

**DESARROLLO DE UN PLAN EN MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA EL  
MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL ÁREA DE PENSADO EN LA  
EXTRACTORA BELLA ESPERANZA ZONA BANANERA DEL MAGDALENA**

**BREINER MUÑOZ MONTERO  
GABRIEL E. ZÚÑIGA CÉSPEDES**

**Ing. LUIS FELIPE GUTIÉRREZ CASTILLO  
Director**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTA MARTA  
2009**

**DESARROLLO DE UN PLAN EN MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA EL  
MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL ÁREA DE PENSADO EN LA  
EXTRACTORA BELLA ESPERANZA ZONA BANANERA DEL MAGDALENA**

**BREINER MUÑOZ MONTERO  
GABRIEL E. ZÚÑIGA CÉSPEDES**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de  
Ingeniero Industrial**

**Ing. LUIS FELIPE GUTIÉRREZ CASTILLO  
Director**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTA MARTA**

**2009**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ing. Jurado**

---

**Ing. Jurado**

**Santa Marta, Febrero 11 de 2009**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado especialmente a mis padres por su gran apoyo, esfuerzo y sacrificio para darme la oportunidad de formarme tanto personal como profesionalmente y de veras para ellos deseo mucho que Dios los bendiga y les siga dando muchos años de armonía y prosperidad.

A mi esposa Maryolis, por su comprensión y constancia ha contribuido a que nunca debo desistir de mis ideales. Gracias por estar siempre en pie.

A Gabriel, que con su colaboración, simpatía y dedicación logramos llevar a cabo este trabajo que representa la culminación de una experiencia inolvidable para la memoria estudiantil.

A mi amigo y compadre William Anaya, que con su sinceridad y gran don de enseñanza me encamino cognoscitivamente hacia el mundo de la agroindustria de palma, además de ayudarme a consolidar mi formación ingenieril.

A mis grandes amigos Edwin Mendivil y Guido García que con su forma de pensar y gran carisma me enseñó que siempre en la vida hay alguien que puede tenderle la mano en cualquier circunstancia.

Y en especial a todos que de alguna u otra forma contribuyeron para que creciera personalmente gracias por estar siempre conmigo.....

De la forma más sincera,

Breiner Muñoz Montero

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado especialmente a mis padres Gabriel Zuñiga Moya y a mi Madre Edna Céspedes por brindarme su incondicional e inalcanzable apoyo.

A mis hermanos Bladimir, Jorge Mario y Anabel por ser las personas que siempre me han guiado en esta experiencia.

A mis abuelos Carlos Céspedes Hernández (Q.E.P.D), y a mi abuela Juana Valencia Bautista por creer siempre en mí.

A mi sobrinito Santiaguito Grajales, a mi cuñado Juan Grajales.

A mi compañero de tesis Breiner Muñoz, por tolerancia y perseverancia en la realización de este proyecto.

A mis amigos de la U, que siempre me han acompañado en las buenas y en las malas, como los son Guido, Cesar, Jorge S, Jorge B, Mendivil y Leonard.

Y a todos aquellos que de alguna u otra forma contribuyeron para que creciera personalmente gracias por estar siempre conmigo.....

De la forma más sincera,

Gabriel Enrique Zúñiga Céspedes

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Luis Felipe Gutiérrez, por su dedicación, colaboración y orientación durante todo el desarrollo del proyecto de grado.

A la Extractora Bella Esperanza Ltda, por facilitar los medios para realiza este trabajo de campo y llevar a cabo su ejecución

Al ingeniero Ariel Londoño, por el apoyo ofrecido durante su administración en la organización donde se desarrolla el trabajo de grado.

Al ingeniero Juan Carlos Urueta, que con sus consejos y contribución cognoscitiva se logró culminar este producto aplicativo que de una u otra forma sirve de base para generar investigación en la organización.

Y de manera especial a todo el grupo operativo y administrativo que ayudaron a llevar y ejecutar esta propuesta escrita.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO	
INTRODUCCIÓN	19
1. JUSTIFICACIÓN	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3. ANTECEDENTES O DESARROLLO DE ESTUDIOS REPRESENTATIVOS AL RCM	24
3.1 TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO	25
3.1.1 Evolución del mantenimiento	25
3.1.2 La primera generación	25
3.1.3 La segunda generación	25
3.1.4 La tercera generación	26
3.1.5 Antecedentes a nivel nacional	28
3.1.6 Antecedentes en la región Caribe colombiana	28
4. OBJETIVOS	30
4.1 GENERALES	30
4.2 ESPECÍFICOS	30
5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL AL MANTENIMIENTO	31
5.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	31
5.1.1 Tipos de mantenimiento	32
5.1.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad	37
5.1.2.1 Funciones y Estándares de Funcionamiento	38
5.1.2.2 Fallas funcionales	39
5.1.2.3 Modos de falla	39
5.1.2.4 Efectos de las fallas	39
5.1.2.5 Consecuencias de las fallas	39
5.1.2.6 DESARROLLO DE CONCEPTOS	40
5.1.2.6.1 Concepto de confiabilidad	40
5.1.2.6.2 Concepto de probabilidad	40
5.1.2.6.3 Desempeño satisfactorio	40
5.1.2.6.4 Periodo de tiempo	41
5.1.2.6.5 Concepto de mantenibilidad	41
5.1.2.6.6 Concepto de disponibilidad	41
5.1.2.7 Análisis de equipos críticos	42
5.1.2.7.1 Método de los coeficientes de ponderación	42
5.1.2.7.2 Método de los factores ponderados basado en el concepto del riesgo	42
5.1.3 Gestión de repuestos	45
5.1.4 Tecnologías de diagnóstico	46
5.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	53

5.2.1	Planeación	53
5.2.2	Programación	53
5.2.3	Políticas de mantenimiento	53
5.2.4	Elementos del mantenimiento planeado	54
5.3	ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	56
5.3.1	Sistemas de información para el mantenimiento	57
5.4	INTRODUCCION AL PROCESO DE EXTRACCIÓN	58
5.4.1	Generalidades sobre el sector oleaginosas-grasas y plantas de beneficio	61
5.4.1.1	Descripción del proceso de extracción de aceite	63
5.4.1.2	Recepción de racimo de fruto fresco (RFF)	63
5.4.1.3	Esterilización	63
5.4.1.4	Desfrutado	63
5.4.1.5	Desfibrado	63
5.4.1.6	Palmistería	
5.4.1.7	Preclarificación o clarificación horizontal	64
5.4.1.8	Clarificación vertical	64
5.4.1.9	Clarificación dinámica o centrifugación	64
5.4.1.10	Almacenamiento	50
5.5	ETAPA DE EXTRACCIÓN	50
5.5.1	Digestión	50
5.5.2	Prensado	52
6.0	APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA ETAPA DE EXTRACCIÓN	53
6.1	Registro de Instalaciones	62
6.2	DIGESTIÓN	75
6.2.1	Descripción del sistema	75
6.2.2	Análisis de criticidad para los componentes	77
6.2.3	Función – Falla funcional	81
6.2.4	Falla funcional-Modo de falla-Efecto de la falla	82
6.2.5	Análisis de riesgo	84
6.2.6	Selección de tareas	85
6.2.7	Plan de mantenimiento anual propuesto por el modelo RCM para digestores	86
6.2.8	Costos anuales para las actividades de mantenimiento de los digestores	87
6.3	PRENSADO	88
6.3.1	Descripción del sistema	88
6.3.2	Análisis de criticidad para los componentes	91
6.3.3	Función-falla funcional	98
6.3.4	Falla funcional – Modo de falla – Efectos de la falla	99
6.3.5	Análisis de riesgo	101
6.3.6	Selección de tareas	102



6.3.7	Plan de mantenimiento anual propuesto para el modelo R.C.M prensas	103
6.3.8	Costos anuales propuestos para las actividades de las prensas	104
7.	Actividades de mantenimiento para los equipos complementarios de la etapa de extracción	106
7.1	Sinfín alimentador de digestores	106
7.4	Tableros de control	109
8.	Costos de mantenimiento	110
8.1	Costos de actividades de mantenimiento actuales	110
9.	Organización del mantenimiento	114
9.1	Proceso de mantenimiento actual	114
9.2	Departamento de mantenimiento	115
9.2.1	Misión	115
9.2.2	Visión	115
9.2.3	Estructura orgánica departamento de mantenimiento	116
		<b>Pág.</b>
10.	Formatos	120
11.	RUTINAS DIARIAS DE MANTENIMIENTO	121
12.	CONCLUSIONES	122
13.	RECOMENDACIONES	123
	BIBLIOGRAFÍA	125
	ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Factores ponderados a ser evaluados	35
Tabla 2. Análisis de criticidad por el método de coeficientes ponderados por etapas	57
Tabla 3. Resultados del análisis de criticidad	60
Tabla 4. Análisis de criticidad por el método de coeficientes ponderados basados en el concepto de riesgo para los digestores.	77
Tabla 5. Tareas de RCM propuestas para los digestores	86
Tabla 6. Costos anuales propuestos para los digestores	87
Tabla 7. Análisis de criticidad por el método de coeficientes ponderados basados en el concepto de riesgo para las prensas	91
Tabla 8. Tareas de RCM propuestas para las prensas	103
Tabla 9. Costos anuales propuestos para las prensas	104
Tabla 10. Tareas de RCM propuestas para los sinfines	106
Tabla 13. Tareas de RCM propuestas para los tableros de control	109
Tabla 14. Costos de mantenimiento. Último trimestre Dic 2008- Feb 2009	110
Tabla 15. Costos propuestos. Primer trimestre	113
Tabla 16. Costos propuestos. Segundo trimestre	113
Tabla 17. Actividades de rutinas diarias	121

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Curva de la falla	27
Figura 2. Matriz general de criticidad	36
Figura 3. Diagrama funcional del proceso de extracción de aceite crudo de palma.	55
Figura 4. Esquema del sinfín alimentador	62
Figura 5. Esquema del digestor	63
Figura 6. Esquema de la prensa	66
Figura 7. Esquema de la bomba hidráulica	67
Figura 8. Esquema del sinfín transportador de torta	69
Figura 11. Diagrama funcional de la etapa de extracción de aceite crudo de palma.	74
Figura 12. Diagrama funcional de la etapa de extracción de aceite crudo de palma Subsistema A: Digestión.	80
Figura 13. Diagrama funcional de la etapa de extracción de aceite crudo de palma Subsistema B: Prensado.	97
Figura 14. Relación costos de mantenimiento. Último trimestre	111
Figura 15. Relación costos de mantenimiento por etapas	111
Figura 16. Discriminación de costos.	112
Figura 17. Reducción de costos de mantenimiento	113
Figura 18. Organigrama del departamento de mantenimiento	117

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág</b>
Imagen 1. Fotografía del sinfín alimentador de digestores	62
Imagen 2. Fotografía del digestor D1	64
Imagen 3. Fotografía del interior del digestor D1	64
Imagen 4. Fotografía del digestor D2	65
Imagen 5. Fotografía del digestor D3	65
Imagen 6. Fotografía de la prensa P1	66
Imagen 7. Fotografía de la bomba hidráulica	67
Imagen 8. Fotografía de la prensa P2	68
Imagen 9. Fotografía de la prensa P3	68
Imagen 10. Fotografía del sinfín transportador de torta	69
Imagen 11. Fotografía del tamiz de crudo	70
Imagen 12. Fotografía de la bomba de crudo	71
Imagen 13. Fotografía de los tableros de control	72
Imagen 14. Fotografía tableros de control parte interna	72
Imagen 15. Fotografía tableros de control de la prensa P1., P2 y digestor	73
Imagen 16. Fotografía tableros de control de la prensa P1., P2 P3 y digestor parte interna.	

## GLOSARIO

**RCM:** Es un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

**Confiabilidad:** probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado. El estudio de confiabilidad es un estudio de fallos de un equipo y componente.

**Defecto:** eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía puede a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

**Inspección:** tareas y servicios de mantenimiento preventivo, caracterizados por la alta frecuencia y corta duración, normalmente efectuado utilizando instrumentos y mediciones electrónicas, térmica y/o sentidos humanos, normalmente sin provocar la indisponibilidad del equipo.

**Lubricación:** servicios de mantenimiento preventivo donde se realizan acciones, cambios y análisis de lubricantes.

**Mantenimiento:** tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

**Mantenimiento correctivo:** tareas de reparación de equipos o componentes averiados.

**Mantenimiento predictivo:** tareas de seguimiento del estado desgaste de una o más piezas o componentes de los equipos prioritario a partir del análisis de síntomas o análisis para por evaluación estadística, que permiten determinar el punto exacto de su sustitución.

**Mantenimiento preventivo:** tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.

**Orden de trabajo:** instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe

realizarse por la organización del mantenimiento en la planta.

**Plan de mantenimiento:** relación detallada de las actuaciones de mantenimiento que necesita un ítem o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

**TÍTULO:** Desarrollo de un plan en mantenimiento basado en RCM para el mejoramiento operacional del área de prensado en la extractora bella esperanza zona bananera del magdalena

**AUTORES:** GABRIEL E. ZÚÑIGA CÉSPEDES, BREINER MUÑOZ MONTERO

### **CONTENIDO DEL RESUMEN:**

El presente trabajo de investigación tendrá como punto de referencia la aplicación de la filosofía de mantenimiento basado en RCM en la cual se evaluará el comportamiento del área de prensado en la Extractora Bella Esperanza, dado a algunos factores tales como la presión, temperatura y fuerza, aparte de otras variables que inciden en el funcionamiento de los equipos que componen este proceso en una planta extractora de aceite de palma. Los problemas que se observan a lo largo del tiempo son los fallos referentes a los motores y reductores, puesto que son dos de los principales equipos que realizan la función de transmitir velocidad y fuerza al eje que acciona los tornillos continuos de cada prensa. Aquí el punto crítico es el desgaste de los rodamientos y los cortocircuitos tanto en los motores como en los reductores, dado que en algunas ocasiones la no periodicidad de limpieza, la mala operación y la calidad de los repuestos que se le coloquen, desmejora el ciclo de vida útil en los componentes del equipo.

El establecer un plan de mantenimiento en RCM nos permite formar una cultura de preservación y aseguramiento de la disponibilidad en los equipos, basado en 7 preguntas fundamentales las cuales integran el contexto de la disponibilidad y operatividad. El objetivo de este proyecto es establecer la fiabilidad operacional del área para disminuir los costos incidentes en el mantenimiento, además de

regular la variación de los flujos volumétricos y las pérdidas de aceite por impregnación en los subproductos provenientes del proceso (cachaza y tusas), lo cual es de suma importancia para la medición de la productividad en cuanto al aceite crudo de palma producido y la cantidad de fruta procesada, que en la organización son los dos ítems fundamentales a la hora de evaluar el porcentaje de extracción, el cual mide en forma sustancial cuanto es el nivel de calidad de la fruta procesada durante un tiempo determinado en la producción.

Una vez que la planta tenga un buen funcionamiento, debido al mantenimiento en el prensado, aumentaría el índice de disponibilidad de los equipos, provocando el incremento del rendimiento de las prensas en las jornadas productivas. Sin embargo, al indagar en el proceso, encontramos que la materia prima que tenemos el deber de transformar son los racimos de fruto de palma (RFF) en 8 procesos, de los cuales el primero es la recepción de los RFF (racimos de fruta fresca) en las tolvas, en la empresa, existen 4 compuertas (tolvas) que suman 60 toneladas aproximadamente. Posteriormente, la fruta es llenada en unas vagonetas que tienen una capacidad de carga estática de 1.2 ton aproximadamente y son llevadas a unas ollas de presión o autoclaves, las cuales van a esterilizar la fruta (cocinar la fruta). Luego, esta fruta ya cocinada es llevada a una caja que internamente posee un tambor rotatorio, el cual es conocido como desgranador, este posee una tolva de alimentación de aproximadamente 2 toneladas. Más tarde esta fruta desgranada pasa por unos recipientes cilíndricos que poseen unas paletas rotatorias, los cuales son llamados digestores o malaxadores, y que cumplen la función de macerar el fruto y ablandarlo para que se facilite el proceso de extracción. El lugar en donde se da la extracción como tal es en el prensado, el cual consiste en exprimir la fruta ya macerada y obtener de esta los lodos, aceite y agua resultantes del proceso. Los otros procesos son los



de depuración y decantación del licor de prensas para obtener el aceite crudo de palma que finalmente va hacia las refinerías de todo el país<sup>1</sup>.

En mantenimiento se puede enunciar que en su desarrollo se vio marcada por tres generaciones, en donde la primera hace referencia a la reparación en caso de averías, la segunda generación se relaciona con el aumento de los equipos industriales y la mayor disponibilidad de estos y consigo a esta el incremento en la duración de los equipos y consecuentemente los costos para mantener la maquinaria son elevados. En la tercera generación las características más significativas son el aumento de la disponibilidad, fiabilidad, seguridad, y el mejoramiento en la calidad del producto, teniendo en cuenta la conservación del medio ambiente y la reducción significativa de los costos en el mantenimiento<sup>2</sup>.

Para el RCM se puede decir que es un proceso mediante el cual se asegure que los elementos físicos continúen desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional.

En esta investigación, la metodología a utilizar consiste en la ejecución de 7 ítems, que van a realizar las delimitaciones del estudio, el análisis y la evaluación de los fallos ocurridos en los equipos que para el caso de la Extractora Bella Esperanza (prensado), consiste en la preparación del estudio, la selección del sistema, el análisis del sistema a estudiar, la evaluación de las consecuencias de las fallas, la selección de las tareas programadas en el mantenimiento del área y luego de implementarlo, realizar actualizaciones del plan inicialmente instaurado.

---

<sup>1</sup> Blanchard y Fabrycky, (1990). *Ingeniería de sistemas y análisis*, 2da edición, Prentice Pasillo internacional.

<sup>2</sup> Moubray, Juan (1992). *Mantenimiento centrado confiabilidad de RCM II*. Butterworth Heinemann

## **IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO**

### **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

#### **Descripción**

La actividad agroindustrial de beneficio de palma de aceite, se ubica a una altura de 70 msnm (metros sobre el nivel del mar), en el Municipio Zona Bananera según cartas topográficas DMA 1990. La Gerencia General y la subgerencia se encuentran ubicadas en Santa Marta y la parte operativa se encuentra a 7 km de distancia de la troncal del Caribe por la vía que conduce a Sevilla, cabecera del municipio Zona Bananera.

#### **Datos de interés de la planta de beneficio**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: Extractora Bella Esperanza Limitada.

NIT: 00800135956

GRUPO ECONÓMICO: Olarte Morales

REPRESENTANTE LEGAL: Munira Olarte morales

OBJETIVO SOCIAL: La sociedad tendrá por objetivo social la siembra o cultivo de palma africana y todo lo relacionado con la oleicultura. Lo mismo que su explotación y comercialización

DIRECCION: CALLE 26a CARRERA 4<sup>a</sup> oficina 410 Edificio Prado Plaza (oficina central). Sección operativa Estación de Sevilla Zona Bananera.

#### **Espacio locativo**

La planta extractora Bella Esperanza, tiene un área de 9940 m<sup>2</sup>

#### **Misión, visión y valores corporativos**

##### **Misión**

Extraer y comercializar aceite crudo de palma y subproductos de calidad, a través de procesos completamente eficientes y rentables.

### **Visión**

En el 2012 ser la extractora líder en la costa Caribe colombiana logrando producir 10.000 toneladas de aceite crudo de palma al año con recurso humano competente, tecnología avanzada y desarrollo social del entorno.

### **Valores Corporativos**

- Justicia
- Solidaridad
- Laboriosidad
- Liderazgo
- Respeto

### **Objeto Social**

1. Procesamiento de materias primas para la fabricación, explotación, comercialización y distribución dentro del territorio nacional, cuyo principal producto es aceite de palma, grasas y sus derivados.
2. Producción, enajenación, importación, extracción y refinación de todo tipo de materia prima y materiales para la elaboración, empaque y explotación de los bienes señalados en el numeral anterior.
3. Cultivo y explotación de la palma africana o de cualquier otra especie vegetal que pueda utilizarse como materia prima en la fabricación de los bienes ya enunciados.
4. Prestación de servicios de asistencia técnica para el cultivo de palmas oleaginosas, la extracción, procesamiento y/o comercialización de aceites y grasas y actividades agroindustriales relacionadas.

Por normatividad la empresa tiene como principales accionistas a la familia Olarte Morales que son los miembros de la junta directiva y así mismo son los que toman las decisiones de las actividades que se realizan dentro de la misma.

La planta de manufactura de Extractora Bella Esperanza S.A., se halla ubicada en el municipio de Sevilla corregimiento de la (Zona Bananera), cerca al puerto marítimo de Santa Marta.

### **PRODUCTOS EXTRAÍDOS**

Aceite de palmiste

Aceite crudo de palma

Torta de palmiste

### **COMPETENCIA**

En la actualidad en el mercado se comercializan todos los productos sin ninguna restricción, teniendo en cuenta el cumplimiento de las especificaciones en cuanto a la calidad lo exija.

### **CALIFICACIÓN DEL PERSONAL**

El personal que cuenta la empresa es calificado, sin embargo a estos se les brindan charlas y capacitaciones para optimizar mejor el desempeño de las actividades.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las organizaciones del país se han destacado por desarrollar distintos cambios en sus estructura y a mostrar un enfoque diferente con el fin de mostrar nuevas y mejores innovaciones para satisfacer al cliente. Es por ello que las organizaciones se han preocupado por la búsqueda de la mejora continua, tanto en la calidad del producto como en la prestación del servicio.

EXTRACTORA BELLA ESPERANZA LTDA. es una de las empresas que ha encaminado todos sus objetivos hacia esa meta, tanto es así que decidió dar la oportunidad y apoyo incondicional a todas aquellas personas que trabajen en pro de la consecución de esos objetivos ofreciendo de esta manera colaboración en cuanto a recursos e insumos se refiere.

Esta empresa se ha dedicado a la continua búsqueda de la organización de cada uno de sus departamentos. Es ahí cuando se optó por la realización de un programa de mantenimiento que garantizara el uso efectivo de los equipos e instrumentos de la planta, además de la reducción en sus gastos operacionales y en el número de fallos.

Se decidió trabajar en la planeación de un programa de mantenimiento, debido a que es una empresa productora, cuyo objeto social es la producción de aceite crudo de palma y sus derivados, motivo contundente para abordar temas pertinentes al proceso productivo. Existen diferentes áreas en las cuales ocuparse, pero se tomó la decisión de trabajar y abordar el programa de mantenimiento, porque de este no hay ningún tipo de documentación y tampoco se encuentra constituido como un departamento propio. Se efectúan actividades de mantenimiento preventivo, de acuerdo a la experiencia de los

operarios y del jefe de mantenimiento, pero en su mayoría se realizan mantenimientos de tipo correctivo y de carácter urgente, con paradas de maquinas y por ende de la producción, además de equipos funcionando bajo supervisión con equipos de ayuda por miedo a ocurrencia de determinantes.

Es por tal razón que este proyecto abarca la organización del departamento de mantenimiento de la etapa de extracción de aceite crudo de palma, área seleccionada por los resultados arrojados en un análisis de criticidad realizado en las diferentes secciones del proceso, teniendo en cuenta criterios como complejidad tecnológica, importancia del equipo en el proceso, funcionamiento, costos directos por mantenimiento, costos por reemplazo, entre otros, comprendiendo desde planeación de actividades de mantenimiento preventivo, listado de equipos críticos, repuestos críticos de equipos.

Ahora, si bien es cierto que toda planta debe mantener un mínimo de materiales en inventario, no es necesario gastar una suma exorbitante de dinero para mantener equipos y repuestos en stock, para ello se establece un cronograma de las actividades y equipos que realmente ameritan hacer la inversión por aspectos como accesibilidad, infraestructura o vitalidad, teniendo en cuenta la relación de costos por no mantener inventario.

Para el diseño del programa de mantenimiento se utilizó la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) o Reliability Centred Maintenance (RCM), siendo esta una de las últimas tendencias en mantenimiento mundial y una de las más usadas y recomendadas ya que va dirigida a obtener altos niveles de disponibilidad y confiabilidad de los equipos y por consiguiente a elevar los índices de productividad en la empresa.

Esta metodología es de fácil aplicación y comienza con la detección de las posibles formas en que un equipo puede fallar o suspender su normal operación;

luego, mediante un análisis de riesgo efectuado a estos modos de fallas en el cual se establecen factores prioritarios como seguridad física, costos por reparación y efectos al medio ambiente, entre otros, se establece una lista de actividades periódicas con el objeto de eliminar las posibles fallas y que pueden ocasionar paradas en la producción.

Finalmente se establece un plan anual de mantenimiento en el cual se analizan los costos los cuales demuestran que a largo plazo es mucho mas rentable implementarlo que seguir con el modelo actual.

El proceso productivo de una empresa Extractora de aceite de palma es bastante complejo, pero dentro de esta presentación se incluirán apartes y puntos importantes para la fácil asimilación del mismo. Tales como descripción del proceso, definiciones importantes, esquemas, diagramas de flujo, tablas, entre otros.

Este proyecto incluye además registros y documentos para su posterior implementación, asimismo las recomendaciones y condiciones de uso y manejo que se le debe dar a toda la información suministrada.

Son todos estos y muchos otros factores los que le dan la gran importancia que este tema tan amplio y esencial merece para toda empresa productora en este y otros sectores.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que el sector agrícola es eje central para el desarrollo social y económico de la región Caribe, y contemplando la variedad de cultivos presentes, nos enfocamos hacia la palma africana, en donde sus avances en la agroindustria de palma van encaminados a optimizar el aprovechamiento de la fruta en toda su expresión.

Actualmente, las empresas buscan incansablemente la maximización de las utilidades y la minimización de las pérdidas asociadas a la extracción y comercialización de los aceites vegetales, y se hace necesario la generación de estrategias que garanticen la conservación y el funcionamiento de los equipos tecnológicos utilizados para la obtención de estos productos.

Ahora bien, si sabemos que la criticidad de un equipo se delimita por el impacto que genera un equipo dentro de un proceso productivo, entonces entraríamos a validar la aplicación de un modelo basado en RCM, dado que nos permite aumentar la disponibilidad del activo y nos minimiza el riesgo al cual está expuesto el sistema para la producción de un bien o servicio.

Gracias a esta filosofía se podría garantizar el ciclo de vida útil y podemos generar un buen comportamiento en el desarrollo productivo.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien, la tendencia de la industria y agroindustria a nivel mundial está encaminada al mejoramiento continuo y eficiente de las actividades productivas en forma integral, teniendo como soporte el manejo de los estándares mundiales de calidad, productividad y competitividad, se hace sumamente necesario contemplar de forma muy relevante la gestión del mantenimiento, dado que actualmente hay entes industriales a nivel local y nacional que no le brindan la importancia a este aspecto.

Es por ello que en el estudio priorizamos el prensado como una de las operaciones críticas en las plantas de beneficio, debido a factores de temperatura, presión y fuerza, que debe utilizar el proceso para extraer de la fruta macerada aceite, lodos y agua. Este proceso por utilizar una serie de equipos para su funcionamiento se ve sometido a esfuerzos axiales, los cuales van disminuyendo en gran medida el ciclo de vida operacional del conglomerado en prensas.

En la Extractora Bella Esperanza, ubicada en el departamento del Magdalena, se evidencia que el área actualmente se encuentra en funcionamiento. Sin embargo, el proceso presenta un sinnúmero de fallas que en algunas ocasiones, no se tienen previstas al momento de programar la producción para el procesamiento de fruta, además, las consideraciones del grupo de mantenimiento para la toma de decisiones en el área se da aplicando la corrección del caso presentado, incurriendo en paradas tanto parcial como total del proceso, generando aumento considerable en los costos de producción y reduciendo la productividad y disponibilidad del sistema de prensado.

Este tipo de actividades no medibles cuantitativamente, pueden conllevar a daños en otros componentes superiores al inicialmente arreglado, además de incrementar los costos asociados con el mantenimiento y por consiguiente los gastos de producción tienden a ser mayores. El objetivo de una planta de beneficio es realizar un proceso de extracción de aceite para producir utilidades.

Si bien la planta no sostiene una buena rentabilidad, basado en la disponibilidad de los equipos y de estos obtener un desempeño confiable, entonces nos veríamos obligados a incumplir la fiabilidad operacional de los mismos.

De acuerdo con los anteriores factores en los cuales el prensado influye significativamente en el desarrollo productivo de una planta extractora, surge la siguiente inquietud a responder:

*¿Qué estrategias y beneficios proporcionaría el desarrollo de un plan de mantenimiento en RCM en la planta Extractora Bella Esperanza Ltda que permita una mejora operacional en el área de prensado y minimice los cuellos de botella en la producción de aceite crudo de palma?*

Basado en un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se identificará el desglose de todo el sistema en prensado y asimismo se presentara un estudio asociado con los efectos y causas que conciernan al desarrollo productivo en la planta de beneficio, se detallaran modelos de análisis y modos de fallos para los equipos, se priorizaran las actividades de mantenimiento a realizar y se evaluarán los costos de producción para realizar la minimización en los mas significativos para la organización.

Este estudio contribuirá al mejoramiento del mantenimiento en cuanto a la organización sistemática y programada de las labores de manutención del área de extracción de crudo de palma. A su vez, la respuesta a tal interrogante puede ser aplicada en las empresas análogas que presenten problemas en la fiabilidad de los equipos y en su gestión del mantenimiento.

A nivel internacional, es importante que la conservación de los equipos presente un buen índice de confiabilidad y disponibilidad, ya que de esto depende la eficiencia del proceso de extracción de aceite, los cuales son de alta relevancia para la evaluación de la competitividad de las plantas de beneficio. Uno de estos

países es Malasia, que posee una extracción media de 24%, el cual es el modelo productivo a seguir<sup>3</sup>.

Por otra parte, Colombia como uno de los países principales en la exportación de productos de palma africana, presenta ciertas debilidades frente al gremio de competidores, dado a los altos costos de producción. Por tanto, es importante detectar y minimizar las causas que los genera con el fin de mejorar la competitividad regional, nacional y sobre todo internacional. En el caso particular del estudio de confiabilidad en el mantenimiento, es la causa base, por lo cual es indispensable estudiarla para proponer alternativas de solución.

---

<sup>3</sup> Cenipalma, *Información al sector palmero en reunión de directores de planta. Apuntes del Estudiante de Ingeniería. Breiner Muñoz Montero en calidad de asistente. Mayo de 2008*

### **3. ANTECEDENTES O DESARROLLO DE ESTUDIOS REPRESENTATIVOS AL RCM**

La necesidad de mantener los equipos y las instalaciones de la planta de proceso se origina por el desgaste y desajuste que sufren las piezas por su funcionamiento.

Particularmente en el área de extracción, propuesta de este proyecto, los equipos tienen partes que están sometidas a severos desgastes por la carga que ejerce la materia prima sobre ellos. Por lo tanto hay elementos (tornillos, canastas y rodamientos) que tienen un rápido desgaste, lo que influye en la eficiencia del proceso. Mantenimiento es prever que ocurrirá ese desgaste, programar los cambios por nuevos elementos y reconstruir los que se cambian.

El tema del mantenimiento industrial ha sido abordado en diferentes ocasiones por muchos autores y ha tenido una excelente acogida en los últimos tiempos, por toda esta “revolución” de los métodos de mejora continua, Just in time, Mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM), Mantenimiento productivo total (TPM), entre otros, dichos argumentos han brindado a las organizaciones alternativas de solución a inconvenientes causados por la deficiencia del mantenimiento en los equipos industriales.

Si bien la Extractora Bella Esperanza LTDA. es una empresa relativamente nueva, actualmente viene implementado un programa de mantenimiento basado en la experiencia acompañado por registros de manera manual. Todo esto debido a que la planta de producción se ha estado organizando en diferentes áreas paulatinamente.

Por esta razón surgió la importancia de colaborar con la organización del departamento de mantenimiento tanto en la parte administrativa como en la operativa. Todo esto con el fin de recolectar y tabular todos aquellos datos que han quedado inconclusos y perdidos, por la falta de un programa que recopile la

información y brinde un resumen actualizado y real a todas aquellas personas que deseen tener conocimiento de lo que está sucediendo actualmente en la etapa de extracción del proceso, o si lo que se desea es conocer el estado de los equipos, información técnica, costos por mano de obra o por mantenimientos, tipos de mantenimientos que se realizan, frecuencia y otros aspectos que son importantes tener registrados y guardados para la toma de decisiones. Este tipo de documentos son vitales para aspectos como presupuestos, vida útil de los equipos, como el proveedor que los suministra, repuestos críticos, etc.

La necesidad de realizar un buen plan de este tipo es el de mantener un departamento organizado en su totalidad, además de que los equipos logren funcionar por lo menos en un 75% de su eficiencia total, logrando disminuir los tiempos de paradas y los costos por no mantener. . A continuación presentaremos la tendencia que ha tenido el mantenimiento a lo largo de la historia.

### **3.1 TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO**

#### **3.1.1 Evolución del mantenimiento**

Dentro del contexto histórico, el mantenimiento ha seguido su proceso dominante de construcción en etapas, que han sido marcadas por la aplicación de diversas metodologías específicas, caracterizadas por la búsqueda de la optimización en la gestión del mantenimiento.

#### **3.1.2 La primera generación**

La primera Generación surgió fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación. Es esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los

períodos de paradas no importaban mucho<sup>4</sup>. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

### **3.1.3 La segunda generación**

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellos.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento programado. En los años 60 basándose primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado comenzaron a implantarse sistemas de control y planeación del mantenimiento. Ayudando a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Tavares, Lourival Augusto (2000). *Administración moderna de mantenimiento versión en español, segunda edición*. Novo Polo Publicaciones, Brasil, Pág. 1

<sup>5</sup> SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV, en asociación con ALADON. *Curso público de introducción a Reliability-centred maintenance*. 1991. Pág. 1

### **3.1.4 La tercera generación<sup>6</sup>**

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

#### **Nuevas expectativas**

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto es visto claramente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda la operación. Creando grandes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Simultáneamente, elevándose los estándares de calidad.

El aumento de la mecanización, también produce más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

#### **Nueva Investigación**

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

---

<sup>6</sup> Cervantes Tatiana y Mercado Jean. *Diseño de un modelo de gestión del mantenimiento basado en la criticidad y análisis de modos y efectos de fallos en la empresa Asetpor LTDA. Trabajo de grado. Página 29-30*

## **Cambio de paradigmas**

En 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenían sobre el mantenimiento.

Ahora, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios en los modelos de las fallas de los equipos y a la aparición de numerosas metodologías de gestión del mantenimiento entre las cuales se encuentra el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

### **3.1.5 Antecedentes a nivel nacional**

**a) Caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo.** Este artículo fue realizado por profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira y en el se presenta el resultado de la aplicación de una metodología, mediante la cual a una empresa del orden nacional, del ramo del transporte de encomiendas, con un programa de Mantenimiento Preventivo madurado, se le aplicó un programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con lo cual se modificó su Programa de Mantenimiento Preventivo, simplificándolo, y haciéndole aportes de Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Autónomo. El rediseño de la función Mantenimiento ha logrado reducir la Carga de trabajo de Mantenimiento, sin reducir la disponibilidad de los equipos, y en el peor de los casos conservando la Confiabilidad.

**b) Metodología internacional unificada para la implementación industrial de mantenimiento centrado en la confiabilidad.** El estudio presentado por estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad EAFIT, hace



un análisis de las diferentes propuestas existentes de implementación del MCC para las industrias y luego hace una evaluación de cada una de estas para plantear un modelo exhaustivo y excluyente para la implementación a partir del análisis contextual realizado. La metodología hecha describe los pasos, las etapas, los elementos, las actuaciones empresariales, las responsabilidades y tareas de las personas y todo aquello que requiere la adecuada implementación del MCC a partir del modelo planteado.

### **3.1.6 Antecedentes en la región Caribe colombiana<sup>7</sup>**

A nivel regional encontramos estudios realizados en el área de la gestión del mantenimiento dentro de los cuales podemos resaltar:

**a) Plan de mantenimiento para los equipos de fundición y metalmecánica de la empresa FUMECO LTDA.** Este Proyecto fue realizado por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Bolívar, en el año 2004. En dicho estudio se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de manufactura y fundición de la empresa.

#### **Estudios sobre mantenimiento realizados en la ciudad de santa marta.**

Actualmente, la Gestión del Mantenimiento en la ciudad de Santa Marta es un nuevo enfoque debido a que el mantenimiento realizado a las empresas de este sector esta orientado al Mantenimiento correctivo, es decir, usualmente no se maneja una planificación formal de las rutinas de mantenimiento a realizar, sino se ejecutan las correcciones una vez los equipos han fallado.

A pesar de lo anterior, se han desarrollado proyectos en los que se ha tratado a fondo este enfoque (Mantenimiento Preventivo), los cuales no han sido

---

<sup>7</sup> *Ibíd. página 30*

implementados en su totalidad por políticas de reducción de costos. Entre estos proyectos cabe destacar:

**a) Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el sistema de transporte marítimo de la empresa “ASISMAR”.** Proyecto realizado por estudiantes de grado de la Universidad del Magdalena en el año 2006, el cual basó sus estudios en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para motonaves, las cuales fueron descompuestas en sus componentes para realizar un análisis de criticidad que les permitiera localizar los componentes críticos y las posibles prevenciones para alargar el periodo de vida útil de estos.

**b) Programa de mantenimiento en el área de extracción de aceite crudo de palma en la empresa “EXTRACTORA FRUPALMA S.A”.** Proyecto realizado por estudiantes de grado de la Universidad del Magdalena en el año 2006, el cual basó su investigación en el diseño de un programa de mantenimiento con los instrumentos necesarios para la correcta gestión del mismo en el área de extracción utilizando herramientas de administración como es el caso del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC o RCM siglas en ingles), en donde se realizan unas matrices de criticidad, se fracciona el área en componentes con el objeto de garantizar la conservación y manutención de los mismos, además de reducir significativamente los costos asociados con el mantenimiento.

**Diseño de un modelo de gestión del mantenimiento basado en criticidad y análisis de modos y efectos de fallos en la empresa Asetpor Ltda.** Proyecto realizado por estudiantes de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad del Magdalena, en donde su teoría se sustenta en el aumento de la confiabilidad operacional de los equipos, es decir, busca identificar todos los fallos potenciales que puedan tener las máquinas, para de acuerdo al riesgo inherente a cada una,

desarrollar actividades de mantenimiento preventivo, las cuales estén enfocadas hacia la prevención de esas fallas potenciales.

Para finalizar, podemos afirmar que en la región Caribe colombiana se han elaborado proyectos con aplicación de herramientas de confiabilidad tal como el análisis de criticidad, para dirigir la planificación del mantenimiento hacia los equipos que generan el mayor impacto organizacional, todo para minimizar los costos por mantenimiento que son de alta significancia al momento de evaluar los costos de producción.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 General**

- Desarrollar el plan de mantenimiento basado en RCM para el mejoramiento de la confiabilidad operacional de las prensas, la disminución subsecuente de los costos de mantenimiento, regular el comportamiento del flujo volumétrico y reducir las pérdidas de aceite por impregnación en los subproductos del proceso del aceite crudo de palma.

### **4.2 Específicos**

- Determinar los daños críticos que pueden incidir fuertemente en la productividad de la plantas extractoras de aceite y en el área de prensado.
- Aplicar la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la etapa de extracción (prensado).
- Describir y diseñar estrategias preventivas que permitan el óptimo rendimiento de los equipos del prensado.
- Involucrar al personal operativo y de mantenimiento en el diseño de las estrategias para formar una cultura de compromiso en mejora de los procesos en la Extractora Bella Esperanza.

## **5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL AL MANTENIMIENTO**

### **5.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de las unidades y componentes industriales (mecánicos, eléctricos, y electrónicos) de los procesos dentro de las instalaciones de una planta industrial.

El objetivo deseado por la gestión del mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango de operación, lo cual está basado en la ausencia de errores y fallas.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual está sometido el sistema. El mantenimiento además debe estar destinado a:

- ❖ Optimizar la producción del sistema.
- ❖ Reducir los costos por averías.
- ❖ Disminuir el gasto por nuevos equipos.
- ❖ Maximizar la vida útil de los equipos.

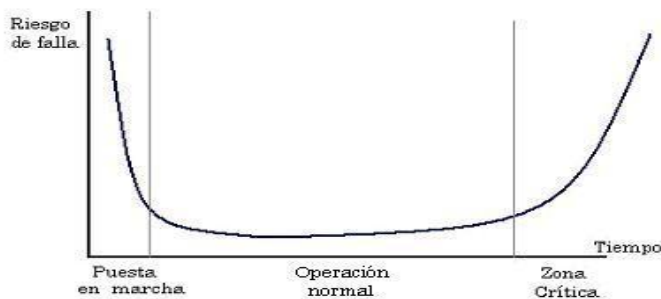
Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar fallando pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma efectividad que un equipo en óptimas condiciones.

Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de se tienen: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles y pérdidas por la no producción.

Inevitablemente todo equipo, maquinaria, o instrumento se va a deteriorar por el paso del tiempo, teóricamente existe la llamada curva de falla, la cual indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de operación de la planta en función del factor tiempo. Así tenemos:

- ❖ Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- ❖ Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas).
- ❖ Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos.

Figura 1. Curva de falla o Curva de la bañera



### 5.1.1 Tipos de Mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

- ❖ Mantenimiento correctivo
- ❖ Mantenimiento preventivo.
- ❖ Mantenimiento predictivo.
- ❖ Mantenimiento proactivo.
- ❖ Mantenimiento productivo total.

**Mantenimiento Correctivo:** Este mantenimiento también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, sólo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para así tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- ❖ Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- ❖ Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán interrumpidos a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- ❖ Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

- ❖ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

**Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

De acuerdo a la experiencia o de las condiciones del fabricante, es posible prever el tiempo de servicio (o de uso) de un elemento o máquina, este conocimiento permite hacer un programación para cambiar de elemento antes de que se produzca su falla. Esto es mantenimiento programado

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y habilidad del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos, los cuales presentan las siguientes características:

- ❖ Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas de parada de la planta.
- ❖ Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.



- ❖ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- ❖ Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- ❖ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- ❖ Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

El mantenimiento preventivo más que técnico específico de mantenimiento es una filosofía que inicia desde el momento del diseño del equipo y que determina su confiabilidad y mantenibilidad hasta su reemplazo, el cual se establece cuando sus altos costos de mantenimiento lo justifiquen económicamente.

El mantenimiento preventivo al considerar la fábrica en forma integral no es una tarea exclusiva del personal de mantenimiento sino que abarca a todo el personal de la empresa.

En consecuencia un mínimo programa de M.P. deberá incluir:

1. Una inspección periódica de las instalaciones para determinar posibles defectos de los equipos que puedan ocasionar daños mayores.
2. La realización del mantenimiento oportuno y adecuado para corregir los defectos anotados evitando que lleguen a ocasionar daños mayores.

**Mantenimiento predictivo:** Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que

juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos y en contratación de personal calificado. Algunas técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo son:

- ❖ Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- ❖ Endoscopia (para poder ver lugares ocultos).
- ❖ Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).
- ❖ Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).
- ❖ Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

**Mantenimiento Proactivo:** Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

**Mantenimiento productivo total (MPT):** La alta competitividad exigida en los negocios de final del siglo ha impulsado la idea de mayor productividad de los equipos. El mantenimiento productivo total en un sistema diseñado para mantener los equipos en el punto de máxima efectividad operativa.

Mientras que el mantenimiento preventivo se preocupa por la vida útil del equipo y su idea es incrementarla retardando las averías tanto como sea posible; el mantenimiento preventivo busca la máxima eficiencia de los equipos.

Lograr la máxima efectividad en los mantenimientos implica:

- ❖ Mejorar la planeación y la programación.
- ❖ Determinar con rigor académico, indicadores de gestión como la disponibilidad, la mantenibilidad y la confiabilidad.
- ❖ Un excelente sistema de comunicación e información a todos los niveles.
- ❖ Un buen manejo de los recursos físicos y los potenciales humanos.

En mantenimiento productivo se basa en el principio fundamental de que toda persona cuyo trabajo tenga algo que ver con un equipo, debe estar involucrada en su mantenimiento y administración.

La filosofía del MPT está soportada por cinco ideas fundamentales, de cuya correcta interpretación y aplicación depende el éxito de los programas de este mantenimiento.

1. Mejorar la eficiencia global de producción de los equipos mediante la eliminación de las causas principales que ocasionan pérdidas. Esto significa: mejorar la disponibilidad, la velocidad o desempeño del equipo y la calidad de los productos.

2. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios a sus equipos, realizan los programas de mantenimiento diario, hacen las recomendaciones del caso y ayudan en los grandes mantenimientos. Aquí no existe el “yo opero tu mantienes”.
3. Mejorar la eficiencia y efectividad de las actividades de mantenimiento.
4. Capacitar, mediante un proceso continuo, a todas las personas involucradas con el equipo y realizar una educación general a todos los miembros de la organización en el sentido de su responsabilidad frente al mantenimiento.
5. Efectuar una administración tempranera de los equipos y garantizar una buena organización del mantenimiento preventivo.

### **5.1.2 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Una definición más amplia de RCM, podría ser un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe realizar un registro de equipos completo sino existe ya uno.

Más adelante RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

¿Cuáles son las funciones?

¿De qué forma puede fallar?

- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
- ¿Qué sucede sino puede prevenirse la falla?

#### **5.1.2.1 Funciones y Estándares de Funcionamiento**

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de la función de los equipos en su contexto operacional. Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional. Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM hace un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad de producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

#### **5.1.2.2 Fallas Funcionales**

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar como puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

### **5.1.2.3 Modos de Falla**

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cual es la causa origen de cada falla.

### **5.1.2.4 Efectos de las Fallas**

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las falla también deben registrar (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto que nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

### **5.1.2.5 Consecuencias de las fallas**

<sup>8</sup>Una vez que se haya determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y cuánto importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos en caso contrario corregirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con que esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas.

En caso contrario la acción a tomar es de carácter correctivo corregirlos.

Una vez se tengan definidos estos factores, el paso a seguir es establecer una(s) actividad(es) de mantenimiento enfocada(s) a eliminar cada uno de los modos de fallas determinados, esto es: proponer una lista de actividades y su frecuencia de aplicación la cual permita al encargado del mantenimiento mantener los equipos

---

<sup>8</sup> Arzuaga José y Gutiérrez Luís. Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales - Trabajo de grado.

listos para una óptima operación. Posteriormente se define el plan anual de mantenimiento con sus costos respectivos.

## **5.1.2.6 DESARROLLO DE CONCEPTOS**

### **5.1.2.6.1 Concepto de confiabilidad**

La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñada, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas se define como confiabilidad.

La definición muestra que existen cuatro características específicas de la confiabilidad: probabilidad, desempeño satisfactorio, periodo de tiempo especificado y condiciones de operación dadas.

### **5.1.2.6.2 Concepto de Probabilidad**

Es la expresión representada por una fracción o por un porcentaje. Significa el número de veces que ocurre un evento, dividido por el número total de intentos.

La probabilidad no es necesaria utilizarla en casos especiales para determinar la confiabilidad, como cuando se sabe que la confiabilidad es perfecta (el equipo nunca va a fallar) o es cero (cuando el equipo nunca va a funcionar). Para propósitos prácticos un martillo puede ser 100% confiable si se usa para clavar puntillas, pero puede tener una confiabilidad de cero si se utiliza para detener un tren; si se emplea para quebrar rocas la confiabilidad puede variar entre 0 y 1004.

### **5.1.2.6.3 Desempeño Satisfactorio<sup>9</sup>**

Es el segundo elemento en la definición de confiabilidad, indica que criterios específicos debes ser establecidos para describir lo que es considerado como una

---

<sup>9</sup>4 Toro Juan y Céspedes Pedro. Metodología para medir la confiabilidad, Mantenibilidad y disponibilidad en Mantenimiento – Trabajo de Grado.

operación satisfactoria. El desempeño satisfactorio de un equipo implica conocer cuando este falla y ya no se está desempeñando su rendimiento satisfactoriamente.

#### **5.1.2.6.4 Periodo de Tiempo**

Debe ser plenamente identificado, por ejemplo el intervalo de tiempo puede estar basado en el calendario, en las horas de operación, en ciclos o incluso en otras.

Condiciones de operación dadas. Son las que se espera que el equipo funcione, constituyen el cuarto elemento significativo de la definición básica de confiabilidad. Estas condiciones incluyen factores como ubicación geográfica donde se espera que el equipo opere, el medio ambiente, vibraciones, transporte, almacenamiento, empaque, etc.

Los factores anteriores no solo se analizan en el momento de operación del equipo, sino también en condiciones en que el sistema está almacenado o está siendo transportado de un lugar a otro. La experiencia indica que el empaque, el almacenamiento y el transporte son algunas veces más críticos para la confiabilidad, que las condiciones mismas experimentadas durante su operación.

#### **5.1.2.6.5 Concepto de Mantenibilidad**

La mantenibilidad de un equipo es la probabilidad de que un dispositivo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla y cuando el mantenimiento es realizado en un determinado periodo de tiempo, al nivel deseado de confianza, con el personal especificado, las habilidades necesarias, el equipo indicado, los datos técnicos, manuales de operación y mantenimiento, el departamento soporte de mantenimiento y bajo las condiciones ambientales especificadas.



#### **5.1.2.6.6 Concepto de Disponibilidad**

La probabilidad de que equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo y tiempo logístico se define disponibilidad. La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un equipo.

La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recupera y el segundo es construir los equipos confiables y por lo tanto demasiados costosos que nadie los compraría.

Para la determinación de que tan crítico es un elemento o equipo se aplican los siguientes métodos.

#### **5.1.2.7 Análisis de Equipos Críticos**

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los equipos de un proceso sobre los cuales vale la pena enfocar la mirada y empezar a trabajar para el mejoramiento de su funcionamiento. En otras palabras el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose como esta como la capacidad de un equipo para cumplir satisfactoriamente los objetivos y metas de una empresa.

#### **5.1.2.7.1 Método de los Coeficientes de Ponderación.**

<sup>10</sup>Para el análisis de equipos críticos se realiza una evaluación con el objeto de determinar el índice de criticidad de cada equipo.

En este método se elabora una tabla en la cual se establecen una serie de criterios a los que se les otorga un valor y un coeficiente de ponderación. La mayor prioridad estará determinada por el valor del resultado obtenido de sumar los puntos, multiplicados por el coeficiente de ponderación. Los criterios se establecen según la importancia que requiera cada evaluación, para este proyecto aplican los siguientes criterios:

- ❖ Criterio intrínseco del material
- ❖ Criterio de explotación
- ❖ Criterio de mantenimiento
- ❖ Criterio económico

Luego se establecen los coeficientes de ponderación teniendo en cuenta la prioridad de cada uno.

**Valor 1:** para equipo auxiliar, proceso adjunto, equipo duplicado.

**Valor 2:** para equipos de importancia media, de apoyo.

**Valor 3:** para equipos de importancia vital para el proceso.

Esta evaluación permite obtener una primera aproximación de prioridades sobre los equipos que se deben atender y mantener con la confiabilidad posible de operación.

Se consideran prioritarios los equipos con índices superiores a  $j \geq 17$ . Grupo A.

---

<sup>10</sup> MONCHY, Francois. Teoría del Mantenimiento Industrial. Barcelona: Masson, S.A.1990. P. 231 – 233.

Los equipos de prioridad media es decir con  $12 \leq j \leq 16$ . Grupo B.

Los equipos de poca criticidad son aquellos con  $0 \leq j \leq 11$ . Grupo C.

Donde  $j$  = índice de criticidad y es igual a la sumatoria del valor estimado de todos los criterios multiplicado por el coeficiente de ponderación del equipo.

#### **5.1.2.7.2 Métodos de los Factores Ponderados Basado en el concepto del Riesgo.**

Este método fue desarrollado por un grupo consultor inglés denominado:

##### **The Woodhouse Partnership Limited.**

Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: **frecuencia de fallas x consecuencias**

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

**Criticidad total** = Frecuencia x consecuencia de fallas..... (1)

**Frecuencia** = rango de fallas en un tiempo determinado (fallas / año)

**Consecuencia** = [(Impacto operacional x Flexibilidad)+ Costos de mantenimiento+ Impacto seguridad, Ambiente e higiene) (\$)]

Tabla 1: Factores ponderados a ser evaluados

<b>Frecuencia de Fallas</b>		<b>Costo de Mantenimiento</b>	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a \$20.000	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a \$20.000	1
Bueno 0,5 - 2 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 fallas/año	1		
		<b>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH)</b>	
<b>Impacto Operacional</b>		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la empresa	8
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta el ambiente y las instalaciones	7
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		
Hay opción de repuesto			
compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Postgrado en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander

Luego de evaluar cada uno de los factores presentados en la tabla se introducen en la fórmula de criticidad total (1) y se obtiene el valor global de criticidad.

El máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados es = 200.

Para obtener un nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales

individuales de cada uno de los valores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad – valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad permite jerarquizar los sistemas en tres (3) áreas:

- ❖ Área de sistemas no críticos (NC)
- ❖ Área de sistemas de media criticidad (MC)
- ❖ Área de sistemas críticos (C)

**Figura 2. Matriz general de criticidad**

F R E C U E N C I A	MC	MC	C	C	C
	MC	MC	MC	C	C
	NC	NC	MC	C	C
	NC	NC	NC	MC	C
	CONSECUENCIA				

CONVENCIONES	
	Normalidad
	Peligrosidad débil
	Peligrosidad media
	Alta peligrosidad

Fuente: Postgrado en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander.

### 5.1.3 Gestión de Repuestos

El justo a tiempo en la entrega de los repuestos y materiales requeridos el nivel mínimo razonable de existencia de repuestos, hace la excelencia de la gestión de repuestos.

La filosofía de la excelencia en la manufactura indica que el nivel de inventarios

debe ser cero desde el punto de vista del mantenimiento, debe entenderse en el sentido que debe mantenerse un nivel mínimo de existencia de repuestos, de conformidad con la velocidad de aprovisionamiento, para que la gestión de los mantenimientos pueda realizarse oportuna y económicamente, es decir, la búsqueda del equilibrio entre el costo de tener el repuesto y no tenerlo.

### Clases de Repuestos:

Clases de Repuestos:	
Clase	Características
Destino final	Reparables
	Desechables
Procedencia	Fabricación propia
	Fabricación nacional (Local y lejana)
	Importadas
Uso	Específicos
	Comunes
	Típicos
Consumo	Diario o continuo
	Mensual
	Otras frecuencias (trimestral, semestral anual, etc.)

### Los Pedidos de Repuestos:

A la organización el mantenimiento, le corresponde realizar los pedidos de los repuestos, pero no de forma intuitiva, ni cuando haga falta, sino de una forma racional y matemática para alcanzar una eficiente adquisición. Para lograrlo es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- El repuesto exacto para todas las especificaciones para evitar correcciones en los suministros.
- La cantidad exacta requerida, es decir el número de unidades que

deben adquirirse.

- El instante oportuno de la compra, no pedir mucho antes ya que aumentan los inventarios, ni después ya que se incrementa el tiempo de las intervenciones en las paradas de equipos por falta de repuestos. Es decir, el momento preciso es lo más tarde posible, sin ocasionar urgencias.

### **Los niveles de Existencias:**

Los niveles de existencia máximo y mínimo, la cantidad exacta requerida o el volumen de los pedidos, el punto del pedido y las frecuencias de aprovisionamiento se determinan teniendo en cuenta el proceso de consumo en el tiempo y el análisis de costos para determinar el lote de adquisición más económico.

A su vez depende del tiempo de reposición, esto es el tiempo que transcurre entre el pedido y el recibo del repuesto. En este tiempo debe disponerse del repuesto. Esta es la existencia mínimo.

### **5.1.4 Tecnologías de Diagnóstico:**

Antes de la creación de tecnologías para evaluar la condición del equipo, los operadores y el personal de mantenimiento acostumbraban confiar en sus propios sentidos:

Tacto (temperatura, vibración, desgaste).

Olfato (temperatura, contaminación).

Vista (vibración, temperatura, alineación).

Oído (ruido, vibración, cavitación, desgaste).

Gusto (contaminación); y ese otro sentido que actualmente se duplica como

sistemas expertos de diagnóstico.

El objetivo de la inspección era buscar una señal de falla próxima, de manera que la reparación pudiera planearse, programarse y completarse para minimizar el impacto en las operaciones y el costo total. La dificultad clave en el empleo de los sentidos humanos es la subjetividad en la recopilación de los datos y su interpretación, y la cantidad de tiempo disponible para reaccionar después que se determina la condición.

Las tecnologías de diagnóstico se han extendido en todos los sectores industriales durante las últimas décadas. Las técnicas de mantenimiento basado en las condiciones que se aplican más comúnmente son el análisis de vibraciones, el análisis de aceites lubricantes, la termografía, el ultrasonido, el monitoreo de efectos eléctricos y los penetrantes.

### **Análisis de Vibraciones:**

Entre los principales problemas que se presentan en máquinas rotatorias, se tiene a las vibraciones.

Por muchos años y en todo el mundo se han llevado a cabo estudios sobre cuales son las causas que originan estas vibraciones y cuyos resultados se presentan de manera estadística para su aplicación en la industria y más específicamente, en los planes de mantenimiento.

La vibración puede definirse como el movimiento de una masa desde su punto de reposo a lo largo de todas las posiciones y de regreso al punto de reposo, en donde está lista para repetir el ciclo. El tiempo que requiere para esto es su período, y el número de repeticiones de este ciclo en un tiempo dado es su frecuencia.

La vibración mecánica se transmite a través de bases y estructuras causando fatiga en elementos estáticos y a veces vibraciones moduladas en el entorno. La severidad de vibración tiene que ver con las frecuencias resonantes del sistema que pueden llevar a condiciones críticas e inestables.



El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan.

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral.

### **Parámetros de las Vibraciones:**

**Frecuencia:** es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o hz (hercios).

**Desplazamiento:** es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

**Velocidad y aceleración:** como valor relacional de los anteriores.

**Dirección:** las vibraciones pueden producirse en Tres (3) direcciones lineales y Tres (3) rotacionales.

### **Tipos de vibraciones.**

*Vibración libre:* se causa debido a una excitación instantánea.

*Vibración forzada:* se causa debido a una excitación constante

A continuación se detalla las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar:

- Vibración debida al desequilibrado (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la falta de alineamiento (maquinaria rotativa)
- Vibración debida a la excentricidad (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la falla de rodamientos y cojinetes.
- Vibración debida a problemas de engranajes y correas de transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

Mediante el análisis de vibraciones se determina la condición de las máquinas rotativas definiendo el grado de desbalanceo, desalineamiento, presencia de holguras mecánicas, bases y cimentaciones insuficientes, desgaste de piezas internas, interferencia de engranajes, rodamientos malos, etc.

El trabajo consiste en crear una base de datos de las máquinas de la empresa y hacer visitas periódicas de inspección en que se entrega informes con el diagnóstico del estado vibracional actual y nivel de temperatura de los equipos con las prioridades de atención.

Con el tiempo se dispone de la información de tendencias de manera que se planifican las acciones conectivas.

Los siguientes son tres tipos comunes de análisis de vibraciones:

- El análisis de vibraciones de banda amplia monitorea el tren total de la máquina y es útil para revisar información básica y tendencias, pero

tiene un uso limitado en señalar áreas con problemas.

- El análisis de vibraciones de banda octava es más útil, con el espectro dividido en una serie de rangos que pueden compararse con valores predeterminados para descubrir desviaciones en la frecuencia de vibraciones.
- El análisis de vibraciones de banda estrecha es el más útil como herramienta para diagnóstico, con la capacidad para determinar el área específica del problema y su causa.

### **Análisis de Aceites Lubricantes:**

Cuando se analiza el aceite de una máquina, existen varias técnicas diferentes que pueden aplicarse para determinar la composición química del aceite y buscar materiales extraños en él.

La ferrografía y la detección de virutas magnéticas examinan partículas de desgaste con base de hierro en los aceites lubricantes para determinar el tipo y grado del desgaste, y pueden ayudar a señalar el componente específico que se está desgastando.

El análisis espectrométrico del aceite mide la presencia y cantidad de contaminantes en el aceite con la ayuda del espectrómetro de emisión atómica u absorción. Es útil para determinar la presencia no sólo de hierro, sino también de otros elementos metálicos y no metálicos que pueden estar relacionados con la composición de las diversas partes de la máquina, como rodamientos, cojinetes, anillos de pistones, etc. Es útil cuando las partículas de desgaste están siendo generadas inicialmente en las primeras etapas de la falla, ya que dichas partículas son pequeñas.

La cromatografía mide los cambios en las propiedades de los lubricantes incluyendo la viscosidad, punto de inflamación, ph, contenido de agua y fracción insoluble mediante la absorción y análisis selectivos.

### **Termografía:**

La temperatura y el comportamiento térmico de la maquinaria es el factor más crítico en el mantenimiento y operación de equipos y maquinarias.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación, están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la

vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

Mediante la termografía infrarroja podemos medir y visualizar a distancia y sin ningún contacto temperaturas de superficie con precisión, para ello se utiliza una cámara termográfica que muestra una imagen térmica en la cual a cada temperatura se le asocia un color.

La medición de temperatura por no contacto usando sensores infrarrojos ha llegado a ser una alternativa creciente sobre otros métodos convencionales. Se utiliza como un método eficaz de ensayo no destructivo y forma parte del mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo y control térmico por imágenes es posible con la ayuda de sofisticadas cámaras de detección de infrarrojos, de la computadora y la utilización de innovados software y hardware.

Al utilizar razonablemente esta tecnología de punta su costo es recuperado en corto plazo, puesto que facilita a los gerentes de mantenimiento tomar las decisiones más adecuadas, reduciendo considerablemente los altos costos del mantenimiento correctivo y garantizando alta confiabilidad a las instalaciones.

El análisis mediante termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos y el análisis predictivo en motores eléctricos; pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos como ensayo radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, entre otros.

El análisis mediante cámaras termográficas infrarrojas está recomendado para:

- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.

- Motores eléctricos, generadores y bobinados.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

### **Ultrasonido:**

Existen varias técnicas para las pruebas de ultrasonido, pero todas ellas se emplean para determinar fallas o anomalías en soldaduras, recubrimientos, tuberías, tubos y estructuras entre otros. Las grietas, huecos, acumulaciones, erosión, corrosión e inclusiones se descubren transmitiendo pulsos u ondas de ultrasonido a través del material y evaluando la marca resultante para determinar la ubicación y severidad de la discontinuidad.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 rpm, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente. El Ultrasonido, entre otras cosas permite:

- ❖ Detección de fricción en máquinas rotativas.
- ❖ Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- ❖ Detección de fugas de fluidos.
- ❖ Pérdidas de vacío.
- ❖ Detección de arco eléctrico.
- ❖ Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la actividad industrial en nuestro país tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le

permita insertarse en la economía globalizada. En consecuencia, toda tecnología orientada al ahorro de energía y/o mano de obra es de especial interés para cualquier empresa.

### **Monitoreo de Efectos Eléctricos:**

Existen varias pruebas para determinar la corrosión empleando un circuito eléctrico sencillo, el cual se monitorea mediante instrumentación de diferentes grados de complejidad. El corrotor utiliza el método de polarización electroquímica en un recipiente con un líquido corrosivo. El corrometer utiliza la resistencia eléctrica a través de una varilla insertada en el entorno activo (por ejemplo, equipo de proceso en una refinería).

Los dispositivos más comunes utilizados para monitorear o probar los motores o los generadores son los generadores de voltaje, incluyendo fusionadores. Estos miden la resistencia del aislamiento y aplican un voltaje de prueba que va de 250 a 10.000 voltios.

## **5.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **5.2.1 Planeación**

La planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

Es necesario que este ítem responda a estos interrogantes:

¿Qué se debe hacer?

¿Cuándo se debe hacer?

¿Quién lo debe hacer?

¿Cómo lo debe hacer?

### **5.2.2 Programación**

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo; básicamente un programa puede prepararse en tres niveles dependiendo de su horizonte:

- El programa a largo plazo o maestro, que cubre un periodo de tres meses a un año.
- El programa semanal.
- El programa diario que cubre el trabajo que debe completarse cada día.

### **5.2.3 Políticas de Mantenimiento**

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un plan de operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización. Este plan permite desarrollar paso a paso una actividad programa en forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos puntos que el plan de operaciones no puede omitir:

- Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye el tipo, especialidad, y cantidad de personal.



- Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento y la hora en que deben finalizar.
- Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.
- Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos. Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en caso de ser necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.
- Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- Planos, diagramas, información técnica de equipos.
- Plan de seguridad frente a imprevistos.

Luego de desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de un informe de lo actuado, el cual entre otros puntos debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- Tiempo real que duro la labor.
- Personal que estuvo a cargo.
- Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- Conclusiones.

En una empresa existen áreas, una de las cuales se encarga de llevar a cabo las operaciones de planeamiento y realización del mantenimiento, esta área es denominada comúnmente como departamento de mantenimiento, y tiene como deber principal instalar, supervisar, mantener, y cuidar las instalaciones y equipos que conforman la fábrica.

#### **5.2.4 Elementos del Mantenimiento Planeado**

El mantenimiento planeado se refiere al trabajo de mantenimiento que se realiza con una previsión, control y registros por adelantado. Incluye toda la gama de tipos de mantenimiento y se aplica a las estrategias de reemplazo, mantenimiento preventivo y correctivo. Se caracteriza por lo siguiente:

- La política de mantenimiento se ha establecido cuidadosamente.
- La aplicación de la política se planea por adelantado.
- El trabajo se controla para que se ajuste al plan original.
- Se recopilan, analizan y utilizan datos que sirvan de guía a las políticas de mantenimiento futuras.

A continuación se presentan algunos pasos o elementos para la planeación del mantenimiento:

#### **Administración del Plan:**

El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento planeado consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo,

además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

### **Especificación del Trabajo:**

La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento. La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la parte (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

### **Programa de Mantenimiento:**

El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción.

Esta es la etapa en donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución.

### **Control del Programa:**

El programa de mantenimiento debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

### **5.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Una excelente gestión del mantenimiento sólo puede ser posible con un excelente sistema de información que lo apoye. Porque, además de asegurar el dato preciso en el instante oportuno, es fuente para el análisis estadístico y obtención de los indicadores de gestión y costos del sistema de mantenimiento imperante; facilita la presentación de informes y contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

Como todo sistema de organización e información, es necesario establecer el nivel al cual se piensa manejar la información. Por ejemplo: a la gerencia seguramente no le interese saber cuales son las ordenes de trabajo de hoy, pero si cuanto se ha invertido en mantenimiento en lo que va corrido del año y cuál es el equipo que más ha participado en ello, además de poder realizar diagnósticos certeros sobre el estado de cada equipo.

Para obtener todos los datos anteriormente mencionados se debe realizar una organización de mantenimiento, de donde se pueda obtener información acerca de los equipos de una organización.

Dentro de la organización del mantenimiento se debe llevar un archivo el cual debe llevar varios compartimientos en los cuales se clasifique la información según los equipos, secciones o cualquier otro sistema que se requiera de acuerdo a la documentación obtenida.

#### **5.3.1 Sistemas de Información para el Mantenimiento**

Los sistemas de información son aquellos registros y documentos donde se recopilan datos importantes de un proceso, una actividad o un equipo, todos ellos facilitan la organización de un departamento, en este caso mantenimiento. Cabe anotar que esta documentación debe tener una cuidadosa manipulación para su conservación.

### **Elementos del Sistema de Información:**

Existen numerosos formatos de mantenimiento pero cada uno de ellos aplica según el proceso para el cual se haya creado, por tal razón los formatos que sean escogidos deben ser evaluados por la dirección y jefe de sección, además de ser ensayado por los operarios para analizar criterios como la operabilidad, la manipulación, si es explícito y si contiene la información necesaria del equipo.

Los diferentes sistemas son los siguientes:

- Registro de equipos. Registro de máquinas o ficha técnica del equipo.
- Repuestos críticos por equipos.
- Estándares de mantenimiento. Actividades de mantenimiento.
- Cuadro de Inspecciones. Reporte y registro de las mismas
- Solicitudes de servicio y orden de trabajo.
- Hoja de vida. Bitácora o históricos de intervenciones en los equipos
- Tarjetas de costos por equipos.
- Cuadro de fallas.
- Programación del mantenimiento.
- Seguimientos de programas o ejecutorias de mantenimiento programa.
- Manuales del fabricante.
- Recomendaciones de mantenimiento por parte del fabricante.
- Cuadro de búsquedas de averías recomendados por el fabricante.
- Plano de construcción del equipo.

**Los Estándares de Mantenimiento:** Son las actividades básicas de inspección y mantenimiento preventivo que se realizan en cada equipo con determinada frecuencia. Las más comunes son las de mantenimiento mecánico, electrónico y lubricación.

**La Codificación:** Establecer un código para los equipos con características especiales para las máquinas, equipos y herramientas y repuestos lo mismo que para las actividades es una necesidad de la organización del mantenimiento.

Lo que se busca es utilizar un sistema de codificación que satisfaga las condiciones y características de la planta, que permita además identificar demotécnicamente el equipo, su localización y su función; que sea lo mas corto posible, pero uniforme en su aplicación y que su implementación no resulte excesivamente costosa. Puede estar constituido de un sistema alfanumérico o sólo alfabético o sólo numérico.

**Registro de Equipos:** Es el documento que identifica, ubica y describe completamente un equipo. Se llama también ficha técnica y se registra en una tarjeta denominada “tarjeta maestra”. La idea es que este registro contenga toda la información técnica de equipo, que sea útil para las actividades de mantenimiento. Básicamente debe contener:

- Identificación de la sección de la planta. Ubicación.
- Centro de costo al cual se cargan sus intervenciones.
- Nombre de la máquina o equipo.
- Nombre del fabricante y marca.
- Modelo.
- Otros datos del registro de equipos.
- Datos técnicos del equipo.
- Capacidades de producción.
- Datos dimensionales.
- Servicios requeridos.
- Requerimientos especiales.

- Especificaciones de motores, controles eléctricos y electrónicos.
- Especificaciones de reductores.
- Equipos auxiliares, accesorios y herramientas.
- Otros, empaquetaduras, rodamientos, etc.
- Listado de repuestos críticos, con sus respectivas especificaciones técnicas y códigos de mantenimientos y del fabricante.
- Especificaciones de lubricantes recomendados y sus características técnicas, estos datos servirán para el mejoramiento del programa de lubricación.

Cabe anotar que la ficha técnica sirve de acople con el programa de mantenimiento. Son los datos para el mantenimiento básico o estándares de mantenimiento, que se colocan a continuación de la ficha técnica, haciendo el sistema de información para el mantenimiento un sistema integrado, del flujo y actualización continua.

La orden de trabajo. Un sistema de mantenimiento puede funcionar eficazmente con solo la orden de trabajo, bien estructurada.

En el mantenimiento intuitivo la orden de trabajo es tácita, pero en el mantenimiento organizado la orden de trabajo debe ser por escrito.

- Por una solicitud de servicios de mantenimiento.
- Por la emisión, según un programa de mantenimiento.

La solicitud de servicios se diseña teniendo en cuenta:

- según el tiempo de orden.
- Normal o de una sola actividad compuesta de varias actividades orden de trabajo permanente.

- Según prioridades.
- Según el emisor o ruta Solicitud de servicios. Orden de trabajo.

### **Formato de Ordenes de Trabajo**

Una orden de trabajo, producto de una solicitud de servicios debe contener las siguientes secciones:

#### **Del emisor:**

1. Descripción del documento "SOLICITUD DE SERVICIOS", un número consecutivo y la fecha de la emisión.
2. Dirección del receptor usualmente una dependencia de mantenimiento, con la fecha.
3. Dirección e identificación del emisor o solicitante con su respectivo código.
4. Descripción del equipo, ubicación y código.
5. Descripción detallada del servicio solicitada del servicio solicitado. Si el trabajo es en servicio o con parada de equipo y firma del responsable solicitante.

#### **Del ingeniero de Mantenimiento**

1. Notas y observaciones sobre el trabajo.
2. Firma aprobatoria.

#### **Del Ejecutor**

1. Descripción de los trabajos realizados.
2. Mano de obra de materiales y repuestos de los empleados.
3. Hoja de vida de equipos.



Los objetivos fundamentales se encuentran la recopilación histórica de los trabajos de mantenimiento realizados a las máquinas y servir de puente entre la acción del mantenimiento y el diagnóstico o análisis de fallas.

Para que este documento tenga éxito en la gestión del mantenimiento es necesaria una permanente y constante actualización y utilización, de lo contrario se vuelve letra muerta.

La política fundamental del registro en la hoja de vida es registrar solamente lo prioritario, pues de lo contrario se llenan registros con información inservible.

La hoja de vida debe contener:

- Código del equipo
- Nombre del equipo
- Ubicación en la planta
- Centro de costos
- Fecha de trabajo
- Número de trabajo
- Descripción del trabajo
- Área de mantenimiento que ejecutó
- Mecánica
- Eléctrica
- Instrumentación
- Tipo de mantenimiento (Correctivo, Preventivo, Predictivo)
- Componente intervenido
- Costos
- Observaciones

## **5.4 INTRODUCCION AL PROCESO DE EXTRACCIÓN**

### **5.4.1 Generalidades sobre el sector oleaginosas-grasas y plantas de beneficio**

#### **Sector oleaginosas-grasas**

La cadena de las oleaginosas posee una diversa variedad de productos que van desde los eslabones agrícolas hasta la producción de bienes finales agroindustriales. En las materias primas se encuentran insumos de origen vegetal y animal, que son transformados de modos diversos y utilizados muchas veces como bienes intermedios en la elaboración de bienes de consumo final de varios tipos. Cabe mencionar la extracción de aceites crudos a partir de diversos tipos de semillas (palma, algodón, soya, maíz) y tejidos animales (pescado, cerdo), para su conversión en aceites refinados, puros y mezclados, jabones y tortas proteicas.

La producción mundial de aceite de palma y palmiste está dominada por Indonesia y Malasia. Colombia participa marginalmente aunque es el quinto productor mundial de aceite de palma y el sexto de aceite de palmiste. El comercio mundial ha venido incrementándose, siendo Colombia el país que mayor crecimiento ha experimentado entre 1993 y 2002.

La cadena productiva se inicia con el proceso de siembra, cultivo y cosecha de las semillas oleaginosas. La fase industrial comprende la extracción de los aceites crudos y otros subproductos y la refinación, mezcla e hidrogenación de los aceites crudos obtenidos en la etapa anterior. El proceso de producción de aceite comprende dos etapas fundamentales: la primera, la extracción de aceite crudo de diferentes productos oleaginosos, semillas y frutos, la segunda es la obtención de aceites refinados a partir de estos aceites crudos<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> *Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad*. Serie documentos sectoriales. Oleaginosas, aceites y grasas; Septiembre de 2006.

### **Aspectos relacionados con plantas de beneficio**

En la primera mitad del siglo XX, varias compañías europeas dentro de las que se destacan *STORK – Amsterdam* de Holanda y *Usine de Wecker* de Luxemburgo comienzan el desarrollo de instalaciones industriales para el aceite de palma en Malasia, Indonesia y en el África ecuatorial. Sin embargo, con el inicio y rápido crecimiento de los cultivos de Palma en Latinoamérica; estas compañías son invitadas a participar en el suministro de equipos y la construcción de plantas en la región. En Colombia surgen plantas extractoras construidas bajo estas tecnologías como *Indupalma*, *Coldesa* y *Patuca*.

Teniendo como base el modelo STORK en plantas de beneficio, algunos fabricantes de equipos nacionales comienzan a desarrollar equipos para plantas extractoras adaptando los modelos al entorno nacional. Se destaca principalmente el aporte realizado por Gerard Müller, Ingeniero Alemán que dirigía en ese entonces la compañía Frick Industrias Metálicas Ltda. Müller es el encargado de adaptar muchos de los diseños de STORK y Usine de Wecker para construir plantas de pequeña capacidad (Aproximadamente entre 500kg/h y 3 Ton/h).

Luego en 1969, Frick cambia su razón social por la de “Consultecnica Ltda.” y se dedica principalmente al diseño y fabricación de equipos para extractoras de aceite pues para entonces ya había montado una docena de **“cocinas”** extractoras en todo el país.

Con la expansión del cultivo y a finales de los años setenta, surgen nuevas firmas constructoras de equipos en Colombia como es el caso de Tecnintegral, Sudeim, Alcas y muchas otras quienes, junto con las ya existentes se encargan de realizar la construcción de plantas extractoras.

Sin embargo, la tendencia en el caso de Colombia y Latinoamérica, a diferencia de lo que ocurría con Malasia e Indonesia, es la de construir las plantas extractoras con base en diversos fabricantes nacionales y extranjeros para reducir los costos de inversión.

Es por ello que se presenta una alta participación de componentes europeos en las plantas extractoras, los cuales se dieron hasta mediados de los 80, generando consigo un alto rigor en el diseño y la calidad de los productos para montajes de extractoras de aceite de palma.

En ese momento, las empresa fabricantes europeas suspenden la fabricación de equipos para la industria, dada la fuerte competencia de equipos Malayos y Latinoamericanos con menores costos de producción.

Solo a finales de los noventa, tanto la apertura económica como la crisis de precios que sufrió el sector motivaron una reacción dentro del mismo y el inicio del desarrollo tecnológico en las áreas del cultivo y de la planta extractora.

En esa época se propuso por ejemplo la automatización de los procesos industriales al interior de la planta extractora.

Con el nacimiento de **CENIPALMA** en Colombia comienza la consolidación y el intercambio de información, que promueve el mejoramiento continuo y permite que las plantas extractoras locales logren mayores eficiencias de extracción que incluso las reportadas por Malasia e Indonesia.

Hoy en día, se reconoce el potencial que tienen las plantas extractoras de aceite para convertirse en ***verdaderos complejos industriales con productos de gran diversidad y alto valor agregado***, maximizando la eficiencia en todos sus procesos<sup>12</sup>.

#### **5.4.1.1 Descripción del proceso de extracción de aceite**

La extracción de aceite de palma es un proceso físico-mecánico en el cual intervienen una serie de equipos que van a cumplir ciertas funciones para transformar los racimos de fruta fresca (RFF) en aceite de palma y de éste obtener un subproducto que es la torta de fibra, la cual debe manejar unos parámetros de

---

<sup>12</sup> Fedepalma, Seminario sobre procesos modernos de plantas extractoras, Santa Marta Colombia, del 11 al 15 de Agosto de 2008. compilación realizada por los ingenieros Guillermo Bernal y German Cala.

impregnación en aceite en 5.5% la humedad de la fibra para combustible en la caldera en un 30%. Por otra parte, al separarse la fibra de la nuez, se crea un subproceso, el cual es llamado palmistería, y que usa como recurso primario la almendra de la fruta de palma, y de esta se genera un producto llamado aceite de palmiste y un subproducto llamado torta de palmiste (almendra).

#### **5.4.1.2 Recepción De Fruto.**

Esta conformado por las tolvas de recepción de racimos de fruta fresca, son el primer equipo que se encuentra en las extractoras de aceite de palma africana. Sirve para entregar la fruta en las canastas ó góndolas para su esterilización, control y evaluación de la calidad del fruto recibido y a la vez para almacenar y tener listas la fruta para su utilización posterior.

#### **5.4.1.3 Esterilización.**

Es la segunda etapa del proceso en la cual los racimos sufren una transformación. El correcto esterilizado de los racimos es fundamental para las etapas posteriores del proceso y en gran medida la tasa de extracción de aceite (TEA) depende de ésta etapa).

#### **5.4.1.4 Desfrutado.**

Es la sección en que el fruto después de cocido es desprendido de los raquis mecánicamente mediante desgranadores rotativos, para permitir su procesamiento posterior. La sección consta de un elevador puente grúa de volteo, una tolva de alimentación de racimos esterilizados y una desgranadora.

#### **5.4.1.5 Desfibrado**

Está compuesto por el sinfín rompedor de torta la cual es un transportador de paletas que se ha diseñado especialmente para lograr una separación efectiva entre las nueces y las fibras que salen de las prensas mezcladas y comprimidas.

#### **5.4.1.6 Palmistería (Planta de Nueces)**

La última etapa de la nuez, procedente del sistema de desfibrado donde en ésta sección se le da el tratamiento de rompimiento de la nuez mediante rompedores ó molinos (Ripple Mills) y la separación de almendras y cascarilla mediante un sistema de separación en seco (ciclones) o por hidrociclones, donde la almendra es depositada en silos acondicionados con corrientes de aire caliente para su secado y posterior envío al silo de almendra a granel donde es almacenada para su posterior despacho. El cuesco ó cascarilla es aprovechado en parte como combustible para las calderas para la generación de vapor y el resto utilizado en el mejoramiento de vías.

#### **5.4.1.7 Preclarificación o clarificación horizontal**

A partir de la extracción mecánica en las prensas, el licor de prensa pasa por una serie de recipientes, los cuales acortan el tiempo de retención hidráulica del flujo y separan rápidamente el aceite de los lodos y el agua que contiene el mismo. El objetivo es recuperar la mayor cantidad de aceite de los lodos del licor de prensa para optimizar el proceso de extracción y dinamizar el rendimiento del producto para su posterior despacho.

#### **5.4.1.8 Clarificación vertical.**

El aceite crudo extraído del mesocarpio por prensado contiene cantidades variables de impureza de material vegetal, parte de las cuales se presentan como sólidos insolubles y partes disueltos en el agua que contiene el aceite.

Tanto el agua como las impurezas deben removerse, lo que se logra mediante la clarificación.

#### **5.4.1.9 Clarificación dinámica o centrifugado**

Se aprovechan los mismos principios de la clarificación estática, pero la separación ocurre con una velocidad mucho mayor, mediante fuerzas centrifugas.

El agua y los lodos pesados salen por las boquillas o toberas y el aceite y los lodos livianos se concentran en el centro y son descargados por un tubo recolector llamado recuperador. Dicho equipo puede manejar un caudal de flujo nominal de 6000 litros/hora.

#### **5.4.1.10 Almacenamiento**

Luego de recuperarse todo el aceite en la sección de clarificación, además de ser sometido a un proceso de secado, el aceite crudo de palma llega a unos tanques con grandes dimensiones que permiten el buen manejo de los inventarios, incluso en instantes en donde la rotación del mismo es significativamente baja. Estos recipientes de gran capacidad deben poseer serpentines de vapor, esto con la finalidad de mantener la temperatura 5 °C por encima del punto de fusión y permitir el buen manipuleo del mismo cuando hay proceso de cargue del producto. La importancia en estos tanques es el control de impurezas y humedad del producto, ya que por efecto gravitacional al estar en reposo decantan en el fondo, ocasionando al momento de un despacho incumplimiento de los parámetros de la calidad exigido por el cliente.

### **3.3 Costos de Producción:**

En el sector de aceite de palma en el que no se puede controlar el precio del mercado, (ya que es dictado por los factores de oferta y demanda de los mercados internacionales) la estrategia para aumentar la competitividad se basa generalmente en la reducción de costos. De acuerdo a estudios y estadísticas realizadas por Fedepalma, el sector en relación con los países competidores se encuentra en desventaja ya que registra los costos de producción más altos como a continuación lo resalta la siguiente fuente:

En 1998, Fedepalma encargó a la firma inglesa LMC International, la realización de un estudio sobre los **costos de producción** en Colombia en las diferentes regiones de producción y su perfil comparativo con los países líderes, Malasia e

Indonesia. En ese estudio, trabajado con el modelo de LMC, quedó demostrado que los costos de producción en Colombia para la producción del aceite de palma crudo; son relativamente superiores al promedio del costo de producción de los líderes.<sup>13</sup>

Los cálculos de Fedepalma indican que el costo de producir una tonelada de aceite de palma en Colombia pasó, en promedio, de 379 a 512 dólares, de 2003 a 2006, registrando un crecimiento del 35%. Con respecto a los costos promedio de Malasia, uno de los líderes en la producción mundial de la oleaginosa, esto significa que pasamos de ser 1,4 veces a 1,9 veces más costosos para producir en este período.<sup>14</sup>

El costo promedio de producción de una tonelada de aceite de palma en Colombia fue de USD354 en 2004/2005. En contraste, el costo en Malasia e Indonesia fue de USD246 y USD158, respectivamente. Las mayores diferencias se presentan en las siguientes fases de la producción: el mantenimiento del cultivo y de la planta, debido en gran parte al costo de la mano de obra y a la búsqueda de personal especializado para la configuración de los equipos. Estos costos se distribuyen de la siguiente forma:

En el 2005: costo fijo 46,2%; costo variable 35,0% (mano de obra, combustible, mantenimiento y repuestos) y el costo administrativo 18,8%.<sup>15</sup>

El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, aprobó el documento *CONPES No. 3477- Estrategia para el Desarrollo Competitivo del Sector Palmicultor Colombiano*. En el se plantean una serie de estrategias orientadas a aprovechar las ventajas comparativas-competitivas que presenta el sector palmero en el mercado interno y externo, a partir de la minimización de los costos unitarios de producción y del proceso, aumento del rendimiento del cultivo y

---

<sup>13</sup> *Acuerdo Regional de Competitividad Cadena de Aceite de Palma*, Colección documentos IICA serie competitividad No. 21. Bucaramanga, junio de 2001.

<sup>14</sup> *Impacto de la revaluación del peso en el sector palmero*. Palmas. Volumen 28 No. 2 - 2007

<sup>15</sup> *CONPES No. 3477*. Op. Cit. Pág. 9



desarrollo del valor agregado de los productos y subproductos de la agroindustria palmera y del aceite de palma-palmiste, y la producción de biodiesel y la oleoquímica

“FEDEPALMA promoverá entre los productores el aumento y la optimización del uso de la capacidad instalada de las plantas de beneficio. El objetivo es aumentar la capacidad promedio de extracción por planta de 18 a 32 toneladas de fruto fresco por hora en el 2010.

Asimismo, FEDEPALMA promoverá la fusión y ampliación de las plantas extractoras a la escala de los núcleos productivos. Con este fin, el MADR y FEDEPALMA realizarán estudios de factibilidad que permitan determinar para cada zona productora la localización y escala adecuada de las plantas de beneficio”<sup>16</sup>

Así mismo, en aras de mejorar la competitividad del sector, el Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA) ha contribuido enormemente con sus estudios, en razón al cambio tecnológico liderado. La productividad promedio de las empresas palmeras ha pasado de 2,5 toneladas de aceite por hectárea en los años noventa a 4,2 en 2005. Es decir, que si el sector no se hubiera decidido a invertir en investigación hoy en día, sin duda, la productividad sería menor. Sin embargo, existe un margen adicional para aumentarla aun más, lo cual, aunado a otras acciones, permitirá reducir los costos de producción y mejorar la competitividad de la agroindustria.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> *Ibíd.*, Pág. 16

<sup>17</sup> *La investigación, soporte fundamental para la competitividad del sector palmero*. Palmas. Volumen 27 No. 3, 2006

## **6.0 Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para la etapa de Extracción (Área de Prensado) de Aceite Crudo de Palma**

### **Justificación**

En toda empresa manufacturera y en especial en la agroindustria de palma, se hace inminente la presencia de paradas programadas y no programadas, puesto que esta involucra equipos y máquinas que están expuestos a diversos factores en el medio de trabajo y siempre van a . Estas últimas son las causantes de la mayoría de pérdidas que presenta la empresa. Por tal motivo, el objetivo fundamental de cualquier programa de mantenimiento debe ser minimizar los largos tiempos y altas frecuencias de las fallas no planeadas.

Para tener una idea más clara del impacto que produce una falla de un equipo en el área extracción, se generó el siguiente indicador del cual se obtuvo:

### **Torta de palmiste**

Producción total: 4.5 Ton/día = 0.29 Ton/ Hora

Valor ton: \$290.000 IVA incluido

Producción torta =  $(\$90.000 \times 0.29 \text{ ton/Hora}) = \$53.940 / \text{hora}$

Aceite crudo

Producción total: 30 Ton/día = 1.25 Ton/hora

Valor Ton: \$ 1.500.000 más IVA

Producción Aceite =  $(\$1.740.000 \times 1.25 \text{ ton/Hora}) = \$2.175.000$

Producción total = Producción de torta + Producción aceite crudo  
=  $(2.175.000 + 53.940) \text{ \$/hora} = \$2.228.940 / \text{hora}$

Según los datos obtenidos se puede deducir que por cada hora que permanezca parada la producción la empresa deja de recibir \$2.228.940. Sin embargo se debe tener en cuenta que si bien por cada hora de parada la empresa deja de

vender, por cada hora de parada la empresa deja de consumir elementos como materia prima y energía entre otros.

No obstante, el objeto de esta comparación es resaltar la importancia cualquier periodo de tiempo en un proceso de producción continua como este.

Según este indicador se hace indispensable la implementación de un programa de mantenimiento basado en RCM que proporcione altos índices de disponibilidad y confiabilidad de aquellos equipos vitales y directamente relacionados con la producción.

Para ello se lleva a cabo metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para las secciones de digestores y prensas partiendo de un análisis de criticidad y posteriormente aplicando la metodología descrita en secciones anteriores; véase el numeral 5.1.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

### **Delimitación del Área:**

El proceso de extracción de aceite crudo de palma está constituido por siete etapas básicas: recepción, esterilización, desfrutado, extracción, clarificación, centrifugación y almacenamiento.

Cabe anotar que se concibió de una forma global por etapa, sin embargo la complejidad de todas y cada una de ellas es mucho mayor. A continuación describimos mas minuciosamente el proceso dividiéndolo por sub-etapas:

**Recepción:** Tolvas, Vagonetas.

**Esterilización:** autoclaves y vagonetas (salida)

**Desfrutamiento:** vagonetas, cabestrante, puente grúa, desfrutador.

**Extracción:** sinfín alimentador, digestores, motores, reductores, prensas, bomba hidráulica, bomba centrífuga, tableros de control, sin fin transportador de torta.

**Preclarificación:** Bombas centrifugas, motor de tamizado de crudo, tablero de control.

**Clarificación:** clarificadores Centrifugación: Centrifuga de lodos.

**Almacenamiento:** Tanques cilíndricos.

La etapa de extracción está compuesta por los subprocesos de digestión y prensado. Los equipos que forman parte de estos mencionados utilizan componentes semi-automáticos, hidráulicos, mecánicos y eléctricos (ver anexo), tales como:

**Digestión:**

Digestores

Motoreductores

Motores

Reductores

Sinfín alimentador

**Prensado:**

Prensas

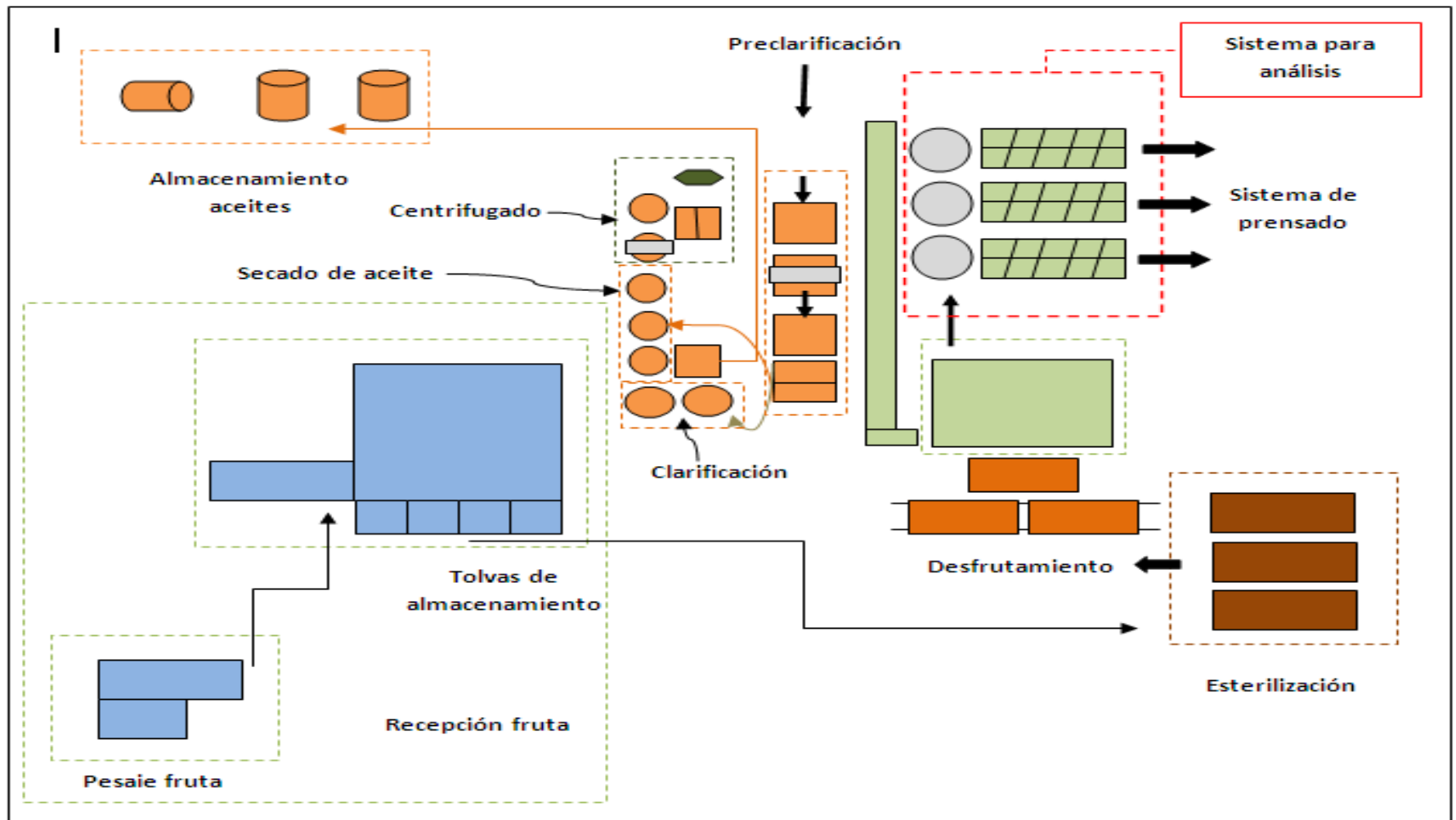
Bomba hidráulica Motores Reductores

Bomba centrífuga

Tableros de control

Sin fin transportador de torta

Figura 3. DIAGRAMA FUNCIONAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA EXTRACTORA BELLA ESPERANZA LTDA.



### **Análisis de Criticidad por Etapas:**

El análisis de criticidad es una herramienta valiosa para el proceso de selección de equipos o áreas críticas en una organización, proyectos o estudios, etc. Con dicha herramienta hemos podido definir la real importancia de un equipo en cualquier proceso productivo, tanto es así que ha llegado a proveer datos fidedignos de la vitalidad de un proceso.

Existen diferentes clases de análisis de criticidad, pero dentro de esta variedad se decidió trabajar con los métodos mencionados anteriormente, porque se consideró que eran los más adecuados de acuerdo a los criterios cruciales establecidos por la empresa.

Cabe destacar que el tipo de producción utilizado en la planta extractora es la producción continua en la cual cada etapa o estación del proceso cumple una función primordial dentro del mismo, sin la cual los procesos siguientes no podrían llevarse a cabo, produciendo cuellos de botella, es decir, si algunos de los elementos presentes en cualquiera de las estaciones llegase a fallar este fallo repercutiría en el funcionamiento global de toda la planta, demarcándolo así como un proceso crítico general.

Por esta razón para definir qué estación del proceso de extracción presenta la mayor criticidad en la empresa, se decidió realizar un análisis de criticidad basado en el método de coeficientes ponderados, el cual determina por medio de diferentes criterios el grado de importancia que tiene cada equipo y dado el caso, cada estación. De acuerdo a esto se seleccionaron las etapas más importantes y se trabajó en base a ellas, realizando el proceso de Planeación del Mantenimiento. Más adelante se utilizará el método de factores ponderados basados en el concepto de riesgo para determinar los equipos más críticos del proceso.

## Método de Coeficientes Ponderados<sup>18</sup>

### Criterio Intrínseco de Material

#### 1. Complejidad Tecnológica

- a. Simple 0
- b. Complejo 1
- c. Muy Complejo 2

### Criterio de Explotación

#### 2. Importancia del proceso

- a. Secundaria 0
- b. Principal 1
- c. Vital 2

#### 3. Equipo en el proceso

- a. Secundaria 0
- b. Principal 1
- c. Vital 2

#### 4. Funcionamiento (Tasa de marcha)

- a. Esporádica 0
- b. Intermitente 1
- c. Continúa 2

### Criterio de Mantenimiento

#### 1. Costos directo de Mantenimiento

- a. Bajos 0
- b. Medios 1
- c. Elevados 2

### Criterio Económico

#### 2. Valor de reemplazamiento por uno idéntico

- a. Poco costoso 0
- b. Costoso 1
- c. Muy costoso 2

---

<sup>18</sup>MONCHY, Francois. Teoría del Mantenimiento Industrial. Barcelona: Masson, S.A.1990. P. 231 – 233.

### 3. Costos indirectos (Pérdida de producción)

- a. Bajo 0
- b. Medios 1
- c. Elevados 2

#### Rangos de Criticidad

$j \geq 17$  Equipos críticos.

$12 \leq j \leq 16$  Equipos con criticidad media.

$0 \leq j \leq 11$  Equipos de poca criticidad.

**Análisis de criticidad = (Puntos estimados + puntos máximos) x coeficiente**

Tabla 2. Análisis de criticidad por el método de los coeficientes ponderados para las etapas

ETAPA: RECEPCIÓN				
	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
<b>CRITERIO</b>				
Complejidad Tecnológica	0	1	0	2
Importancia del equipo en el proceso	1	1	1	2
Funcionamiento (tasa de marcha)	1	1	1	2
Costos directos de mantenimiento	0	1	0	2
Valor de reemplazamiento por uno	1	1	1	2
Costos indirectos	0	1	0	2
<b>TOTALES</b>	<b>3</b>	<b>I =</b>	<b>3</b>	<b>12</b>

Análisis de criticidad = Etapa no critica



ETAPA DE ESTERILIZACIÓN				
CRITERIO	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
Complejidad Tecnológica	2	3	6	4
Importancia del equipo en el proceso	2	3	6	4
Funcionamiento (tasa de marcha)	2	3	6	4
Costos directos de mantenimiento	1	3	3	4
Valor de reemplazamiento por uno	2	3	6	4
Costos indirectos	1	3	3	4
<b>TOTALES</b>	<b>10</b>	<b>I =</b>	<b>30</b>	<b>24</b>

Análisis de criticidad = **Etapa Crítica**

ETAPA: DESFRUTAMIENTO				
CRITERIO	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
Complejidad Tecnológica	2	2	4	6
Importancia del equipo en el proceso	2	2	4	6
Funcionamiento (tasa de marcha)	2	2	4	6
Costos directos de mantenimiento	1	2	2	6
Valor de reemplazamiento por uno	1	2	2	6
Costos indirectos	1	2	2	6
<b>TOTALES</b>	<b>9</b>	<b>I =</b>	<b>20</b>	<b>36</b>

Análisis de Criticidad = **Etapa Crítica**

ETAPA DE EXTRACCIÓN				
CRITERIO	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
Complejidad Tecnológica	2	3	6	6
Importancia del equipo en el proceso	2	3	6	6
Funcionamiento (tasa de marcha)	2	3	6	6
Costos directos de mantenimiento	2	3	6	6
Valor de reemplazamiento por uno	2	3	6	6
Costos indirectos	2	3	6	6
<b>TOTALES</b>		<b>I =</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

Análisis de Criticidad = **Etapa Critica**

ETAPA DE CLARIFICACIÓN				
	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
Complejidad Tecnológica	2	2	4	4
Importancia del equipo en el proceso	2	2	4	4
Funcionamiento (tasa de marcha)	1	2	2	4
Costos directos de mantenimiento	0	2	0	4
Valor de reemplazamiento por uno	1	2	2	4
Costos indirectos	0	2	0	4
<b>TOTALES</b>	<b>6</b>	<b>I =</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

Análisis de Criticidad = **Etapa Medio Critica**

ETAPA: CENTRIFUGACIÓN				
CRITERIO	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MÁXIMOS
Complejidad Tecnológica	2	1	2	2
Importancia del equipo en el proceso	1	1	1	2
Funcionamiento (tasa de marcha)	1	1	1	2
Costos directos de mantenimiento	1	1	1	2
Valor de reemplazamiento por uno	2	1	2	2
Costos indirectos	0	1	0	2
<b>TOTALES</b>	<b>6</b>	<b>I =</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

Análisis de Criticidad = **Etapa No Crítica**

El área susceptible de aplicar la metodología del RCM, de acuerdo a los resultados del análisis de criticidad desarrollado en las diferentes secciones del proceso, utilizando el método de coeficientes ponderados fue la etapa de extracción (Ver tabla).

**Tabla 3: Resultados del Análisis de Criticidad**

ETAPAS	ÍNDICE
RECEPCIÓN	3
ESTERILIZACIÓN	30
DESEFRUTAMIENTO	20
<b>EXTRACCIÓN (Prensado)</b>	<b>36</b>
CLARIFICACIÓN	12
CENTRIFUGACIÓN	7
ALMACENAMIENTO	3

### Interpretación de resultados

#### Etapas No Críticas

Recepción: 3

Almacenamiento: 3

Los equipos de estas áreas no son críticos, debido a que los criterios no produjeron resultados significativos, además por observaciones e información suministrada por el

departamento de compras se pudo deducir que los repuestos son de fácil consecución pues se encuentran en el mercado dentro de los parámetros normales de precios, a su vez el costo de mantenimiento es relativamente bajo, por tales razones no son vitales para el proceso.

### **Etapas Medio Críticas**

Clarificación: 12

Centrifugación: 7

Con los datos obtenidos de las tablas anteriores se pudo establecer que los equipos de estas áreas son críticos en el 50% aproximadamente, por esto se aconseja mantenerlas supervisadas y con una ejecución constante de actividades de mantenimiento incluyendo a su vez buen uso de los equipos, ya que si no se tiene en cuenta esta recomendación pueden convertirse en etapas vitales para el proceso tendiendo a afectarlo.

### **Etapas Críticas del Proceso**

Desfrutado= 18

Esterilización=30

Extracción = 36

Realizando la metodología del análisis se obtuvieron los resultados anteriores, los cuales dejan ver claramente que a pesar de que las tres etapas son críticas, el área de extracción cuenta con el valor más alto.

Analizando la sección de desfrutado los criterios tales como complejidad tecnológica son los que determinan el procesamiento de la materia prima, pero teniendo en cuenta los demás criterios y opiniones de los operarios y el jefe del departamento se obtuvo que este equipo tiene un buen funcionamiento, claro sin descartar las actividades y cambios de repuestos regularmente según las condiciones. De la tabla se deduce además que aunque la esterilización es una etapa crítica debido a la complejidad tecnológica de sus componentes e importancia en el proceso, ya que es

uno de los primeros, por su buen funcionamiento y mantenimiento preventivo no incurre en demasiados costos de mantenimiento, lo que la descarta como la principal área crítica. Quedando finalmente como objeto de estudio el área de extracción. Los resultados arrojaron que es la más crítica dentro de la planta, dado a que es una fase con equipos de vital importancia para el proceso global de la planta y que de ellos depende la calidad de dos de los productos que la empresa ofrece.

Para ello se consultó a los operarios y jefe acerca del funcionamiento de los equipos que conforman esta etapa y se concluyó que presenta muchas dificultades lo que en varias oportunidades ha ocasionado paradas en la producción.

## **6.1 REGISTRO DE LAS INSTALACIONES**

A continuación se presenta el listado de equipos que componen la etapa de extracción aceite crudo de palma que se encuentran en la Extractora Bella Esperanza Ltda. Que según los resultados arrojados anteriormente se definió como el área mas crítica del proceso. Posteriormente para cada uno de estos equipos se presentará un programa de mantenimiento con fin de lograr el funcionamiento óptimo de estos.

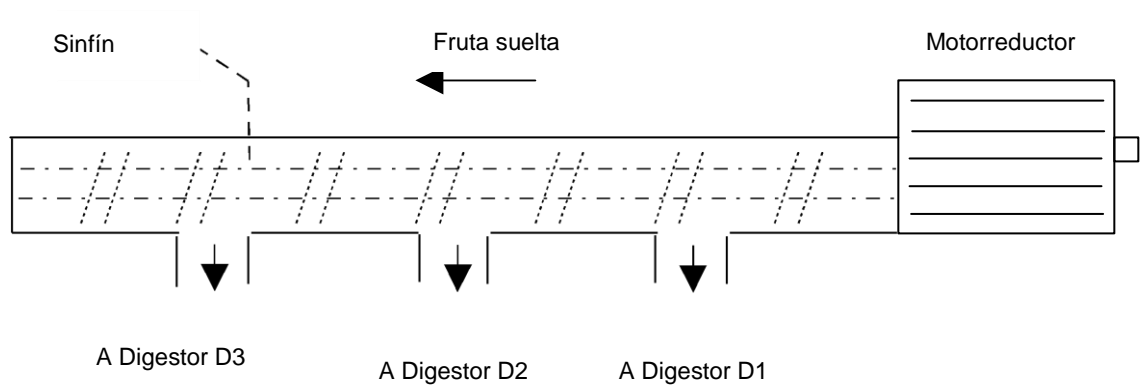
### **A. Sinfín alimentador de digestores**

#### **Operación**

Consiste en un tornillo sinfín alimentador accionado por un motorreductor de bajas revoluciones; ubicado a lo largo de la zona de digestores y con una longitud de 4 metros aproximadamente.

Este recibe el fruto suelto directamente del elevador de cangilones de la etapa de desfrutado a una tasa de 22 tm/hora y lo hace llegar a cada uno de los digestores mediante unos orificios alimentadores.

**Figura 4. Esquema del sinfín alimentador de digestores**

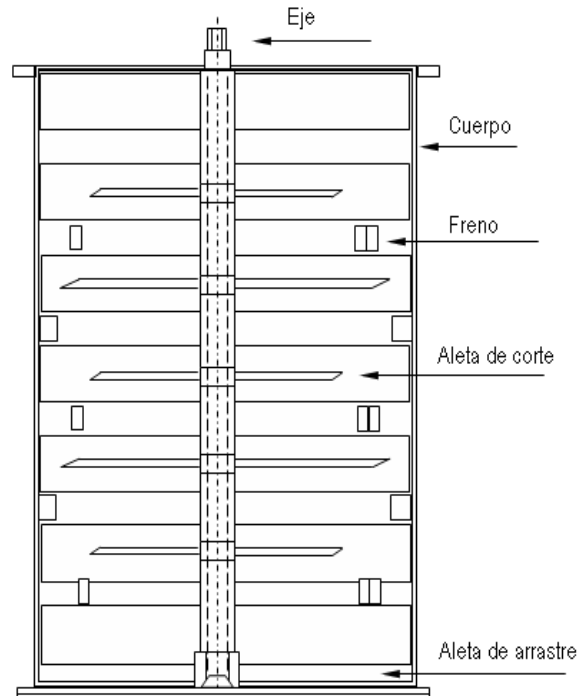


**Imagen 1 Fotografía de Digestores**

## B. Digestor

Figura 5. Esquema del digestor

Diagrama No 3. Digestor de 3500 litros tipo consultécnica.



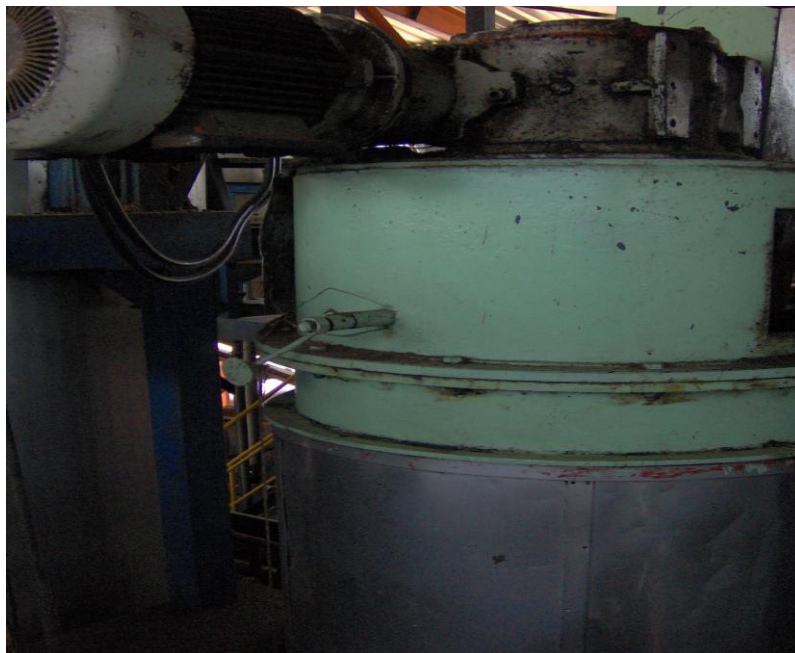
### Operación

Es un tanque cilíndrico vertical provisto de brazos o paletas cortadoras y barredoras que giran montadas sobre un eje accionado por un motor y un reductor; al cual se le inyecta directamente vapor saturado y aprovechando la presión ejercida por las capas superiores sobre las inferiores, se consigue alterar la estructura del mesocarpio o pulpa de fruto, con la siguiente liberación espontánea de aceite (aceite virgen) y mediana separación de la nuez.

**Imagen 2. Fotografía del Interior digestor D1**



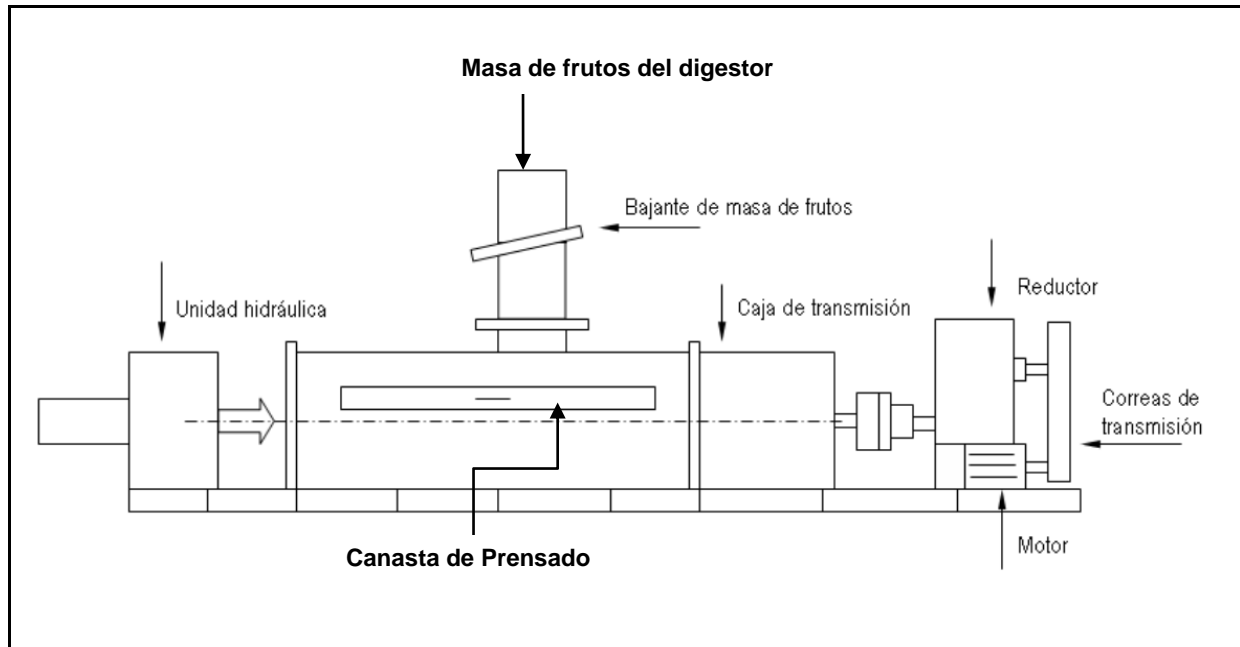
**Imagen 3 Fotografía del digestor D2**





## C. Prensas

Figura 6 Esquema de la prensa



### Operación

Se compone de un cuerpo tubular, perforado con agujeros de tamaños diferentes dentro de la cual gira un tornillo helicoidal de fundición.

La masa de fruta es prensada por la acción del tornillo y una unidad hidráulica los cuales se desplazan en direcciones contrarias.

El aceite crudo exprimido pasa a través de una cámara perforada (canastilla) y cae por un ducto, hacia un desarenador estático. En este punto el proceso se divide en dos partes, una la constituye el líquido conjunto extraído por la prensa, que consta de aceite, agua, lodos livianos y lodos pesados; y la otra que se encuentra constituida por fibra y nueces del fruto al cual se le extrajo el aceite, esta se conoce como torta, que abandona la prensa hacia la etapa de palmistería.

## Zona de Estudio En RCM para la Etapa de Extracción

Imagen 4 Fotografía de las prensa P1



Imagen 5 Fotografía de la prensa P2



**Imagen 6 Fotografía de la Prensa P2**



**Imagen 7 Fotografía Prensa P1**

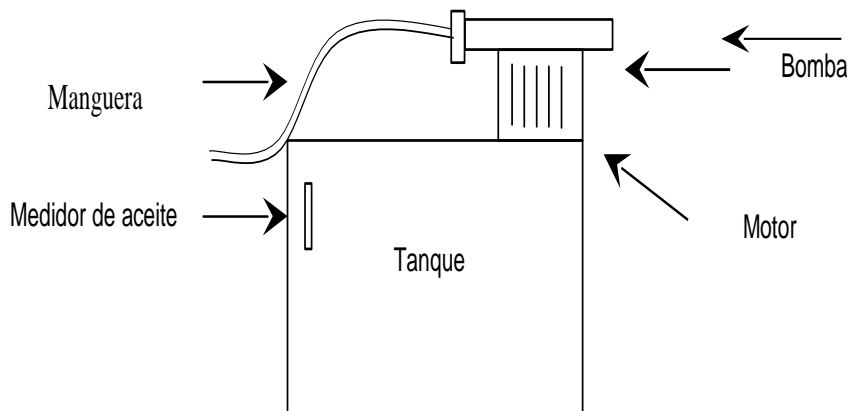


## Bomba Hidráulica de la Prensas

### Operación:

Se compone de un motor, una bomba y un tanque en donde se almacena el aceite hidráulico. Este es bombeado con una presión de 3000 psi al cilindro de cada prensa por medio de una manguera que está conectada al cono, la presión que este lleva produce el accionamiento del sistema. Este accionamiento puede ocurrir de dos maneras: manual y automática, en la primera el operario por medio de una palanca abre una válvula que se encuentra en el interior de la prensa permitiendo el paso de fluido con presión generando el movimiento del cono y la segunda se activa cuando es encendido el equipo. Posteriormente ese aceite es devuelto al tanque pasando a través de un filtro en el que quedan depositadas las impurezas que este haya adquirido durante el ciclo. Tanto el filtro como los retenedores y el aceite hidráulico deben ser cambiados de acuerdo al uso y las temperaturas de trabajo.

Figura 7 Bomba Hidráulica de las prensas



**Imagen 8 Fotografía de la bomba hidráulica de la Prensa P2**

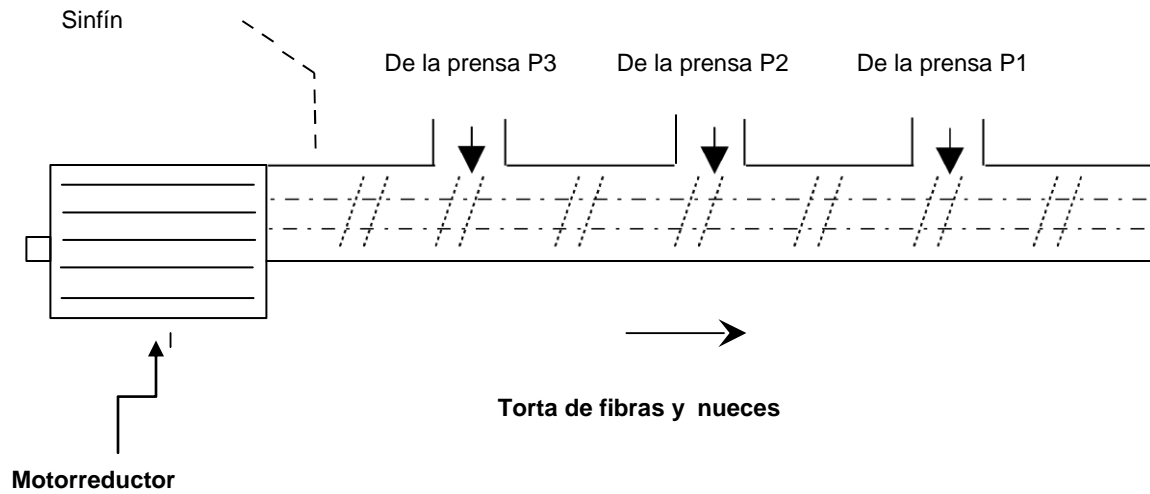


#### **D. Sinfín transportador de Torta**

##### **Operación**

Consiste en un tornillo sinfín transportador accionado por un motorreductor de bajas revoluciones; ubicado a lo largo de la zona de prensado en la parte inferior, con una longitud de 3,5 metros aproximadamente. Dicha revolución está graduada a 80 rpm. Este recibe la torta de fibra y nueces directamente de las prensas a una tasa de 0.46TM/hora conduciéndola a la zona de palmistería.

**Figura 8 Esquema del Sinfín Transportador de Torta**



**Imagen 9 Fotografía del Sinfín Transportador de Torta**



**Imagen 9 Fotografía del Tableros de Control de Prensas y Digestores**



**Imagen 10 Fotografía del Tableros de Control de Prensas (p1, p2, p3) y Digestores (d1, d2, d3)**



**Imagen 11 Fotografía del Tableros de Control de Prensas (p1, p2, p3) y Digestores (d1, d2, d3)**



**Imagen 11 Fotografía del Tableros de Control Digestores y Prensas (Parte Interna)**

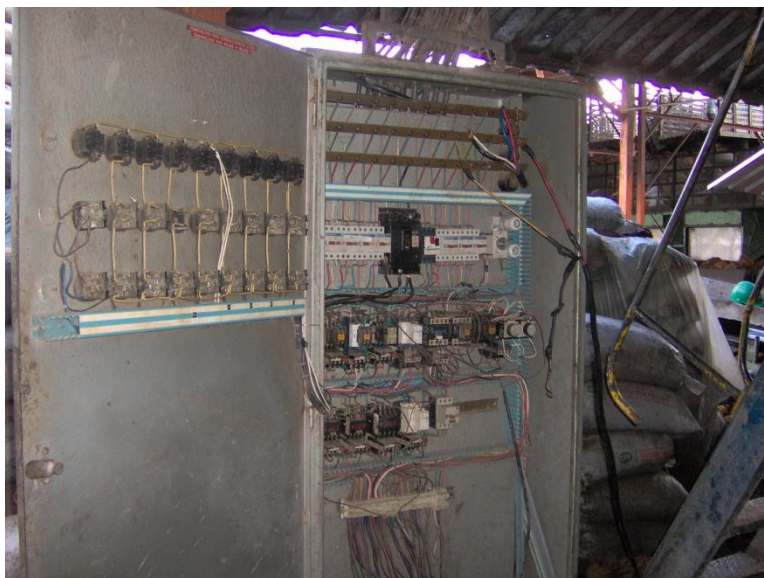
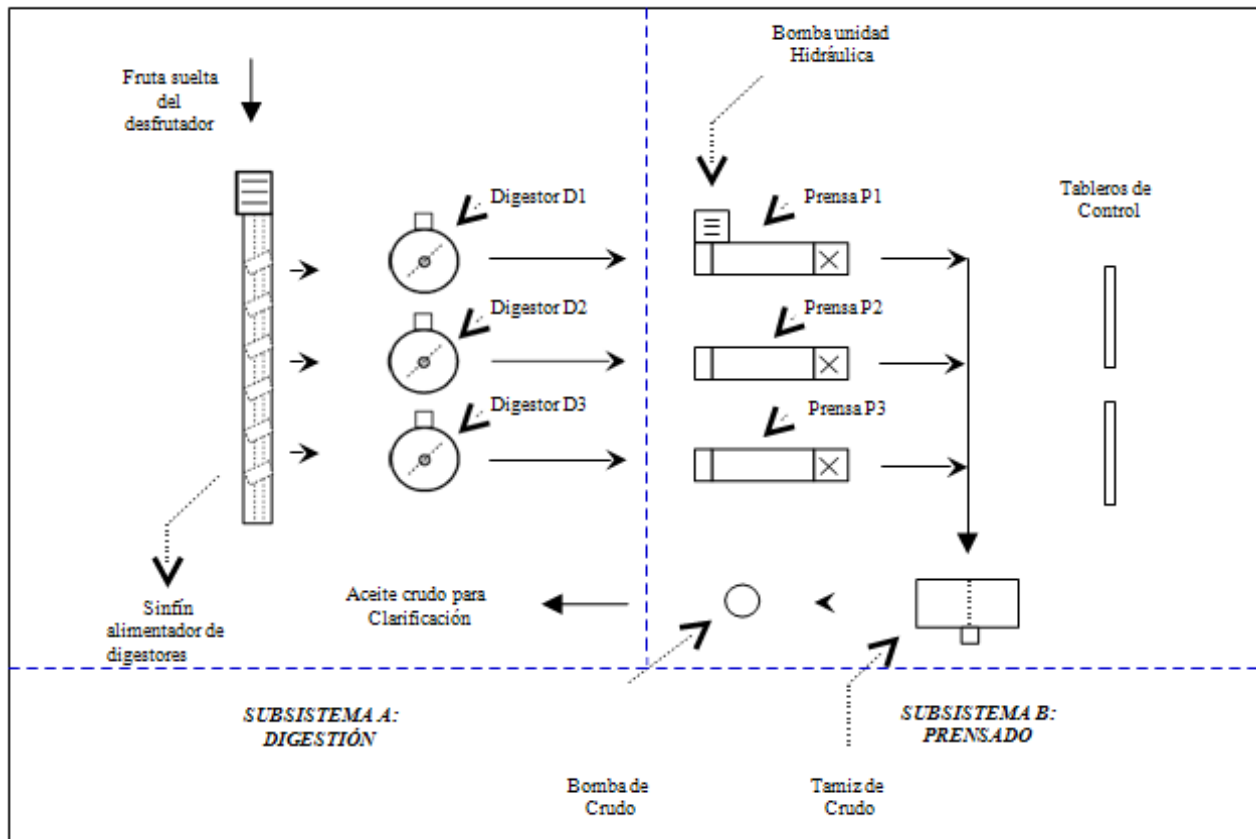




Figura 10. Diagrama Funcional de la Etapa de Extracción de Aceite crudo de Palma (Extractora Bella Esperanza Ltda.)



## 6.2 Zona de Extracción (Etapa de Digestión)

### 6.2.1 Descripción Sistemática

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Etapa de extracción

**SUBSISTEMA:** A: Digestión

**PAGINA:** 1 de 1

**FUNCIÓN PRINCIPAL:** Recalentar el fruto para romper las celdas que contienen aceite separando la pulpa de la nuez.

**FUNCIONES SECUNDARIAS:**

1. Agitar y macerar el fruto hasta que las paredes del mismo tiendan a romperse.
2. Preparar el fruto para el proceso de prensado.
3. Garantizar que el fruto salga con condiciones de temperatura de 90 a 95° C.
4. Disminuir la viscosidad del líquido aceitoso para facilitar la evacuación.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

La estación de digestión tiene una capacidad máxima de procesamiento de 2800 lts/hora, el subsistema cuenta con tres (3) unidades de digestión y un (1) sinfín transportador con las siguientes características:

**A.** Un (1) Sinfín alimentador Marca Sudeim, con motorreductor de 2.4 HP (capacidad de 25 TM/hora).

**B.** Un (1) Digestor D1 Marca Sudeim, con motor de 18 HP y reductor de 34 rpm velocidad de salida (capacidad total 850 lts)

**C.** Un (1) Digestor D2 Marca Sudeim, con motorreductor de 20 HP (capacidad total 1100 lts)

**D.** Un (1) Digestor D3 Marca Sudeim, con motorreductor de 18 HP (capacidad total 850 lts)

**CONDICIONES OPERATIVAS:**

La estación de digestión trabaja en forma semiautomática de acuerdo a la entrada de fruto proveniente del sinfín alimentador, para ello se encuentran instalados unos medidores manuales que indican el momento en que la fruta llega al nivel establecido. El operario utiliza ésta información para establecer el momento en que debe ser abierta la compuerta que comunica el digestor con la prensa, permitiendo así la continuidad del proceso.

Los tres (3) digestores trabajan independientemente controlados por un tablero eléctrico que desactiva automáticamente el equipo cuando alguno de sus componentes eléctricos llega a los límites de amperaje establecido.

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

La estación de digestión en su operación emite gases que no son nocivos desde ningún punto de vista, ya que se trata de vapor de agua. Los residuos sólidos no son tratados en esta sección debido a que

estos mismos son evacuados en la siguiente área.

**CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL:**

En este subsistema las condiciones de seguridad son deficientes ya que se presenta ruidos excesivos sin ningún tipo de control, sumado a las altas temperaturas de operación, además de los altos riesgos de accidentes ya que el producto final es aceite.

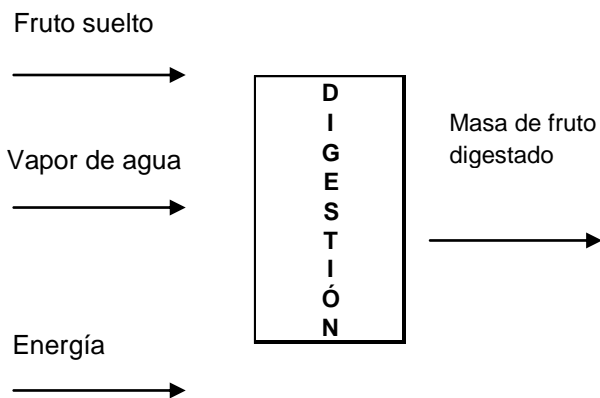
**FRONTERAS:**

ENTRADAS: Fruto suelto + Vapor de agua

Energía suministrado por el comercializador

Salidas: Masa de frutos digeridos a una tasa máxima de 8000 lts./hora

**DIAGRAMA ESQUEMÁTICO: ÁREA DE DIGESTIÓN**



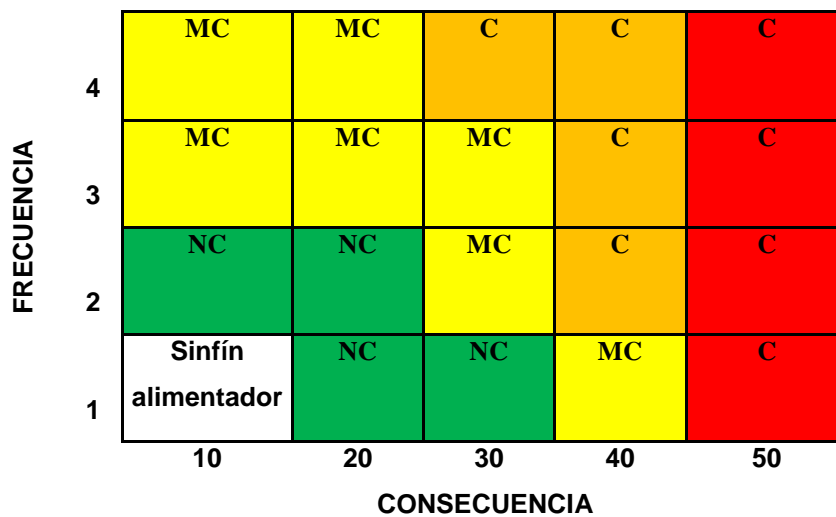
**6.2.2 Análisis de criticidad para los componentes del subsistema A: Digestión**

**Método de los factores ponderados basado en el concepto del riesgo**

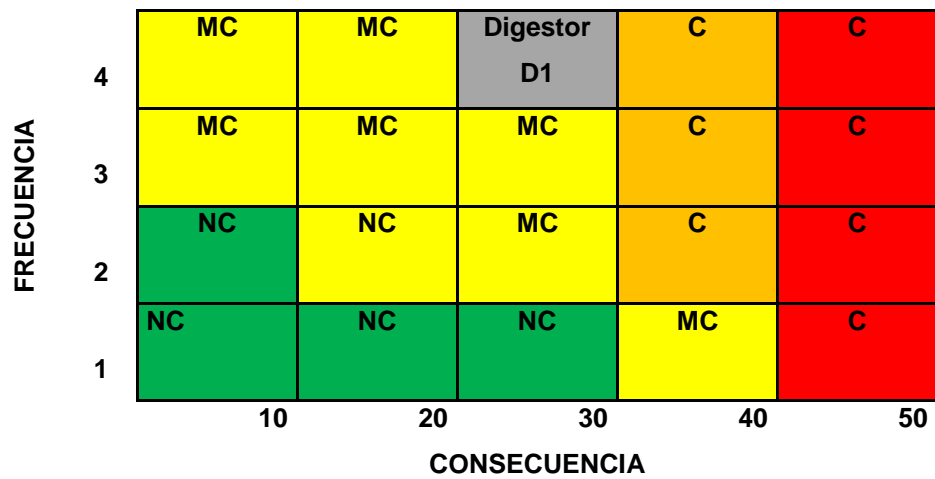
La metodología para la aplicación de este método está expuesta en el inciso 4.1.3 del presente trabajo.

**Tabla 4. Análisis de criticidad por el método de los factores ponderados basado en el concepto de riesgo para los componentes del subsistema A: Digestión.**

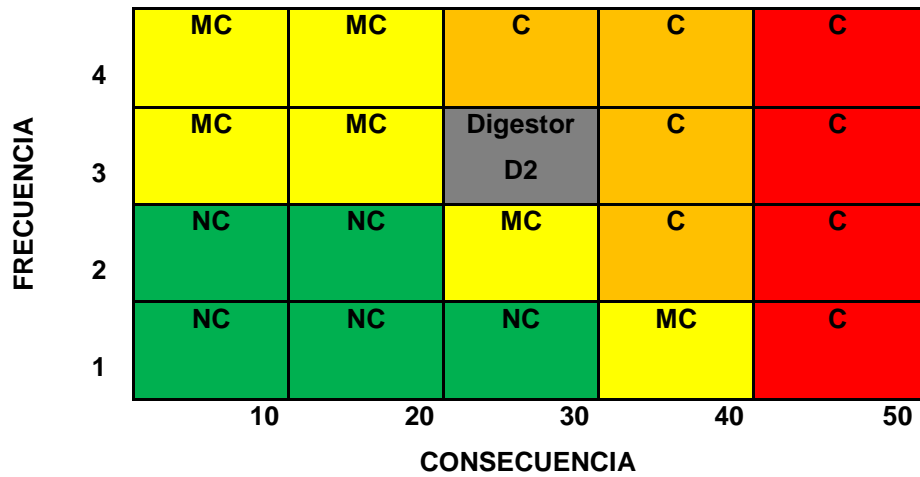
<b>COMPONENTE: Sinfín alimentador de digestores</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costos de mantenimiento	1
Impacto (SAH)	1
Consecuencias	9
<b>Criticidad total</b>	<b>9</b>



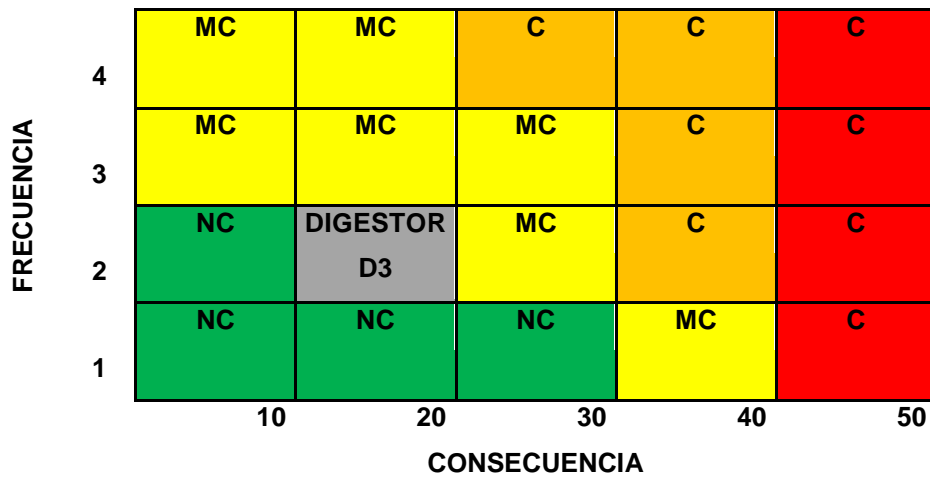
<b>COMPONENTE: Digestor D1</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de mantenimiento	2
Impacto (SAH)	5
Consecuencias	21
<b>Criticidad total</b>	<b>84</b>



COMPONENTE: Digestor D2	
Factores ponderados	Valores
Frecuencia de fallas	3
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de mantenimiento	2
Impacto (SAH)	5
Consecuencias	21
<b>Criticidad total</b>	<b>63</b>



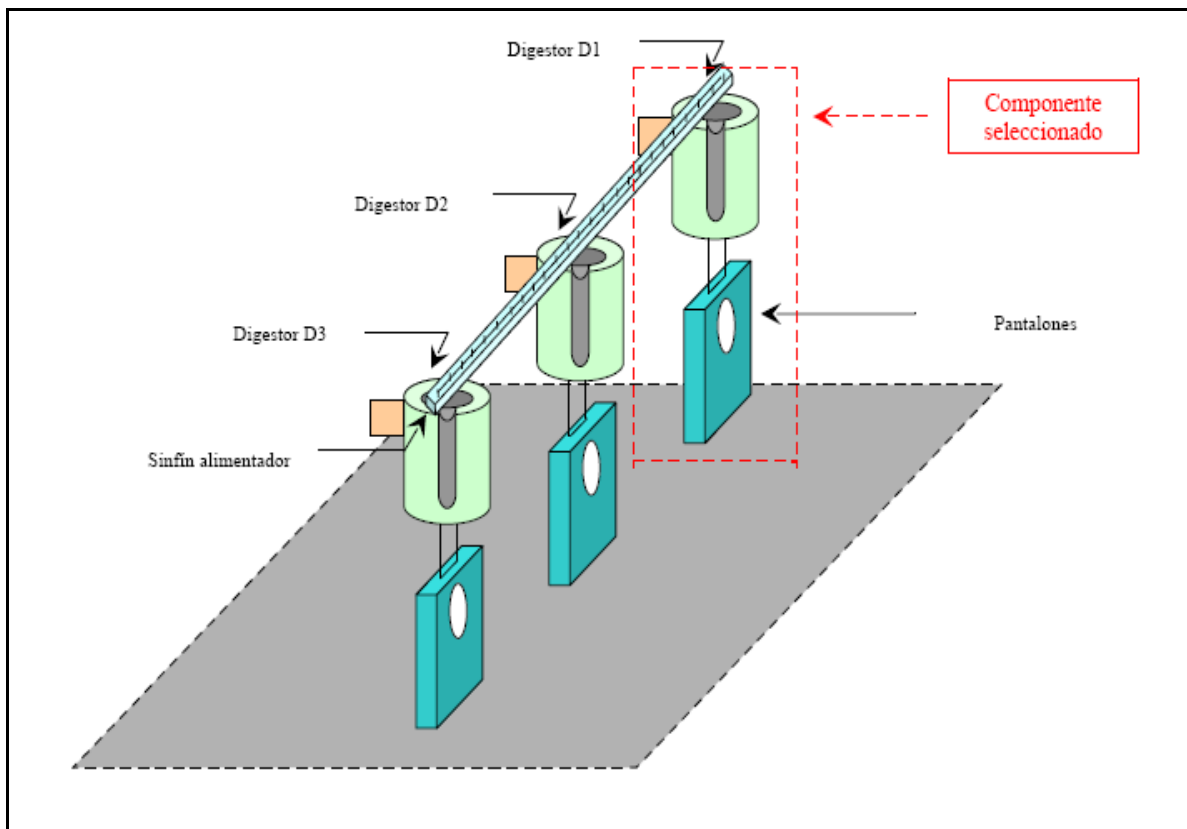
<b>COMPONENTE: Digestor D3</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de mantenimiento	1
Impacto (SAH)	5
Consecuencias	20
<b>Criticidad total</b>	<b>40</b>



### Localización del Componente Crítico:

De acuerdo al análisis de criticidad se pudo determinar que los resultados obtenidos se estableció que en el Digestor D1, presenta la más alta criticidad, es por esta razón se diseñará un plan de mantenimiento de acuerdo a la concepción de aplicación del RCM, enunciada anteriormente.

Figura 12. Diagrama Funcional del Subsistema de Digestión de Aceite Crudo de Palma





### 6.2.3 Función – Falla Funcional

<b>FECHA:</b> Enero 24 de 2009	
<b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.	
<b>ÁREA:</b> Proceso de extracción de aceite crudo de palma	
<b>SISTEMA:</b> Etapa de extracción <b>SUBSISTEMA:</b> Digestión <b>COMPONENTE:</b> Digestor D1	
<b>FUNCIÓN:</b> 1. Recalentar el fruto y romper las celdas que contienen aceite separando la pulpa de la nuez con una velocidad de giro de las aletas de corte de 34 rpm. Por un periodo mínimo de 20 minutos.	<b>FALLA FUNCIONAL</b> 1. Ausencia total de movimiento de las aletas de corte. 2. El sistema gira a unas velocidades inferiores a las requeridas. 3. Presencia de impurezas en la masa de frutos. 4. Fuga de la masa de frutos sin cumplir el tiempo de digestión.

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Etapa de extracción

**SUBSISTEMA:** Digestión **COMPONENTE:** Digestor D1

**PAGINA:** 1 de 2

<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS DE LA FALLA</b>
1. Ausencia total de movimiento de las aletas de corte.	1. Que el motor falle. 2. Que el reductor falle. 3. Que las correas de transmisión se revienten. 4. Que el eje del digestor se desalinee. 5. Que las aletas de corte se doblen.	1. Parada de la producción y gran parte del proceso debido a que este digestor representa el 44% del total. 2. Daños en el cuerpo del digestor por posible aumento de velocidad del eje. 3. Falta absoluta de transmisión. 4. Hace que las aletas choquen con el cuerpo del digestor ocasionando un grave daño a este. 5. Incapacidad de cumplir el perfecto rompimiento de las celdas del fruto que contienen aceite.
2. El sistema gira a unas velocidades inferiores a las requeridas.	1. Que las poleas se desalineen. 2. Que la tensión de entrada del motor no se encuentre dentro de los límites. 3. Que los rodamientos del motor 4. Que las aletas choquen con el cuerpo del digestor.	1. Hace que se recaliente el motor y reductor. 2. Hace que se recaliente el motor produciendo paradas en el proceso. 3. Hace que exista un desgaste en los rodamientos. 4. Daños graves en el digestor parando en gran parte la producción.

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Etapa de extracción

**SUBSISTEMA:** Digestión

**COMPONENTE:** Digestor D1

**PAGINA:** 2 de 2

<p>3. Presencia de impurezas en la masa de frutos.</p>	<p>5. Que la distancia entre centros de las poleas no sea la adecuada. 6. Que las correas se deslicen.</p> <p>1. Que el cuerpo del digestor presente orificios.</p> <p>2. Presencia de partículas extrañas en el ambiente o proveniente del sinfín transportador.</p> <p>3. Que se desprendan partículas ferrosas del motor o el reductor.</p>	<p>5. Produce la parada del motor y por ende del proceso. 6. Produce desgaste en las poleas generando recalentamiento del motor.</p> <p>1. Presencia de partículas extrañas que pueden trabar el eje, generando paradas.</p> <p>2. Presencia de partículas extrañas en el producto final, lo que incide en la calidad del mismo.</p> <p>3. Presencia de partículas extrañas que pueden trabar el eje, generando paradas.</p>
<p>4. Fuga de la masa de frutos sin cumplir el tiempo de digestión.</p>	<p>1. Que la puerta del pantalón no cierre herméticamente.</p> <p>2. Que la entrada de fruto sea mayor a la capacidad máxima del digestor: 850 lts.</p>	<p>1. Pérdidas considerables de materia prima o fruto, 2. Rebose del digestor produciendo pérdidas de materia prima.</p>

## 6.2.5 Análisis de Riesgo

<b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.				
<b>SUBSISTEMA:</b> Digestión				
<b>CÁLCULO DE FACTORES</b>				
<b>SEGURIDAD FÍSICA</b>	<b>MEDIO AMBIENTE</b>	<b>IMAGEN</b>	<b>COSTOS DE REPARACIÓN</b>	<b>EFFECTOS EN LOS CLIENTES</b>
<b>Ksf=0.3</b>	<b>Kma=0.05</b>	<b>Kic=0.05</b>	<b>Kcr=0.4</b>	<b>Kec=0.2</b>

CÁLCULO DE RIESGO											
# F	#FF	#MF	MODO DE FALLA	O	SF	MA	IC	CR	EC	C	R=OxC
1	1	1	Motor del digestor dañado	4	3	1	1	3	1	2.4	9.6
1	1	2	Reductor del digestor dañado	1	3	1	1	3	1	2.4	2.4
1	1	3	Correas de transmisión reventadas	4	4	1	1	2	1	2.3	6.3
1	1	4	Eje del digestor desalineado	2	2	1	1	3	2	2.3	4.6
1	1	5	Aletas de corte dobladas	1	2	1	1	3	2	2.3	2.3
1	2	1	Poleas desalineadas	4	3	1	1	3	1	2.4	9.6
1	2	2	Tensión de entrada del motor fuera de los límites	4	4	1	1	3	1	2.7	10.8
1	2	3	Rodamientos mal montados en el motor	4	4	1	1	4	1	3.1	12.4
1	2	4	Aletas chocando con el cuerpo del digestor	1	3	1	2	4	2	3.05	3.05
1	2	5	Distancia entre centros de las poleas inadecuada	3	2	1	1	3	1	2.1	6.3
1	2	6	Las correas se deslizan	4	4	1	1	2	1	2.3	6.3
1	3	1	Fisuras en el cuerpo del digestor	1	3	1	1	4	2	3	3
1	3	2	Presencia de partículas extrañas en el ambiente o proveniente del sinfín transportador.	1	2	1	2	3	2	2.35	2.35
1	3	3	Desprendimiento de partículas ferrosas del motor	1	2	1	2	3	2	2.35	2.35
1	4	1	Puerta del pantalón desajustada	4	3	1	2	2	2	2.25	9
1	4	2	Entrada de fruto mayor a la capacidad máxima del digestor	1	2	1	1	1	2	1.5	1.5

Donde: K es el coeficiente de ponderación

O es la frecuencia de ocurrencia de fallas

F es la función

FF es la falla funcional

MF es el modo de falla

C es la consecuencia de la falla

## 6.2.6 Selección de Tareas

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Área de prensado **SUBSISTEMA:** Digestión **PÁGINA:** 1 de 1

Tipo de mantenimiento			TAREAS PROPUESTAS	F. inicial	Ejecutor
C	Pv	Pd			
		X	Efectuar análisis de vibraciones, termografía y megueo al motor	Semestral	Contratista
	X		Verificación del funcionamiento del reductor	Diario	Operario
		X	Verificar la tensión de las correas	Mensual	Mecánico
	X		Verificar alineación del eje del digestor	Quincenal	Mecánico
X			Estar en espera de la ocurrencia de la falla		
	X		Verificar estado del chavetero de la poleas	Bimensual	Mecánico
		X	Revisar el amperaje del motor	Diario	Electricista
	X		Verificación del estado de las aletas del digestor	Semanal	Operario
	X		Verificación del funcionamiento y alineación de los centros de las poleas	Bimensual	Mecánico
X			Verificar el desgaste de las correas	Bimensual	Mecánico
X			Estar en espera de la ocurrencia de la falla		
	X		Controlar las entradas del digestor	Diario	Operario
	X		Limpieza de las partes del digestor	Diario	Operario
	X		Verificar estado de empaques y ajustar la puerta del pantalón	Mensual	Mecánico
	X		Verificar los niveles de entrada al digestor.	Permanente	Operario

## 6.2.7 Plan de Mantenimiento Anual propuesto por el Modelo RCM para los Digestores

Tabla 5. Tareas de RCM Propuestas para los Digestores

Nº	FRECUENCIA	MANTENIMIENTO	RECURSO	H-H	H-H TOTAL
	<b>FRECUENCIA DIARIA</b>				
1	Verificación del funcionamiento del reductor	PREVENTIVO	1	0.25	90
2	Revisión del amperaje del motor	PREDICTIVO	1	0.25	90
3	Inspección de las entradas del digestor	PREVENTIVO	1	0.25	90
4	Limpieza del exterior del digestor	PREVENTIVO	1	0.25	90
	<b>FRECUENCIA SEMANAL</b>				
5	Verificación del estado de las aletas del digestor	PREVENTIVO	1	0.25	12
	<b>FRECUENCIA QUINCENAL</b>				
6	Verificación de la alineación del eje del digestor	PREVENTIVO	1	0.33	8
	<b>FRECUENCIA MENSUAL</b>				
	Verificación de la tensión de las correas (comprobador de correas dentadas)	PREDICTIVO	1	1	12
7					
8	Reemplazo de empaques y ajuste de piezas del pantalón	PREVENTIVO	1	0.5	6
	<b>FRECUENCIA BIMENSUAL</b>				
9	Revisión de los chaveteros de las poleas	PREVENTIVO	1	0.5	3
10	Inspección del funcionamiento y alineación de las poleas	PREVENTIVO	1	1	6
11	Cambio de retenedores y rodamientos	PREVENTIVO	1	2	12
12	Cambio de correas	PREVENTIVO	1	0.5	3
13	Verificación de desgaste de las correas	PREDICTIVO	1	0.5	3
	<b>FRECUENCIA SEMESTRAL</b>				
14	Análisis de vibraciones, termografía y mequeo del motor	PREDICTIVO	Contratista		
15	Rebobinado de motores	PREVENTIVO	Contratista		
	<b>TAREAS COMPLEMENTARIAS</b>				
16	Revisión final de la operación	PREVENTIVO	1	0.5	
	<b>FRECUENCIA MONITOREO EN LÍNEA</b>				
17	Verificar entrada de vapor	PREVENTIVO	1	-	-

## 6.2.8 Costos Anuales para las Actividades de Mantenimiento de los Digestores

Tabla 6. Costos anuales propuestos para los digestores

ACT.	TIPO DE MTTO.	RECURSOS	HORAS	H-H GENERADAS	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	COSTOS DE INSUMOS Y REPUESTOS	COSTO TOTAL
1	PREVENTIVO	1 OPERARIO	90	90	299.700	0	299.700
2	PREDICTIVO	1 OPERARIO	90	90	299.700	0	299.700
3	PREVENTIVO	1 OPERARIO	90	90	299.700	0	299.700
4	PREVENTIVO	1 OPERARIO	90	90	299.700	0	299.700
5	PREVENTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	0	39.960
6	PREVENTIVO	1 OPERARIO	8	8	26.640	0	26.640
7	PREDICTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	640.000	679.960
8	PREVENTIVO	1 OPERARIO	6	6	19.980	52.000	71.980
9	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	0	9.990
10	PREVENTIVO	1 OPERARIO	6	6	19.980	0	19.980
11	PREVENTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	13.039.392	13.079.352
12	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	756.000	765.990
13	PREDICTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	0	9.990
14	PREDICTIVO	CONTRATISTA			1.500.000	0	1.500.000
15	PREVENTIVO	CONTRATISTA			840.000	0	840.000
16	PREVENTIVO	1 OPERARIO			0	0	0
17	PREVENTIVO	1 OPERARIO			0	0	0
18		Contrataciones			4.000.000	0	4.000.000
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>					<b>7.755.250</b>	<b>14.487.392</b>	<b>22.242.642</b>

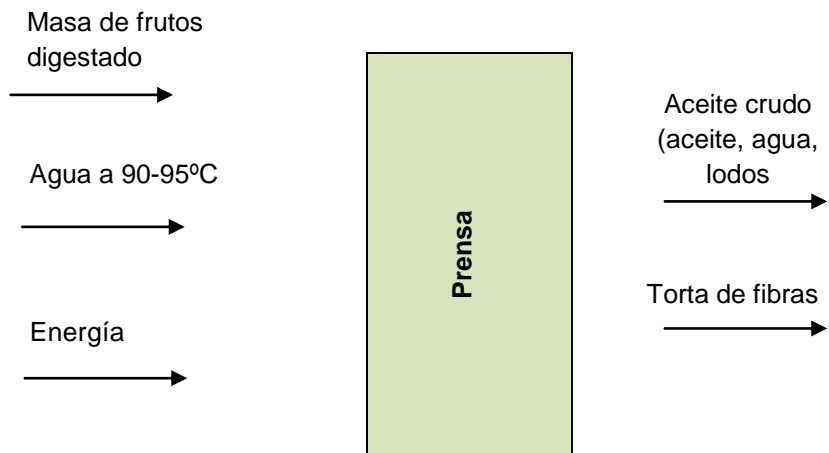
**Nota:** el costo de hora-hombre fue calculada teniendo como base el salario promedio de un operario (\$639.000). Para una Jornada de trabajo de 8 horas y 30 días al mes. **Costo mano de obra: \$3.330/H.H.** Las actividades 19 y 20 no llevan imputadas horas-hombre ya que son tareas que el operario puede ejecutar de manera complementaria mientras realiza su actividad diaria.



**FRONTERAS:**

**ENTRADAS:** Masa de fruto digestados  
Agua caliente a una temperatura de 90 a 95 °C aproximadamente.  
Energía suministrada por el comercializador.

**SALIDAS:** Aceite crudo  
Torta de palmiste



**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Área de prensado

**SUBSISTEMA:** Prensa

**PÁGINA:** 2 de 2

### **CONDICIONES OPERATIVAS**

La estación de prensado trabaja en forma mecánica con unidades hidráulicas manuales 100%, y funcionan manualmente operadas y reguladas por el operario teniendo en cuenta el límite de amperaje que capaz de soportar el motor, cuando este excede tal limite, las prensas se disparan automáticamente apagando el equipo, todo se encuentra controlado por un tablero eléctrico. Además por medio de las observaciones realizadas a la torta saliente de las prensas los operarios calculan aproximadamente por experiencia si la torta sale con bajo porcentaje de aceite. Las tres (3) prensas trabajan independientemente entre sí.

### **CONDICIONES AMBIENTALES**

La estación de prensado en su operación emite gases que no son nocivos ya que se trata de vapor de agua. Los residuos sólidos, en esta caso la torta de palmiste, es transportada a Palmistería para su posterior comercialización.

### **CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL**

En este subsistema las condiciones de seguridad son deficientes ya que se presenta ruidos excesivos sin ningún tipo de control, sumado a las altas temperaturas de operación, además de los altos riesgos de accidentes ya que el producto final es aceite.

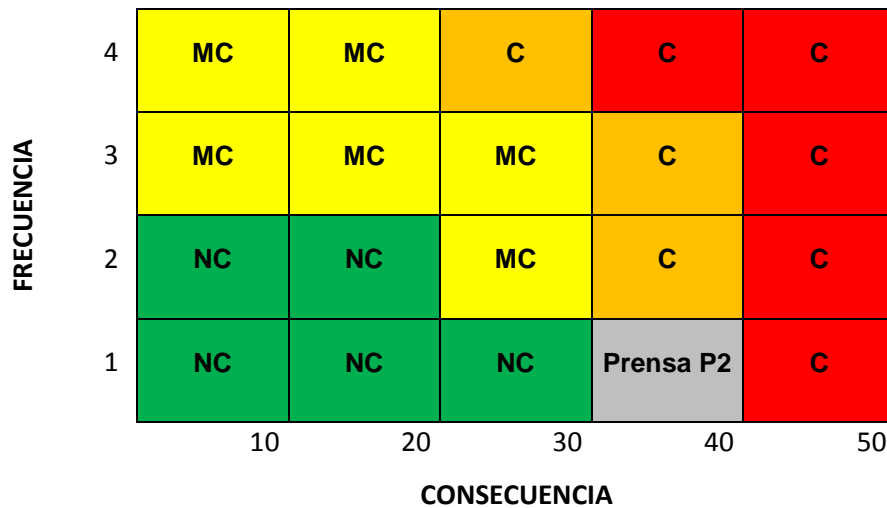
## Análisis de criticidad para los componentes del subsistema B: Prensado

### Método de los factores ponderados basado en el concepto del riesgo

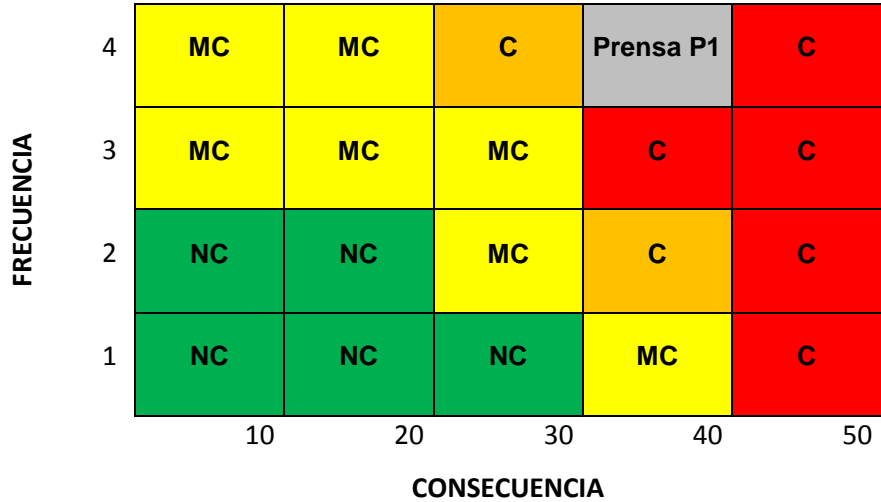
La metodología para la aplicación de este método está expuesta en numeral 4.1.3 sección 2 del presente trabajo.

Tabla 7. Análisis de criticidad por el método de los factores ponderados basado en el concepto de riesgo para los componentes del subsistema B: Prensado

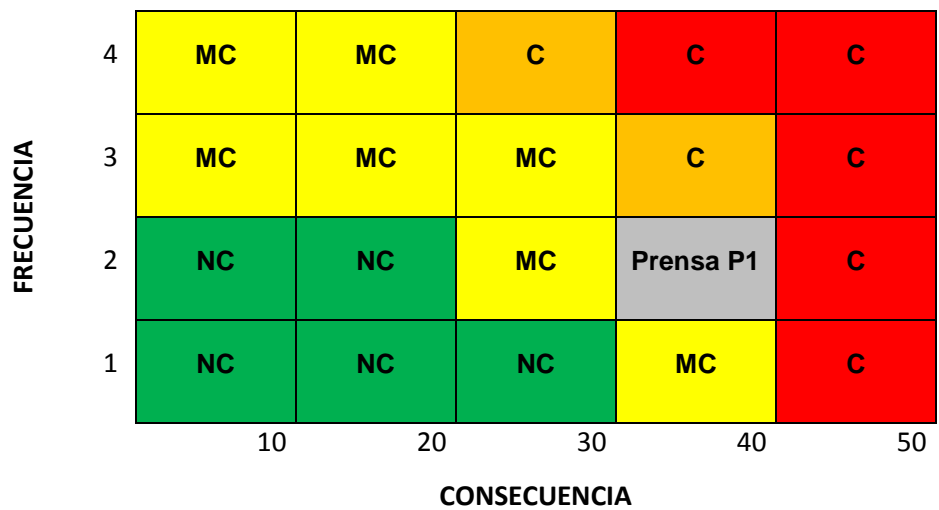
<b>COMPONENTE: Prensa P2</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	1
Impacto (SAH)	3
Consecuencias	32
<b>Criticidad total</b>	<b>32</b>



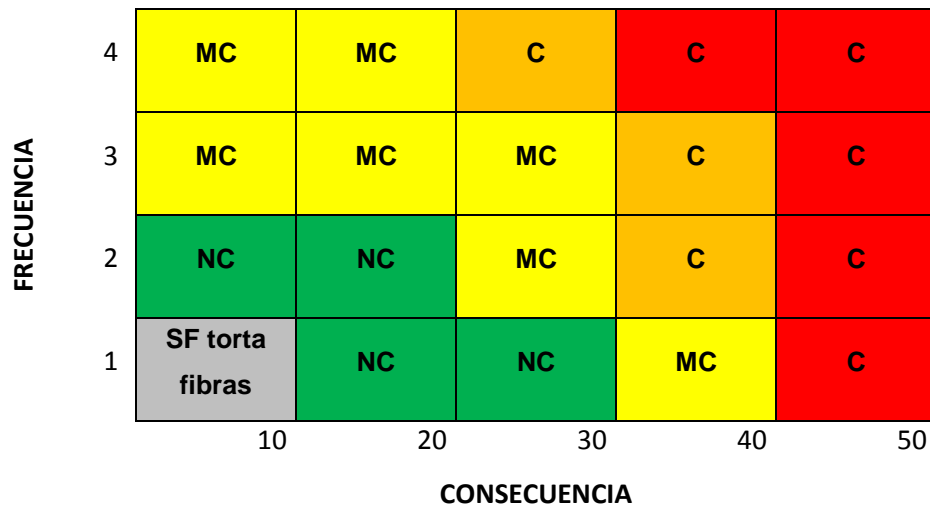
COMPONENTE: Prensa P1	
Factores ponderados	Valores
Frecuencia de fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto (SAH)	3
Consecuencias	33
<b>Criticidad total</b>	<b>132</b>



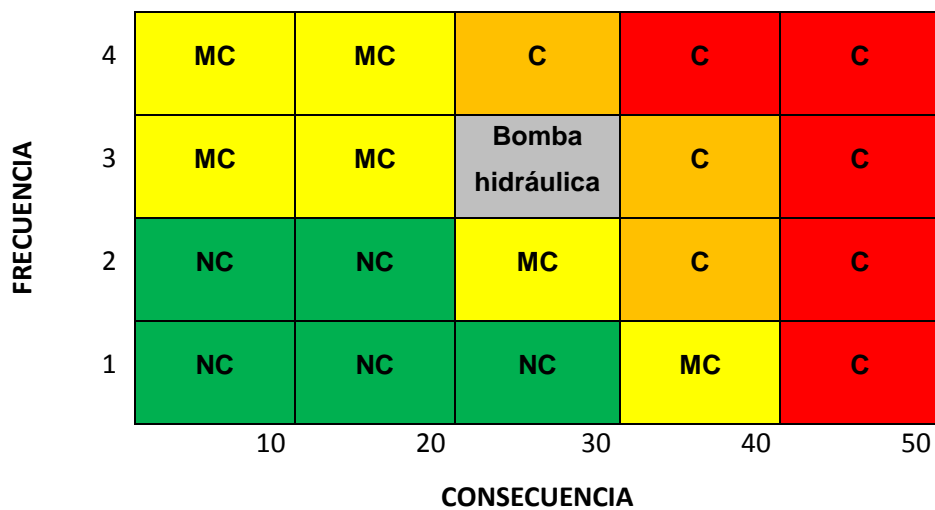
<b>COMPONENTE: Prensa P3</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto (SAH)	3
Consecuencias	33
<b>Criticidad total</b>	<b>66</b>



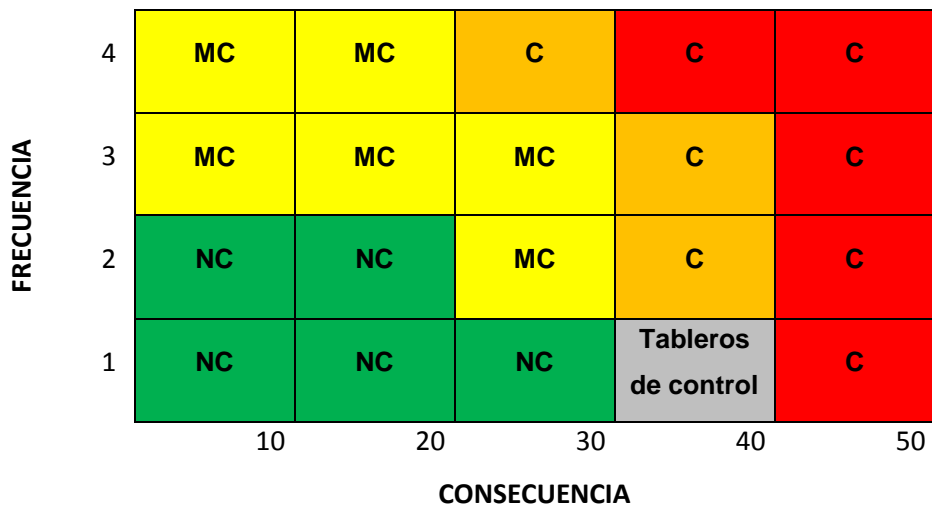
<b>COMPONENTE: Sinfín Transportador de torta</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costos de mantenimiento	1
Impacto (SAH)	1
Consecuencias	9
<b>Criticidad total</b>	<b>9</b>



<b>COMPONENTE: Bomba Hidráulica</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	3
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	1
Impacto (SAH)	1
Consecuencias	30
<b>Criticidad total</b>	<b>90</b>



<b>COMPONENTE: Tableros de control</b>	
<b>Factores ponderados</b>	<b>Valores</b>
Frecuencia de fallas	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto (SAH)	3
Consecuencias	33
<b>Criticidad total</b>	<b>33</b>





### 6.3.3 Función – Falla Funcional

<p><b>FECHA:</b> Enero 24 de 2009</p> <p><b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza</p> <p><b>ÁREA:</b> Proceso de extracción de aceite crudo de palma</p> <p><b>SISTEMA:</b> Etapa de extracción</p> <p><b>SUBSISTEMA:</b> Prensado</p> <p><b>COMPONENTE:</b> Prensa P1, P2, P3</p>	<p><b>FALLA FUNCIONAL</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ausencia total de movimiento del tornillo sinfín.</li><li>2. El sistema gira a unas velocidades inferiores a las requeridas.</li><li>3. El sistema hidráulico no funcione.</li><li>4. La temperatura del sistema no cumple con las especificaciones indicadas.</li></ol>
<p><b>FUNCIÓN</b></p> <p>1. Exprimir la fruta y extraer la fracción líquida (aceite) de la masa de frutos que sale del digestor D2, por medio de un tornillo sinfín el cual es accionado por un motor con una capacidad de giro de 1770 rpm y una unidad hidráulica que es operada manualmente. Las condiciones de temperatura deben estar dentro del rango de 90 a 100° C.</p>	

### 6.3.4 Falla Funcional – Modo de Falla – Efectos de la Falla

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Etapa de extracción **SUBSISTEMA:** Prensado **COMPONENTE:** Prensa P1.3

**PÁGINA:** 1 de 2

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LA FALLA
1. Ausencia total de movimiento del tornillo sinfín.	1. Que el motor falle. 2. Que el reductor falle. 3. Que las correas de transmisión se revienten. 4. Que el tornillo se desalinee. 5. Que los piñones de la caja de engranajes fallen.	1. Parada de la producción y parte del proceso. 2. Parada del proceso debido a que no hay accionamiento del tornillo sinfín. 3. Falta absoluta de transmisión. 4. Daños en la canasta debido a los choques que produce el movimiento 5. Parada de la producción porque no se genera movimiento del tornillo.
2. El sistema gira a unas velocidades inferiores a las requeridas.	1. Que los centros de las poleas se encuentren a una distancia equivocada. 2. Que la tensión de entrada del motor no se encuentre dentro de los límites.	1. Hace que se recaliente el reductor y el motor, lo que genera que el tablero de control automáticamente detenga el proceso. 2. Hace que existan malas especificaciones en el producto final. 3. Hace que el motor y reductor no funcionen

**FECHA:** Enero 24 de 2009

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**ÁREA:** Proceso de extracción de aceite crudo de palma

**SISTEMA:** Etapa de extracción **SUBSISTEMA:** Prensado **COMPONENTE:** Prensa P1.3

**PÁGINA:** 2 de 2

FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LA FALLA
3. El sistema hidráulico no funciona.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Que los conos de prensado no se encuentren dentro de los márgenes de tolerancia.</li><li>2. Que halla gran cantidad de masa de fruta obstruyendo la entrada de los conos de prensado.</li><li>3. Fuga en las líneas de transmisión de fluido hidráulico.</li><li>4. Que la bomba hidráulica no funcione porque tiene los retenedores desgastados.</li><li>5. Que los impulsores fallen.</li><li>6. Que los filtros estén obstruidos.</li><li>7. Que el aceite hidráulico esté en mal estado.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Hace que el tornillo y los conos se desgasten generando daños en estos.</li><li>2. Hace que el operario no pueda manipular el equipo produciendo parada en el proceso de prensado.</li><li>3. Hace no halla presión en el sistema lo que impide el accionamiento de los conos parando el proceso.</li><li>4. Que halla perdida de fluido en el sistema hidráulico haciendo parar el proceso.</li><li>5. Hace que no exista la presión suficiente para accionar los conos de las prensas.</li><li>6. Hace que no halla presión en el sistema.</li><li>7. Puede ocasionar daños en la bomba.</li></ol>
4. El fruto no se encuentre listo para el proceso.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Que el tanque calentador del agua que entra a</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Hace que la masa de frutos no se encuentre</li></ol>

**PLANTA:** Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.

**SUBSISTEMA:** Prensado

**CÁLCULO DE FACTORES**

<b>SEGURIDAD FÍSICA</b>	<b>MEDIO AMBIENTE</b>	<b>IMAGEN CORPORATIVA</b>	<b>COSTOS DE REPARACIÓN</b>	<b>EFFECTOS EN LOS CLIENTES</b>
<b>Ksf=0.3</b>	<b>Kma=0.05</b>	<b>Kic=0.05</b>	<b>Kcr=0.4</b>	<b>Kec=0.2</b>

**CÁLCULO DE RIESGO**

# F	# FF	#MF	MODO DE FALLA	O	SF	MA	IC	CR	EC	C	R=OxC
1	1	1	Motor de la prensa dañado	4	3	1	1	3	1	2.4	<b>9.</b>
1	1	2	Reductor de la prensa dañado	1	3	1	1	3	1	2.4	<b>2.</b>
1	1	3	Correas de transmisión reventadas	4	4	1	1	2	1	2.3	<b>6.</b>
1	1	4	Tornillo de la prensa desalineado	3	3	1	1	3	1	2.4	<b>7.</b>
1	1	5	Piñones de la caja de engranajes de la prensa partidos	1	4	1	1	3	1	2.7	<b>2.</b>
1	2	1	Poleas descentradas	4	3	1	1	3	1	2.4	<b>9.</b>
1	2	2	Tensión de entrada del motor fuera de los límites	4	4	1	1	3	1	2.7	<b>10.</b>
1	2	3	Rodamientos del motor desgastados	2	4	1	1	4	1	3.1	<b>6.</b>
1	2	4	Malas especificaciones de diseño de las poleas	1	2	1	1	3	1	2.1	<b>2.</b>
1	3	1	Conos de las prensas fuera de los márgenes de	3	4	1	1	3	1	2.7	<b>8.</b>
1	3	2	Acumulación de fruta en las entradas de las conos	2	2	1	1	2	1	1.7	<b>3.</b>
1	3	3	Fugas en las líneas de transmisión del fluido hidráulico	1	3	1	1	3	2	2.6	<b>2.</b>
1	3	4	Retenedores gastados en la bomba hidráulica.	2	2	1	1	2	1	1.7	<b>3.</b>
1	3	5	Impulsores de la bomba dañados	2	4	1	1	4	1	3.1	<b>6.</b>
1	3	6	Filtro de la bomba tapado	1	3	1	1	2	1	2	<b>2</b>
1	3	7	Uso excesivo del aceite hidráulico	2	3	1	1	3	1	2.4	<b>4.</b>
1	4	1	Mal funcionamiento del tanque calentador de agua	1	1	1	1	1	2	1.2	<b>1.</b>

Donde: K es el coeficiente de ponderación

O es la frecuencia de ocurrencia de fallas

F es la función

FF es la falla funcional

MF es el modo de falla

C es la consecuencia de la falla

### 6.3.6 Selección de Tareas

<b>FECHA:</b> Enero 24 de 2009					
<b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.					
<b>ÁREA:</b> Proceso de extracción de aceite crudo de palma					
<b>SISTEMA:</b> Etapa de extracción <b>SUBSISTEMA:</b> Prensado <b>PÁGINA:</b> 1 de 1					
<b>Tipo de mantenimiento</b>			<b>TAREAS PROPUESTAS</b>	<b>F. inicial</b>	<b>Ejecutor</b>
<b>C</b>	<b>Pv</b>	<b>Pd</b>			
		X	Efectuar análisis de vibraciones, termografía y mequeo al motor	Semestral	Contratista
	X		Verificación del funcionamiento del reductor	Diario	Operario
		X	Verificar la tensión de las correas	Mensual	Mecánico
	X		Verificar alineación del tonillo de la prensa	Quincenal	Mecánico
	X		Alineación de los engranajes	Mensual	Mecánico
	X		Verificar estado del chavetero de la poleas	Bimensual	Mecánico
		X	Revisar el amperaje del motor	Diario	Electricista
	X		Reemplazo de los rodamientos	Bimensual	Mecánico
	X		Verificación del funcionamiento y alineación de los centros de las poleas	Bimensual	Mecánico
	X		Graduar los conos	Quincenal	Mecánico
	X		Limpieza de la entrada de los conos a la prensa	Diario	Operario
X			Estar en espera de la ocurrencia de la falla		
	X		Cambiar los retenedores periódicamente según especificaciones	Bimensual	Mecánico
		X	Análisis de vibraciones para detectar cavitación	Semestral	Contratista
	X		Cambio periódico de el filtro de la bomba	Bimensual	Operario
	X		Cambio periódico del aceite hidráulico	Trimestral	Operario
	X		Verificar funcionamiento del tanque de agua caliente	Semanal	Operario

### 6.3.7 Plan de Mantenimiento Anual propuesto por el Modelo RCM para las Prensas

Tabla 8. Tareas de RCM propuestas para las prensas

Nº	FRECUENCIA	MTTO	RECURSO	H-H	H-H TOTAL
<b>FRECUENCIA DIARIA</b>					
1	Verificación del funcionamiento del motor	PREVENTIVO	1	0,16	58,4
2	Revisión del amperaje	PREDICTIVO	1	0,16	58,4
3	Limpieza de las entradas de los conos	PREVENTIVO	1	0,5	180
<b>FRECUENCIA SEMANAL</b>					
4	Verificación del funcionamiento del tanque de agua caliente	PREVENTIVO			
<b>FRECUENCIA QUINCENAL</b>					
5	Verificación de la alineación del tornillo	PREVENTIVO	1	0,25	6
6	Calibración de los conos	PREVENTIVO	1	1	52
7	Revisar el nivel del aceite hidráulico	PREVENTIVO	1	0,16	3,84
<b>FRECUENCIA MENSUAL</b>					
	Verificar la tensión de las correas (comprobador de correas dentadas)				
8		PREDICTIVO	1	1	12
9	Alineación de los engranajes	PREVENTIVO	1	1	12
<b>FRECUENCIA BIMENSUAL</b>					
10	Verificación del chavetero de las poleas	PREVENTIVO	1	0,5	3
11	Inspeccionar desgaste en los rodamientos y retenedores	PREVENTIVO	1	0,5	3
12	Cambio de rodamientos y retenedores	PREVENTIVO	1	2	12
	Verificación del funcionamiento y alineación de los centros de las poleas				
13		PREVENTIVO	1	1	6
14	Cambio de correas	PREVENTIVO	1	0,5	3
15	Cambio de filtros	PREDICTIVO	1	0,5	3
<b>FRECUENCIA TRIMESTRAL</b>					
16	Cambio del aceite en la unidad hidráulica	PREVENTIVO	1	1	4
<b>FRECUENCIA SEMESTRAL</b>					
17	Análisis de vibraciones, termografía y megueo del motor	PREDICTIVO	Contratista		
18	Análisis de lubricantes	PREDICTIVO	Contratista		
<b>TAREAS COMPLEMENTARIAS</b>					
19	Verificar entrada de agua	PREVENTIVO	1	0,16	
20	Inspeccionar los niveles de aceite en el tanque de la bomba	PREVENTIVO	1	0,16	

### 6.3.8 Costos Anuales para las Actividades de Mantenimiento de las Prensas

Tabla 9. Costos Anuales Propuestos para los Digestores

ACT.	TIPO DE MTTO.	RECURSOS	HORAS	H-H GENERADAS	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	COSTOS INSUMOS Y REPUESTOS	COSTO TOTAL
1	PREVENTIVO	1 OPERARIO	58,4	58,	194.472	0	194.472
2	PREDICTIVO	1 OPERARIO	58,4	58,	194.472	0	194.472
3	PREVENTIVO	1 OPERARIO	18	18	599.400	0	599.400
4	PREVENTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	0	39.960
5	PREVENTIVO	1 OPERARIO	6	6	19.980	0	19.980
6	PREVENTIVO	1 OPERARIO	52	52	173.160	0	173.160
7	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3,84	3,8	12.787	0	12.787
8	PREDICTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	640.000	679.960
9	PREVENTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	0	39.960
10	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	0	9.990
11	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	0	9.990
12	PREVENTIVO	1 OPERARIO	12	12	39.960	19.559.08	19.599.04
13	PREVENTIVO	1 OPERARIO	6	6	19.980	0	19.980
14	PREVENTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	756.000	765.990
15	PREDICTIVO	1 OPERARIO	3	3	9.990	270.000	279.990
16	PREVENTIVO	1 OPERARIO	4	4	13.320	1.810.28	1.823.60
17	PREDICTIVO	CONTRATISTA			1.500.00	0	1.500.00
18	PREDICTIVO	CONTRATISTA			960.000	0	960.000
19	PREVENTIVO	1 OPERARIO			0	0	0
20	PREVENTIVO	1 OPERARIO			0	0	0
21		Contratistas			4.000.00	0	4.000.00
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>					<b>7.887.37</b>	<b>23.035.36</b>	<b>30.922.73</b>

**Nota:** el costo de hora-hombre fue calculada teniendo como base el salario promedio de un operario (\$639.000). Para una jornada de trabajo de 8 horas y 30 días al mes. **Costo mano de obra: \$3.330/H.H.** Las actividades 19 y 20 no llevan imputadas horas-hombre ya que son tareas que el operario puede ejecutar de manera complementaria mientras realiza su actividad diaria.

## COSTOS DE MANTENIMIENTO

### COSTOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO ACTUALES

#### Justificación

En el diario desarrollo de las actividades empresariales para la mayoría de los casos salta a la vista que al momento de realizar o establecer un proyecto se tienen en cuenta diversos factores que aplican con los objetivos y las metas planteadas por los autores, pero todo buen proyecto debe contener la implicación que tienen los costos dentro la ejecución del mismo, es decir, cómo afecta económicamente a la empresa la realización de ciertos cambios planteados en el proyecto.

Es por esta razón que a continuación se relaciona una serie de tablas basadas en hechos y datos reales las cuales contienen los costos de mantenimiento tanto en mano de obra como en repuestos para el trimestre comprendido entre los meses de Diciembre de 2005 y Febrero de 2006.

En la tabla presentada a continuación se pueden apreciar los costos incurridos en el último trimestre, según estos datos, durante el periodo la planta generó gastos por mantenimientos por un valor de \$91.952.925 de los cuales la etapa de extracción tuvo una participación del 42% (véase figura15) y las demás áreas el restante.

Tabla 14. Costos de mantenimiento -Último trimestre.

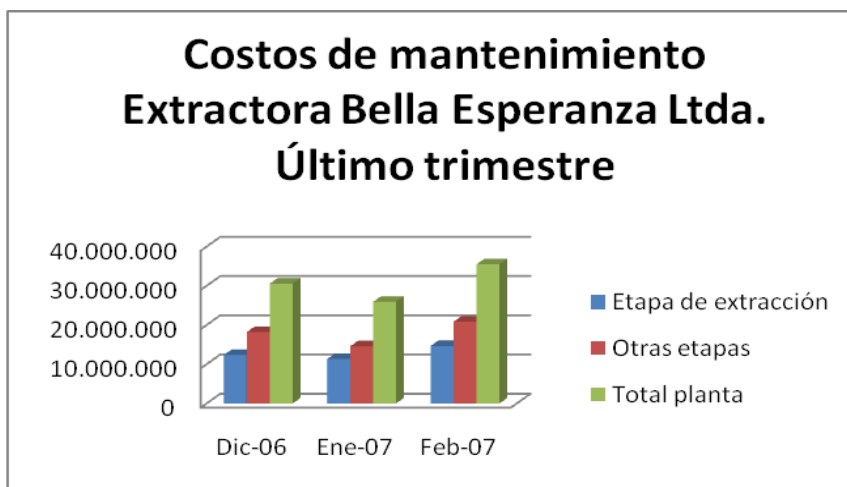
<b>Costos de mantenimiento Extractora Bella Esperanza Ltda. Último trimestre</b>			
<b>Periodo</b>	<b>Etapas de extracción</b>	<b>Otras etapas</b>	<b>Total planta</b>
Oct-06	12.350.480	18.204.300	30.554.780
Ene-06	11.340.825	14.570.620	25.911.445
Feb-06	14.656.737	20.829.963	35.486.700
<b>Total</b>	<b>38.348.042</b>	<b>53.604.883</b>	<b>91.952.925</b>

Fuente: Departamento de compras y contabilidad Extractora Bella Esperanza Ltda.



Como se puede observar en la figura 14 el área de extracción participa en un 42% y la demás áreas en el 58% del total de costos de mantenimientos, estableciendo una diferencia entre los dos conceptos se obtiene el 18%, cabe resaltar que dentro de las demás áreas están incluidas 6 etapas del proceso, de esto se deduce claramente que la etapa de extracción es la más crítica.

Figura 14. Relación costos de mantenimiento Extractora Bella Esperanza Ltda. último trimestre



Fuente: Departamento de compras y contabilidad Extractora Bella Esperanza Ltda.

Figura 15. Relación costos de mantenimiento por etapas del proceso Diciembre 2005 – Febrero 2006



Fuente: Departamento de compras y contabilidad Extractora Bella Esperanza Ltda

El departamento de contabilidad y el de compras proporcionaron la información de costos totales de mantenimiento, la cual fue tabulada y organizada según dos variables básicas: costos de mano de obra y costos de repuestos. Obteniendo de estos unos porcentajes de mano de obra y servicios del 13% y en los repuestos del 87%

### **Conclusión**

La etapa de extracción de aceite crudo de palma es considerada como la más crítica dentro del proceso, (prensado) esta posee los equipos con más alta tasa de fallas y por consiguiente conlleva los más elevados costos en operaciones de mantenimiento y reemplazo de equipos y partes. Estos actualmente, alcanzan el 37% del total de costos por mantenimientos de la planta; el constante reemplazo de partes como rodamientos, tornillos, canastas, suministros eléctricos, lubricantes, aceites hidráulicos, correas, poleas, chumaceras, ejes y mallas entre otros, los incrementan considerablemente. Tal es el caso de repuestos como los rodamientos utilizados tanto para la sección de digestores como en las prensas los cuales representan el más alto porcentaje (zona de estudio) de los gastos en que incurre la empresa por concepto de acciones de mantenimiento.

Para el estudio de RCM, este se centra principalmente en brindarle el mantenimiento adecuado con el fin de minimizar los costos la compra de elementos para su normal funcionamiento, el departamento de mantenimiento en la Extractora Bella Esperanza debe ser más enfático en la evaluación del sistema eléctrico que ha sido uno de los factores críticos para el adecuado uso de las maquinas, y que además los tableros que cuenta no están en un 70% calibrados por lo que en algunas ocasiones se generan paradas.

En el momento de realizar este proyecto notaron que se necesita un programa de mantenimiento basado en la filosofía de predecir y prevenir, para no caer en el concepto de tener que esperar a que la falla ocurra.

## 7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS COMPLEMENTARIOS DE LA ETAPA DE EXTRACCIÓN

La etapa de extracción de la empresa como se ha mencionado en capítulos anteriores, cuenta con diferentes equipos que aportan al cumplimiento del proceso, los cuales aunque no sean críticos deben contar con el listado básico de actividades de mantenimiento además de todos los registros, (descritos anteriormente) teniendo en cuenta que sin estas máquinas el proceso no podría llevarse a cabo. Por tales razones a continuación se presentan las tareas primordiales para los demás equipos del área de extracción.

### 7.1 Sinfines

Tabla 10. Tareas de RCM propuestas para los sinfines

<b>FECHA:</b> Enero 24 de 2009					
<b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.					
<b>ÁREA:</b> Proceso de extracción de aceite crudo de palma					
<b>SISTEMA:</b> Etapa de extracción					
Tipo de			TAREAS	Frecuencia	Ejecutor
C	Pv	Pd			
	X		Limpieza del interior	Semanal	Operario
	X		Inspección del funcionamiento del tornillo	Semanal	Mecánico
	X		Verificación de las partes y funcionamiento del motor	Bimensual	Electricista
	X		Revisar el amperaje del motor	Cada turno	Electricista
	X		Efectuar análisis de vibraciones	Semestral	Contratista
X			Esperar a que el motor falle		Electricista-Mecánico
	X		Verificación del funcionamiento del reductor	Bimensual	Mecánico
	X	X	Termografía del sistema motorreductor.	Semestral	Contratista
	X		Revisar estado de los componentes como rodamientos, retenedores, etc.	Bimensual	Mecánico
	X		Cambio de repuestos	Bimensual	Mecánico
	X		Inspección y verificación visual de la operación del equipo	Cada turno	Jefe de Mtto.
	X		Ajuste de piezas	Semanal	Mecánico

## 7.4 Tableros de control

Tabla 13. Tareas de RCM propuestas para los tableros de control

<b>FECHA:</b> Enero 24 de 2009					
<b>PLANTA:</b> Extracción de aceite crudo de palma Extractora Bella Esperanza Ltda.					
<b>ÁREA:</b> Proceso de extracción de aceite crudo de palma					
<b>SISTEMA:</b> Etapa de extracción					
<b>COMPONENTE:</b> Tableros de control					
Tipo de mantenimiento			TAREAS PROPUESTAS	Frecuencia	Ejecutor
C	Pv	Pd			
	X		Revisar el amperaje de entrada y salida del sistema	Semanal	Electricista
	X		Comprobar la dureza de los switches	Semanal	Electricista
	X	X	Comprobar continuidad de los switches.	Semanal	Electricista
	X	X	Realizar termografía.	Bimensual	Contratista
	X		Revisar aislamiento de los cables.	Semanal	Electricista
	X		Revisar torque de ajuste de los bornes.	Mensual	Electricista
X			Reemplazo de piezas dañadas o defectuosas.		Electricista

## **9. ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **9.1 PROCESO DE MANTENIMIENTO ACTUAL**

En la Extractora Bella Esperanza Ltda. Todas las áreas funcionan de manera distintas, pero todas se involucran directamente con el departamento de mantenimiento, puesto que este es la que los soporta para cualquier eventualidad, el procedimiento que ejecuta este departamento es el siguiente:

Si en el transcurso de la actividad algunos de los operarios observa que un equipo está fallando, inmediatamente le informa al jefe o supervisor de turno lo que está ocurriendo. El jefe de mantenimiento, el de producción y el mecánico se acercan al sitio para inspeccionar el fallo proporcionando un diagnóstico verbal y estableciendo si es necesario parar el proceso para reparar o cambiar la pieza, o si se puede seguir operando hasta el final del turno o en el fin de semana que es cuando se efectúan las actividades de mantenimiento rutinarias.

Luego se solicitan los repuestos a almacén, sino se encuentran allí, entonces se genera una requisición solicitando los materiales de carácter urgente, este tiene relevancia de acuerdo a la necesidad que se tiene en el momento.

Seguidamente se genera una solicitud de servicio de mantenimiento en donde se describe el área y el equipo que presenta anomalías, estableciendo la prioridad del trabajo. De acuerdo al diagnóstico se define si el servicio se llevará a cabo por la empresa o si debe contratarse externamente, si es de carácter externo se realiza una solicitud de servicio, la cual es enviada al departamento de compras quien se encarga de darle el curso administrativo.

Si la actividad se puede realizar por la empresa el mecánico, electricista y el operario con un ayudante elaboran la reparación o cambio bajo la supervisión del jefe de área.

## **Propuesto**

A continuación se presenta el procedimiento propuesto para ejecutar las actividades de mantenimiento:

Realización de las tareas propuestas para la etapa de extracción según la frecuencia establecida.

1. Si se detecta una falla avisar al jefe de mantenimiento.
2. Establecer la prioridad de la actividad.
3. Generar una solicitud de servicio de mantenimiento.
4. Realizar el diagnóstico del estado del equipo.
5. Identificar la importancia del proceso.

Si es posible realizar el mantenimiento en la planta:

1. Generar una orden de trabajo y asignar el operario adecuado para la ejecución.
2. De acuerdo al diagnóstico solicitar los materiales en almacén, autorizados por el jefe de mantenimiento.
3. Realizar el mantenimiento pertinente.
4. Diligenciar por parte del operario la orden de trabajo formalizando el trabajo ejecutado.
5. Archivar la orden de trabajo en la hoja de vida del equipo.

Si no es posible realizar la actividad en la planta:

1. Conseguir el proveedor del servicio
2. Elaborar la solicitud de servicios externos.
3. Enviar la solicitud al departamento de compras.
4. Ejecución de la actividad
5. Llenar la orden de trabajo y archivarla

## **9.2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

### **9.2.1 Misión**

El Departamento de Mantenimiento la Extractora Bella Esperanza tiene la misión de proveer un excelente soporte a los clientes reduciendo, y eventualmente eliminando, la necesidad de servicios de mantenimiento.

### **9.2.2 Visión**

Ubicarse como un departamento estrella dentro de la empresa acorde con los objetivos organizacionales desarrollando cada vez la consecución de las metas trazadas en cuanto a competitividad, calidad y solidez se refiera.

### **9.2.3 Estructura Organizacional del Departamento de Mantenimiento**

La estructura organizacional del departamento de mantenimiento de Extractora Bella Esperanza. tendrá a cargo la implícita gestión y administración del mantenimiento en su nivel superior y en sus niveles inferiores de modo que se trabaje conjuntamente en búsqueda de la mayor efectividad de los equipos los cuales son de vital importancia económica para la planta ya que sus principales actividades están estrechamente involucradas con estos

A continuación se establece la estructura organizacional del departamento de mantenimiento incluyendo lo las funciones de cada uno.

NOMBRE DEL CARGO:	Jefe de Mantenimiento
DEPARTAMENTO:	Dirección Técnica
DEPENDENCIA:	Gerencia
UBICACIÓN:	Sevilla (Magdalena) - Colombia

## **Funciones y Responsabilidades**

- Planear, coordinar, controlar y evaluar las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a la maquinaria y equipo de Extractora Bella Esperanza Ltda.
- Elaborar el programa operativo anual y establecer el programa de presupuesto del departamento.
- Realizar el montaje y puesta en funcionamiento de los equipos adquiridos por la planta.
- Determinar las necesidades de recursos para la prestación del servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria y equipo.
- Participar en la elaboración de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipo y laboratorios de la empresa.

NOMBRE DEL CARGO: Técnicos (mecánico, eléctrico, soldador, auxiliares)

DEPARTAMENTO: Dirección técnica

DEPENDENCIA: Jefe de Mantenimiento

UBICACIÓN: Sevilla (Magdalena)

## **Funciones y Responsabilidades**

- Conocimiento y manejo de herramientas, equipos e información técnica.
- Llevar a cabo con plenitud los programas de mantenimiento establecidos por la gestión.
- Estar disponible las 24 horas durante la producción para realizar chequeos a los diferentes equipos.
- Conocer los ciclos de vida de cada equipo en la planta, y establecer parámetros de criticidad.
- Conocer las técnicas de mantenimiento de lubricación, ajustes y tolerancias.

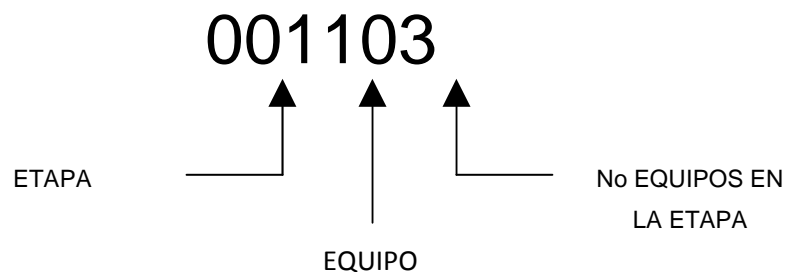


### 9.3 CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para establecer la organización del departamento de mantenimiento se debe empezar por la delimitación de las etapas, el tipo de equipo y el número de este en la sección. Pero como es de conocimiento de todas las personas, tener grabados en nuestra mente cada equipo que existe en una planta de operación es bastante complicado, por tal razón se hace necesario establecer una codificación que identifique cada máquina dentro del proceso, contribuyendo así tanto con el inventario como con los procesos contables y administrativos. Para tal fin cada uno deberá llevar una placa que contenga el código que le fue asignado de acuerdo a las anteriores recomendaciones. De esta manera el departamento de encargado tendrá claramente definido a que máquina deben efectuarse actividades de mantenimiento y podrá registrarlo en el historial del mismo.

A continuación se presenta el listado con la codificación de cada equipo del proceso general de extracción:

El código está dividido en tres cifras las cuales se asignan de la siguiente manera:



**Las etapas son:**

Recepción	00
Esterilización	01
Desfrutado	02
Extracción	03
Clarificación	04
Centrifugación	05
Almacenamiento	06

**Los equipos son:**

Motores	11	Esclusas	211
Moto reductores	21	Basculas	221
Bombas	31	Tractores	231
Sin fines	41	Lagunas	241
Tanques	51	Tolvas	251
Digestores	61	Chasis	261
Prensas	71	Tambores	271
Esterilizadores	81	Columnas	281
Elevadores	91	Levantadores	291
Calderas	101	Cabrestantes	301
Sistema hidráulico	111	Ripple mills	311
Tableros	121	Puente grúa	321
Ciclones	131	Alimentador	331
Ventiladores	141	Banda transp.	341
Volcos	151	Sub estación	351
Tamices	161	Planta eléctrico	361
Silos	171	Registradores	371
Secadores	181	Foso condensados	381
Filtro prensas	191	Florentino	391
Filtro cepillos	201	Reservorio	401

## 10. FORMATOS

Para facilitar y hacer mas didáctica la recolección de información de los equipos se pensó en la estandarización de formatos que conglomeraran todos los datos, especificaciones, acciones, reparaciones, costos, mantenimientos, operarios, entre otros conformando una hoja de vida o historial de cada maquina, con el fin de remitirse a estos cuando se presente la ocasión y de esta manera conocer someramente el funcionamiento del equipo, las anomalías que ha presentado y el tipo de mantenimiento ejecutado.

## 11. RUTINAS DIARIAS DE MANTENIMIENTO

Para una mejor operación y realización de la rutina diaria de trabajo tanto para los equipos como para el operario se establece un cronograma de actividades que diariamente se deben ejecutar en la etapa seleccionada. Tales actividades facilitan la operación y el buen funcionamiento de los equipos y son las relacionadas a continuación:

**Tabla 17. Actividades rutinarias propuestas**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DURACIÓN (Horas)</b>	<b>EJECUTOR</b>
Limpieza del sitio de trabajo	1	Operario
Organización del sitio	0.5	Operario
Preparación de los equipos	0.25	Operario
Verificación del funcionamiento de motores y reductores	0.5	Operario
Revisión del amperaje de los motores de prensas y digestores	0.5	Mecánico
Revisar si los equipos están bien lubricados	0.25	Operario
Empezar el proceso		Operario

## 12. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de este proyecto se pudo encontrar procesos en los que de alguna manera hacia falta un modelo fuerte de mantenimiento con el fin de que se minimizarán los costos por las paradas; en la Extractora de Aceite Crudo Bella Esperanza Ltda, hubo procedimientos en donde el mantenimiento *preventivo y predictivo* pasaba a un segundo plano, el departamento de mantenimiento es muy pequeño para el cuidado de las cosas que atender, solo ellos efectuaban reparaciones sencillas en cuanto a un desajuste del sistema, pero de otro modo carecía de la mayor atención a las cosas representativas.

Para la Extractora Bella Esperanza Ltda., este proyecto fue un reto, ya que al mostrarse las fallas que ocasionaban con cierta regularidad los equipos en la etapa de extracción determinaban los desgastes de ciertas piezas tales como camisas, tornillos de prensa, desgastes en las paletas de extracción que en si genera un significativo acortamiento de la vida útil de los equipos encontrados en la planta.

Vale la pena tener organizado un esquema de mantenimiento basado en confiabilidad, como lo destaca la técnica *RCM*, para identificar los problemas más significativos de los equipos y brindarle una preservación a los diversos componentes que presenta el área de prensado.

### 13. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda a la organización desarrollar planes de capacitación para el personal de mantenimiento.
- b) Disponer de un espacio físico para establecer los archivos de cada equipo de tal modo que sirvan de herramienta al encargado del mantenimiento en la toma de decisiones.
- c) La adquisición de equipos de medida y calibración tales como comprobadores de correas y alineadores de ejes para actividades de mantenimiento predictivo con los cuales seguramente se eliminarían significativamente las fallas y por ende el excesivo reemplazo de partes.
- d) Concientizar al personal de la importancia que tiene la ejecución del programa de mantenimiento.
- e) La capacitación periódica del personal en cuanto a actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, el uso efectivo de las herramientas de trabajo y la forma más eficiente de realizarlo sin maltratar los equipos.
- f) Apropiamiento de las actividades de mantenimiento como pan de cada día por parte de los operarios y superiores.
- g) Ingresar información en los formatos previamente establecidos para ampliar la hoja de vida de cada equipo, facilitando así la realización de proyecciones de funcionamiento y fallos de los equipos, además de los costos por no mantener.

- h) Reparar el reductor antiguo de la prensa P4.5 y mantenerlo como equipo alternativo para que supla el lugar de otro con las mismas especificaciones en caso de que ocurra algo.
  
- i) Contratar personal calificado que realice análisis de vibraciones y termografía según la frecuencia establecidas en las tablas para tener una visión global del estado actual de la planta. Se recomienda la empresa SKF, especialistas en esta área, con estos análisis se obtendrá la causa real de los fallos.
  
- j) Se recomienda realizar análisis de lubricantes como se establece en las tareas propuestas para obtener información veraz acerca del interior de los equipos, con el fin de predecir fallas produciendo que al aceite se cambiado con mas frecuencia incurriendo en costos operacionales.

## Bibliografía

- *Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad*. Serie documentos sectoriales. Oleaginosas, aceites y grasas; Septiembre de 2006.
- Moubray, Juan (1992). *Mantenimiento centrado confiabilidad de RCM II*. Butterworth Heinemann
- MOSQUERA MONTOYA, Mauricio, VALENZUELA RIAÑO, Jacqueline. *Estudio de logística para el proceso de transporte de fruto de palma de aceite en Colombia*. Revista Palmas. Volumen 27 No. 4. 2006.
- Blanchard y Fabrycky, (1990). *Ingeniería de sistemas y análisis*, 2da edición, Prentice Pasillo internacional.
- *Acuerdo Regional de Competitividad Cadena de Aceite de Palma*. Colección documentos IICA serie competitividad No. 21. Bucaramanga. Junio de 2001.
- *Impacto de la revaluación del peso en el sector palmero*. Revista Palmas. Volumen 28 No. 2. 2007
- [www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org)
- TINSAY, Edgardo. *Introducción a la optimización de la red logística en el aceite de palma*. Palmas. Volumen 28 No. Especial, Tomo 2, 2007. Pág. 322.
- *Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano*. CONPES No. 3477. 9 de julio de 2007.

- *La investigación, soporte fundamental para la competitividad del sector palmero.* Revista Palmas. Volumen 27 No. 3, 2006.
- DE CASTRO MARTÍNEZ, Johnny Alberto. CUAO GARCIA, Lina Marcela. *Diseño de un modelo de ERP basado en las características sistémicas de las pequeñas y medianas empresas extractoras de aceite de palma del departamento del magdalena.* Santa Marta, 2006. Trabajo de Grado (Ingeniero Industrial). Universidad del Magdalena. Programa de Ingeniería Industrial.
- Cervantes Tatiana y Mercado Jean. *Diseño de un modelo de gestión del mantenimiento basado en criticidad y análisis de modos y efectos de fallos en la empresa Asetpor LTDA.* Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería Industrial Universidad del Magdalena. Santa Marta 2007.
- Tavares, Lourival Augusto (2000). *Administración moderna de mantenimiento versión en español, segunda edición.* Novo Polo Publicaciones, Brasil.
- Rivero Andrea y Moreno Sabino. *Programa de Mantenimiento en el Área de Extracción FRUPALMA.*
- WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de la palma de aceite.* Edición en español traducida, dirigida y actualizada para el contexto latinoamericano por: Guillermo Bernal y Germán Gala. Convenio de cooperación técnica entre el SENA-SAC. Colombia. 2005

**Sitios de Internet:**

- [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)