, conos de contrapresión, cono de desgaste y canastas de presión.

En la Figura 23, se muestran los resultados del análisis de residual de aceite en harina antes de realizar la implementación de las normas descritas en el capítulo No. 3.

**Figura 23. Residual de aceite de palmiste en harina antes de la implementación de normas**

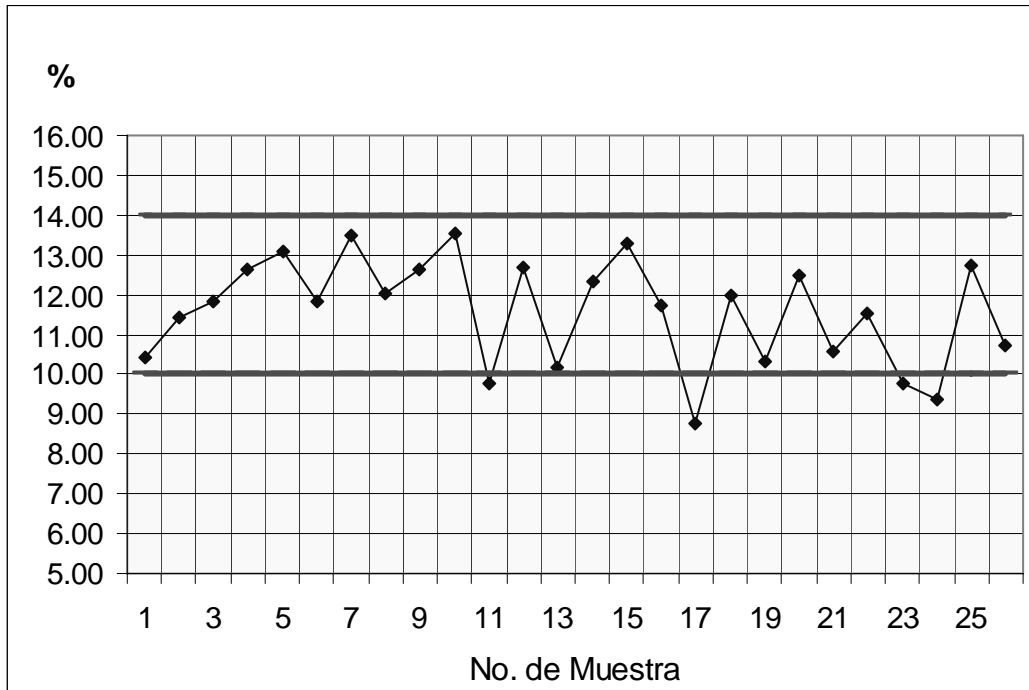


- Al igual que la Gráfica No. 4-1 los resultados son muy variables con una media de 9.67 % un máximo de 14.8 % y una desviación estándar de 2.16 %.
- Los puntos que se encuentran por debajo del 9 % de residual, se podría pensar que se ha mejorado la extracción de aceite ya que el residual se encuentra muy por debajo del 14 %. Pero el 6.41 %, el más bajo de todos, es causado por un excesivo apriete del cono, aumentando la presión, el calor dentro de la canasta aumentando el amperaje del motor provocando deformaciones de las canastas de presión, roturas de los gusanos y daños en la estructura.

- Los puntos sobre el límite máximo 14 %, son causados, primero por alta humedad en la almendra de alimentación, que como se explicó anteriormente esta depende de la operación de los silos de secado. Segundo, operación del expeller, apriete inadecuado del cono de presión, disminuyendo la presión dentro de la canasta, haciendo que el amperaje del motor esté por debajo de los 40 amperios. Y por último un mal control de las horas de operación de las piezas de recambio anteriormente mencionadas, el desgaste de las piezas impide que se alcance la presión necesaria para extraer el aceite y a esto se le suma la disminución de la capacidad del expeller.

En la Figura 24, se muestran los resultados para el mismo análisis, en un período en el que se pusieron a prueba las normas de operación descritas en el Capítulo No 3. Cuando se realizó esta prueba las piezas de desgaste, gusanos, collarines, conos de presión, conos desgaste y la canasta de presión se cambiaron por piezas nuevas en uno de los expeller del primer y segundo presado y procesando almendra con porcentajes entre el 3 % y 6 % de humedad.

**Figura 24. Residual de aceite de palmiste en harina después de implementarse las normas.**



En la Gráfica se puede observar lo siguiente:

- Los resultados de los análisis después de haberse implementado las normas de operación, se puede ver que en comparación con la figura 23, los puntos son más estables y dentro del rango 14 % y 10 % de residual en la harina.
- Al inicio de la operación entre los puntos 1 y 5, se puede apreciar un incremento en el residual, debido a la graduación del cono de presión con el objetivo de alcanzar el 12 % y mantener el amperaje del motor por debajo de los 50 amperios. La graduación al inicio es mucho más fácil ya que las piezas de desgaste están nuevas, pero a medida que el tiempo de operación de las piezas aumenta es un poco más difícil poder mantener el amperaje constante.

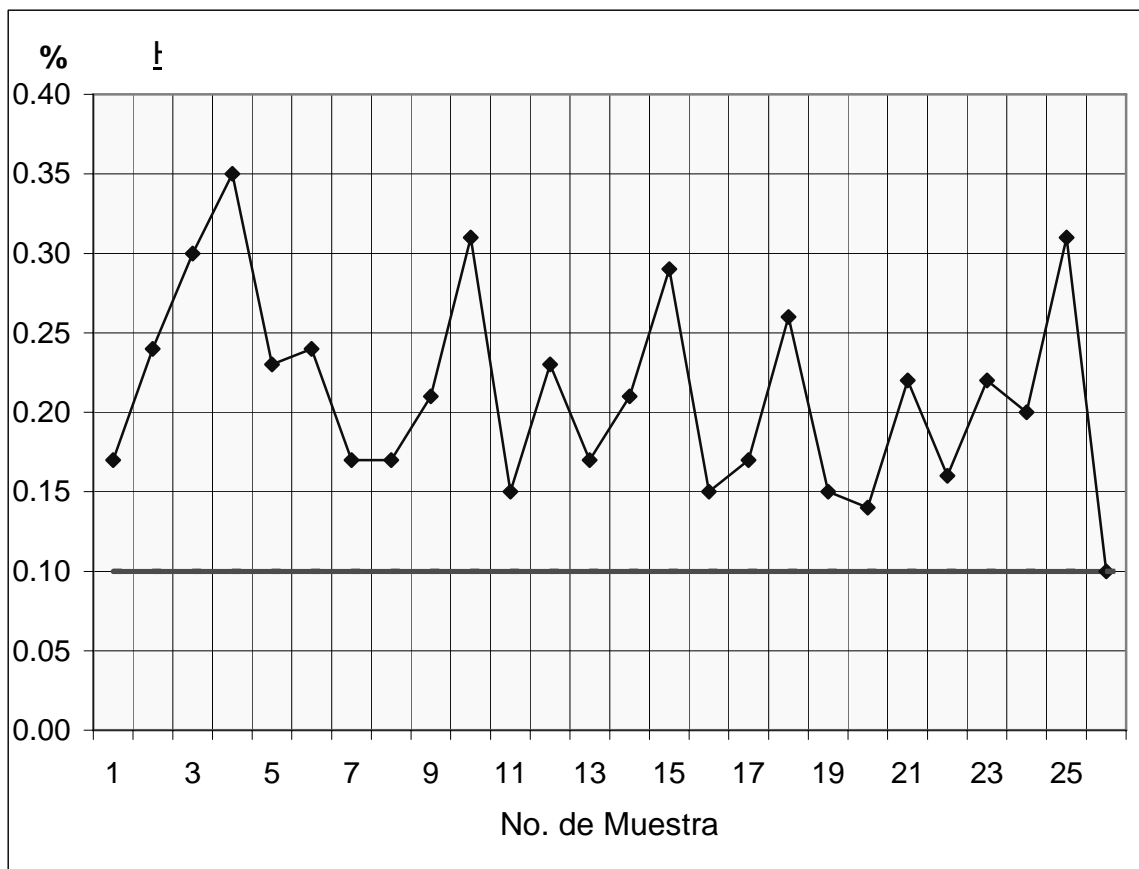
- En los puntos del 11 al 25 se puede observar que después de cierto tiempo, 200 horas de operación de las piezas de desgaste, es un poco más difícil poder mantenerse cerca del 12 %.
- Los cambios bruscos entre un punto y otro en forma de sierra, son causados por ajustes en el cono de presión, los puntos bajos son causados por ajustes con el afán de bajar al 12 % mientras que los puntos altos son causados por el afloje del cono tratando de subir al 12%. Existen puntos como el 17 con 8.77 % de residual, causado por un ajustes excesivo del cono en operación.
- Esto indica que con un buen control por parte del operador, ajustando el cono de presión para mantener el amperaje constante en el motor es posible mantener el residual de aceite dentro de los rangos.

#### **4.4 Porcentaje de humedad en aceite**

Según lo establecido en capítulos anteriores el porcentaje de humedad en el aceite terminado debería estar por debajo del 0.10 %, pero como se puede observar en la Figura 25, unicamente uno de los 26 puntos se encuentra en este valor. En teoría, el residual de aceite en harina y la humedad del aceite dependen de la operación de los expeller, pero al comparar las Figura 24, y la 25. Antes de realizarse la implementación de las normas, en la Figura 25. Existen resultados dentro del rango, mientras que en la Figura 25, solamente uno. Si los resultados de estos análisis dependen de la operación las gráficas debieran de tener el mismo comportamiento ya que las muestras para los dos análisis son las mismas.

Independientemente de lo anterior, los resultados se encuentran muy dispersos, con un promedio de 0.21 %, máximo 0.35 % y una desviación estándar de 0.06 %, al igual que en la Figura 24. Debido a la falta de control, en este caso, de la utilización de agua en la operación de los expeller.

**Figura 25. Humedad de aceite antes de la implementación de normas**

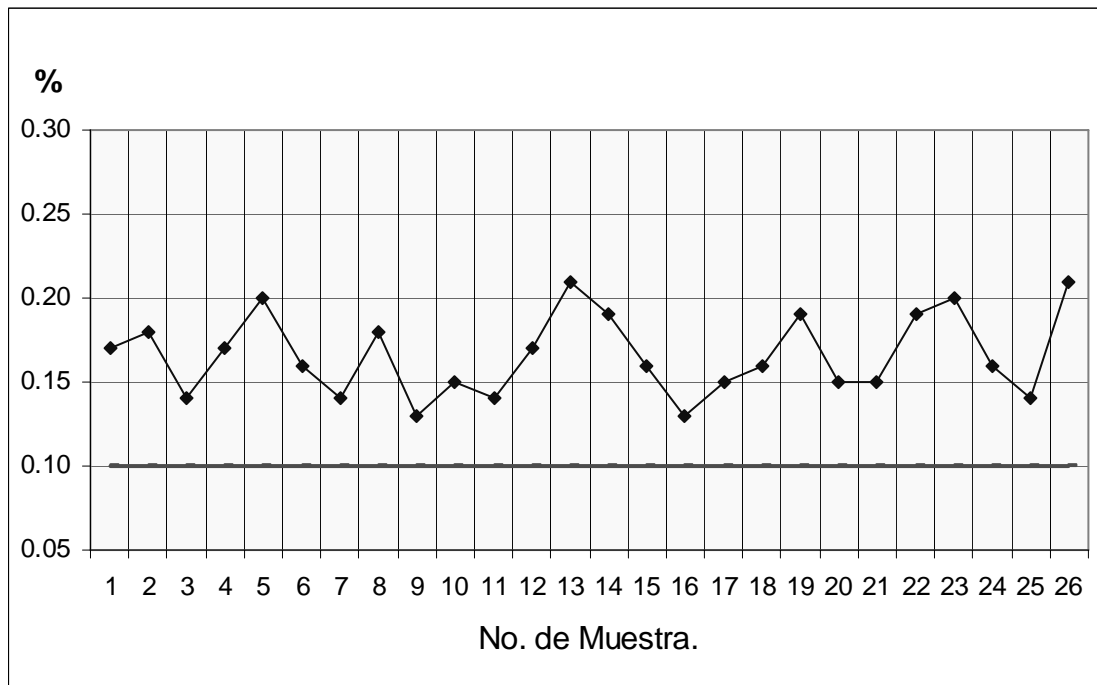


Después de haber implementado las normas de operación en los expeller, se obtuvieron los resultados de la Figura 25, a diferencia de los otros resultados donde se implementaron las normas de operación, en este caso no se pudo llevar la humedad del aceite por debajo del .10 %, aun cuando la utilización del agua fue mucho menor a la utilizada con anterioridad.



Como se puede observar en la Figura 26, a pesar de que los resultados se encuentran más estables, con promedio de 0.17 %, máximo 0.21 % y desviación estándar de .02 %, no fue posible alcanzar el .10 % establecido.

**Figura 26. Humedad en aceite después de implementarse las normas**

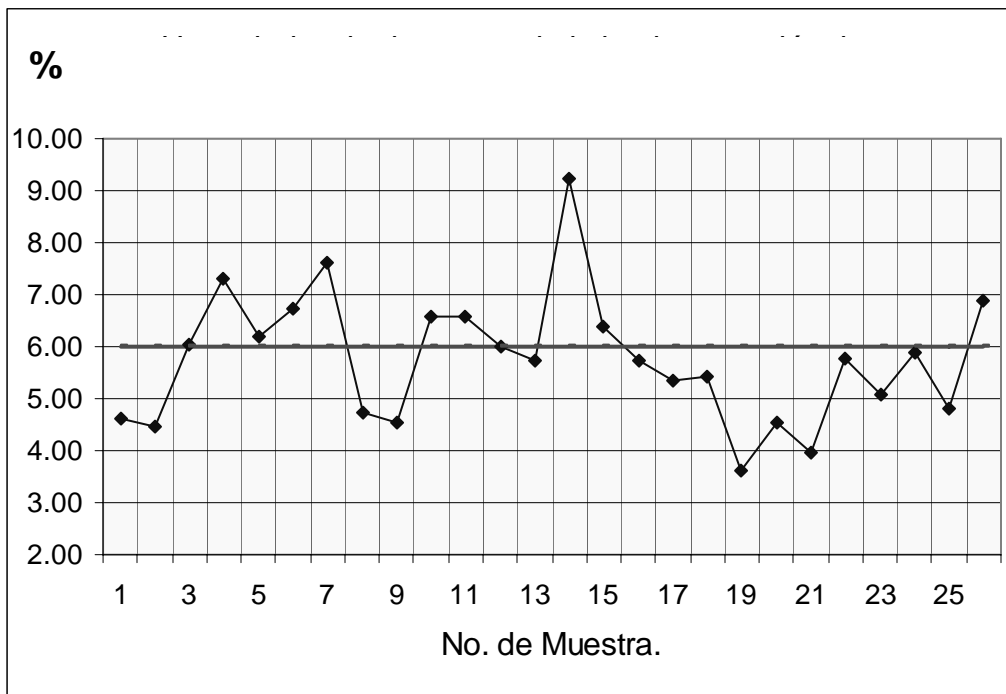


#### 4.5 Porcentaje de humedad en harina

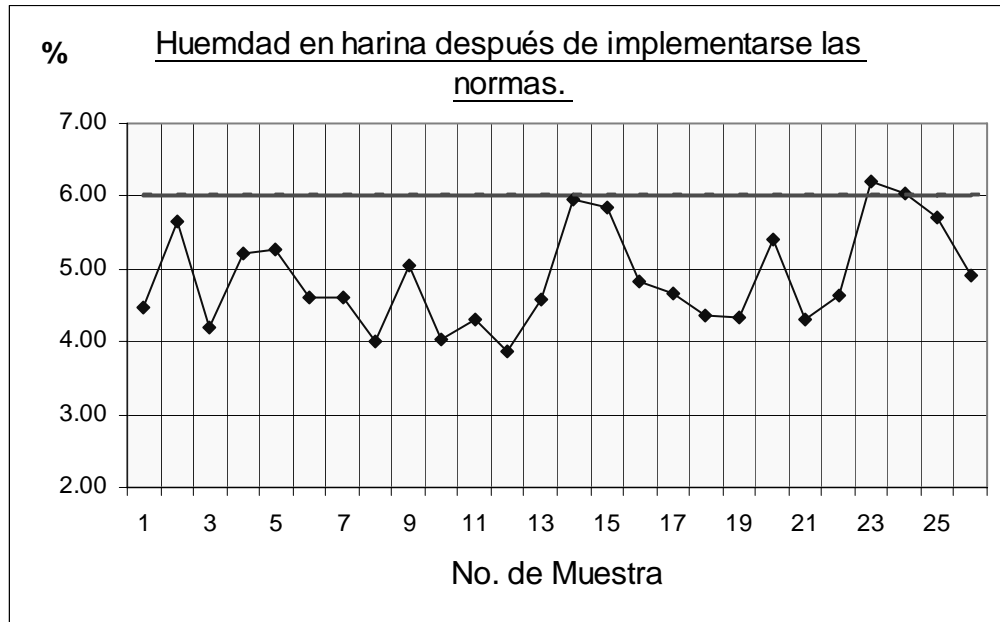
Al igual que el porcentaje de humedad en aceite, el porcentaje de humedad en harina depende de la operación de los expeller, principalmente de la utilización de agua en operación, aunque una parte se evapora y otra se mezcla con el aceite en el recolector, sino se tiene control del agua también afectará a la harina. Además también depende en gran medida del porcentaje de humedad del palmiste a la salida de los silos, ya que esta humedad se encuentra por naturaleza dentro del palmiste y muy difícilmente podrá reducirse con la presión en los expeller.

Al igual que en los demás análisis en la Figura 27, antes de implementarlas normas descritas en el Capítulo No. 4, se puede observar mucha variabilidad en los resultados con una media de 5.76 % un máximo de 9.22 % y una desviación estándar de 1.244%, así como puntos arriba del límite máximo 6%.

**Figura 27. Humedad en harina antes de la implementación de normas**



**Figura 28. Humedad en harina después de implementarse las normas**



Después de haberse aplicado las normas de operación en los expeller y en los silos de secado en la Figura 28, se puede observar que la variación de los resultados es menor que en la Figura 27, cuando no se habían aplicado las normas de operación. La media es de 4.89 % el máximo de 6.20 % y una desviación estándar de 0.71 % en comparación con el 1.22 % de los datos anteriores.



## **5. SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA**

### **5.1 Programa de mantenimiento**

El programa de mantenimiento se realizó en base a la identificación de las piezas de desgaste, es decir todas aquellas piezas mecánicas que tienen contacto directo con el palmiste, la harina y el aceite, ya que de éstas depende la eficiencia de los equipos, principalmente expeller, molino de martillos y que el control del tiempo de operación es indispensable para poder mantener los resultados dentro de los rangos de control.

#### **5.1.1 Definición de piezas de recambio**

##### **5.1.1.1 Expeller primer y segundo prensado**

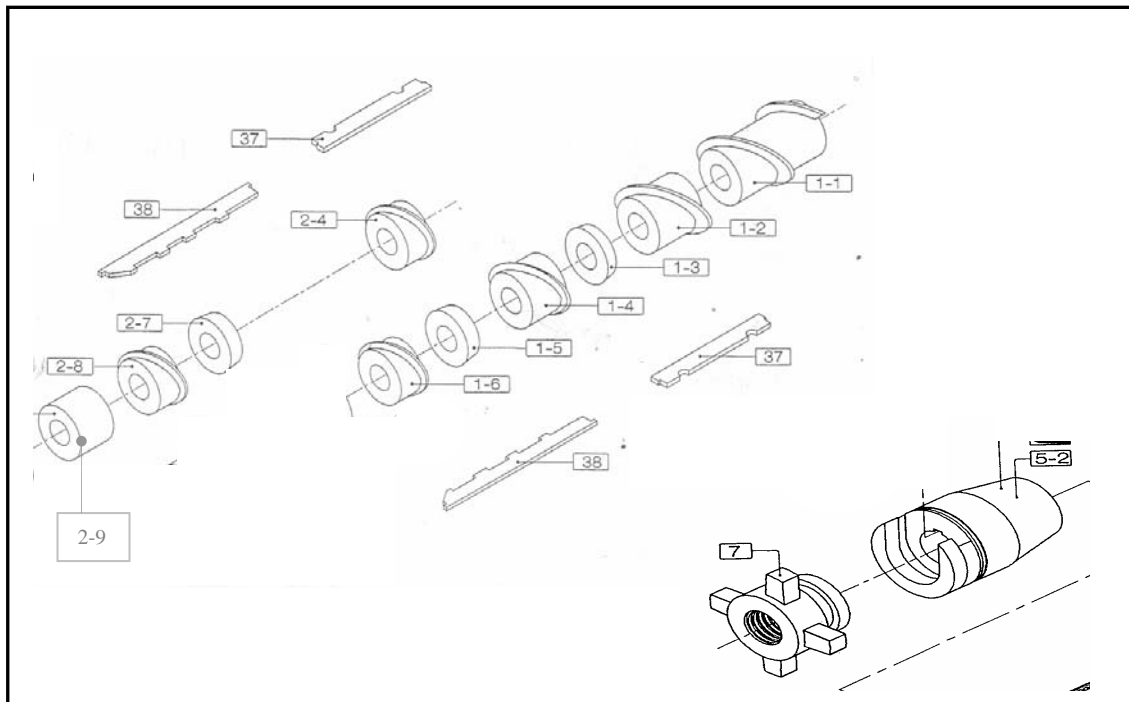
Las piezas de recambio son aquellas que tienen contacto directo con el palmiste en el caso del primer prensado y con harina en el caso del segundo prensado, que debido a la fricción que se produce en operación se desgastan disminuyendo la eficiencia del expeller. Se cuentan con las mismas piezas tanto en el primer y segundo prensado.

En la Tabla XIV, se muestra una lista de las piezas de recambio los tornillos de los expeller, junto con las horas de recambio para cada una de las piezas. Y en las figuras No. 29, 30 y 31 se muestran esquemas de las piezas de recambio para los expeller.

**Tabla XIV. Lista de piezas de recambio expeller primer y segundo prensado**

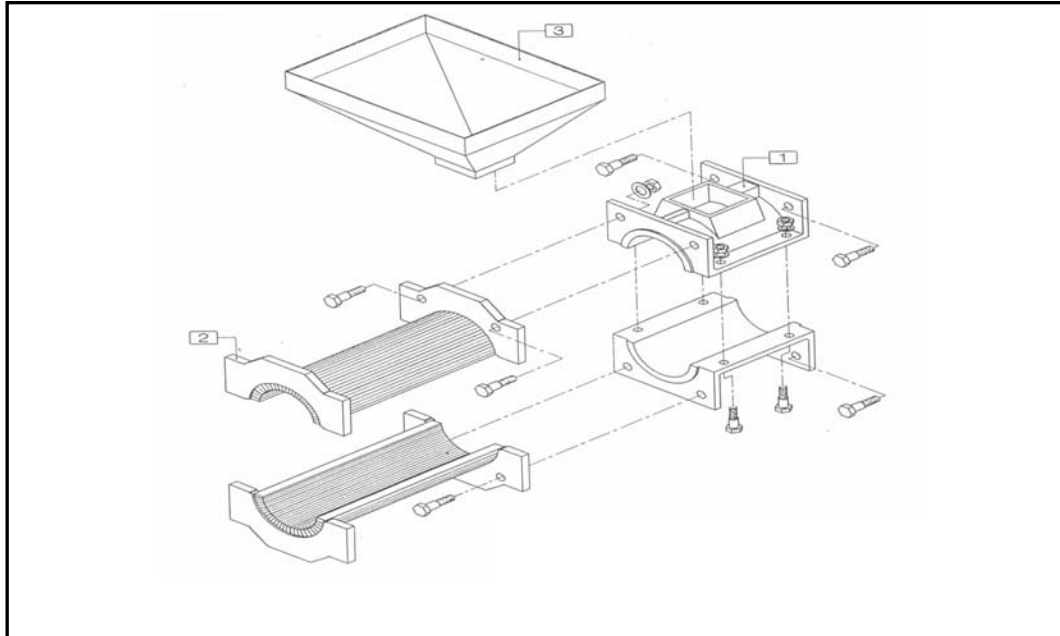
Pieza y No.	Horas de operación	
	1er. Prensado	2do. Prensado
Tornillos No. 1-2, 1-4, 1-6 y 2-8	600	350
Collarines No. 1-3, 1-5, 2-7 y 2-9	800	350
Canasta o filtro No. 2	1,600	700
Separadores de canasta No. 38	2,300	1,400
Cono de desgaste No. 18	1,600	1,000
Cono de contrapresión No. 5-2	1,800	1,000

**Figura 29. Piezas de recambio expeller**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP Pag. 18 y 20*

**Figura 30. Esquema de canasta de alimentación y canasta de presión**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP, Pag. 19*

### **5.1.1.2 Molino de martillos**

Al igual que los expeller, el molino de martillos sufre desgaste debido a la fricción que se produce entre las piezas en movimiento y en este caso la harina.

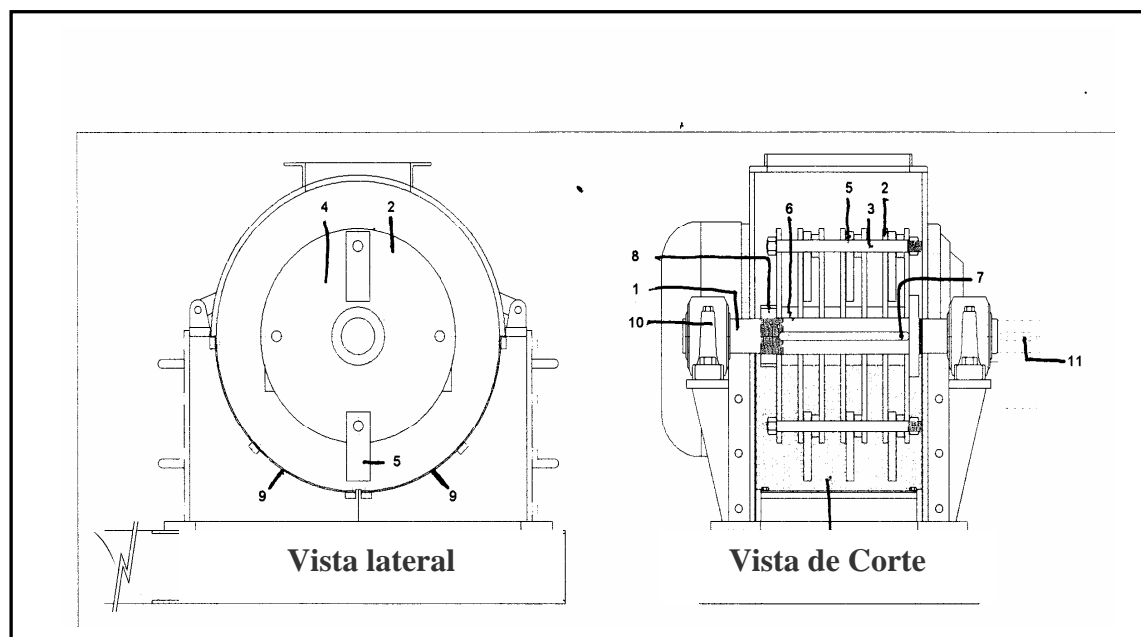
En la Tabla XV, se muestra la lista de piezas de recambio y las horas de operación y así mantener la eficiencia del molino.

En la Figura 31, se muestra un esquema de las piezas de recambio del molino.

**Tabla XV. Lista de piezas de recambio molino de martillos**

<b>Pieza y No.</b>	<b>Horas de operación</b>
Martillos No. 5	500
Canastas No. 9	1,000
Tornillos pasadores No. 3	1,000
Platos No. 4	2,000

**Figura 31. Esquema general molino de martillos**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP Pag. 8.8*

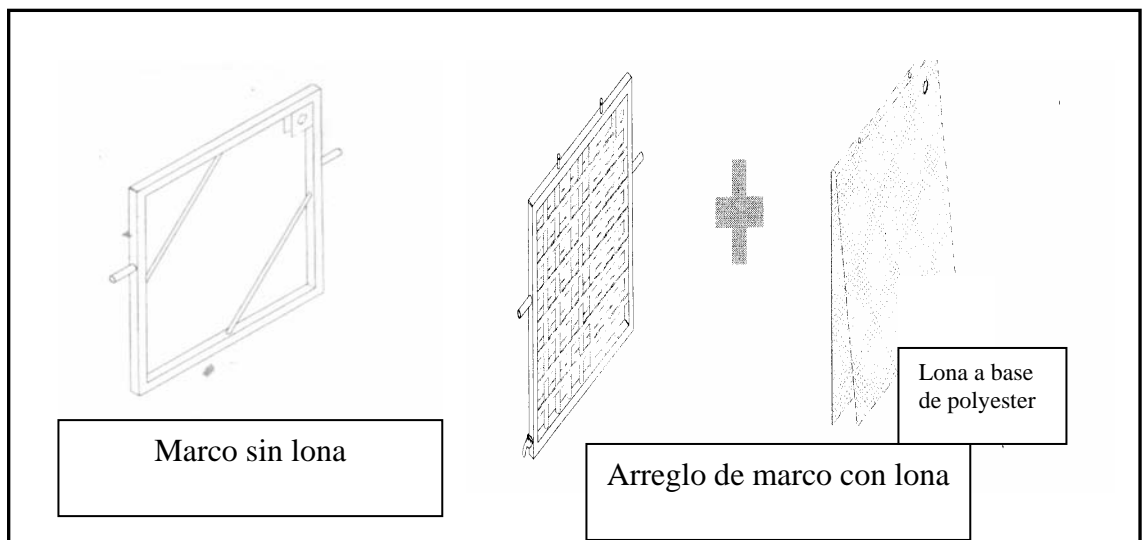


### 5.1.1.3 Filtro prensa

En el filtro prensa, las piezas de recambio que se necesitan para poder mantener la eficiencia del filtro es la limpieza de las lonas del filtro y el cambio definitivo.

En la Figura 32, se muestran los dos tipos de marcos del filtro prensa, las lonas, la eficiencia del filtro está determinada por la limpieza diaria.

**Figura 32. Esquema de marcos y lona filtro prensa.**



*Muar Ban Lee Engineering SDN. BHD. MANUAL DEL USUARIO KCP 30 TDP Pag. 8.8*

### **5.1.2 Inventario mínimo en bodega**

Como se indicó anteriormente, todos los equipos que componen la planta de INDESA provienen de Malasia, factor que influye en el tiempo de entrega de los repuestos, ya que después de autorizarse la orden de compra los repuestos llegan a la planta en un término de 3 a 4 meses en un envío normal, vía marítima. De una a dos semanas en entrega urgente, elevando los costos de los repuestos. Lo que lleva a mantener en bodega un inventario de repuestos considerando el tiempo de entrega, esto para los repuestos específicos como las piezas de desgaste de los expeller, el molino de martillos y el filtro prensa, que son piezas únicas y específicas para estos equipos.

Mientras que repuestos como cojinetes, chumaceras, sellos, retenedores, fajas, etc. Se encuentran en el mercado local y no es necesario mantener un inventario tan elevado en la bodega, ya que generalmente estos se encuentran en plazo y el tiempo de entrega es inmediato.

Para el inventario mínimo de repuestos específicos, como las piezas de recambio y otros repuestos específicos, se ha considerado un período de un año tomando como fecha inicial el día en que los repuestos llegan a la bodega de planta, las horas de operación de en ese período y una cantidad para cubrir imprevistos, como atraso en el tiempo de entrega o desperfectos en los equipos que requerirán el cambio de estas piezas antes de lo programado.

En la Tabla XVI, se encuentra una lista de piezas de recambio mínimos en bodega para los expeller, junto con número de la pieza que muestra el manual de operación y mantenimiento. .

**Tabla XVI. Inventario mínimo de repuestos para los expeller**

<b>Repuesto y No.</b>	<b>Cantidad</b>
Canasta de alimentación No. 1	2
Canasta o filtro No. 2	16 Sets
Tornillo No. 1-1	2
Tornillo No. 1-2	16
Tornillo No. 1-4	16
Tornillo No. 1-6	16
Tornillo No. 2-8	16
Collarín No. 1-3	16
Collarín No. 1-5	16
Collarín No. 2-7	16
Collarín No. 2-9	16
Cono de desgaste No. 18	8
Cono de contrapresión No. 5-2	8
Tuerca de ajuste No. 7	4
Tuerca Izquierda No. 1-10	2
Eje central No. 4	2
Separadores de canasta No. 37	5 Sets
Separadores de canasta No. 38	5 Sets
Costillero Completo	3 Sets
Barras y tornillos de ajuste	3 Sets
Cojinete No. 20	2
Cojinete No. 23	2
Cojinete No. 26	
Cojinete No. 26	2
Retenedor No. 27 <sup>a</sup>	4
Fajas SPB 210	3 Sets
Retenedor No. 19	4

**Tabla XVII. Inventario mínimo de repuestos molino de martillos**

<b>Parte y No.</b>	<b>Cantidad</b>
Eje central del rotor No. 1	2
Tornillos pasadores No. 3	7 Sets
Juego de platos No. 4	3 Sets
Martillos No. 5	15 Sets
Tuerca de ajuste No. 8	2
Canastas No. 9	15 Sets
Chumacera SNL 517	2 Sets
Fajas V 113	2 Sets

**Tabla XVIII. Inventario mínimo de repuestos filtro prensa**

<b>Parte y No.</b>	<b>Cantidad</b>
Marco para lona No. 6	2
Marco para soporte No. 7	2
Juego de lonas o filtros No. 11	5 Sets
Sellos mecánicos para bomba	2
Fajas B 60 para bomba	2 Sets

Para los repuestos del resto de la planta no es necesario tener una cantidad tan grande, ya que son repuestos que como se indicó se encuentran en plaza y de entrega inmediata, pero si un inventario de repuestos para poder responder ante una emergencia de forma inmediata. En la Tabla IXX, se muestra una lista de repuestos y su inventario mínimo para diferentes equipos en la planta.

**Tabla IXX. Inventario mínimo de repuestos generales**

<b>Repuesto</b>	<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Chumacera colgante de 25 mm. de diámetro.	Transportadores helicoidales.	3 Sets.
Chumacera colgante de 38 mm. de diámetro.	Transportadores helicoidales.	3 Sets.
Chumacera FY 511 M.	Transportadores helicoidales.	2 Sets.
Chumacera FY 508 .	Transportadores helicoidales.	2 Sets.
Cadena doble paso 80.	Transportadores helicoidales.	10 m.
Cadena .	Elevadores.	10 m.
Canjilones.	Elevadores.	5 Und.
Chumacera P 215.	Elevadores.	2 Sets.
Chumacera T 213.	Elevadores.	2 Sets.
Chumacera S 214.	Elevadores.	2 Sets.
Chumacera T 214.	Elevadores.	2 Sets.
Cadena simple paso 80.	Elevadores.	10 m.
Fajas B 88.	Silo.	2 Sets.
Chumacera SNV 120.	Silo.	2 Sets.
Válvulas de bola 50 mm. Hierro negro PN16.	Líneas de aceite.	2 Und.
Válvulas de globo 25 mm. hierro negro PN 16.	Suministro de aguas prensa.	2 Und.
Válvulas de bola 19 mm. Hierro negro PN .16.	Trampas de vapor.	2 Und.

Válvulas de bola 12.5 mm. Hierro negro PN 16.	Filtro prensa.	10 Und.
Fajas A 92.	Compresor.	2 Sets.

### 5.1.3 Fichas técnicas de los equipos

#### Ficha Técnica Expeller

**Marca:** MBL                      **Fabricante:** Muarban Lee Engineering SDN. BHD

**Modelo:** EK – 150 – K      **Capacidad:** 15 TM / Día

**Acople:** Directo con flange.

**Dimensiones:** 1.22 m de alto, 1.33 m de ancho y 4.05 m de largo

**Peso:** 3, 730 Kg.                      **Año de Fabricación:** 2003

#### Caja Reductora

**Marca:** Flender                      **Radio de reducción:** 0.01785:1

**Torque:** 65,000 Nm.                      **Tipo:** H3SH

#### Motor

**Marca:** Focus                      **Voltaje:** 440 Voltios

**Amperaje Nominal:** 70 Amperios                      **Fases:** 3

**Potencia:** 45 Kw.                      **Frecuencia:** 60 Hz.

**RPM:** 1200                      **IP:** 55

### **Ficha Técnica Molino de Martillos**

**Marca:** MBL                      **Fabricante:** Muarban Lee Engineering SDN. BHD

**Capacidad:** 20 TM / Día    **RPM:** 1170

**Dimensiones:** .85 m de alto, .70 m de ancho y 3.15 m de largo

**Peso:** 1, 876 Kg.              **Año de Fabricación:** 2003

#### **Motor**

**Marca:** Focus                                      **Voltaje:** 440 Voltios

**Amperaje Nominal:** 55 Amperios              **Fases:** 3

**Potencia:** 40 Kw.                                      **Frecuencia:** 60 Hz.

RPM: 1200                                      IP: 55

### **Ficha Técnica Filtro Prensa**

**Marca:** MBL                      **Fabricante:** Muarban Lee engineering SDN. BHD

**Modelo:** MBL - 80 – FP

**Capacidad:** 9 TM / H

**Dimensiones:** 1.41 m de alto, 1.05 m de ancho y 3.15 m de largo

**Peso:** 2,329 Kg.

**Año de Fabricación:** 2003



### **Ficha Técnica Silos de Secado**

**Fabricante:** CBIP Engineering SDN. BHD      **Capacidad:** 13 TM

**Dimensiones:** 2.5 m. de diámetro y 4.5 m de alto.

**Año de Fabricación:** 2003

#### **Ventilador**

**Marca:** Phoenix

**Capacidad:** 580 m<sup>3</sup> / minuto

**Clase:** 3

**Tamaño:** IF 15

**RPM:** 1765

#### **Motor**

**Marca:** EMM

**Voltaje:** 440 Voltios

**Amperaje Nominal:** 17 Amperios

**Fases:** 3

**Potencia:** 12 Kw.

**Frecuencia:** 60 Hz.

**RPM:** 1200

**IP:** 55

## **5.2 Control diario del proceso**

Para llevar el control y registros del proceso se han elaborado 3 diferentes hojas de control, Control de Calidad, Control del Proceso y Análisis Rápido, con el propósito de llevar un registro diario y puntual de los análisis así como de la operación y mantener los parámetros dentro de los rangos, y poder reaccionar de forma inmediata cuando éstos se encuentre fuera de los rangos establecidos.

### **5.2.1 Control rápido del proceso**

El control rápido del proceso es un análisis que se hace en el laboratorio a solicitud del Supervisor del proceso o del Jefe de producción. Y es esencialmente el análisis de los parámetros más importantes del proceso, el porcentaje de residual de aceite en la harina, a la salida del molino de martillos y la humedad del Aceite a la salida del filtro prensa. Este análisis permite determinar la eficiencia del proceso en cualquier momento y tomar las medidas necesarias para que los parámetros regresen a su normalidad.


En la Figura 33, se muestra el formato de la hoja del análisis rápido del proceso, donde se encuentran los dos parámetros, % de residual de aceite en harina y % de humedad en aceite. Los análisis son realizados por el laboratorista, quien debe llenar la hoja de resultados con la fecha la hora y el turno como se indica en la Figura 35.

Figura 33. Hoja de análisis rápido del proceso

 <b>INDESA</b> INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.	
<u>Análisis Rápido</u> <u>Harina y Aceite de Palmiste</u>	
FECHA: _____	HORA: _____
TURNO: _____	
<b>% de Residual en Harina</b>	
<b>% de Humedad en Aceite</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b> _____	

En la planta también se debe llevar una hoja de control de la operación que debe llenar el operador de la planta y mantener en constante observación a lo largo del turno el Supervisor de proceso. En la hoja como se puede observar en la Figura 34, se anota el horometro de inicio y el horometro al terminar para definir las horas de operación de cada uno de los equipos, también debe anotarse cada hora el amperaje de cada uno de los equipos para mantenerlos dentro del rango de operación. Y para el control de inventarios la cantidad de costales llenos durante el turno, el inventario actual de los mismos y la altura del tanque de almacenamiento de aceite. La hoja debe ser firmada por el operador y por el Supervisor y anotar las situaciones relevantes durante el turno.

Figura 34. Hoja de control de operación



**INDESA**  
INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.

### Control de Operación

Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_      Turno: \_\_\_\_

Hora de entrada: \_\_\_\_      Hora de salida: \_\_\_\_

**Amperaje**

	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
Expeller No. 1												
Expeller No. 2												
Expeller No. 3												
Expeller No. 4												
Molino												

Expeller No. 1	Horometro Inicial:	Horometro Final:	Horas de Operación
Expeller No. 2			
Expeller No. 3			
Expeller No. 4			
Molino			

Altura Tanque No. 6:       Costales llenos en el turno:

Inventario total de costales:

Operator: \_\_\_\_\_      Observaciones: \_\_\_\_\_

Supervisor: \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_

5.2.2 Reporte de los análisis de laboratorio

En la Figura 35, se muestra el formato el registro de todos los análisis por turno, a esta hoja se le llama hoja de control de calidad, ya que incluye todos los resultados de los análisis efectuados a las muestras que el operador de planta realizó en los diferentes puntos de muestreo, descritos en el capítulo No 2. Este reporte debe estar completo al día siguiente, para poder tener un panorama general de la eficiencia del proceso en cada uno de los puntos de muestreo, en cada turno y poder realizar ajustes en base a los resultados de un día completo de análisis.



### **5.2.3 Reporte de mantenimiento**

Al igual que el control de los parámetros de operación, también es necesario llevar un control del mantenimiento de los equipos individualmente, es decir una hoja de vida, donde se registran las modificaciones, reparaciones, mantenimiento preventivo y correctivo. Para esto se elaboró un hoja de control para cada uno de los equipos, donde se incluyen las piezas de recambio y los componentes principales del equipo, registrando la fecha y principalmente el horómetro.


#### **5.2.3.1 Hoja de mantenimiento expeller**

En la Figura 36, se muestra una hoja de control de mantenimiento u hoja de vida de un expeller, esta hoja puede ser utilizada para los cuatro expeller ya que no existe ninguna diferencia para las piezas que en ésta se mencionan.

En la primera parte se encuentran todas las piezas de recambio, refiriéndose a los gusanos y collarines de presión como uno sólo, ya que no es posible cambiar solo uno de ellos. En la hoja también se incluye el cambio de los cojinetes con el número de parte del manual y el número específico del cojinete. Se incluye el mantenimiento del motor eléctrico el reductor y en la lubricación se encuentra adicionalmente dos cuadros con la abreviatura Niv. que significa velación y Cmb. que significa cambio completo.

En la Figura 37, se muestra la parte posterior de la hoja, la cual se utiliza para hacer comentarios o referencia a cualquier otro cambio, reparación o modificación que se halla efectuado.

Figura 36. Hoja de control de mantenimiento expeller



**INDESA**  
INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.

**Control de Mantenimiento Expeller No. 1**

	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
<b>Piezas de Recambio</b>										
Tornillos de presión										
Collarines de presión										
Canasta de presión No. 2										
Separadores de canasta No. 38										
Cono de desgaste No. 18										
Cono de presión No. 5-2										
<b>Repuestos</b>										
Tuerca Izquierda No. 1-10										
Tuerca de ajuste No. 7										
Gusano de Alimentación No. 2										
Canasta de alimentación No. 1										
Espaciadores de alimentación No. 37										
Costillero										
Barras de Apriete No. 35										
Tornillos y Tuercas Ajuste No. 36										
<b>Acople</b>										
Hules										
Tornillos y Tuercas										
Eje Central										
<b>Cojinetes</b>										
No. 20, Spherical Roller 22322										
No. 23, Spherical Roller Thrust 29424										
Mezcla ISO 220 y Grasa Universal										
No. 26, Spherical Roller 22320										
Espaciador No. 22										
Cuna No. 24										
Sello No. 19										
Sello No. 27a										
<b>Servicio Motor Eléctrico</b>										
Cojinetes										
Limpieza Interior										
Barnizado de Embobinado										
Fajas										
<b>Caja reductora</b>										
Aceite ISO 320										
Sellos										
Cojinetes										



**Figura 37. Hoja de control de mantenimiento expeller parte posterior**

<p><b>Observaciones</b></p> <p>Fecha: _____ Horometro: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Supervisor</p>
<p><b>Observaciones</b></p> <p>Fecha: _____ Horometro: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Supervisor</p>
<p><b>Observaciones</b></p> <p>Fecha: _____ Horometro: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Supervisor</p>
<p><b>Observaciones</b></p> <p>Fecha: _____ Horometro: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Supervisor</p>
<p><b>Observaciones</b></p> <p>Fecha: _____ Horometro: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Supervisor</p>

### **5.2.3.2 Hoja de mantenimiento molino de martillos**

En la Figura 38, se muestra la hoja de control de mantenimiento para el molino de martillos, al igual que la hoja de control de los expeller en la primera parte se encuentra las piezas de recambio que representan la eficiencia del molino, y después los repuestos de los componentes principales.

### **5.2.3.3 Hoja de mantenimiento filtro-prensa**

En la Figura 39, se muestra la hoja de control de mantenimiento del filtro prensa. A diferencia de las demás hojas de control, ésta tiene diferentes equipos que como se indicó en el capítulo No. 2, para garantizar la eficiencia del filtro depende de varios equipos como la bomba de succión y la limpieza del tanque sedimentador, es por eso que se incluyen en esta hoja. Los horómetros que se indican en la hoja hacen referencia al horómetro de bomba.

### **5.2.3.4 Hoja de mantenimiento del silo de secado**

Al igual que el filtro prensa en la Figura 40, se muestra la hoja de control de mantenimiento del silo de secado, que es básicamente limpieza, de mucha importancia las trampas de vapor y el mantenimiento del motor eléctrico. El horómetro con abreviatura Ht. es el del motor.

Todas las hojas de control de mantenimiento tienen en la parte posterior la hoja que se muestra en la Figura 37. Ambas deben ser llenadas por el Supervisor de mantenimiento.

Control de Mantenimiento Molino de Martillos

<b>Piezas de Recambio</b>		HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Tornillos Pasadores No. 3											
Platos No. 4											
Martillos No. 5											
Canastas No. 9											

<b>Repuestos</b>		HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Eje No. 1											
Espaciadores No. 6											
Tuercas de ajuste No. 8											

<b>Cojinetes</b>		HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
No. 10 Izquierda SNL 517											
No. 10 Derecha SNL 517											

<b>Servicio Motor Eléctrico</b>		HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Cojinetes											
Limpieza Interior											
Barnizado de Embobinado											
Fajas No. V113											

Figura 38. Hoja de control de mantenimiento molino de martillos

Control de Mantenimiento Filtro Prensa

Filtro	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Raspado de Lonas										
Cambio de Lonas										

Bomba	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Cojinetes										
Sello mecánico										
Impeler										

Servicio Motor Eléctrico	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Bomba										
Cojinetes										
Limpeza Interior										
Barnizado de Embobinado										
Fajas No. B 60										

Tanque Sedimentador	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha
Limpeza										

Figura 39. Hoja de control de mantenimiento filtro-prensa

Control de Mantenimiento Silos de Secado

Silos	Limpieza de ductos		Limpieza interna	
	HT.	Fecha	HT.	Fecha

Radiador	Limpieza de paneles		Trampa de Vapor		Filtro de vapor	
	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha

Ventilador	Limpieza Rotor		Chumacera SNV 120		Fajas No. B 888	
	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha

Servicio Motor Electrico	Limpieza Interior		Cajinetas		Barrizado de Embobinado	
	HT.	Fecha	HT.	Fecha	HT.	Fecha

Figura 40. Hoja de control de mantenimiento silo de secado

## **5.3 Condiciones mínimas de almacenamiento**

### **5.3.1 Almacenamiento del aceite de palmiste**

El principal cuidado del aceite es la temperatura de almacenamiento, ésta debe mantenerse entre 40 °C y 45 °C. Al sobre pasar la temperatura máxima, el aceite empieza a degradarse disminuyendo su calidad. Si la temperatura baja del mínimo, debe de incrementarse lentamente en 5 °C cada 24 horas.

El tanque de almacenamiento debe ser de acero, idealmente acero inoxidable. Antes de iniciar el llenado del tanque se debe revisar que esté totalmente limpio, idealmente no debe almacenarse en tanques que hallan contenido sustancias derivadas del petróleo. La alimentación del tanque debe hacerse de abajo hacia arriba, si el llenado es por arriba se debe instalar una tubería que baje a 1 m. máximo del fondo para evitar turbulencia y así disminuir el contacto con el aire evitando la oxidación.

Debe tenerse especial cuidado con los serpentines de calentamiento, ya que fugas de vapor aumentarán el porcentaje de humedad.

### **5.3.2 Almacenamiento de harina de palmiste**

Los principales cuidados que deben tenerse con el almacenamiento de la harina son la humedad y los roedores. Al ser un material higroscópico un alto contenido de humedad crea un ambiente propicio para la generación de hongos y bacterias que degradan la harina produciendo mal olor a lo que se le conoce como rancidez. Los roedores pueden llegar a comerse y echar a perder, debido a los excrementos, buena parte de la producción ya que su olor y sabor les es muy agradable.

La harina se empaca normalmente en sacos de 100 lb. Estos deben almacenarse en bodegas debidamente techadas, ventiladas protegiéndolos de la humedad y de los roedores, sobre tarimas que eviten el contacto directo con el suelo y permitir la libre circulación.

## **5.4 Personal operativo**

Para la operación de la planta es necesario un Supervisor, un operador y tres auxiliares y un supervisor.

### **5.4.1 Supervisor**

#### **5.4.1.1 Funciones y responsabilidades**

- Es responsable directo de la producción diaria de aceite y harina de palmiste.
- Es el responsable de mantener los parámetros de análisis dentro de los rangos establecidos.
- Debe llevar un estricto control de la operación y del mantenimiento de todos los equipos, llenando los reportes de control de mantenimiento.
- Debe llevar el control de los inventarios de aceite y de harina, diario, mensual y anual.
- Es responsable del mantenimiento de los equipos.
- Es responsable de la seguridad del personal y equipos de la planta.
- Debe tener constante comunicación con el operador de la planta.

## **5.4.2 Operador**

### **5.4.2.1 Funciones y Responsabilidades**

- Debe tener un amplio conocimiento de la operación y funcionamiento de todos los equipos de la planta.
- Debe velar por el buen funcionamiento de todos los equipos y de que todos operen dentro de las normas establecidas.
- Es responsable de la limpieza de la planta y de todos los equipos.
- Es responsable de tomar las muestras de forma adecuada y en el período indicado, para el análisis en el laboratorio.
- Debe llenar debidamente el reporte de proceso y anotar cualquier cambio o suceso relevante durante el turno.
- Debe reportar cualquier desperfecto o anomalía al supervisor del proceso.
- Es responsable del buen manejo del palmiste, la harina y el aceite.
- Es responsable del conteo de los sacos de harina así como de la medición del tanque de almacenamiento de aceite al finalizar el turno.



### **5.4.3 Auxiliar**

#### **5.4.3.1 Funciones y obligaciones del auxiliar**

- Asistir en cualquier actividad que el operador necesite.
- Acatar las ordenes del operador de la planta.
- Responsable del peso exacto de los sacos de harina.
- Debe estibar y despachar adecuadamente los sacos de harina.
- Realizar el despacho de aceite en los carros tanque.
- Realizar todas las actividades de limpieza.



## CONCLUSIONES

1. El proceso de extracción de aceite y harina de palmiste en la planta de INDESA no cuenta con ningún sistema formal de control, dando como resultado mala operación de los equipos y en la programación del mantenimiento. Lo que se traduce en la disminución en la eficiencia de todo el proceso.
2. Para la determinación de la eficiencia del proceso de extracción de aceite, se ha tomado como parámetro de análisis, el porcentaje de residual de aceite en harina, expresado en peso, tomando como punto de muestreo la salida del molino de martillos.
3. El método utilizado para la extracción de aceite de palmiste en la planta de INDESA, es el prensado en caliente, el porcentaje máximo del residual de aceite en harina para este método y para el equipo instalado, es de 14 %, mínimo 10 % y promedio del 12 % expresado en peso.
4. Después de haberse analizado el proceso de extracción, se han determinado dos puntos clave que afectan la eficiencia de la extracción de aceite, la operación de los silos de secado y la operación de los expeller, la mala operación en cualquiera de estos equipos aumenta considerablemente el porcentaje de residual de aceite en harina.

5. Después de haberse establecido las normas de operación e implementado junto con una serie de formatos de control, se observa en las gráficas de los análisis de laboratorio resultados más estables y dentro de los rangos establecidos, como el porcentaje de humedad en almendra, el porcentaje de residual de aceite en harina y el porcentaje de humedad en harina.
6. Después de haberse establecido las normas de operación e implementación de los formatos de control, a pesar que se logró una estabilización de los resultados, en el análisis del porcentaje de humedad en aceite, no fue posible alcanzar el máximo establecido de 0.1 %. Los resultados están sobre 0.14 % con un promedio de 0.17 %. Esto puede deberse a que con el equipo instalado no es posible alcanzar esta humedad.
7. La calidad del palmiste se mide como el porcentaje de impurezas y el porcentaje de humedad, expresado en peso. El palmiste de buena calidad, es aquel que tiene como máximo, 9 % de impurezas y 19% de humedad.
8. Se ha definido como piezas de recambio aquellas que tienen contacto directo con el palmiste, harina o aceite, y que el tiempo de operación es determinante para la eficiencia del equipo y del proceso. El tiempo de operación para las piezas de recambio se muestra en las Tablas XIV y XV.

## RECOMENDACIONES

1. Debido a que el porcentaje de impurezas en el palmiste se encuentra muy por encima de la norma de calidad establecida, 9 %, se recomienda hacer un estudio en la planta extractora de aceite de palma, para hacer más eficiente la recuperación de la cascarilla, ya que el porcentaje actual se encuentra con una media del 14.19 % y hasta un máximo de 21.60 %. La disminución de este porcentaje de impurezas podría aumentar considerablemente el tiempo de operación de las piezas de recambio de los equipos, y así disminuir el costo de mantenimiento.
2. Se recomienda evaluar la posibilidad de instalar un sistema de secado para el aceite de palmiste como el utilizado en la planta extractora de aceite de palma, en donde se utiliza un sistema de secado en vacío, una bomba crea el vacío dentro de un recipiente cilíndrico y un conjunto de boquillas pulverizan el aceite separando el agua del aceite. Esto con el objetivo de bajar el porcentaje de humedad, el cual se encuentra muy por encima del límite establecido, 0.10%, ya que con el equipo instalado, la implementación de las normas y controles de operación, no fue posible alcanzar este valor.
3. Se recomienda la investigación de nuevos equipos o el mejoramiento de los equipos actuales, con el objetivo de aumentar la extracción de aceite de palmiste, disminuyendo el porcentaje del residual de aceite en harina. Aunque el porcentaje promedio se encuentra en 12 % sobre el peso de harina, si se procesan anualmente 2,750 toneladas métricas de harina por el 12 % del residual de aceite, se dejan de extraer 330 toneladas métricas de aceite que se venden como harina.

4. Se recomienda hacer una requisición anual en conjunto de los repuestos de los expeller, molino de martillos y filtro prensa, considerando el tiempo de operación establecido, el inventario mínimo y el tiempo de entrega estimado de dos a tres meses después de emitida la orden de compra.
5. Se recomienda evaluar la instalación de un sistema más autónomo y eficiente para el ensacado de harina, ya que actualmente se necesitan dos personas y un tiempo promedio de ocho a diez minutos para ensacar 100 libras de harina. En el mercado guatemalteco existen sistemas automatizados de ensacado que hace más rápido y exacto el ensacado de productos con las mismas características de la harina de palmiste empleando a una sola persona, como el fertilizante, harina de trigo, harina de maíz, etc.
6. Se recomienda la implementación del uso de montacargas, para hacer más eficiente el traslado de los sacos de harina y estibas, hacia la bodega de almacenamiento y carga de camiones, ya que actualmente se hace uso de una persona para el traslado de los sacos a la bodega de almacenamiento y de cuatro a cinco personas para la carga de los camiones. En el mercado guatemalteco existen montacargas de cuchillas de uso manual de fácil manejo en espacios reducidos que reduciría el tiempo de traslado, tiempo de carga, el uso de personal y facilidad de movimiento dentro de la bodega.
7. Es de vital importancia la implementación de normas de seguridad, así como la capacitación del personal operativo; aunque ya existen avances considerables, es indispensable la implementación de normas y procedimientos en la operación y mantenimiento, con el objetivo de hacer más seguras estas actividades.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Rosaler, Robert C. **Manual del Ingeniero de Planta**, 2da. Edición México: editorial Limusa 1998.
2. Marks, Eugene. **Manual del Ingeniero Mecánico**, 9a. Edición, México: editorial Mc-Graw Hill 1995.
3. Konz, Stephan. **Manual de Distribución de Plantas Industriales**, México: editorial Limusa 1992.
4. Enríquez Harper, Gilberto. **Motores, El ABC de las Máquinas Eléctricas**. México: editorial Limusa 2002.
5. Souders, Mott. **Manual del Ingeniería**. México: editorial Limusa 1989.
6. Shingley, Joseph. **Diseño de Maquinas, Elementos de Maquinaria**. México: editorial Mc-Graw Hill 1987.
7. García, Jesús Alberto. **Curso de Mantenimiento de Plantas de Beneficio Primario Para Fruto de Palma Africana**. Centro de Investigación de la Palma de Aceite (CENIPALMA) Colombia 1996.
8. Lambour, Rodolfo. **Manual Práctico Agrícola y Forestal**. México: editorial Limusa, 1972.
9. Malaysia Palm Oil Board. **Bulletin Palm Oil Engineering**. Ministry of Primary Industries Malaysia 2000.
10. Malaysia Palm Oil Board. **Palm Oil Factory Process Handbook Part 3, Laboratory and Milling Control**. Primary Industries Malaysia 20002.