

ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE EL
SEGUIMIENTO DE INDICADORES PARA LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE PALMA PALMARIGUANÍ S.A.

YIHTZHAK SHAMIR LACOMBE BARRAZA.
ORNEL JESÚS OSORIO JIMÉNEZ.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
ESCUELA DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICO.
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.
BUCARAMANGA.

2018.

ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE EL
SEGUIMIENTO DE INDICADORES PARA LA PLANTA DE EXTRACCIÓN
DE ACEITE DE PALMA PALMARIGUANÍ S.A.

YIHTZHAK SHAMIR LACOMBE BARRAZA.
ORNEL JESÚS OSORIO JIMÉNEZ.

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Carlos Tamayo.
Magíster en Administración.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
ESCUELA DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.
BUCARAMANGA.

2018

DEDICATORIA.

Mis esfuerzos y logros son y serán siempre en pro de la felicidad y satisfacción de mis padres Jesús Lacombe y María Barraza, quienes, con amor infinito, paciencia inagotable y contagiosa alegría, siempre han estado en mi vida para guiarme en momentos de duda, apoyarme en mis decisiones y levantarme cuando he caído.

De ellos es completamente la satisfacción del deber cumplido.

-Yihtzhak S. Lacombe B.-

A Dios padre celestial por darme la vida y permitir que haya podido recibir estos estudios. A mis padres Tarquinio Osorio y Ruby Jiménez por apoyarme y respaldarme en todo momento y lugar.

A la memoria de todos mis familiares amados que hoy ya no están conmigo y que han partido durante la realización de este trabajo para descansar en paz.

Para todos ellos infinitas gracias y amor.

-Ornel J. Osorio J.-

AGRADECIMIENTOS.

Los autores desean agradecer de manera profunda y especial a las directivas, ejecutivos y trabajadores de la planta extractora PALMARIGUANÍ S.A. por abrir a los estudiantes las puertas de la organización de manera siempre amable, cordial y en un ambiente de confianza y servicio.

Se extienden también agradecimientos especiales a las organizaciones: Corporación Centro de Investigación en palma de aceite –CENIPALMA- y a la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite –FEDEPALMA- por proveer de guía y material bibliográfico concerniente al mantenimiento y operación de maquinaria requerida para el proceso de extracción de aceite de palma.

A la Universidad Industrial de Santander por sus invaluable esfuerzos por llevar formación académica y humana tanto en sus convenios con ASEDUIS Bogotá D.C. y CUC Barranquilla y de esa manera cumplir los sueños de formación profesional que tanto requiere nuestro país: muchas gracias.

A nuestros padres que día a día nos acompañan y nos invitan con su ejemplo a ser mejores cada día. A nuestras familias que siempre nos dan voz de aliento, amor y empuje para lograr todo lo que nos proponemos.

A todos: muchas gracias, sin ustedes esta obra no hubiese sido posible.

TABLA DE CONTENIDO.

	Página
INTRODUCCIÓN.....	21
1. JUSTIFICACIÓN.....	23
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. LA EXTRACTORA DE ACEITE PALMARIGUANÍ S.A.	25
3.1 OBJETO SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA EMPRESA.....	25
3.2 MISIÓN EMPRESARIAL.....	25
3.3 VISIÓN EMPRESARIAL.....	26
3.4 VALORES CORPORATIVOS.....	26
3.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	27
3.6 OBJETIVOS DE CALIDAD.....	29
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	30
4.1 EL CONCEPTO DE MANTENIMIENTO.....	30
4.2 GENERALIDADES HISTÓRICAS DEL MANTENIMIENTO.....	32
4.3 EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	35
4.4 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	37
4.5 EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	39
4.6 LAS CINCO ESES.....	40
4.6.1 Seiri o la acción de separar.....	41
4.6.2 Seiton o la acción de organizar.....	42

4.6.3 Seiso o la acción de limpiar.	43
4.6.4 Seiketsu o la acción de estandarizar.	44
4.6.5 Shitsuke o la mejora continua.	45
4.7 EL PLAN DE MANTENIMIENTO.	45
4.8 EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	48
4.9 EL ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES DEL RCM.	50
4.10 LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE FALLAS.	52
4.11 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).	55
4.12 LA DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA.	56
5. EL PROCESO DE BENEFICIO EN LA PLANTA PALMARIGUANÍ.	61
5.1 GENERALIDADES DEL PROCESO.	61
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y EQUIPOS.	62
5.2.1 La recepción.	63
5.2.2 La esterilización.	64
5.2.3 La desfrutación.	67
5.2.4 La digestión.	69
5.2.5 La extracción o prensado.	70
5.2.6 La clarificación.	72
5.2.7 El desfibrado.	73
5.2.8 La generación de vapor.	75
6. DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	77
6.1 AUDITORÍA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	78
6.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN.	82

6.3 LA PLANEACIÓN DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO.....	82
6.4 LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	83
6.5 INSTALACIONES Y EQUIPOS DE LA SECCIÓN.....	83
6.6 SERVICIOS DE TERCEROS.....	84
6.7 CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO.....	84
7. GENERACIÓN DE CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	85
8. ANÁLISIS DE CRITICIDAD APLICADO A LOS EQUIPOS.....	93
9. DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	99
9.1 LAS FICHAS TÉCNICAS.....	99
9.2 LAS HOJAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS.....	101
9.3 LA ORDEN DE TRABAJO (O.T).....	102
9.4 LA SOLICITUD DE LABOR DE MANTENIMIENTO.....	103
10. DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS MEDIANAMENTE CRÍTICOS.....	104
11. ANÁLISIS DE EFECTOS Y MODOS DE FALLAS A EQUIPOS CRÍTICOS. 111	
12. LA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE INDICADORES. 115	
12.1 LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	115
12.2 LAS REUNIONES Y PREPARACIÓN DIARIA DEL MANTENIMIENTO.....	118
12.3 LOS REGISTROS DE FALLAS Y EXPEDICIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO.....	118
12.4 APROBACIÓN.....	118
12.5 LA REUNIÓN Y PROGRAMACIÓN SEMANAL.....	118

12.6 LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS.....	119
12.7 EVALUACIÓN DEL TRABAJO Y RETROALIMENTACIÓN.....	120
12.8 LOS INDICADORES DE GESTIÓN.....	120
12.9 CONTROL DE GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS.....	126
12.10 CONTROL DE GESTIÓN DE ACTIVIDADES.....	127
12.11 CONTROL DE GESTIÓN ECONÓMICA.	128
13.CONCLUSIONES.	129
14.RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	132

LISTA DE TABLAS.

	Página.
Tabla 1.Código de color utilizado para determinar la criticidad.....	48
Tabla 2.Categorías de relación entre productividad y costo de mantenimiento.	49
Tabla 3. Escala de Frecuencia - Riesgo - RPN.....	53
Tabla 4.Clasificación de la severidad de las consecuencias.	54
Tabla 5. Matriz modeladora del riesgo. Relación probabilidad /Consecuencia.	54
Tabla 6. Criterio de puntuación de la auditoría de mantenimiento.	79
Tabla 7. Puntuación de los factores medidos en la auditoría.....	80
Tabla 8.Jerarquía de equipos según ISO 14224-PALMARIGUANÍ.	87
Tabla 9. Codificación de las secciones principales de la planta.....	91
Tabla 10. Codificación de equipos asociados al sistema principal de recepción (REC).....	91
Tabla 11. Codificación de sub-sistemas asociados a la mesa de traslación (REC).	92
Tabla 12. Valoración de factores de criticidad.	94
Tabla 13. Matriz de criticidad.	96
Tabla 14. Calificación de factores de criticidad de la sección de recepción.....	97
Tabla 15.Criticidad de los equipos de la sección de recepción.....	98
Tabla 16. Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de recepción.	105
Tabla 17. Análisis de modo de fallas y efectos. Prensa Hidráulica.	111

LISTA DE FIGURAS.

	Página.
Figura 1. Socios permanentes de PALMARIGUANÍ S.A.	25
Figura 2. Estructura organizacional. Junta directiva y altas directivas.	27
Figura 3. Organigrama Administrativo. Dirección Contable y financiera.	27
Figura 4. Organigrama Planta Extractora. Coordinación logística y de operaciones.	28
Figura 5. Organigrama Agronomía.	28
Figura 6. Administración de plantación.	29
Figura 7. Esquema del concepto de mantenimiento industrial.	32
Figura 8. Evolución del mantenimiento: medios y objetivos.	34
Figura 9. Representación Gráfica de una tarea de mantenimiento correctivo.	36
Figura 10. Representación Gráfica de una tarea de mantenimiento preventivo. ...	38
Figura 11. Diagrama de decisión de plan de mantenimiento basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia.	47
Figura 12. Diagrama de decisión RCM.	51
Figura 13. Aplicabilidad de FMECA y RCM según falla y causa.	52
Figura 14. Diferencia entre RCM y FMECA, en relación con parámetros que usan.	53
Figura 15. Tiempos Activos y fuera de línea.	58
Figura 16. Composición de la fruta de palma.	61
Figura 17. Ciclos de esterilización.	65
Figura 18. Esterilizadores cilíndricos.	66
Figura 19. Tambor desfrutador.	67
Figura 20. Esquema de desfrutación.	68
Figura 21. Planos de un digestor.	69
Figura 22. Digestor de frutos en PALMARIGUANÍ S.A.	70
Figura 23. Prensa hidráulica en PALMARIGUANÍ S.A.	71

Figura 24. Plano de centrifuga de lodo.	73
Figura 25. Proceso de desfibrado.	74
Figura 26. Diagrama de radar, auditoría de mantenimiento.	81
Figura 27. Jerarquización de planta ISO 14224.	85
Figura 28. Formato de ficha técnica propuesto para PALMARIGUANÍ.	100
Figura 29. Hoja de vida propuesta para equipos en PALMARIGUANÍ.	101
Figura 30. Formato de orden de trabajo propuesto para PALMARIGUANÍ.	102
Figura 31. Formato de solicitud labor de mantenimiento.	103
Figura 32. Plan de mantenimiento preventivo. REC-MTR-MTR.	106
Figura 33. Plan de mantenimiento preventivo diario. Motorreductor.	107
Figura 34. Plan de mantenimiento. Semanal y mensual. Motorreductor.	108
Figura 35. Plan de mantenimiento. Anual. Motorreductor.	109
Figura 36. Mantenimiento Preventivo. Cabrestante.	110
Figura 37. Esquema de programación de trabajos.	116
Figura 38. Diagrama de ejecución de trabajos.	119
Figura 39. Tiempos Activos y fuera de línea.	122
Figura 40. Valores de beta.	125

LISTA DE ANEXOS.

Anexo A. Auditoria de Mantenimiento.....	136
Anexo B. Codificación de equipos.	154
Anexo C. Fichas técnicas de los equipos.....	161
Anexo D. Calificación y determinación de la criticidad de los equipos.	183
Anexo E. Estrategias de mantenimiento preventivo.....	196

GLOSARIO.

Agente de Mantenimiento: Sustantivo. son todas aquellas personas y organizaciones designadas dentro de una compañía como las encargadas de ejecutar labores típicas de restauración, prevención de fallas, conservación y mejoramiento de los activos físicos, específicamente máquinas.

FAA: Sustantivo. son las siglas para “Federal Aviation Administration” estadounidense. La administración de aviación federal es el organismo gubernamental de los Estados Unidos de América encargado de administrar, gerenciar, dictaminar normas técnicas y documentos referentes a la operación, diseño, mantenimiento entre otras actividades concernientes a la actividad aeronáutica en ese país.

Falla: Sustantivo. es cualquier evento repentino o previsto en uno o más componentes de un equipo, el cual sucede en detrimento de la funcionalidad, calidad de operación, consumo energético, seguridad operacional y/o ambiental.

FMECA: Sustantivo. es la sigla para Failure Mode Effects and Criticality Analyse. Trad: Análisis de modo de fallas, efectos y criticidad. Es una metodología de análisis de confiabilidad. Según Pascual¹ EL FMECA contempla cada una de las siguientes interrogantes para cada sistema de los equipos:

- ¿Cómo puede fallar el componente?
- ¿Cuáles son las consecuencias de dichas fallas?
- ¿Cuál es la criticidad de dichas fallas?
- ¿Cómo puede detectarse la falla?
- ¿Cuáles son las salvaguardias contra la falla?

¹ **Pascual, Rodrigo.** Gestión moderna del mantenimiento. Universidad de Chile. P.25.

Kaizen: Sustantivo. es una palabra de origen japonés usada para denotar la existencia de una cultura de autodesarrollo continuo en cada individuo de una sociedad o empresa.

Palma de aceite: Sustantivo. la planta *Elaeis guinee* es una palma originaria de África cuyo fruto de forma almendrada contiene aceite útil para diversos procesos de producción de múltiples elementos de consumo humano.

Planta de beneficio: Sustantivo. organización industrial diseñada y construida con el propósito de extraer aceite a partir de la fruta de la palma de aceite y/o de la nuez de la fruta.

Racimo de Fruta Fresca (RFF): Sustantivo. materia prima del proceso de beneficio de aceite de palma. La fruta de palma se da en la planta en forma de racimos los cuales son cortados completos para su transporte a la planta.

RESUMEN.

TÍTULO: Elaboración del plan de mantenimiento mediante el seguimiento de indicadores para la planta de extracción de aceite de palma Palmariguaní S.A*.

AUTOR (ES): YIHTZHAK SHAMIR LACOMBE BARRAZA, ORNEL JESÚS OSORIO JIMÉNEZ**.

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite, Extracción, Plan de mantenimiento, Información de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: El objetivo de este proyecto es generar, a modo de propuesta, la documentación técnica, el plan de mantenimiento y la estrategia de seguimiento de indicadores de mantenimiento para la planta de extracción de aceite PALMARIGUANÍ S.A. como herramientas de gestión dispuestas para el crecimiento sostenible de la compañía.

Para lograr dicha meta el documento comienza haciendo una descripción de la planta extractora, en cuanto a sus componentes técnicos empresariales: visión, misión, objetivos, estructura organizacional, valores corporativos, etcétera. Se desarrolló también una revisión de las secciones que componen la planta y sus procesos relativos dentro del proceso de extracción. También se desarrolla un diagnóstico exhaustivo del departamento de mantenimiento para visualizar con mayor certeza la situación actual de ese proceso dentro de la organización. Se incluyó para el ordenamiento jerárquico de los equipos, la aplicación de la norma ISO 14224, la cual mejora la comprensión de la importancia de las máquinas dentro del proceso.

Se hizo pertinente incluir un estudio de criticidad de las máquinas y decidir así la estrategia de mantenimiento que debería aplicarse sobre cada una de ellas.

Por último, pero no menos importante se muestra una propuesta clara para la documentación técnica a desarrollar a cada máquina y sistema, así como también un análisis de los efectos y modos de fallas de los equipos críticos y la política de seguimiento de indicadores de costos, personal, documentación de fallas, entre otros.

* Trabajo de grado. Monografía como opción de grado de Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías. Universidad Industrial de Santander –UIS- Colombia. Director: Carlos Tamayo.

ABSTRACT.

TITLE: Elaboration of the maintenance plan through the follow-up of indicators for the palm oil extraction plant of Palmariguaní S.A*.

AUTHOR (S): YIHTZHAK SHAMIR LACOMBE BARRAZA. ORNEL JESÚS OSORIO JIMÉNEZ**.

KEYWORDS: Palm oil, extraction, Maintenance plan, Maintenance information.

DESCRIPTION: The objective of this project is to generate, as a proposal, the technical documentation, the maintenance plan and the monitoring strategy of maintenance indicators for the oil extraction plant PALMARIGUANÍ S.A. as a management tools package available for the company's sustainable growth.

To achieve this goal, the document begins by describing the extraction plant, in terms of its technical business components: vision, mission, objectives, organizational structure, corporate values and so on. A review of the sections that make up the plant and its relative processes within the extraction process was also developed. An exhaustive diagnosis of the maintenance department is also developed to visualize with greater certainty the current situation of this process within the organization. The application of the ISO 14224 standard, which improves the understanding of the importance of the machines within the process, was included for the hierarchical ordering of the equipment.

It became pertinent to include a criticality study of the machines and decide on the maintenance strategy that should be applied to each of them.

Last but not least, there is a clear proposal for the technical documentation to be developed for each machine and system, as well as an analysis of the effects and failure modes of the critical equipment and the cost indicator tracking policy, personnel, documentation of failures, among others.

* Degree work. Monograph as option of Specialization degree in Maintenance Management.

** Faculty of physical-mechanical engineering. School of engineering. Industrial University of Santander -UIS- Colombia. Director: Carlos Tamayo.

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo escrito se refiere a la industria de la extracción de aceite de palma y de manera más específica a los planes de mantenimiento que aplican a los sistemas eléctricos, mecánicos, electromecánicos, etcétera (planta de extracción) con que se desarrolla dicha actividad. La extracción de aceite de palma africana referida en este trabajo, es un procedimiento de carácter industrial en el cual se obtiene aceite crudo del fruto de la planta *Elaeis guineensis* y otras de la familia, gracias al accionar consecutivo de diversos dispositivos térmicos, mecánicos, hidráulicos, eléctricos, entre otros.

La maquinaria presente en las plantas de beneficio es susceptible a fallos, desgastes, desperfectos, desalineaciones, desajustes entre otros problemas de índole técnico. La planta de extracción de aceite de PALMARIGUANÍ S.A. no es ajena a que dichas situaciones adversas se presenten en sus activos. Estas anomalías deben ser corregidas, prevenidas o mejor aún, su probabilidad de aparición debe eliminarse. Un equipo puede averiarse por el uso normal que conlleva al desgaste, también por prácticas abusivas por fuera de sus parámetros, las cuales traen daños prematuros e imprevistos, también por la instalación de los mismos en ambientes hostiles que aceleran la aparición de fallas, o por malas prácticas de mantenimiento, entre otros factores.

Este trabajo incluye a modo de propuesta un extenso plan de mantenimiento que contribuya a la gerencia de esta empresa a determinar factores como la regularidad de las intervenciones de mantenimiento, criticidad de los equipos, técnicas de mantenimiento, entre otras, todo esto con el propósito de crear una cultura organizacional al interior de la empresa que se mueva también en pro de la conservación de los activos y de la reducción de los costos de mantenimiento.

También se debe mencionar la intención de los autores en aplicar a un caso real muchos de los conceptos y técnicas estudiadas a lo largo de la especialización en gerencia de mantenimiento.

Para lograr la construcción de la presente obra, se llevaron a cabo visitas técnicas a la planta física de PALMARIGUANÍ S.A. en donde se hicieron observaciones sobre posicionamiento de máquinas, estado de las mismas, situación documental de los equipos, entre otros datos concernientes a las máquinas. También se llevaron a cabo entrevistas con el personal técnico y gerencial de la compañía para lograr una visión más particular de las necesidades técnicas de la organización. Se recurrió también a la literatura presente en organizaciones pertinentes como FEDEPALMA y CENIPALMA, las cuales proveyeron material técnico de gran utilidad a la hora de establecer procedimientos certeros de mantenimiento. Por último, pero no menos importante, se debe destacar la gran cantidad de material académico y de literatura de ingeniería de mantenimiento presentes en las bases de datos virtuales de la Universidad Industrial de Santander que están disponibles para los estudiantes y que cumplieron un destacado papel de soporte técnico-científico para la presente obra.

1. JUSTIFICACIÓN.

En la planta extractora de aceite de PALMARIGUANÍ S.A. el tiempo perdido en producción por paradas no programadas debido a las actividades de mantenimiento correctivos es de 3.866,29 horas, teniendo en cuenta que PALMARIGUANÍ tiene una capacidad real de producción de 10 ton/h, se calcula que se estaría dejando de producir 38.662 ton de RFF (Racimo de Fruta Fresca) cada 8 meses. Un plan de mantenimiento eficaz reduciría idealmente de un 71.57% a 20% las actividades destinadas a mantenimiento correctivo del total de las actividades de mantenimiento, lo que implicaría un aumento de producción de 30.300 ton RFF.

La planeación como eje fundamental del mantenimiento no solo permite programar las intervenciones si no que reduce sustancialmente el costo del mantenimiento y protege los equipos de daños en cadena, garantizando así una alta disponibilidad y un mejoramiento de la producción.

En la planta PALMARIGUANÍ no solo se llevaría una disminución de los costos de mantenimiento y de pérdidas de producción por paradas de planta si no que permite además presupuestar las labores de mantenimiento del siguiente periodo. Con el establecimiento de indicadores de gestión se permitirá obtener un diagnóstico certero bajos cifras concretas que permitan enfocar las mejoras en problemas puntuales.

Con la elaboración del plan de mantenimiento se busca garantizar una mayor disponibilidad de los equipos y disminuir las paradas de producción debidos a los fallos en equipos críticos, al mismo tiempo que establecer unos procesos mínimos para el correcto control y seguimiento de la ejecución del plan.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo General.

Elaborar el plan mantenimiento de la planta de extracción de aceite PALMARIGUANÍ con procedimientos e indicadores de gestión, garantizando una disponibilidad de equipos adecuada para la demanda de producción requerida.

2.2 Objetivos específicos.

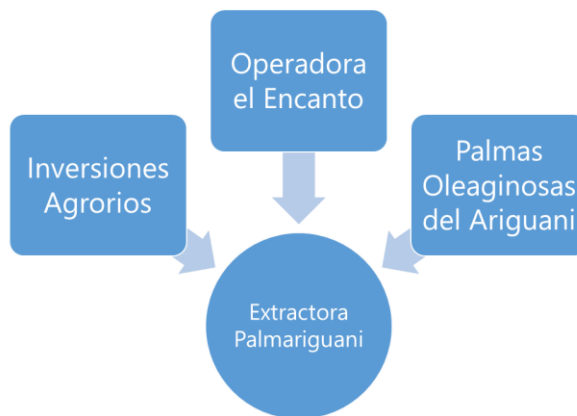
- Identificar y registrar los equipos utilizados en la planta de extracción.
- Clasificar los equipos de acuerdo a su criticidad.
- Identificar sus modos de fallas y efectos.
- Definir actividades de mantenimiento que contribuyan a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Definir los procedimientos de mantenimientos e indicadores de operatividad y gestión.

3. LA EXTRACTORA DE ACEITE PALMARIGUANÍ S.A.

3.1 Objeto social y económico de la empresa.

EXTRACTORA PALMARIGUANI S.A es una empresa dedicada a la extracción y comercialización del aceite crudo de palma y la nuez. Apoyada en sus proveedores de fruta dentro de los que se encuentran INVERSIONES AGRORIOS S.A y PALMAS OLEAGINOSAS DEL ARIGUANI S.A. entre otras.

Figura 1. Socios permanentes de PALMARIGUANÍ S.A.



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. *Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A. 2017 p.3*

La ubicación de la planta extractora a la que se refiere este documento es el Kilómetro 7 en la vía que de Bosconia (César) conduce al municipio de Plato Magdalena).

3.2 Misión empresarial.

Somos una empresa dedicada a la explotación y comercialización agrícola sostenible de la palma de aceite, y prestación del servicio de asistencia técnica integral, con lo cual generamos: Valor para nuestros accionistas y socios comerciales, Calidad en todos nuestros productos y servicios, Desarrollo económico y Social para todas las comunidades vinculadas con nuestra empresa.

Oportunidades de crecimiento y desarrollo para todo nuestro personal. Por medio de: Crecimiento dinámico, Excelencia operacional, y Desarrollo del talento humano.

3.3 Visión empresarial.

Extractora PALMARIGUANÍ S.A. será para el año 2020, una empresa reconocida a nivel nacional dentro del sector agrícola, en la explotación y comercialización de palma de aceite, y en la prestación del servicio de asistencia técnica integral por medio su crecimiento dinámico, excelencia operacional y desarrollo del talento humano.

3.4 Valores corporativos.

RESPECTO: Es el reconocimiento del valor propio y de los derechos de los individuos y de la sociedad.

RESPONSABILIDAD: Es reconocer la importancia de nuestros aportes a la organización y asumir las consecuencias de nuestros actos.

HONESTIDAD: Es concientizarnos en actuar y expresarnos con coherencia y sinceridad.

LEALTAD: Es dar lo mejor de nosotros en el desempeño de nuestras funciones.

COMPROMISO: Es la disposición para asumir como propios los objetivos estratégicos de nuestra organización.

INTEGRIDAD: Es comportarse de manera consistente con nuestros valores y creencias. Es ser abierto, honesto y hablar siempre con la verdad. Ser coherente entre lo que “se dice y se hace”.

3.5 Estructura organizacional.

A continuación, se muestran los organigramas correspondientes a las diversas secciones de la compañía:

Figura 2. Estructura organizacional. Junta directiva y altas directivas.



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. *Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A. 2017 p.10*

Figura 3. Organigrama Administrativo. Dirección Contable y financiera.



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. *Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A. 2017 p.11*

Figura 4. Organigrama Planta Extractora. Coordinación logística y de operaciones.

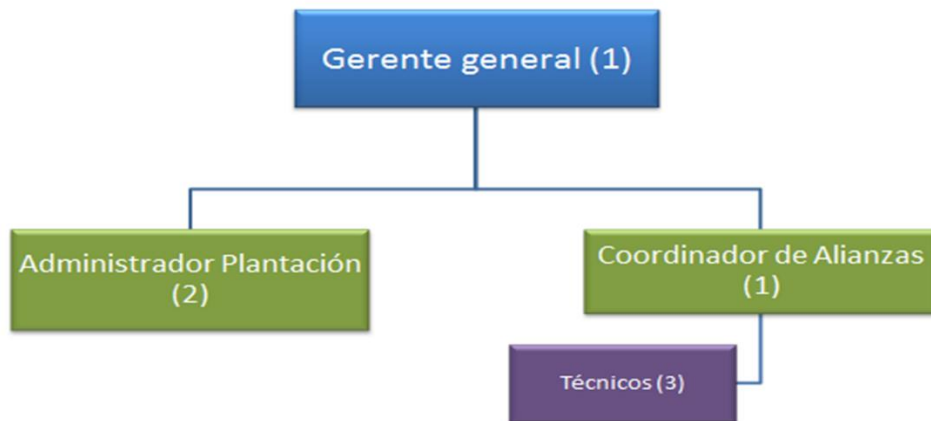
Organigrama Planta Extractora



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A. 2017 p.12

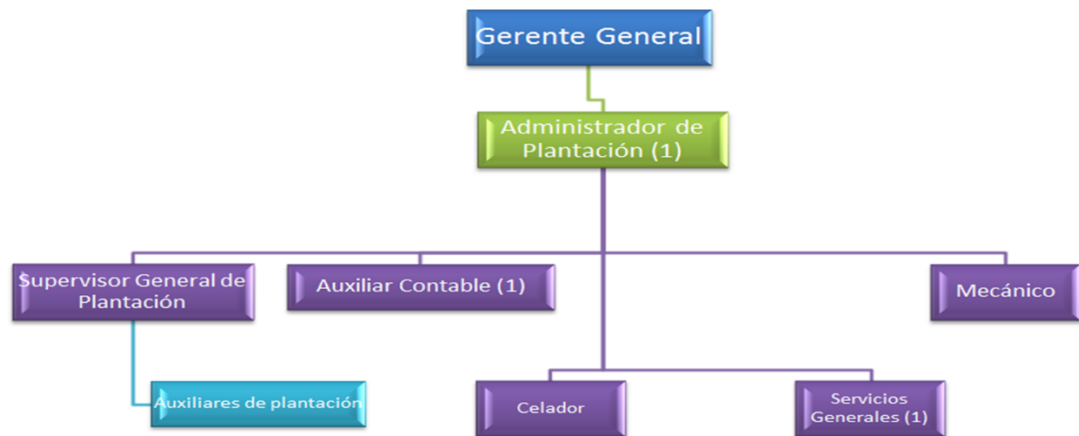
Figura 5. Organigrama Agronomía.

Organigrama Agronomía



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A. 2017 p.13

Figura 6. Administración de plantación.



Fuente: PALMARIGUANÍ S.A. *Programa de inducción y re-inducción a la organización PALMARIGUANÍ S.A.* 2017 p.14.

3.6 Objetivos de calidad.

Garantizar el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes con la mejora de la calidad de la fruta, resultado de la Asistencia Técnica Integral. -Garantizar la satisfacción de nuestros clientes del servicio de Asistencia Técnica incrementando su productividad. -Ofrecer productos y servicios que cumplan las especificaciones del cliente. -Crear una cultura orientada hacia la mejora continua de los procesos. - Contar con personal competente para el desarrollo de nuestros procesos.

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

4.1 El concepto de mantenimiento.

Según Knezevic², el *proceso de mantenimiento* se define como: “como todas aquellas tareas que realiza el usuario para conservar el elemento o sistema en el estado SoFu (*State of Function* o estado de funcionamiento), o recuperarlo a ese estado”.

Por su parte, Medrano³ y otros definen al *mantenimiento* de la siguiente manera: “Toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable”. Con intención de dar definición y siendo también contemplado por Medrano dentro de su obra, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) se anima a dar la siguiente definición para *mantenimiento*: “Control constante de las instalaciones y conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para asegurar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las plantas productivas, de sus servicios e instalaciones”. (Figura 7).

Con el propósito de realizar una síntesis del concepto de mantenimiento, es posible definirlo de manera integral como: “Todas las actividades necesarias, que realiza un agente de mantenimiento, con el propósito de conservar y/o recuperar y/o mejorar las propiedades físicas originales de funcionamiento de un sistema o cualquiera de sus elementos conformantes a un costo razonable”.

Dentro de esa definición se puede observar que los propósitos de las actividades de mantenimiento son diversos, es posible por ejemplo *recuperar* la función de un equipo después de una falla, mediante al así llamado *mantenimiento correctivo*.

² Knezevic, Jezdimir. 1996. *Mantenimiento*. Madrid : Isdefe, 1996. p.19.

³ Medrano, José y González, Víctor y Díaz, Vicente. *Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2017. p.7.

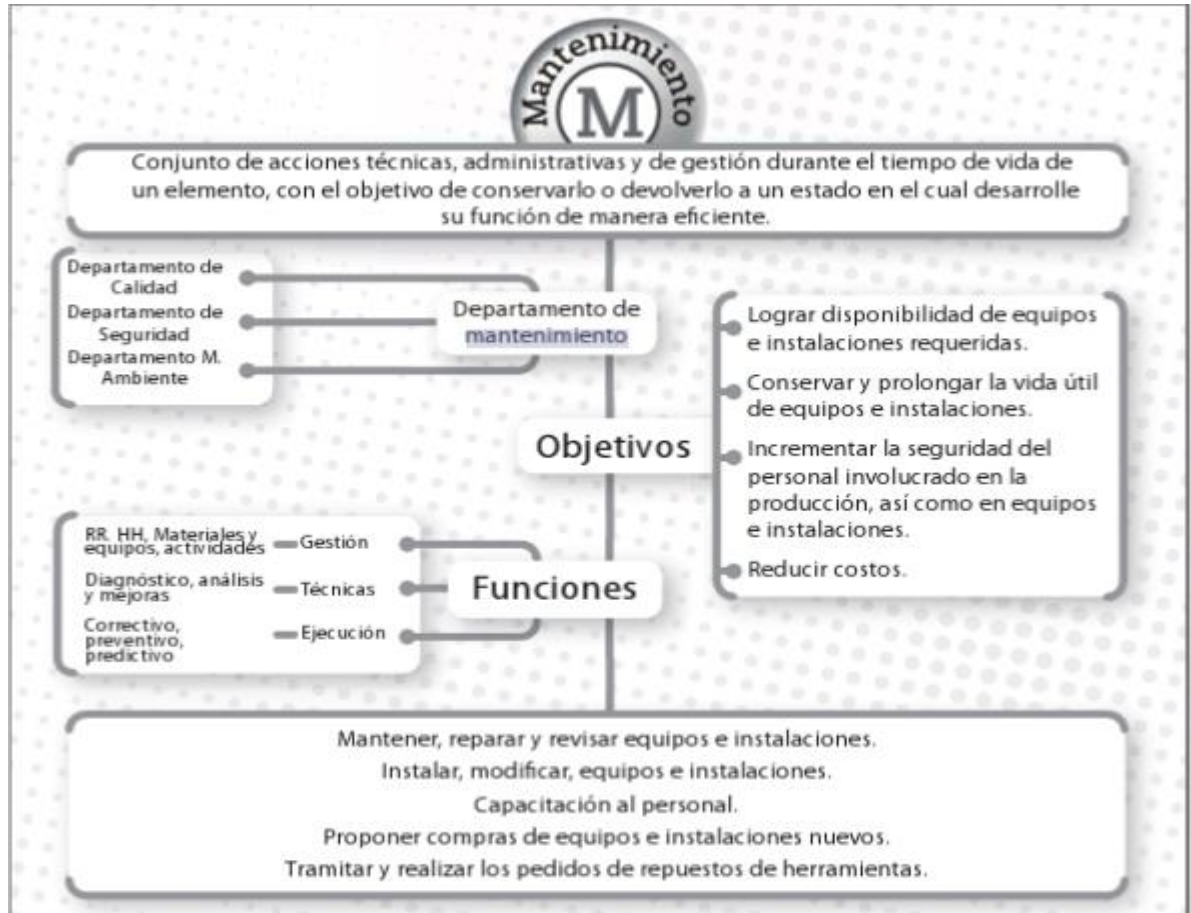
También es posible *conservar* la función de un equipo: para que este no presente fallas imprevistas, se puede intervenir con cierta regularidad planeada y de extensiones limitadas mediante actividades de *mantenimiento preventivo* y/o *mantenimiento predictivo*.

Algunas industrias como la aviación por su parte reconocen inclusive la necesidad de “corregir condiciones inseguras en un producto”, estas condiciones inseguras muchas veces provienen desde la fase de diseño y producción de los fabricantes de aeronaves, por lo que corregir dichas condiciones eleva a la máquina hacia un estado de seguridad superior a aquel en que fue diseñada y producida originalmente.

Para tal efecto, agencias gubernamentales como la Agencia de Aviación Federal (FAA Por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América, emiten, cuando es necesario, las así llamadas *directivas de aeronavegabilidad*, las cuales son según la misma agencia⁴: “legally enforceable regulations issued by the FAA in accordance with 14 CFR part 39 to correct an unsafe condition in a product. Part 39 defines a product as an aircraft, engine, propeller, or appliance.” Gracias a este ejemplo y otros presentes en el universo del mantenimiento, es posible hablar del Mantenimiento de mejoras.

⁴ **Federal Aviation Administration.** [Sitio Web]. Airworthiness Directives (Ads). (Recuperado en 15 de Enero de 2018). Disponible en: https://www.faa.gov/regulations_policies/airworthiness_directives.

Figura 7. Esquema del concepto de mantenimiento industrial.



FUENTE: MEDRANO MÁRQUEZ, José Ángel, González Ajuech, Víctor Levi y Díaz de León Santiago, Vicente Miguel. 2017. *Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales*. p.7.

4.2 Generalidades históricas del mantenimiento.

Según Mora⁵: “La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo”. Desde esta definición es posible construir toda una estructura organizacional para la división de mantenimiento -y su inclusión en el organigrama general- de las empresas de carácter industrial que bien dependan de la operación de máquinas para sus procesos.

⁵ **Mora, Alberto.** *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. México : Alfaomega, 2009. p.3.

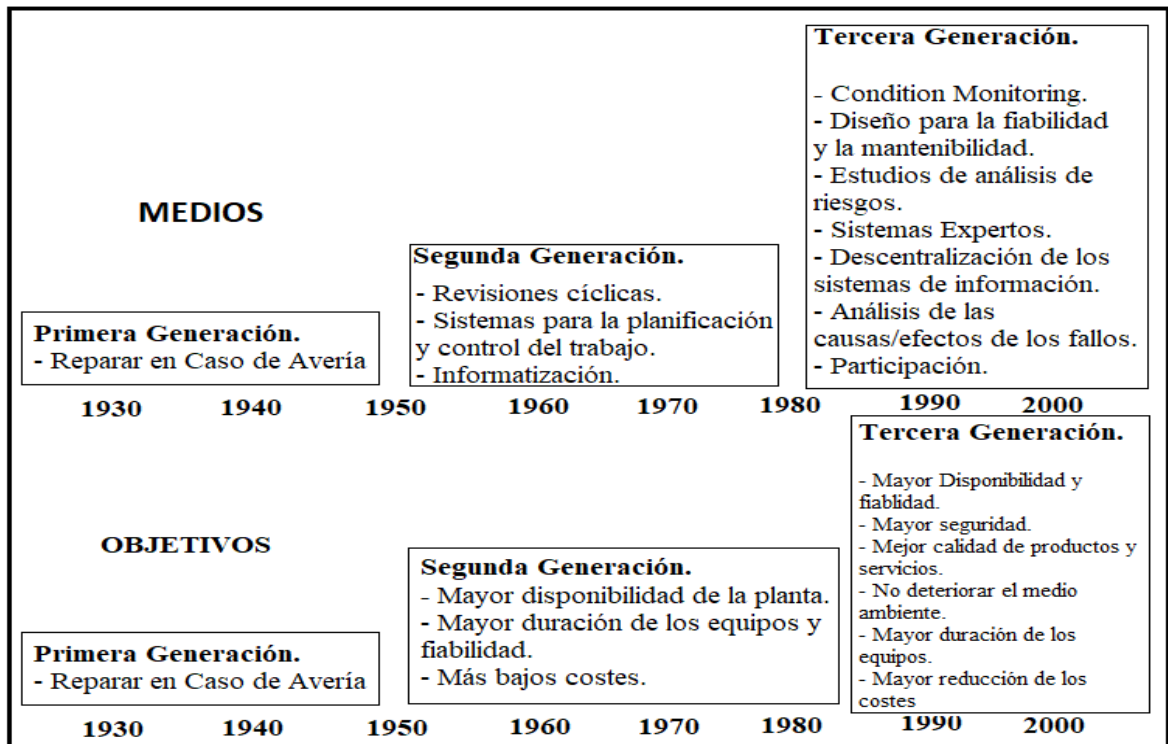
Teniendo en cuenta que si una organización posee varias máquinas con funciones y operación distintas y que cada una de ellas presentan diferentes necesidades de mantenimiento, en tiempos de ejecución y duración distintos, se podrá llegar a la observación que: si es deseado –o de manera aún más comprometedor: necesidad- de una empresa mantener ritmos de producción constantes y confiables, entonces no solo deberá procurar tener actualizadas sus adquisiciones en cuanto a materias primas, personal administrativo y operativo, créditos, etcétera, sino que también deberá incluir en sus previsiones las necesidades de la división de mantenimiento: personal capacitado, alianzas con proveedores, herramientas, infraestructura, manuales, energía, presupuestos, léase: deberá desarrollar un organigrama y un plan de mantenimiento.

Basados en González⁶, el hábito de desarrollar y mantener en constante actualización a los planes de mantenimiento al interior de las organizaciones proviene a partir del instante en que la historia del mantenimiento evolucionó desde sistemas organizados alrededor de la reacción ante las emergencias - mantenimiento correctivo-, dado principalmente desde la revolución industrial inglesa hasta mediados de 1940, hacia formas más complejas y ordenadas de gestión de las actividades de mantenimiento que buscaban como principal objetivo el aumento sustancial de la disponibilidad de las plantas. (Figura 8).

Para lograr dicho objetivo aparecieron a finales de 1940, motivados entre otras cosas por la disponibilidad que requirió la alta producción bélico-militar típica de la segunda guerra mundial, conceptos como las revisiones cíclicas, los sistemas para la planificación y control del trabajo y los primeros sistemas de informatización de los trabajos de mantenimiento.

⁶ **González Fernández , Francisco Javier.** *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2005. p.30.

Figura 8. Evolución del mantenimiento: medios y objetivos.



Fuente: GONZÁLEZ, Javier. Teoría y Práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundación CONFEMETAL, 2005. p.30.

Posterior a estos desarrollos, la planificación del mantenimiento logró nuevos vínculos en la década de los setentas, los planificadores y ejecutores del mantenimiento industrial ahora tenían de aliados a las industrias del software y la automatización, aparecieron en la escena empresarial programas para computadora que ayudaban a la gestión de órdenes de mantenimiento, seguimiento de los procesos de calidad, gestión de inventarios, control de costos, todo un abanico de opciones al servicio de la industria.

Por su parte la automatización contribuyó a la gestión de mantenimiento cuando los controladores lógicos programables fueron capaces de almacenar datos de los parámetros de funcionamiento de las máquinas al cual estaban asociados, de modo

tal que se pudo crear registros de fallas con fecha y hora exactas asociadas a su respectiva variable (presión, temperatura, posición, velocidad, etcétera).

Finalmente, y habiendo llegado hasta el tiempo presente, las labores de mantenimiento han logrado transformarse en un pilar del crecimiento sostenible de las empresas de carácter industrial. Hoy se habla de las labores de mantenimiento usando términos como: Mantenimiento Total Productivo (TPM por sus siglas en inglés) en donde todas las partes de las organizaciones que acogen dicha metodología están comprometidas con el cuidado y buena operación de los activos.

Se puede por tanto observar que el mundo industrial se encuentra en una nueva era en donde según Díaz⁷: “El mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos”.

4.3 El mantenimiento correctivo.

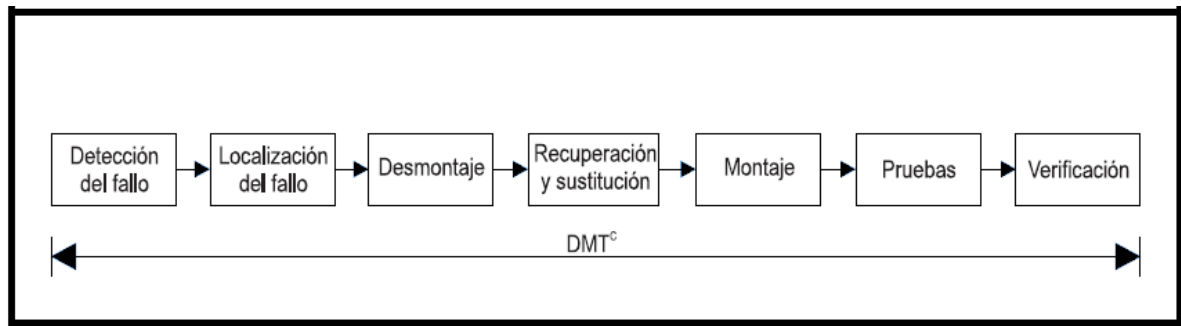
Las tareas de mantenimiento correctivo (corrective tasks, CRT) son las tareas que se realizan con la intención de recuperar la funcionabilidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades:

- Detección del fallo.
- Localización del fallo.
- Desmontaje.
- Recuperación o Sustitución.
- Montaje.
- Pruebas verificación.

⁷ Díaz, Juan. 2004. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. 2004. p.3.

En la figura 9, se muestra la duración de la tarea de mantenimiento (DMT) correctivo, la cual representa el tiempo transcurrido necesario para concluir con éxito la tarea de mantenimiento correctivo⁸.

Figura 9. Representación Gráfica de una tarea de mantenimiento correctivo.



Fuente: KNEZEVIC, Jezdimir. 1996. *Mantenimiento*. Madrid : Isdefe, 1996. p. 52.

Sánchez⁹ y otros se apresuran a hacer una cierta diferenciación poco divulgada dentro del concepto de mantenimiento correctivo y que por lo general pasa desapercibida, los autores resaltan el hecho que el mantenimiento correctivo no solo devuelve la funcionalidad a las máquinas mediante intervenciones de emergencia, hasta ahí el mantenimiento tiene el nombre de *mantenimiento ante fallo*, sino que también los agentes de mantenimiento deberán descubrir, diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo.

⁸ Knezevic, Jezdimir. *Op. Cit.*, p. 53.

⁹ Sánchez, Francisco T. *et al.* *Mantenimiento mecánico de máquinas*. 2ª Ed. Valencia: Universitat Jaume I. 2007. p. 12

4.4 El mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es la supervisión planificada, constante, regular y proyectada, así como la distribución de labores previstas como ineludibles, que se realizan en todas las instalaciones, máquinas o equipos, con la finalidad de reducir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua¹⁰. Ver Figura 10.

En general el mantenimiento preventivo está estructurado para prevenir la aparición de fallas y así disminuir la tasa de depreciación excesiva por daños en las máquinas. Para que el mantenimiento preventivo sea efectivo financieramente, se deberá hacer mediciones precisas de la vida útil de los elementos de modo tal que estos no sean remplazados antes de la culminación efectiva de los mismos.

La ventaja de este método frente al mantenimiento correctivo, es que la planificación del mantenimiento es más sencilla, produciéndose un menor número de imprevistos, y paradas no programadas de producción. Además reduce la necesidad de almacenamiento de repuestos, ajustando la adquisición de los mismos a los períodos planificados de inspección¹¹. Este tipo de mantenimiento es recomendable para programas de cambio de elementos cuyo tiempo de vida útil está bastante bien determinado como filtros, bujías, empaques, correas, entre otras.

¹⁰ **Medrano, José.** *Op. Cit, p.66.*

¹¹ **Sánchez, Francisco T.** *Op. Cit. p. 12.*

Según Díaz¹², el mantenimiento preventivo presenta las siguientes ventajas y desventajas:

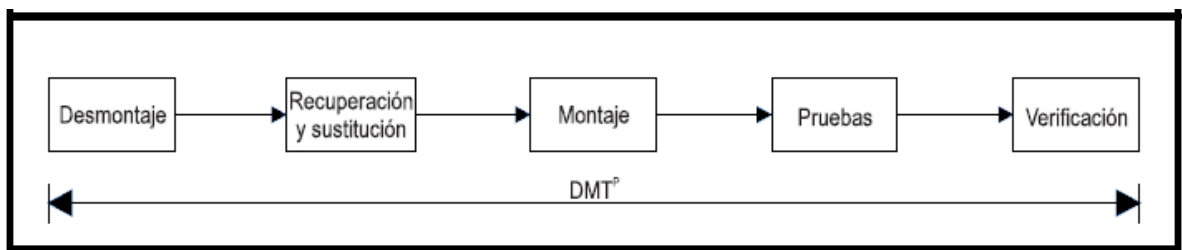
Ventajas:

- Determinación óptima del tiempo par realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

Desventajas:

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.
- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Figura 10. Representación Gráfica de una tarea de mantenimiento preventivo.



Fuente: KNEZEVIC, Jezdimir. 1996. *Mantenimiento*. Madrid : Isdefe, 1996. p. 53.

¹² Díaz, Juan. .Op, Cit. . p.10.

4.5 El mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué período de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente, para que esa avería no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos¹³.

Las acciones preventivas se basan en analizar periódicamente el estado de los elementos de las máquinas, para planear de una forma lógica las tareas proactivas. Su gran ventaja consiste en que permite organizar las actividades en forma anticipada, con lo cual se optimizan los recursos.

Para Medrano¹⁴ algunas de las ventajas más destacadas de este método son:

- Los períodos de vida de las piezas pueden agotarse al máximo, disminuyendo el número de intervenciones y evitando los fallos inesperados.
- Se reduce la necesidad de almacenamiento de piezas, pues la que haya de sustituirse pueden adquirirse con la suficiente antelación.
- La inspección con técnicas adecuadas permite detectar el origen de los problemas de las máquinas y no solo sus síntomas y, además, sin necesidad de parar su funcionamiento.
- La información histórica sobre la evolución de los parámetros permite un mejor conocimiento de las máquinas, de su funcionamiento y de sus modos de fallo.

¹³ **Mora, Alberto.** *Op. Cit.* p.433.

¹⁴ **Medrano, José.** *Op. Cit.* p.14.

Sin embargo, también presenta algunas desventajas, a mencionar:

- La necesidad de una mayor información del personal en las diferentes técnicas de inspección y en la interpretación de los valores de los parámetros obtenidos, de forma que se evite la aparición de fallos o la realización de paradas innecesarias como consecuencia de una mala interpretación de los parámetros.
- La inversión necesaria en diferentes equipos de medida y registros de parámetros y en la elaboración de una base de datos adecuada.

4.6 Las cinco eses.

Según Lefcovich¹⁵ la forma más factible de cubrir las necesidades de: generación de auto-respeto mediante la higiene, la limpieza y el orden tanto personal como del lugar de trabajo, de los empleados de una compañía es mediante la implementación de una cultura organizacional basada en un programa de “cinco eses”.

Para funcionar, un programa de cinco eses debe ser socializado entre los trabajadores constantemente mediante entrenamientos, momentos de aprendizaje, comunicación mutua de los valores de orden y limpieza, seguimiento y verificación de resultados. Con esto se busca encaminar a la organización hacia un punto en donde la motivación y la auto-estima del personal se vean siempre reforzadas, al mejorar el ambiente laboral o entorno de trabajo, aumentarán también la seguridad de la planta, la calidad de vida laboral, y de manera verificable la productividad y la calidad de los trabajos.

El nombre de esta metodología, se debe a las iniciales de cinco palabras japonesas que surgieron de la cultura empresarial Kaizen (o de mejora continua) del país Nipón: Seiri, Seitón, Seiso, Seiketsu y Shitsuke son los valores, que mediante

¹⁵ **Lefcovich, Mauricio.** La nueva dimensión humana en la organización. El Cid Editor. 2009. p.11

comportamientos o acciones concretas moldean en los trabajadores una nueva manera de relacionarse con el entorno laboral.

Para Lefcovich¹⁶ cada una de esas palabras puede entenderse de la siguiente manera:

4.6.1 Seiri o la acción de separar. Un ambiente industrial o empresarial inundado de cosas inútiles redundará en pérdidas de energía por parte del personal presente en la planta. Esta situación se materializa en un comportamiento en donde los trabajadores deben constantemente buscar lo que requieren para hacer su trabajo, en medio de un océano de cosas sin función alguna dentro de la organización.

Para evitar esta pérdida de energía y de tiempo, las empresas deben tomar acciones tendientes a empoderar a los trabajadores para que estos tengan la capacidad de decidir qué cosas son útiles para su desempeño óptimo y cuáles por el contrario representan un estorbo para su accionar normal. El mal hábito de guardar cosas inútiles representa una carga para la compañía ya que estos elementos obstaculizan el paso, entorpecen la visión del lugar, pueden convertirse en hogar de plagas o incluso generar accidentes laborales.

Si una compañía decide implementar un programa de 5S, podrá observar como gracias a la eliminación de elementos inútiles la productividad aumentará, ya que los técnicos de mantenimiento, por dar un ejemplo, no tendrán que buscar las herramientas necesarias para su trabajo en medio de un cúmulo de basura, materias primas y cosas guardadas inútilmente. Esta eliminación de tiempos muertos se traduce en un aumento en la velocidad de las operaciones, comparadas a aquellas organizaciones que permiten la mezcla de cosas necesarias con elementos descartables.

¹⁶ **Lefcovich, Mauricio.** Las 5 S Plus. El Cid Editor. 2009. p.4

Para implementar un programa de separación, se debe entrenar al personal en temas relacionados a la toma de decisión sobre lo que es útil y lo inútil. Se pueden usar por ejemplo el reconocimiento de la duplicidad de la información: si a las manos del trabajador llega un documento, el trabajador deberá tener la capacidad de ir al archivo y corroborar si dicho papel se encuentra o no ya disponible y en caso de estarlo, el trabajador simplemente puede destruir la nueva copia que le ha llegado, luego de revisar que no sea una actualización o que contenga información adicional. No hay necesidad de guardar 2 o 3 veces el mismo papel, ni todos los papeles que llegan a la organización, por ejemplo: catálogos promocionales.

4.6.2 Seiton o la acción de organizar. Es importante para un ambiente empresarial que las herramientas, manuales, documentos, muebles, y todos los elementos tengan un lugar reconocible por todos los empleados como propio de cada objeto. La premisa detrás de la filosofía “Seiton” es que a cada elemento se le debe asignar un lugar y a no ser que se estén usando, dichos elementos deben permanecer en sus lugares.

Los elementos deben organizarse de manera lógica y asociados según sus características, uso y considerando los tiempos de desplazamientos que se generan entre el lugar en el que el trabajador usa los elementos y el lugar donde están ubicados, no es buena idea por lo tanto ubicar el cuarto de insumos de oficina lejos de las oficinas, ya que genera tiempos muertos de producción, tampoco lo será ubicar las herramientas típicas del mantenimiento industrial en el mismo lugar de los insumos de oficina ya que estos no guardan relación lógica entre sí y la presencia de los unos puede dañar a los otros.

Implementar una filosofía de trabajo “Seiton” logrará al igual que el “Seiri” un aumento apreciable en la velocidad de producción, ya que los trabajadores se moverán de manera lógica hacia los sitios de suministros de los elementos que

necesiten para cumplir con sus labores, en vez de buscar de manera azarosa las cosas que necesiten. También dará al ambiente laboral mayor seguridad, ya que no existirán, por ejemplo, elementos abandonados en el suelo que puedan generar accidentes, ni tampoco herramientas abandonadas cerca de las máquinas que puedan crear trabas accidentales en los mecanismos.

4.6.3 Seiso o la acción de limpiar. La filosofía “Seiso” significa limpiar y mantener limpio a los espacios de la empresa: pisos, paredes, escaleras, pasamanos, puertas y ventanas, baños y sanitarios, las oficinas deben permanecer impecables y hacerlas impecables cuando no lo estén, los muebles y escritorios libres de polvo y motas, las esquinas de las habitaciones libres de telarañas y suciedades. Un ambiente limpio, desinfectado, agradable a la vista, siempre logra un efecto motivador en el personal de la empresa.

Por otro lado, una cultura de limpiar y mantener limpias a las máquinas presentes en un ambiente industrial es de gran ayuda al departamento de mantenimiento, ya que muchas veces las fallas empiezan por vibraciones debidas a acumulación de suciedad en partes móviles, esas suciedades impiden el correcto deslizamiento de algunas piezas sobre otras, creando así desajustes y desgastes prematuros. Un ambiente industrial sucio también genera el ocultamiento de situaciones potencialmente peligrosas tanto para la seguridad e higiene laboral de los trabajadores como para la integridad de las máquinas.

Se puede ilustrar esa situación mediante la escena de un ducto que conduce un fluido a alta presión peligroso para la salud humana o para el medio ambiente y cuyo avanzado estado de suciedad impide ver que se han formado uno o más puntos de corrosión o grietas en las paredes del ducto. Se hace imperativo en muchas industrias que los activos sean limpiados y permanezcan limpios.

4.6.4 Seiketsu o la acción de estandarizar. Una vez que el personal trabajador de la compañía ha comprendido la importancia de eliminar lo inútil y de mantener las cosas ordenadas y limpias, se hace necesario establecer métodos para darle continuidad a esos comportamientos. Para ilustrar las maneras en que se puede estandarizar el orden y la limpieza cabe mencionar, a modo de ejemplo a los siguientes procedimientos:

- Delimitar mediante rectángulos pintados en el piso el espacio dedicado a ubicar las cajas de herramientas de los técnicos de mantenimiento, si al final de una jornada de mantenimiento se observase un rectángulo vacío se podrá intuir que una caja de herramientas quedó mal ubicada en algún punto de la fábrica. Si además se marca los espacios rectangulares con el nombre del propietario del espacio, será posible saber quién ha incumplido el ordenamiento.
- Desarrollar inspecciones visuales diarias por el estado de orden y limpieza de la planta. Esta acción puede que no tome más de una hora y en cambio puede evitar accidentes laborales por eliminación de derrames de aceite en el piso o levantamiento de objetos abandonados.
- Realizar de manera regular charlas informativas con el personal de planta, sobre la importancia de mantener limpios, ordenados y libres de elementos inútiles a los espacios de la empresa. También es válido instalar vallas informativas que le recuerden permanentemente al personal que se deben mantener los espacios limpios y ordenados. El orden y la limpieza deben ser parte de la cultura laboral presente en la planta, es decir algo que se cumple todo el tiempo y no solo en ciertos momentos de la jornada laboral.

4.6.5 Shitsuke o la mejora continua. Shitsuke significa “mantener la disciplina”, es lograr que las personas involucradas en cada proceso operativo de la empresa lleguen a respetar las normas y los estatutos, así como también que sean partícipes de las actividades encaminadas a hacer de la organización un lugar mejor. Shitsuke también implica una cultura donde todos están por conveniencia moral obligados a corregir al que no actúa de la mejor manera.

Para lograr crear un ambiente disciplinado tanto directivos como operarios tienen papeles dentro de la organización. Los directivos deben con su ejemplo mostrar la importancia de las 5S para evitar el cinismo y la hipocresía, designar líderes de implementación de 5S para cada proceso, suministrar recursos para la implementación de 5S, generar espacios educativos dentro del personal¹⁷. Los operarios por su parte deben comprometerse en aprender sobre su papel y compromiso con las 5S dentro de la organización, difundir entre sus compañeros los propósitos de las 5S, respetar y hacer respetar los estándares de las 5S.

4.7 El plan de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento es un documento revisado, aceptado y ejecutado por las partes involucradas en la gestión de activos de una empresa, en el cual han quedado plasmadas las políticas necesarias de atención, inspección, corrección, prevención, predicción, modificaciones, etcétera, que requieren y puedan llegar a requerir los equipos, máquinas y tecnologías presentes en una planta que sean susceptibles a ser mantenidas y/o retornadas a su desempeño normal y/o mejoradas en sus funciones.

Según Knezevic¹⁸: “La función principal del servicio de planificación de trabajos es la planificación y programación, a medio y largo plazo, de la carga de trabajo de

¹⁷ <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/28/las-5-s-%C2%B4s-la-quinta-shitsuke-o-disciplina/>

¹⁸ **Knezevic, Jezdimir.** *Op. Cit.* p.171.

mantenimiento para los encargados de las áreas. Por tanto, el horizonte de planificación puede extenderse desde tan sólo 48 horas hasta un año, y abarcará todos los trabajos, aparte de los aplazados de alta prioridad y del mantenimiento de emergencia.”

Siguiendo el derrotero mostrado por estas definiciones, se puede intuir que los planificadores de mantenimiento deben incluir informaciones amplias y también detalladas sobre los aspectos relativos a las tareas de mantenimiento que ejecutará el personal técnico u operario. Informaciones como: fecha de inicio de labores, materiales consumibles, herramientas ordinarias y especiales, infraestructuras, manuales y planos, disponibilidad de repuestos, asesorías externas, contratación de personal capacitado, deben tenerse en cuenta con la suficiente antelación a la fecha de generación y ejecución de las *órdenes de mantenimiento*.

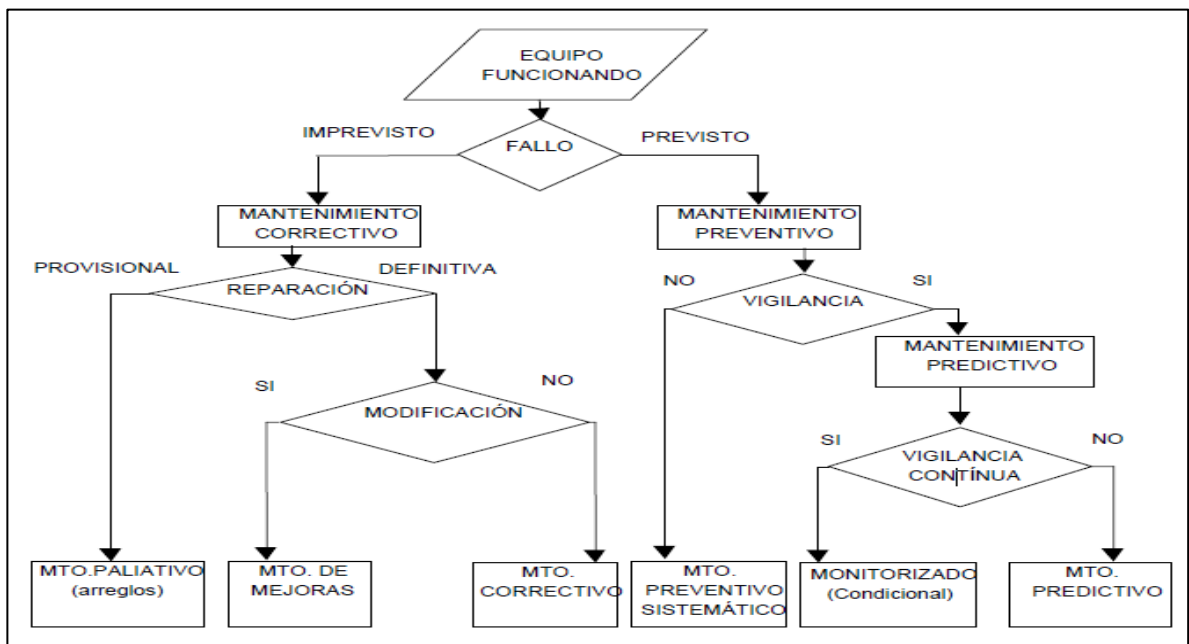
Con el propósito de establecer el plan de mantenimiento requerido por una empresa, el autor Díaz¹⁹ propone una serie de etapas lógicas, a mencionar:

1. Clasificación e identificación de equipos: es un sistema tipo diagrama de árbol en donde se ubican [Procesos], Unidades, equipos, componentes.
2. Recopilación de información: Se refiere a la labor de reunir toda la información concerniente y válida para las labores de mantenimiento:
 - Condiciones de trabajo.
 - Condiciones de diseño.
 - Recomendaciones del fabricante.
 - Condiciones de garantía.
 - Condicionamientos legales.

¹⁹ **Díaz, Juan.** *Op. Cit. p. 33-37*

- Selección de la política de mantenimiento: Es la fase en la que debe escogerse la política de mantenimiento que mejor se adecua a las necesidades de la empresa. Para tal efecto se puede recurrir a diversos gráficos donde se presentan secuencias lógicas. (Figura 11).

Figura 11. Diagrama de decisión de plan de mantenimiento basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia.



Fuente: DÍAZ NAVARRO, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. 2004 P. 34

- Programa de mantenimiento: Una vez que el análisis individual se ha desarrollado se deben agrupar por familias a los equipos para optimizar la mano de obra requerida.
- Guía de mantenimiento correctivo: mediante la experiencia se debe determinar los elementos más susceptibles de fallar dentro de una máquina y establecer también procedimientos de emergencia para casos en que fallen elementos de baja rotación.

6. Organización del mantenimiento: El plan de mantenimiento se completa definiendo la organización necesaria:

- La estructura de recursos humanos, tanto propia como ajena.
- La estructura administrativa.
- El sistema de planificación y programación de trabajos.

4.8 El análisis de criticidad.

Para Medrano²⁰ la criticidad de un equipo o unidad (es decir, su condición crítica) se determina mediante el uso de una matriz de frecuencia por consecuencia de falla. En un eje se representa la frecuencia de las fallas y en el otro, los impactos en que incurrirá la unidad o el equipo de estudio en caso de que ocurra una falla. Dicha matriz posee un código de colores que permite identificar el grado de riesgo relacionado con el valor de criticidad de la instalación, unidad o equipo bajo análisis.

Tabla 1. Código de color utilizado para determinar la criticidad.

Criticidad Baja	Color Verde
Criticidad Media	Color Amarillo
Criticidad Alta	Color Rojo

Fuente: MEDRANO, José y otros. *Mantenimiento: técnica y aplicaciones industriales*. Ciudad de México : Grupo Editorial Patria, 2017. p.35.

²⁰ **Medrano, José.** *Op. Cit.* p.36.

En función de factores como el aseguramiento de la calidad, la seguridad y el mercado, a las máquinas se les puede categorizar dentro de grupos de prioridad según su costo de mantenimiento.

Tabla 2. Categorías de relación entre productividad y costo de mantenimiento.

Categoría A	En esta categoría se debe buscar la máxima disponibilidad de los equipos, pues son los más críticos.
Categoría B	Se busca reducir los costos de mantenimiento sin que ocurra una catastrofe, pues los equipos son importantes.
Categoría C	El objetivo es reducir los costos de mantenimiento al mínimo, ya que los equipos son prescindibles.

Fuente: MEDRANO, José y otros. *Mantenimiento: técnica y aplicaciones industriales*. Ciudad de México : Grupo Editorial Patria, 2017. p.36.

También se hace necesario mencionar que existen otros criterios aparte del costo de mantenimiento que deben tenerse en cuenta en la afectación que tienen las fallas de los equipos sobre su criticidad:

- Impacto Operacional.
- Costo de operación.
- Equipo de respaldo.
- Tiempo promedio para reparar.
- Índice de seguridad.
- Impacto ambiental.

- Frecuencia de ocurrencia.

4.9 El árbol lógico de decisiones del RCM.

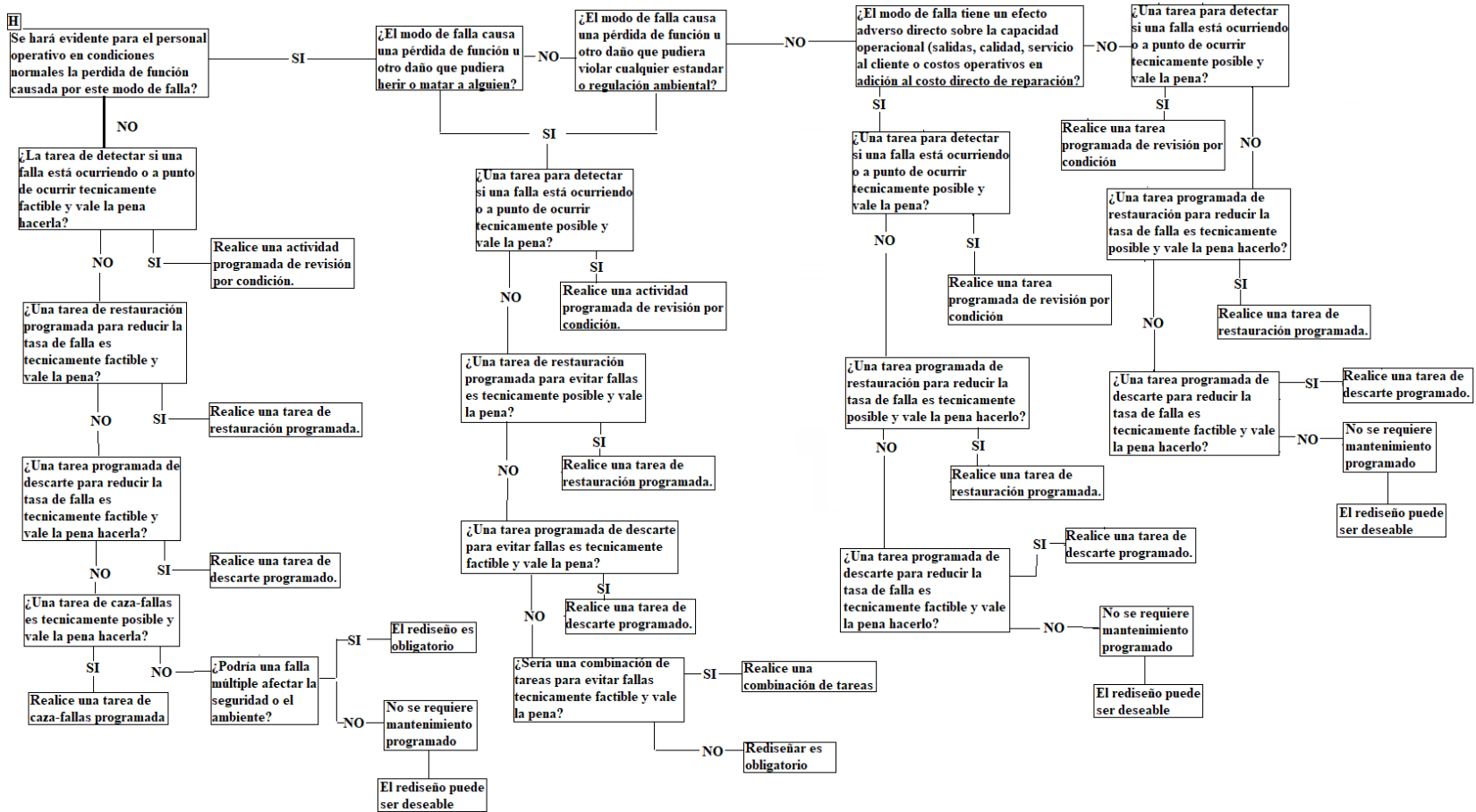
Según Moubray²¹, el diagrama de árbol del RCM es una herramienta útil a la hora de responder y llevar registro de las respuestas que se den a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles rutinas de mantenimiento (si acaso alguna) se deben desarrollar?, ¿qué tan seguido se deben desarrollar? y ¿por quiénes?
- ¿Cuáles fallas son suficientemente serias para que impliquen un re-diseño?
- Casos donde una decisión deliberada ha sido tomada para permitir que las fallas ocurran.

El árbol del RCM según Moubray es el siguiente. (Figura 12).

²¹ **Moubray, John.** Reliability centered maintenance II, Reed Elsevier PLC Group, 1997. p. 198-202

Figura 12. Diagrama de decisión RCM.



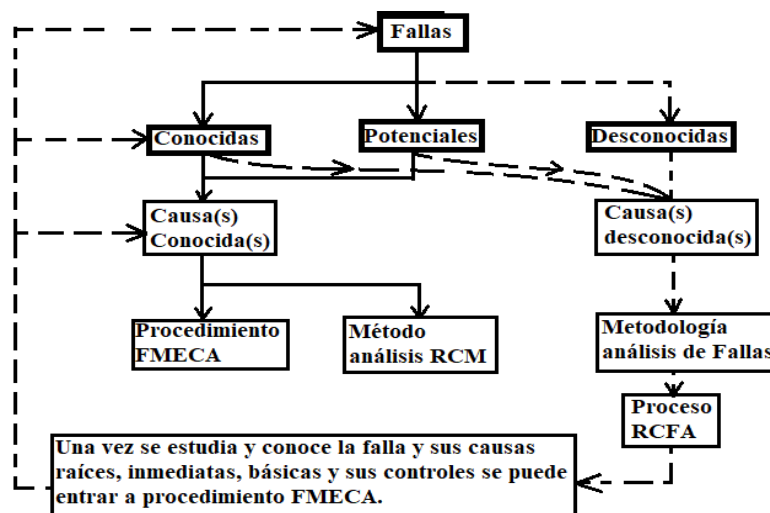
Fuente: MOUBRAY, John. *Reliability-Centered Maintenance*. Oxford. 1997. p.200-201.

4.10 La metodología de análisis de fallas.

El análisis de los modos, los efectos, las causas y las criticidades de las fallas es una de las herramientas más utilizadas y avanzadas en el universo del mantenimiento industrial. Es aplicable tanto para situaciones en donde se desconoce la causa de la falla, y cuando se sabe de todas (o la mayoría) las fallas reales y/o potenciales con sus correspondientes causas²².

Para el primer caso se utiliza la metodología de análisis de fallas y en la segunda se aplica el procedimiento FMECA. Para ilustrar el proceso de escogencia de cada método y sus diferencias. Véase las figuras 13 y 14.

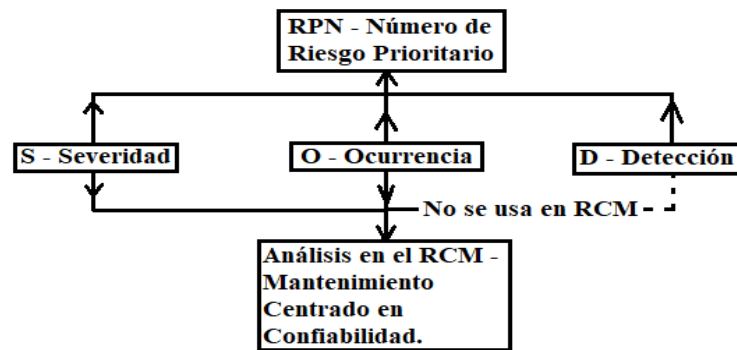
Figura 13.Aplicabilidad de FMECA y RCM según falla y causa



Fuente: MORA, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control*. Ciudad de México. 2009. p. 329

²² Mora, Alberto. *Op. Cit.* p. 327.

Figura 14. Diferencia entre RCM y FMECA, en relación con parámetros que usan.



Fuente: MORA, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control.* Ciudad de México. 2009. p. 329

Teniendo en cuenta que se trabajará bajo metodología RCM, en el que sólo se utilizan los factores de severidad y ocurrencia, se puede desarrollar un gráfico organizador del tipo RPN (Número de Riesgo Prioritario) la cual organiza las tareas según sus efectos y consecuencias. Para cada factor (severidad y ocurrencia) se debe desarrollar una tabla con las escalas respectivas. Ver: Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Escala de Frecuencia - Riesgo - RPN.

Escala.	Tipo de evento.	Probabilidad.
1	Extremadamente improbable	1.10^{-6}
2	Improbable	2.10^{-5}
3	Algo Probable	4.10^{-4}
4	Probable	8.10^{-3}
5	Muy Probable	2.10^{-1}

Fuente: MORA, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control.* Ciudad de México. 2009. p. 359.

Tabla 4. Clasificación de la severidad de las consecuencias.

Nivel.	Severidad de las consecuencias.
A	No severas.
B	Poco severas.
C	Medianamente severas.
D	Severas.
E	Muy severas.

Fuente: MORA, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control*. Ciudad de México. 2009. p. 359.

Luego de establecer estos parámetros de medición, se debe hacer un cruce de las medidas de ambas tablas para generar una tercera tabla de matriz de criticidad dentro del sistema RCM. Ver tabla 5.

Tabla 5. Matriz modeladora del riesgo. Relación probabilidad /Consecuencia.

MATRIZ DE CRITICIDAD		Severidad de las consecuencias.				
		A	B	C	D	E
PROBABILIDAD	5	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy Alto
	4	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	3	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
	2	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	1	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio	Medio	Alto

Fuente: MORA, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, Ejecución y Control*. Ciudad de México. 2009. p. 360.

Gracias a esta clase de arreglos matriciales es posible visualizar de manera rápida las tareas que deben ser prioritarias dentro de los equipos más críticos en una organización.

4.11 El mantenimiento productivo total (TPM).

Para León²³ el mantenimiento productivo total es un sistema de gestión del mantenimiento en donde se trabaja para lograr la eliminación de la seis grandes pérdidas de equipos. Estas seis pérdidas se hayan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paros del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El resultado final que se persigue con la implementación del mantenimiento total productivo es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

Según Borrás²⁴, la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total descansa sobre 6 pilares, a mencionar:

- Búsqueda de la maximización de la eficiencia global de productividad de los equipos.

²³ **Lefcovich, Mauricio León.** *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial.* Santa fe: El Cid Editor. 2009. p.4

²⁴ **Borrás, Carlos.** *Principios de mantenimiento.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2011. P.74.

- Hacer partícipe del mantenimiento diario a los operarios (mantenimiento autónomo).
- Mejorar la eficiencia y efectividad del mantenimiento.
- Capacitar al personal.
- Administración temprana de equipos y prevención de mantenimiento.
- Aseguramiento de calidad.

Volviendo a León²⁵, se debe mencionar que la implementación de un programa de TPM consta de una serie de fases y sub-fases de carácter consecutivo, a mencionar:

- Preparación.
- Implantación.
- Evaluación.
- Estandarización.

Dentro de esas tareas, cabe resaltar como sumamente importantes las sub-tareas de: la disposición y voluntad de la alta gerencia por adoptar esta clase de sistemas, la planificación de las actividades, la capacitación de los trabajadores, la experiencia piloto, la implementación de programa de 5 S y la monitorización continua de la fiabilidad y la durabilidad.

4.12 La disponibilidad de la planta de extracción de aceite de palma africana.

Según Knezevic²⁶ “La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento”. Por su parte Mora²⁷ define ese concepto como: “la probabilidad de que el equipo funcione

²⁵ León, Mauricio. *Op. Cit.* p. 11.

²⁶ Knezevic, Jezdimir. *Op. Cit.* p.23.

²⁷ Mora, Alberto. 2009. *Op. Cit.* p.67.

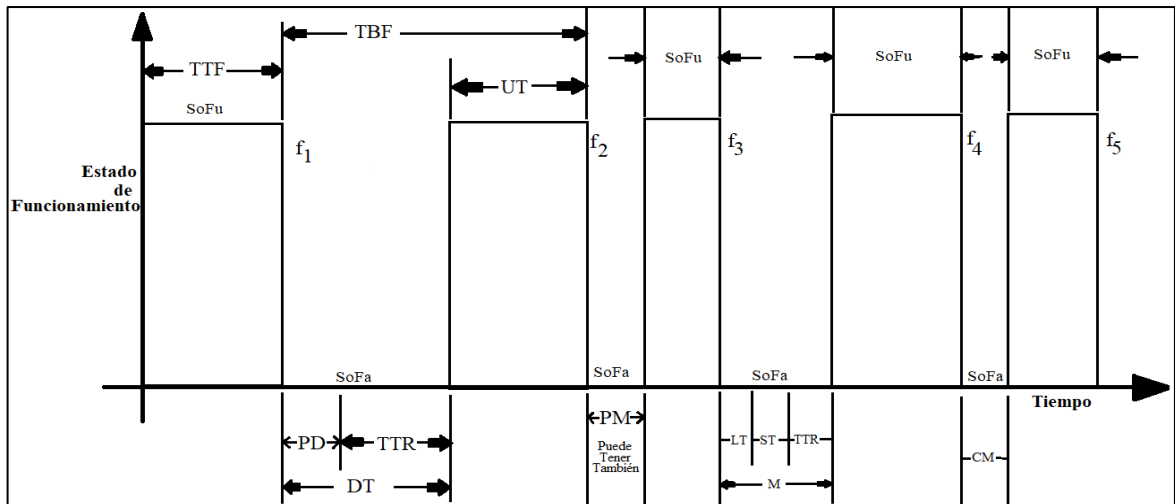
satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables”.

A partir de estas definiciones es posible visualizar un sistema de gestión de la información concerniente a los valores que describen y predicen el comportamiento y la buena salud de las máquinas. Es posible también enmarcar a la disponibilidad de las máquinas dentro de un contexto mayor que abarque también a la Mantenibilidad y la Confiabilidad, obteniéndose la tríada CMD (Confiabilidad-Mantenibilidad-Disponibilidad).

Este sistema de gestión de la información del CMD depende en una primera fase de implementación de la recolección y el buen análisis de datos como tiempos útiles de las máquinas, fallas, reparaciones, tiempos perdidos de producción y mantenimiento, tiempos de suministros y demás tiempos requeridos, (ver figura 9) los cuales afectan directamente a la disponibilidad y que serán necesarios para la segunda fase de implementación de un sistema de *Disponibilidad genérica* el cual: “sirve para organizaciones que no predice ni maneja CMD; la información que se dispone sólo contempla tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo).

Es muy adecuada para inicializar pruebas piloto en las empresas. Utiliza parámetros UT [Up Time] y DT [Down Time]". Mora²⁸

Figura 15. Tiempos Activos y fuera de línea.



Fuente: MORA, Luis Alberto. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega. 2013. P. 70

Donde:

TTF: Time To Failure: Tiempo hasta fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables).

TBF: Time Between Failures: Tiempo entre fallas.

UT: Up Time: Tiempo útil en que el equipo funciona correctamente.

DT: Down Time: Tiempo no operativo.

fi: Falla i-ésima.

TTR: Time To Repair: Tiempo que demora la reparación.

CM: Corrective Maintenance: Mantenimiento Correctivo.

PM: Planned Maintenance: Mantenimientos Planeados (Preventivo y/o predictivo), Moubray los denomina Tareas Proactivas.

²⁸ *Íbid*, p .71.

LT: Logistical Times: Tiempos logísticos o administrativos (incluye MD (Maintenance Delays) demoras y retrasos de mantenimiento).

ST: Supply Times: Tiempos de suministros de repuestos, insumos o de recursos humanos.

NTTR: New Time To Repair: Tiempo neto para la reparación, no incluye ni demoras, ni tiempos logísticos, ni tiempos de suministros, ni otros tiempos exógenos que impiden la reparación.

PD: Production Delays: Retrasos en producción para informar y notificar a mantenimiento de la no funcionalidad del equipo o sistema, o demorar en la producción por causas imputables a ella (falta de materias primas, falta de personal, etc.).

Todos estos conceptos han sido aplicados en mayor o menor medida en la industria de la extracción de aceite de palma por diversos investigadores en el área del mantenimiento. Díaz²⁹ y otros desarrollaron un análisis por medio de una matriz de criticidad de los equipos participantes en el proceso de extracción de aceite y así establecer un criterio de intervención con distintos tipos y planes de mantenimiento para lograr un grado de *confiabilidad* deseado en el proceso.

Por su parte Sarmiento³⁰ y otros logran incluso construir a partir del análisis de criticidad de las máquinas y sus posibles fallas, las bases para una posterior implementación de un sistema de Mantenimiento Total Productivo, así como

²⁹ **Díaz Durán, Manuel Antonio y Ramírez Pardo, Carlos Julio.** Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. *Elaboración del plan de mantenimiento para la planta de extracción de aceite de palma Extractora Loma Fresca SAS.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería mecánica, 2014. p.57.

³⁰ **Sarmiento Ferreira, Román Alberto, Esteban Pardo, Jesús Sebastián y Mayorga Mojica, Cesar Leonardo.** 2015. Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. *Diseño de un programa de mantenimiento aplicado a la planta extractora de aceite de palma Agroince LTDA y CIA S.C.A.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería mecánica, 2015. p.118.

también mediante el uso de técnicas típicas del Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) lograron crear el listado de equipos críticos susceptibles a mantener una alta disponibilidad.

Otro enfoque a la importancia del análisis en la gestión de mantenimiento de plantas extractoras de aceite la ofrece Wambeck³¹ cuando establece que: “Las averías deben verse como fallas del sistema de mantenimiento. Cualquier equipo que requiera periódica atención para evitar averías, debe considerarse como la consecuencia de una falla de diseño”.

Para Wambeck la nueva misión del mantenimiento en la industria de la extracción de aceite es proveer de soporte a la producción, ya que el mantenimiento visto como una dependencia de la empresa es algo obsoleto, por lo que se debe recurrir cada día más al mantenimiento predictivo contratado, el cual puede hacerse en colaboración con los operarios, con el fin de reducir la probabilidad de aparición de fallas y así aumentar la competitividad de la compañía.

En conclusión, se puede observar que el análisis de las variables de funcionamiento y operación es de vital importancia en el desarrollo de *planes de mantenimiento* en la industria extractora de aceite y que estos se diseñan con el loable propósito de mejorar los rendimientos económicos, las implicaciones de seguridad industrial, la responsabilidad ambiental y el aseguramiento de la calidad.

³¹ **Wambeck, Noel. 2005.** *Sinopsis del proceso de la palma de aceite* Bogotá : SENA-SAC, 2005. Vol 3, Ap. 1. p. 3.

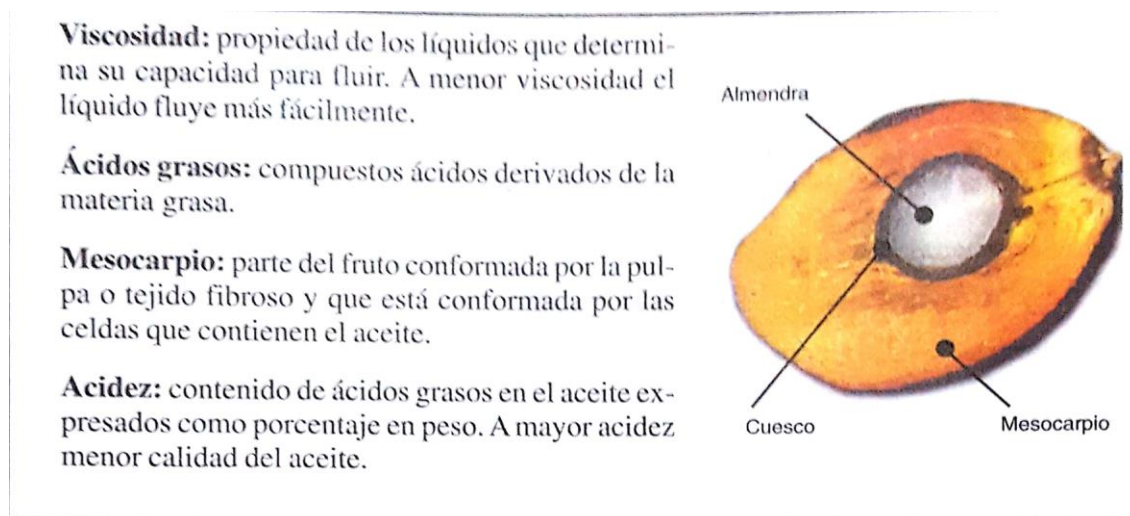
5. EL PROCESO DE BENEFICIO EN LA PLANTA PALMARIGUANÍ.

5.1 Generalidades del proceso.

La palma de aceite es una fruta oleaginosa cultivadas en los trópicos que puede alcanzar una altura de más de 30 metros, su ciclo de vida es de aproximadamente 50 años. El fruto está compuesto en su interior por una semilla llamada nuez y por la una fibra envolvente llamada mesocarpio. (Ver figura 16) La nuez está compuesta en su interior por una almendra y su tejido envolvente es llamado "cuesco".

La fibra o mesocarpio contiene celdas de aceites, las cuales mediante el proceso descrito a continuación es extraído y clarificado. De la nuez también se extrae aceite de palmiste mediante un proceso de palmistería. En la planta PALMARIGUANÍ S.A solo se lleva a cabo la extracción del aceite del mesocarpio y la nuez es vendida a aliados estratégicos.

Figura 16. Composición de la fruta de palma.



Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de la palma de aceite*. 2005. Vol. 1, Apéndice 2, p.3.

La palma comienza a producir a los 3 años, pero su primera cosecha comercial empieza alrededor de los 5 años y su producción continua hasta los 30 años aproximadamente, según sea su altura. Este aceite es utilizado en Colombia para biocombustible o para uso doméstico.

Para la extracción de aceite crudo PALMARIGUANÍ S.A. ejecuta procesos de esterilización, desfrutación, digestión, presando y clarificación. Es una de las primeras plantas en la región norte data de más de 40 años. A continuación, se menciona cada uno de sus procesos y las maquinas existentes, luego se describe los procesos relevantes en la planta.

5.2 Descripción del proceso y equipos.

Los RFF inicialmente son pesados en la báscula y luego descargados en las vagonetas para ser ubicados rectos a los rieles por la mesa de traslación, impulsados por el indexer son movidos hacia los esterilizadores o autoclaves para el proceso de cocción, al terminar este proceso son movidos mediante la acción de cabrestantes situados en la parte trasera del área de esterilización las vagonetas hacia la mesa de traslación número 2, que traslada las vagonetas al tambor de volteo que finalmente las descarga en la tolva de frutos esterilizados para ser transportados al desfrutador mediante un redler primario de salida de la tolva y el segundo transversal de descarga al alimentador del desfrutado, luego del desfrutado los raquis vacíos son expulsados por la acción centrífuga hacia una bandeja con un transportador de bandas, estos raquis son utilizados como abono.

Los frutos sueltos caen a un transportador de tornillo sin fin situado debajo del desfrutador hacia un transportador redler transversal que lo descarga en el elevador de cangilones para finalmente ser distribuidos a los digestores por un transportador sinfín, de los digestores ingresan a las prensas, el licor de prensa extraído es enviado a los tres pre clarificadores conectados en serie, el aceite separado de los lodos es enviado a unos tanques y luego son bombeados y obligados a pasar por

el desarenador para luego ingresar a los sedimentadores de aceite y expuesto a un secado atmosférico por último el aceite es bombeado a los tanques de almacenamiento.

Los lodos separados en el proceso de clarificación son enviados a un tanque de bombeo para finalmente llenar los tanques pulmones de la centrifuga, antes de ser centrifugados, el filtro cepillo retiene partículas sólidas de gran tamaño para proteger la bomba centrifuga de lodos, el aceite extraído o recuperado por la centrifuga es enviado al paso inicial de clarificación y los lodos resultantes son enviados a los florentinos.

5.2.1 La Recepción. El proceso de recepción inicia con el pesaje de los camiones que ingresan a la planta, para tal efecto son llevados a la báscula camionera con capacidad de 80 toneladas, en este momento, otros datos adjuntos al peso como la finca de donde proviene el fruto, la variedad de fruto, y estado preliminar de la fruta son tomados, para ir llevando control de las variables que influyen en el precio final pagado al proveedor.

Una vez se tienen datos preliminares, los RFF son descargados mediante montacargas u operación manual con picas en el punto de acopio. Hecho esto, un operario de calidad verifica el estado de maduración de la fruta: verde, madurado, sobre madurado o en el peor caso fruta podrida. Estos datos sirven para calcular parámetros como tiempos de exposición en los esterilizadores, presión de la prensa, operación de digestor, entre otros. También son importantes para el cálculo de precios a cancelar al proveedor. Un fruto verde contiene más agua que aceite, por lo que se representa pérdida pagar más por un producto de menor calidad. Distinguir frutos verdes es de alta importancia y detalle, debido a que su apariencia no se aleja mucho del fruto maduro u óptimo.

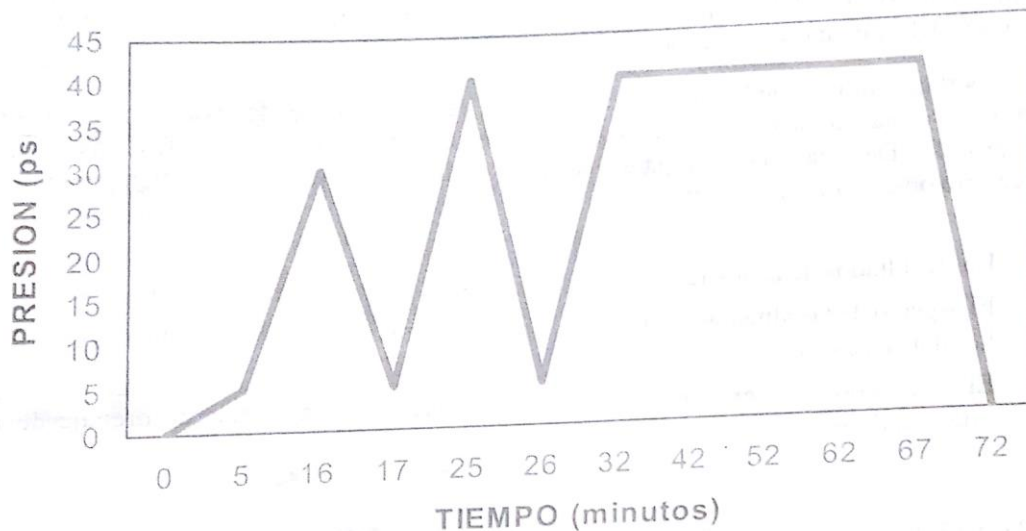
Una vez se han tomado los datos necesarios, los RFF son puestos en las tolvas de esterilización ubicadas sobre la mesa de traslación de esterilización. Estas tolvas tienen capacidad hasta 10 toneladas. Una vez en las tolvas pasan a esterilización.

5.2.2 La esterilización. La acidificación es un proceso natural de los racimos de palma cuando estos alcanzan su estado óptimo de madurez, esto sucede debido a la formación de ácidos grasos libres, que se acelera cuando la lipasa se activa, en el momento que se le realiza el corte a la palma. Una vez los RFF (Racimos de fruta fresca) son cortados el proceso de acidificación se acelera debido a una reacción química en donde las moléculas de grasas se rompen formando ácidos grasos y glicerol. Por esto se hace necesario como primera medida inactivar la lipasa y detener la acidificación. Esto se logra sometiendo los RFF a temperaturas por el orden de los 60 °C.

El proceso de esterilización no solo cumple con este primer objetivo, sino que además tiene 4 propósitos más. Los cuáles se mencionan a continuación:

- Facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis en el proceso de desfrutación mediante la evaporación del agua contenida en el péndulo de unión de la fruta y la tusa.
- Debilitar los tejidos de la pulpa del fruto y con eso facilitar en el proceso de digestión y prensado el rompimiento de las celdas que contienen el aceite.
- Calentar y deshidratar parcialmente la almendra contenida en la nuez haciendo que se contraiga y se separe del cuesco para su fácil rompimiento.
- Coagular las proteínas contenidas en las celdas de aceite, estas proteínas facilitan la dispersión del aceite en el agua, lo que dificultaría en el proceso de clarificación la separación de agua, aceite y lodo.

Figura 17. Ciclos de esterilización.



Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de palma de aceite*. Vol. 1, Apéndice 2. 2005. p.7.

Desaireación: Consiste en desplazar el aire hacia abajo y evacuarlo hacia las líneas de salidas mediante el ingreso de vapor.

Ascenso y expansión en el primer y segundo picos: Tiene como objetivo expulsar el aire residual contenido en el esterilizador y desecar las almendras contenida en la nuez.

Sostenimiento: Es donde se cumple el objetivo principal de la esterilización y el tiempo depende del estado de madurez de los RFF, el sostenimiento de presión se hace alrededor de las 40 psi.

Expansión final y operación de descargue y cargue del esterilizador: En este ciclo se realiza la descarga de vapor antes de abrir la puerta hasta unos 5 psi, ya que no es recomendable disminuir más la presión por el ingreso nuevamente de aire.

El tiempo de este proceso varia de 78 a 98 minutos, dependiendo como se mencionó anteriormente que el sostenimiento podría variar entre 30 y 50 min según el estado de madurez del fruto. Cabe anotar que para que la esterilización sea efectiva es necesario hacerlo en seco para lo cual se necesita un buen funcionamiento de las líneas de condensados de los autoclaves o esterilizadores.

La esterilización se efectúa en autoclaves cilíndricos con dos puertas de acceso y un sistema de rieles y vagonetas que transportan hacia el interior los RFF para su proceso de cocción (Ver figura 12), la entrada de vapor se efectúa mediante ductos en la parte superior y la presión es regulada mediante una válvula de control, el consumo de vapor es de aproximadamente 180 kg/ ton de RFF.

Figura 18. Esterilizadores cilíndricos.



Fuente: Los autores.

5.2.3 La desfrutación. La desfrutación consiste en la separación de los frutos y del raquis mediante movimientos rotatorios efectuados por un desfrutador de tambor rotario. (Ver figura 19). El equipo está constituido por un tambor en forma de jaula que hace girar los RFF esterilizados hasta cierta posición y luego los suelta produciendo un golpe que hace desprender los frutos. Las revoluciones utilizadas para los frutos de una plantación joven varían alrededor de 19 rpm mientras que las de las plantaciones adultas serán de 22 a 23 rpm.

Figura 19. Tambor desfrutador.



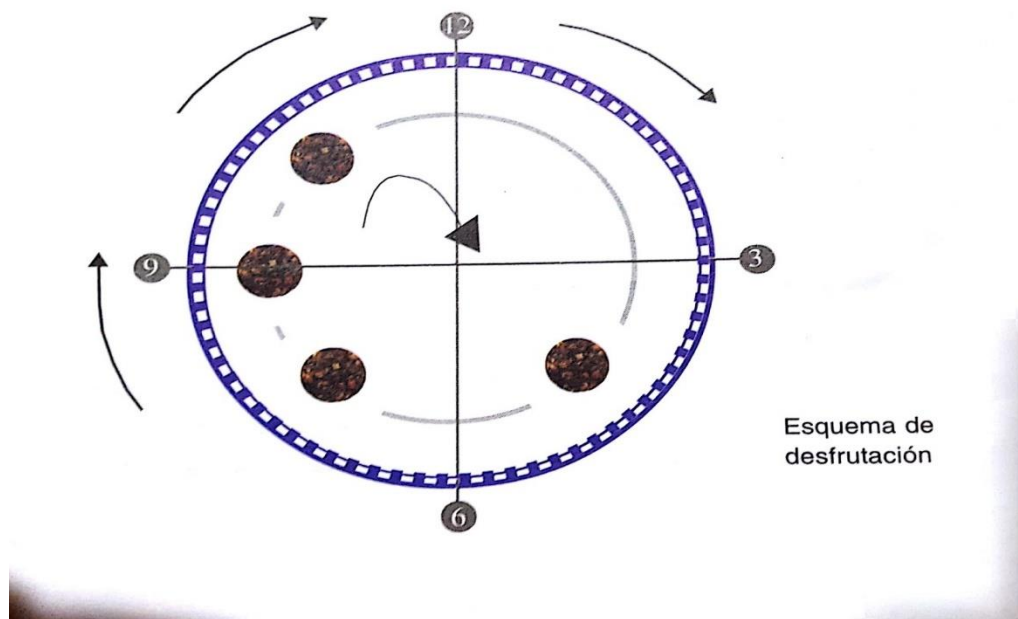
Fuente: Los autores.

El nivel de pérdida en el desfrutado no solo depende de un buen esterilizado sino también del tipo de desfrutador y de su operación. Existen dos tipos de pérdidas asociadas a este proceso una de estas es cuando el aceite queda impregnado en los racimos desfrutados. Esto puede ser ocasionados por una alimentación irregular produciendo que el equipo funcione con carga y en vacío, ocasionando un tiempo de contacto prolongado entre raquis llenos y vacíos absorbiendo este último el aceite del otro, otro factor a tener en cuenta es cuando en la tolva de alimentación

se encuentran muchos RFF, los RFF que se encuentran abajo estarán bajo mayor presión lo que produciría un desprendimiento del aceite contenido en los frutos para ser absorbidos por la tusa.

El otro tipo perdida es cuando no hay desprendimiento de los frutos, esto se asocia a un comportamiento defectuoso del desfrutador o a esterilización inadecuada.

Figura 20. Esquema de desfrutación.

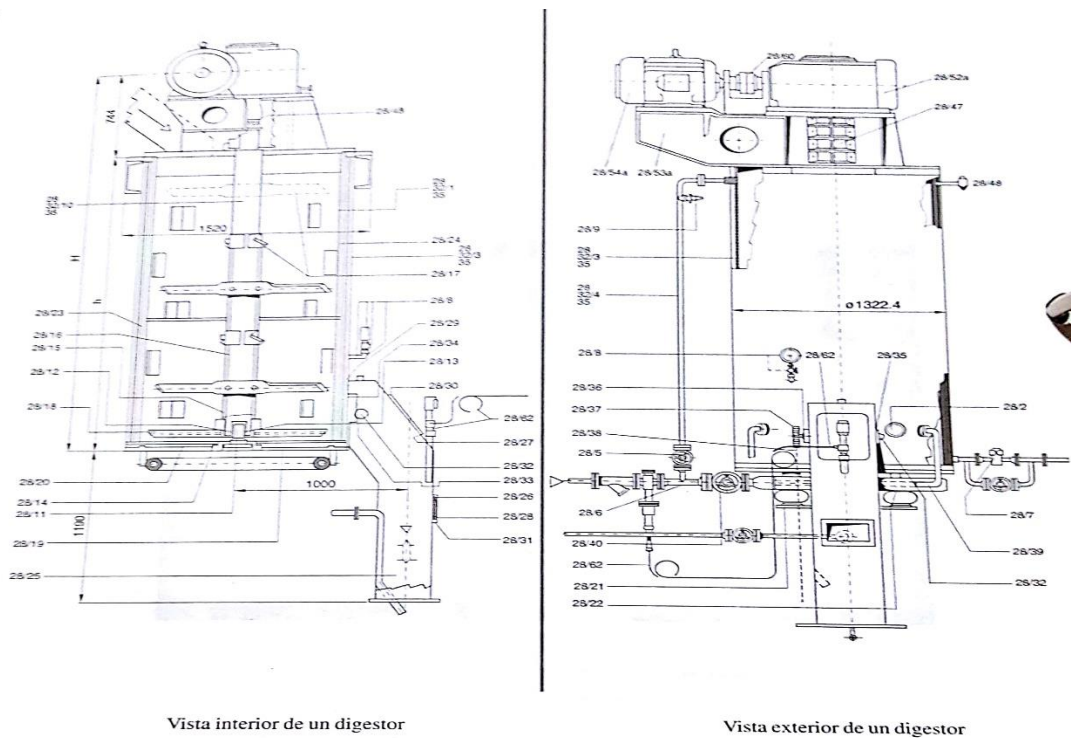


Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de palma de aceite*. Vol. 1, Apéndice 2. 2005 p.9.

5.2.4 La digestión. En este proceso se busca separar el mesocarpio o fibra de la nuez y romper las celdas que contienen el aceite para que pueda salir fácilmente en el proceso de prensado.

Los frutos sueltos son sometidos a una temperatura alrededor de 90 °C, esto se hace con el fin de disminuir la viscosidad del aceite y logre fluir atrás de los capilares de la fibra. El rompimiento de las celdas se logra a través de una agitación y maceración del fruto ejercido por los brazos del digestor, en la digestión suele liberarse aceite de las celdas y este es separado del resto de la masa a través de una caja con láminas perforadas. Cabe anotar que de no retirara dicho aceite este produciría un efecto de lubricación con los brazos agitadores y la maceración se dificultaría.

Figura 21. Planos de un digestor.



Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de palma de aceite. Vol. 1, Apéndice 2.* 2005 p. 14

Figura 22. Digestor de frutos en PALMARIGUANÍ S.A.



Fuente: Los autores.

5.2.5 La extracción o prensado. La extracción de aceite de la fibra se realiza en este proceso, en donde la fibra y nuez provenientes de la digestión entran a una canasta en donde por la acción de dos tornillos sin fin con sentidos opuestos y mediante el ajuste de presión de los conos el aceite es extraído. Cabe anotar que este llamado licor de prensa contiene humedad, lodos y aceite que son luego separados en el proceso de clarificación.

Figura 23. Prensa hidráulica en PALMARIGUANÍ S.A.



Fuente: Los autores.

La correcta operación de este proceso depende de la composición de la torta (fibra y nuez). Cuando el contenido de nuez es menor o las nueces son muy pequeñas la presión ejercida por los tornillos sin fin no es transmitida a través de toda la torta por lo que quedaría aceite impregnado en las celdas. Ocurre también el mismo caso cuando el contenido de nueces es elevado, dejan espacios en los cuales no hay transmisión de fuerza, dejándolo con aceite.

Otro aspecto negativo es el número de nueces rotas, este no es deseable, solo en los intervalos aceptables, ya que la nuez en algunas plantas es procesada, en el caso de PALMARIGUANÍ S.A. esta es vendida a plantas que tengan incorporados los procesos de palmistería.

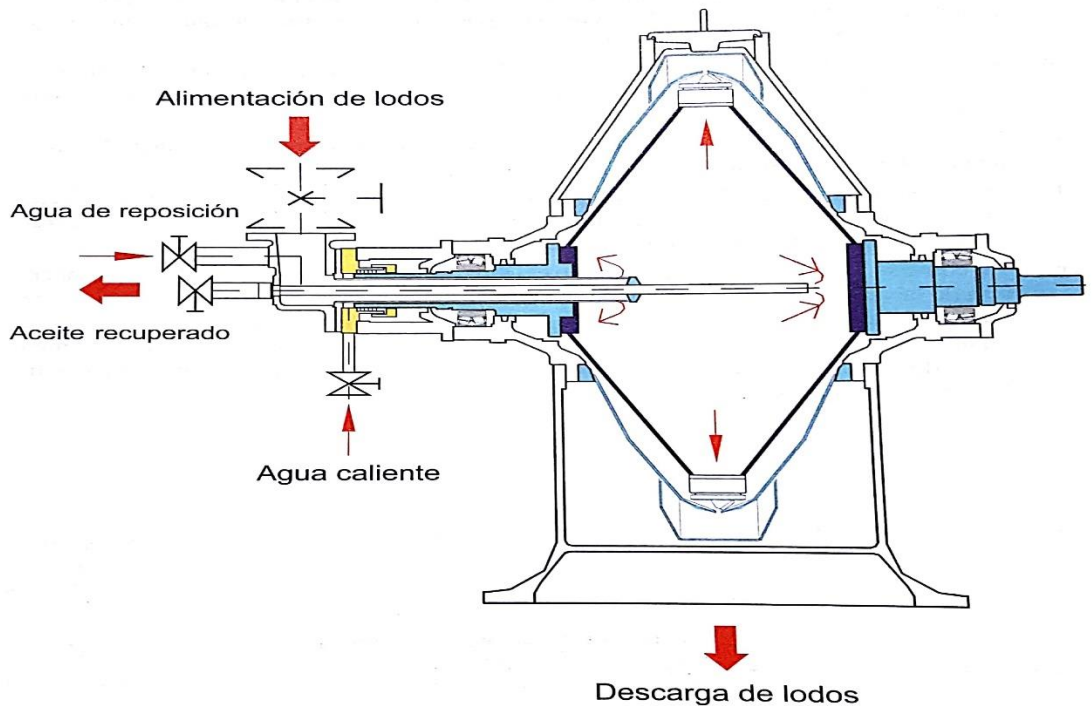
5.2.6 La clarificación. El licor de prensa extraído en el proceso de prensado es una mezcla de aceite, lodos livianos y pesados y agua, el proceso de clarificación consiste en la separación del aceite de estos últimos, para lograrlo se aprovecha el principio de inmiscibilidad entre el agua y el aceite. El aceite se encuentra disperso en gotas en la mezcla y que por diferencia de densidad tienden a subir cuando la fuerza de rozamiento de la mezcla es menor a la fuerza de empuje hacia arriba.

La temperatura y la dilución son las variables que se controlan para una eficaz clarificación dado que en el caso de la temperatura cuando esta es alta la viscosidad es baja por lo tanto la fricción es baja, en este caso la gota sube con facilidad lo contrario ocurre cuando la temperatura es baja su viscosidad es alta por lo tanto su fricción en alta la gota no sube. En el caso de una dilución alta la viscosidad es baja por lo que la gota sube, caso contrario cuando la dilución es baja.

Existe una clarificación estática el cual por decantación logra separar el 90% del aceite y el 10 % restante de logra a través de la clarificación centrifuga.

La clarificación por centrifugado se realiza a través de una bomba centrifuga de lodos que utiliza el mismo principio de la clarificación estática pero su rotación es mayor. Los lodos provenientes de clarificación son obligados a pasar por un filtro cepillo que retiene las partículas sólidas de gran tamaño. Al interior de la bomba existen unos pequeños conductos en forma de estrella que por diferencia de peso retienen aceite húmedo y lodos livianos mientras que por sus puntas o boquillas expulsa los lodos pesados, el aceite extraído es enviado nuevamente al proceso de clarificación mientras que los lodos pesados son enviados a los florentinos en donde se le realiza la última recuperación de aceite.

Figura 24. Plano de centrifuga de lodo.



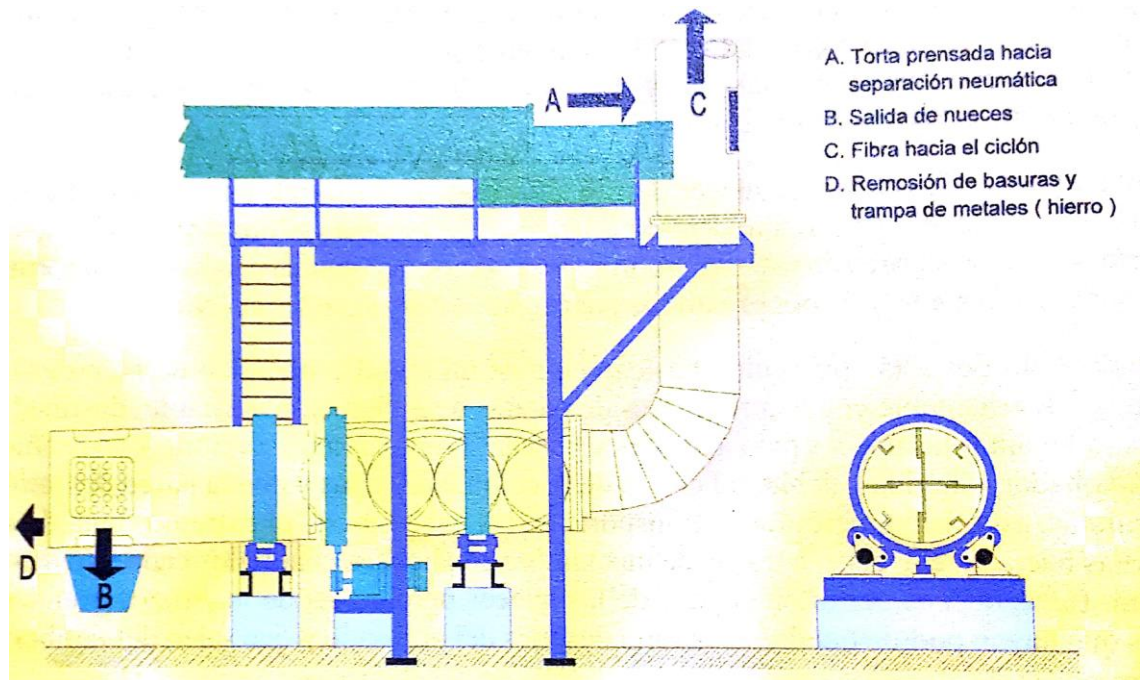
Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de palma de aceite*. Vol. 1, Apéndice 2. 2005 p. 27.

5.2.7 El desfibrado. En el proceso de prensado se forma lo que se denomina “torta de palmiste”, esta torta compacta contiene nueces (algunas rotas) y fibra, las nueces son importantes debido a que de ellas se extraen aceite de palmiste, la planta referenciada en este documento no posee una planta de palmistería por lo que son vendidas a plantas aliadas.

La separación de la fibra y las nueces se realiza a través de un separador neumático, para que la torta llegue hasta el sistema de desfibrado se hace necesario el transporte por medio de un tornillo sin fin de tipo paletas que no solo cumple con la función de transporte, sino que además desmenuza la torta compacta facilitando el proceso de secado.

La separación se logra cuando la torta ingresa a una columna vertical neumática rectangular, por la cual se hace circular aire impulsado por un ventilador en succión con más o menos una velocidad lineal de 8 y 12 m/s. Las fibras entonces son conducidas hacia la parte superior y separadas de las nueces que por diferencia de peso quedan en la parte inferior del sistema.

Figura 25. Proceso de desfibrado.



Fuente: WAMBECK, Noel. *Sinopsis del proceso de palma de aceite*. Vol. 1, Apéndice 2. 2005 p. 29.

5.2.8 La generación de vapor. La extracción de aceite de palma necesita en varios de sus procesos vapor sobrecalentado, sobre todo en la esterilización en donde se utiliza aproximadamente 180 kg/ ton RFF de vapor. La digestión es otro proceso que necesita expansión de vapor, dado que necesita mantener una temperatura entre los 90° y 95° C para mantener la viscosidad en unos niveles aceptables, para que las celdas que contienen el aceite puedan fluir con facilidad en el proceso de prensado, y se calienta nuevamente en los tanques del proceso de clarificación.

La presión de trabajo para esterilización es de máximo 3 bares, para que todos los procesos posean suministro de vapor, PALMARIGUANÍ S.A. posee en su planta una caldera pirotubular (Los gases de combustión fluyen a través de los tubos).

El agua de alimentación de la caldera se extrae mediante pozos subterráneos, dado que en inmediaciones de la planta no se encuentra ningún río. Esta agua no es apta para el ingreso a la caldera debido a que está compuesta por minerales pesados y sales que generan incrustaciones en los tubos de la caldera y obstruyen el paso de agua y la potencia de esta. Para esto se PALMARIGUANÍ S.A. le realiza un tratamiento al agua de alimentación de la caldera.

El tratamiento consiste inicialmente en la desarenación del agua y luego en la floculación y/o coagulación de las partículas sólidas suspendidas, Para esto se mezcla una solución de sulfato de aluminio y se mezcla mediante agitación. Cuando las partículas se unan formando flóculos, sus pesos harán que se precipiten hacia el fondo de los tanques, luego para terminar con el proceso de clarificación el agua es obligada a pasar por un filtro de arenas que retienen los flóculos que no alcanzaron a precipitarse.

Ya clarificada el agua se hace necesario para la producción de vapor que la dureza sea disminuida a unos intervalos razonables. Contenidas en el agua se encuentran iones de calcio y magnesio en forma de sales, la suavización consiste básicamente en el intercambio de iones positivos o cationes de una resina convirtiendo todas las sales en sales de sodio. La planta es la que se realiza todo este proceso es una planta convencional.

6. DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Para el desarrollo del presente plan se hizo necesario, primero y de manera lógica hacer un reconocimiento del estado de la división de mantenimiento de la compañía (en caso de que hubiese una) con el propósito de reconocer las falencias que pudiese estar teniendo la compañía en ese aspecto, así como también hacer observaciones acerca de las posibles fortalezas que presentasen, de modo que dicho potencial sea conservado y su disolución no sea permitida.

La falta de planeación y la deficiente capacidad de generar presupuestos para operar y preservar una división de mantenimiento, puede repercutir en pérdidas de capacidad de producción, pero también en consecuencias aún más graves como aquellas situaciones en donde por falta de mantenimiento en las máquinas, se producen accidentes laborales, daños al medio ambiente, y afectaciones en la calidad del producto.

Para hacer frente y prevenir dichas situaciones adversas, la extractora de aceite de palma: PALMARIGUANÍ S.A. busca crear una estructura interna de mantenimiento que sea eficiente, competitiva, y rentable que eleve a la compañía hacia nuevos y más altos estándares de calidad y operación.

6.1 Auditoría de la gestión del mantenimiento.

Según Fernández³², es posible generar un panorama del estado de la división de mantenimiento de una compañía mediante la revisión exhaustiva de diversos factores, los cuales al ser analizados a través de la evaluación de las respuestas que se den a un extenso cuestionario inscritos en cada factor generan una visión bastante clara de la situación de la división. (Ver: Anexo A). Los factores son:

- Organización general.
- Métodos y sistema de trabajo.
- Gestión de la carga de trabajo.
- Compra y logística de repuestos.
- Sistemas informáticos.
- Organización del taller de mantenimiento.
- Herramientas y medios de pruebas.
- Documentación técnica.
- Personal y formación.

³² **González Fernández, Francisco Javier.** *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión.* Fundación CONFEMETAL, 2004. p.103-113.

Las respuestas que se dan a cada pregunta del cuestionario tienen un equivalente numérico dentro de un sistema de puntuación. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Criterio de puntuación de la auditoría de mantenimiento.

Argumento.	Respuesta establecida en la encuesta.	Valor numérico asignado.
Situación de negación a la respuesta.	No.	0
Situación donde se tiene incertidumbre desfavorable.	Más bien No.	5
Situación donde existe incertidumbre.	Ni sí, ni no.	10
Situación donde se tiene incertidumbre favorable.	Más bien sí.	15
Situación de respuesta afirmativa.	Sí	20

Fuente: Los autores.

Una vez cruzados los datos obtenidos en las evaluaciones con el valor numérico de cada respuesta se pudieron obtener los siguientes resultados para cada factor de evaluación. (Ver tabla 7). Siendo la puntuación máxima posible el número que representa una situación óptima dentro del factor y cero una situación de extrema deficiencia.

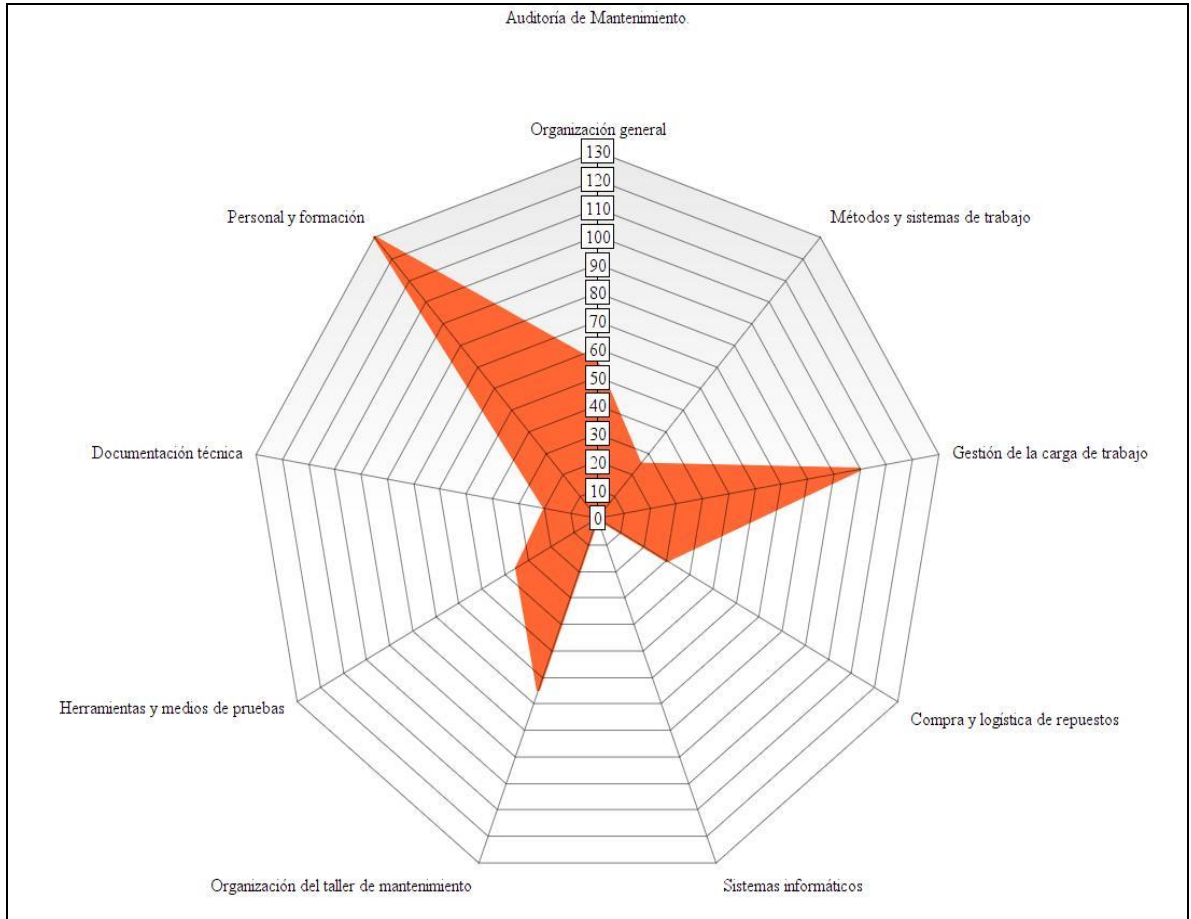
Tabla 7. Puntuación de los factores medidos en la auditoría.

Factor evaluado.	Puntuación máxima posible.	Puntuación obtenida.	Promedio máximo posible.	Promedio obtenido.
Organización general.	200	55	20	5,5
Métodos y sistema de trabajo.	200	25	20	2,5
Gestión de la carga de trabajo.	200	100	20	10
Compra y logística de repuestos.	200	30	20	3
Sistemas informáticos.	200	0	20	0
Organización del taller de mantenimiento.	180	65	20	7,2
Herramientas y medios de pruebas.	160	35	20	4,3
Documentación técnica.	160	20	20	2,5
Personal y formación.	280	130	20	9,2
Totales	1780	460	20	4,9

Fuente: Los autores.

Con estos valores se ha alimentado una gráfica tipo radar en la que se puede observar con mayor claridad los contrastes entre falencias y fortalezas con que cuenta la división de mantenimiento de la organización. Ver figura 26.

Figura 26. Diagrama de radar, auditoría de mantenimiento.



Fuente: Los autores.

Gracias a la disposición en radar se hace sencillo visualizar cuales son las grandes falencias y fortalezas de la compañía en cuanto a su división de mantenimiento. Inmediatamente se hace notorio la falta de datos para el radio correspondiente a los sistemas informáticos, y es que simplemente PALMARIGUANÍ S.A. carece de esta clase de tecnologías que estén dispuestas para la planificación y el control de las labores de mantenimiento. También hay deficiencias en el radio de la documentación técnica: los equipos de la planta son muy antiguos y durante el montaje de la misma no hubo la previsión de crear hojas de vida, fichas técnicas, archivos de mantenimiento, no hubo adquisición de manuales técnicos de mantenimiento o de operación. Hoy para estructurarse mejor, PALMARIGUANÍ se

propone crear y obtener todos esos documentos que le den trazabilidad a los trabajos llevados a cabo en sus máquinas.

Como fortalezas se pueden mencionar la alta cohesión que existe en el grupo de personas que realizan las labores de mantenimiento, esta unión hace que las labores conjuntas compensen en alguna u otra cantidad a las carencias tecnológicas, es un grupo de personas bastante decidido, con iniciativa y prestos siempre a dar lo mejor de sí mismos.

6.2 Sistemas de información.

Una de las grandes falencias de la organización en cuanto a su división de mantenimiento es la carencia de un sistema informático que registre, gestione, genere de manera controlada, o prevea las actividades típicas del mantenimiento. La información que existe acerca de actividades, como trabajos de mantenimiento, de las que se han guardado registro, han sido por iniciativa propia de algunos agentes de mantenimiento como los supervisores y no debido a una política clara de control de tiempos, suministros, o directamente planificación.

6.3 La planeación de las labores de mantenimiento.

A pesar de la carencia de sistemas informáticos o de una amplia disponibilidad de documentos técnicos como manuales o tarjetas de intervención, no es válido concluir a partir de ello que los activos de la planta no reciben servicios de mantenimiento con cierta regularidad. Actualmente en PALMARIGUANÍ S.A. la planeación de las labores de mantenimiento se realiza de manera empírica no sistematizada. En entrevistas con los autores, los agentes de mantenimiento asociados a la planta han declarado que: *“se conoce por experiencia de muchos años de trabajo, con qué regularidad las máquinas presentes en la planta requieren de ciertos servicios y remplazo de piezas, se sabe que hay labores que son demandadas diariamente, otras son de carácter semanal, mensuales y anuales,*

obviamente no todo está planeado y surgen frecuentemente problemas que deben ser resueltos cuando surgen de manera repentina”.

También se presenta el fenómeno del registro personal de la información de las actividades de mantenimiento, esto consta que algunos agentes de mantenimiento poseen cuadernos personales donde registran a puño y letra las acciones que han llevado a cabo durante ciertas fechas y sobre ciertos equipos presentes en la planta, este sistema les ayuda a crearse una suerte de horómetro para cada equipo, lo que al final se traduce en acciones de mantenimiento preventivo más o menos regulares.

6.4 Los costos de mantenimiento.

Los costos de las actividades específicas de mantenimiento son ponderados por el jefe de planta a partir de las necesidades que van surgiendo desde los agentes de mantenimiento en lapsos diarios, semanales, mensuales y anuales. El jefe de planta está siempre en contacto con la alta gerencia cuyas oficinas están en la ciudad de Barranquilla (Atlántico). Por falta de un sistema tecnológico basados en software, todas las previsiones y necesidades financieras deben hacerse con cálculos manuales.

6.5 Instalaciones y equipos de la sección.

Las actividades de mantenimiento son informadas y aprobadas directamente por el jefe de planta. La jefatura de planta cuenta con una oficina principal dentro del complejo de la planta, por lo que puede establecerse que la oficina principal tiene dentro de sus funciones coordinar las labores de mantenimiento. La división de mantenimiento no cuenta con un lugar específico de operaciones (taller de reparaciones) dentro de la planta, esto crea la situación riesgosa de desarrollar las labores de mantenimiento *in situ*, los agentes de mantenimiento llevan a cabo reparaciones a un costado de las máquinas a grandes alturas.

En cuanto a herramientas, la planta cuenta con algunas herramientas básicas como equipos de soldadura y herramientas eléctricas. Los agentes de mantenimiento también cuentan con cajas de herramientas personales.

6.6 Servicios de terceros.

La contratación de personal o equipos tercerizados o por cumplimiento de una labor se da cuando la compañía requiere de servicios especializados por fuera de las capacidades de respuesta del personal interno, también cuando existen operaciones para las cuales no hay en planta las herramientas especiales requeridas para dichas labores como grúas de izaje o tracto mulas.

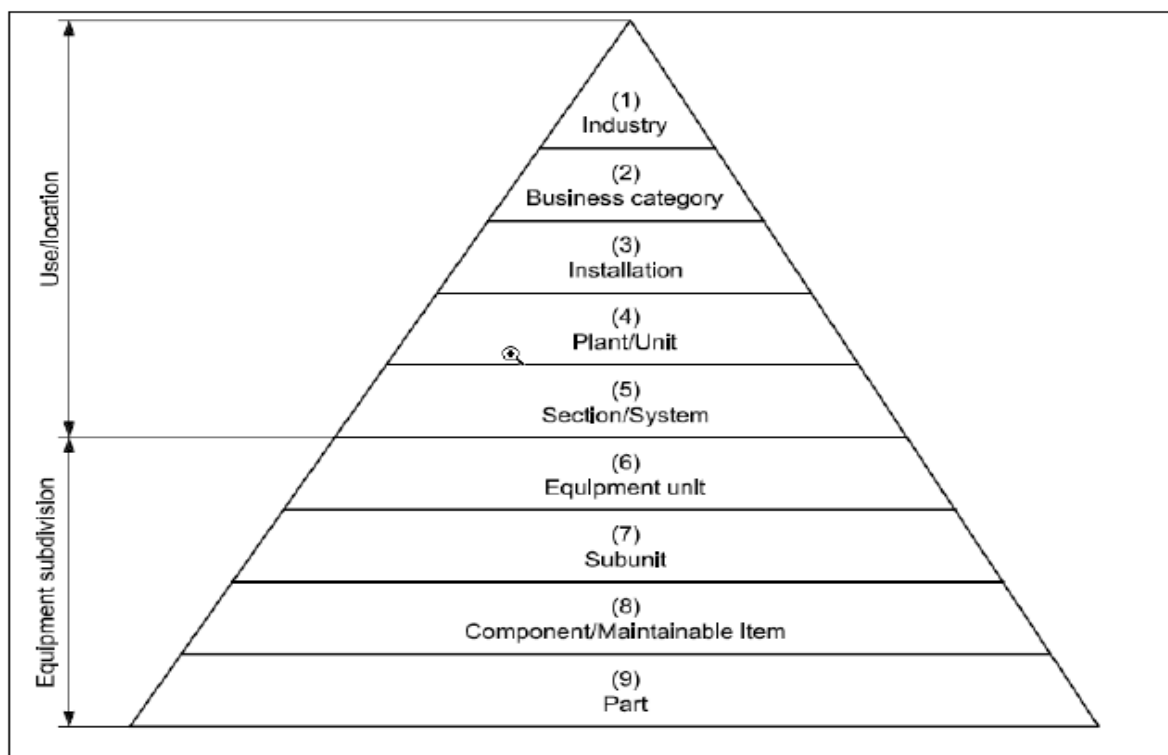
6.7 Conclusión del diagnóstico.

Se concluye que la planta de extracción de aceite PALMARIGUANÍ, aunque cuenta con un personal de mantenimiento calificado y comprometido que realiza de manera responsable lo que está a su alcance, no ha logrado estructurar un departamento de mantenimiento que haga de las actividades de conservación de los equipos algo trazable, cuantificable, palpable. Las deficiencias en tecnologías del control del mantenimiento, la carencia de documentación técnica y de herramientas de mayor sofisticación, hacen que la labor del mantenimiento sea percibida después de una auditoría como un aspecto secundario dentro de las prioridades de la organización.

7. GENERACIÓN DE CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

En su análisis acerca de la norma ISO 14224, los autores Morales³³ y otros logran visualizar que la norma propone un sistema de categorización de 9 niveles para jerarquizar los activos de una empresa de carácter industrial, en donde se hace la salvedad que cada nivel es igual de importante en el momento en que se presentan reportes en cada uno de ellos. Ver figura 27.

Figura 27. Jerarquización de planta ISO 14224.



Fuente: MORALES ROMERO, Carlos Yesid y Ulloa Navarro, Carlos Mauricio. 2014. *Modelo para la organización jerárquica y clasificación de los activos de la planta Araguaney de Ecopetrol S.A. basado en la norma ISO 14224:2006 para su implementación en el módulo de mantenimiento de SAP.* 2014 p.30.

³³ **Morales Romero, Carlos Yesid y Ulloa Navarro, Carlos Mauricio.** Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. *Modelo para la organización jerárquica y clasificación de los activos de la planta Araguaney de Ecopetrol basado en la norma ISO 14224:2006 para su implementación en el módulo de mantenimiento de SAP.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería mecánica, 2014. p.29.

Los primeros cinco niveles de esta jerarquización piramidal (vistos de arriba abajo) corresponden a los tipos de industrias y sus propósitos, y se ubican en el siguiente orden:

- Industria.
- Categoría del negocio.
- Instalación.
- Planta / Unidad.
- Sección / sistema.

Luego en los niveles del 6 al 9 se ubican las unidades funcionales en sí (equipos, máquinas, activos) en una secuencia del tipo padre-hijo, es decir que del superior surge el inferior en la jerarquía. Esos niveles corresponden a:

- Clase de equipos.
- Sistema.
- Sub-sistema.
- Ítem mantenible. (Aunque este último nivel puede ser muy útil en algunos casos, se considera opcional en el estándar internacional).

Para lograr generar una codificación de los equipos de PALMARIGUANÍ es de gran ayuda contextualizar mediante una tabla el sistema de jerarquización que propone la norma ISO 14224. Ver tabla 8.

Según Troffé³⁴, cada uno de estos cuatro conceptos puede entenderse de la siguiente manera:

Clase: La clase de equipos puede entenderse como al grupo de pertenencia que tiene una máquina a una familia de equipos que tiene una **función específica** dentro de un proceso consecutivo en una industria. Podemos de esta manera proponer que, si una planta posee un arreglo de máquinas con la función de excavar un terreno, entonces estas máquinas estarán enmarcadas en una clase a la que podemos llamar “excavación”. La norma simplemente la define como las secciones o sistemas principales de la planta.

Para efectos de la codificación que recibirán los equipos presentes en la planta de extracción de PALMARIGUANÍ, la clase estará representada mediante las tres primeras letras del código.

Tabla 8. Jerarquía de equipos según ISO 14224-PALMARIGUANÍ.

Tabla 8. Jerarquía de equipos según ISO 14224-PALMARIGUANÍ. Uso / Localización	1	Industria	Tipo de industria principal	Petróleo, gas natural, petroquímica	Agroindustria.
	2	Categoría del negocio	Tipo de negocio o sector del negocio.	Petroquímica	Recolección y Procesamiento de fruta de palma de aceite.

³⁴ **Troffé, Mario.** *Análisis ISO 14224/OREDA. Relación con RCM/FMEA. [En línea] [17-Enero-2018]. p.4*

	3	Categoría de instalación	Tipo de instalación	Producción de gas/petróleo, refinado	Producción y distribución de aceite de palma.
	4	Categoría de planta / Unidad	Tipo de planta /unidad.	Plataforma oceánica, planta de metanol	Planta de acopio de fruta y extracción de aceite.
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistema de la planta	Compresión, Sección de destilación.	Recepción, Esterilización, Desfrutación, Digestión, Prensado, Clarificación.
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo / Unidad	Clase de equipos similares. Cada clase de equipos contiene unidades de equipos comparable	Compresor, Agitador, horno.	Báscula, Esterilizador.

			s. Ej. Compresores		
	7	Subunidad	Un sub-sistema necesario para que la unidad de equipo funcione.	Sub-unidad de control de humedad, Sub-unidad de lubricación.	Subsistema de admisión de vapor, Tornillos de transporte.
	8	Componente / Ítem mantenible (a)	El grupo de partes de un equipo que son comúnmente mantenidos (reparados/restaurados) como un todo.	Caja de engranajes, filtros, válvulas, sensor de temperatura.	Moto reductor, Sinfín.
	9	Parte. (b)	Una pieza única de un equipo.	Sello, rodamiento,	Sellos, rodamientos.

				tuerca, perno.	
a. Para algunos tipos de equipos puede no haber elementos mantenibles. Ej. Si la clase de equipo es tubería, puede no haber elementos mantenibles, pero la parte podría ser “codo”.					
b. Aunque para algunos casos este nivel puede ser útil, es considerado opcional en el estándar internacional.					

Fuente: Los autores.

Para visualizar esta primera parte del código se desarrolló una tabla con las principales secciones de la planta con su respectiva cantidad de sistemas asociados. Ver tabla 9.

Una vez establecidas las secciones de la planta o sistemas principales, se procede a incluir dentro del código a los equipos o unidades, es decir a todos aquellos elementos ubicados en la sexta división de la pirámide. Continuando con Troffé³⁵ se considera un sistema (identificado como equipo dentro de la norma) a un conjunto que realiza una función específica, en un servicio determinado dentro del proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida. Incluyen todos los equipamientos disponibles para la operación de los mismos y en general, comparten muy pocas partes con otros sistemas.

³⁵ Troffé, Mario. *Op. Cit.* p.4.

Tabla 9. Codificación de las secciones principales de la planta.

Nombre de la sección principal	Primeras tres letras asignadas al código.	Cantidad de tipos de equipos asociados.
Recepción	REC	4
Esterilización	EST	6
Desfrutado	DES	8
Digestión	DIG	5
Prensado	PRE	2
Clarificación	CLA	9
Desfibración	DSF	2
Generación de vapor	VAP	7

Fuente: Los autores.

La parte del código que identificará a los equipos de las secciones principales de la planta, será nuevamente la combinación de tres letras ubicadas un guion después de aquellas que identifican a las secciones principales. Para visualizar esta nueva situación se ha desarrollado una tabla solo para el caso de los equipos asociados a la sección principal de recepción. (Ver tabla 10). La codificación de todas las demás secciones puede verse en el anexo B de este documento.

Tabla 10. Codificación de equipos asociados al sistema principal de recepción (REC).

Codificación de equipos asociados al sistema principal de recepción (REC).	
Báscula	REC-BAS
Sistema de rieles	REC-SRI
Mesas de traslación	REC-MTR

Fuente: Los autores.

Continuando con la codificación y descendiendo en la pirámide jerárquica propuesta por la ISO 14224, se encuentra la séptima división de la pirámide correspondiente a las unidades productivas o conjunto de equipos. Explicados como sub-sistemas por parte de Troffé³⁶ como “todos aquellos equipos que posibilitan que los equipos realicen su función operativa y se pueden dividir por sus funciones específicas. Todo equipo calificado como sub-sistema que falle, afectará directamente al sistema”.

La parte del código que identificará a los sub-sistemas de los equipos será una vez más la combinación de tres letras ubicadas un guion después de aquellas que identifican a los equipos mismos. Esta nueva situación también es posible estructurarla en una tabla, esta vez solo para el caso de la mesa de traslación del sistema de recepción. (Ver tabla 11). La codificación de todos los demás sub-sistemas, equipos y secciones pueden verse en el anexo B de este documento.

Tabla 11. Codificación de sub-sistemas asociados a la mesa de traslación (REC).

Codificación de sub-sistemas asociados a la mesa de traslación (REC).	
Moto-reductor de la mesa de traslación	REC-MTR- MRD
Indexer de la mesa de traslación	REC-MTR- IND
Moto-reductor del indexer	REC-MTR- MRI

Fuente: Los autores.

³⁶ **Ibíd.** p.4.

8. ANÁLISIS DE CRITICIDAD APLICADO A LOS EQUIPOS.

Debido a que la organización cuenta con máquinas de diversas naturalezas y de distinta tasa de desgaste, se hace necesario un programa de mantenimiento que reconozca esas diferencias, que pueda organizar y priorizar las actividades de mantenimiento teniendo en cuenta el impacto de la disfuncionalidad de las máquinas dentro del proceso, de los problemas de salud o de medio ambiente que puedan generar el fallo de los equipos y por supuesto el impacto económico.

Una de las maneras más reconocidas para establecer estas prioridades y decisiones es mediante el desarrollo de una matriz de criticidad de los equipos. Para el desarrollo de esta matriz se reconocen y utilizan los siguientes factores.

Frecuencia de fallas –FF-: Entendida como la probabilidad expresada de manera numérica y de manera adversa según aumenta el número (un número alto expresará mayor probabilidad de falla que un número bajo).

Costo de mantenimiento –CM-: Se refiere a los recursos de dinero que hay que invertir para dicha operación.

Impacto Operacional –IO-: Se refiere a la repercusión que el fallo de una máquina sobre la productividad de la planta.

Flexibilidad Operacional –FO-: Se refiere a la capacidad de maniobra que tiene la organización de mantenimiento en cuanto a la adquisición de repuestos frente a la eventualidad de una falla.

Impacto sobre Seguridad, Ambiente e Higiene –ISAH-: Se refiere a las afectaciones que tendría las fallas de los equipos sobre la integridad de los trabajadores de la planta, el medio ambiente y la higiene laboral.

Para mostrar el sistema de puntuación que tienen cada uno de estos factores, se ha establecido la siguiente tabla. Ver tabla 12.

Tabla 12. Valoración de factores de criticidad.

Concepto	Valoración
Frecuencia de Fallas (FF)	
Pobre. Mayor a cuatro fallas por año.	4
Promedio. De 2 a 4 fallas por año.	3
Buena. De 1 a 2 fallas por año.	2
Excelente. 1 o ninguna falla por año.	1
Costo de Mantenimiento (CO)	
Mayor o igual a 2.5 Millones	2
Inferior a 2.5 Millones	1
Impacto Operacional (IO)	
Parada de toda la planta.	10
Parada del sistema o sección y tiene repercusiones en otros sistemas.	7
Impacta niveles de inventario o Calidad.	4
No genera ningún efecto significativo: sobre operaciones y producción.	1
Flexibilidad Operacional (FO)	
No existe opción de producción: Ni repuesto disponible para compra.	5
Requiere de repuestos de alto plazo de entrega / importado.	4
Hay opción de fabricación del repuesto o reparación.	3

Requiere de repuesto de corto plazo de entrega.	2
Repuesto disponible en el almacén.	1
Impacto sobre Seguridad, Ambiente e Higiene (ISAH).	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos a la organización.	8
Afecta el medio ambiente y las instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos.	5
Provoca daños menores	3
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o el medio ambiente.	1

Fuente: GONZÁLEZ, Carlos. *Memorias de mantenimiento preventivo*. Ediciones UIS. 2001.

Para hallar la criticidad de un equipo deberá resolverse para cada uno la ecuación:

Criticidad Total (CT) = Frecuencia de Fallas (FF) x Consecuencia CC.

A su vez, las consecuencias serán iguales a:

Consecuencias CC = (IO x FO) + CM + ISAH.

Al ser expuesto de manera gráfica el cruce entre severidad de las fallas y su frecuencia se obtiene un arreglo tabular como el de a continuación:

Tabla 13. Matriz de criticidad.

Frecuencia	4	MC	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	MC	C
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: GONZÁLEZ, Carlos. *Memorias de mantenimiento preventivo*. Ediciones UIS. 2001.

Donde:

NC: Máquina No Crítica.

MC: Máquina medianamente crítica.

C: Máquina altamente crítica.

Teniendo en cuenta esta sistematización de la criticidad de las máquinas se procede a realizar la evaluación de los factores, en este caso solo para la sección de recepción. Para todas las demás evaluaciones de las demás secciones de la planta referirse al Anexo D de este documento.

Tabla 14. Calificación de factores de criticidad de la sección de recepción.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Plataforma de la Báscula	REC-BAS-PLA	1	7	2	1	1	16	16
2	Báscula mecánica	REC-BAS-BME	1	7	2	1	1	16	16
3	Báscula electrónica	REC-BAS-BEL	1	7	2	2	1	17	17
4	Sistema de rieles	REC-RIE-RIE	1	7	1	1	1	9	9
5	Mesa de traslación	REC-MTR-MTR	3	7	2	2	1	17	51
6	Moto-reductor de la mesa de traslación	REC-MTR-MRD	2	7	3	2	1	24	48
7	Indexer de la mesa de traslación	REC-MTR-IND	3	7	3	2	1	24	72
8	Moto-reductor del indexer.	REC-MTR-MRI	2	7	3	2	1	24	48
9	Polea tensora	REC-POL-POL	2	7	2	1	1	16	32

Fuente: Los autores.

Los resultados de la evaluación, generan que las máquinas de la sección de recepción se ubiquen de la siguiente manera en una matriz de criticidad.

Tabla 15. Criticidad de los equipos de la sección de recepción.

Frecuencia	4						
	3		5	7			
	2		9	8-6			
	1	4	1-2-3				
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: Los autores.

Después de registrar los equipos dentro de la matriz de criticidad propuesta, se puede observar que los equipos ordenados con los números: 1,2,3,4,9 no caen dentro de una criticidad alta o siquiera mediana, para esos equipos es posible establecer estrategias de mantenimiento que requieren cuidados mínimos rutinarios o calibraciones y remplazos de piezas de fácil y económica obtención en el mercado o incluso ninguna reparación.

Para los equipos ordenados con los números: 5, 6, 7 y 8 se requerirán estrategias de mantenimiento más detalladas debido a que su criticidad es de mayor impacto dentro de la organización que las máquinas anteriores. Para esos casos se deberán desarrollar estrategias de mantenimiento preventivo y las revisiones deberán ser más precisas.

Como se puede observar ningún equipo quedó clasificado dentro de la franja roja de la matriz de criticidad que denota a los equipos altamente críticos y que requieren estrategias de mantenimiento aún más avanzadas como los mantenimientos predictivos o los análisis modo de fallas y efectos. En este capítulo se ha mostrado la evaluación de los factores de criticidad y los resultados de dicha evaluación para

la sección de recepción. Para conocer las evaluaciones y resultados de todas las demás secciones de la planta referirse al Anexo D de este documento.


9. DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO.

La documentación técnica de la maquinaria presente en una planta es de suma importancia para la gestión de los activos. Estos documentos permiten llevar registro detallado y constancia de las actividades de mantenimiento que se ejecutan sobre ellas, además les dan identidad a las máquinas, permiten a los agentes de mantenimiento hacer mejores previsiones sobre los momentos de mantenimiento futuros. Gracias a estos controles, es posible también refinar los presupuestos de recursos destinados a mantenimiento y hacer optimizaciones sobre tiempos de intervención.

9.1 Las fichas técnicas.

Una ficha técnica es un documento de identificación en donde se consignan datos básicos y características técnicas de las máquinas: Fabricantes, modelos, capacidad de operación, requerimientos de operación, entre muchas otras características. Ver figura 28. Para consultas las fichas técnicas propuestas para PALMARIGUANÍ Ver Anexo C.

Figura 28. Formato de ficha técnica propuesto para PALMARIGUANÍ.


Nombre de la máquina				
# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
Imagen del equipo			 <p>Formato de Datos técnicos. Código de documento: Pal-FDT 001. Ver: 1.0</p>	
Función				
Empresa Proveedor:		Nombre repr. Ventas o administrativo Telefonos Dirección Ciudad Correo electrónico	Datos del Proveedor:	
Costo de Adquisición:				
Especificaciones Técnicas				
Referencia				
Dimensiones				
Altura				
Graduación mínima				
Referencia				
Otros datos				

Fuente: Los autores.

9.3 La orden de trabajo (O.T).

Es un documento en el cual están consignados los requerimientos de mantenimiento que pueden generar las máquinas en un momento dado. Este documento debe exponer el tipo de actividad, la prioridad del trabajo, la descripción de la falla o la descripción del mantenimiento preventivo/predictivo que se llevará a cabo, los materiales consumidos, el tiempo requerido para su ejecución, los procedimientos realizados para restaurar la función de la máquina, entre otros datos no menos importantes. Ver figura 30.

Figura 30. Formato de orden de trabajo propuesto para PALMARIGUANÍ.


		Formato de orden de trabajo. Código de documento: Pal-OT-001 Ver: 1.0	
Datos de la orden			
Número de la Orden	<input type="text"/>	Orden generada por	<input type="text"/>
Fecha de generación de la orden DD/MM/AAA	<input type="text"/>	Nombre del generador	<input type="text"/>
Equipo demandante			
Ubicación del equipo	<input type="text"/>	Equipo	<input type="text"/>
Prioridad	<input type="text"/>		
Características del trabajo			
Periodicidad del trabajo	<input type="text"/>	Tiempo de ejecución	<input type="text"/>
Clase de sistema	<input type="text"/>	Nivel de experticia req	<input type="text"/>
Tipo de mantenimiento	<input type="text"/>		
Descripción del problema	<input type="text"/>		
Ejecución			
Ejecutor(es)	<input type="text"/>	Grado de experticia	<input type="text"/>
Inicio de labores	<input type="text"/>	Fin de labores	<input type="text"/>
Labor ejecutada	<input type="text"/>		
Materiales de consumo	<input type="text"/>		
Manual utilizado	<input type="text"/>		
Consignación HV equipo	<input type="text"/>		
Código de Herramientas	<input type="text"/>		
Aprobado por	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Supervisor turno cierre de orden		Ingeniero de mantenimiento	

Fuente: Los autores.

9.4 La solicitud de labor de mantenimiento.

La comunicación entre los departamentos que constituyen una empresa debe procurar ser fluida, clara, oportuna y siempre respaldada por documentos que eviten el error. No es recomendable entregar a la memoria falible de los operarios de producción y de mantenimiento las solicitudes de mantenimiento que requieran los equipos. Lo recomendable es que cada solicitud de mantenimiento sea suscrita en un documento que alimente los archivos tanto de producción como de mantenimiento. A continuación, el formato de solicitud de labores de mantenimiento propuesto para PALMARIGUANÍ S.A.

Figura 31. Formato de solicitud labor de mantenimiento.

		Formato de Solicitud Labor de Mantenimiento		Código de formato: Pal-SLM-001 Ver: 1.0	
Datos de Solicitud					
Número de Solicitud		Depto generador			
Fecha de Solicitud		Generada por			
		Cód generador			
Generalidades de la solicitud					
Sistema demandante		Equipo demandante			
Prioridad					
*Rutinario (R)					
*Programado (Pr)					
*Urgente (U)					
Descripción de la solicitud			Descripción de la anomalía		
Clase de anomalía					
Mecánica (M)					
Electrica (E)					
Electrónica (El)					
Comunicaciones (Com)					
Térmica (T)					
Otra (o)					
Firma del generador			Firma del receptor responsable		

Fuente: Los autores.

10. DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS MEDIANAMENTE CRÍTICOS.

Una vez establecida la criticidad de cada equipo, se pudo observar que cierta cantidad de ellos, están enmarcados en las casillas amarillas de las matrices de criticidad, las cuales indican que dichos equipos tienen una criticidad media. Para estas máquinas se ha determinado que la estrategia de mantenimiento a seguir será basada en mantenimientos preventivos.

Las actividades de mantenimiento preventivo para cada máquina, son el resultado de compilar de manera escrita la experiencia de los agentes de mantenimiento presentes en PALMARIGUANÍ S.A. Personal como supervisores, técnicos eléctricos y mecánicos y jefe de planta. También resultaron del análisis de algunos apuntes personales de mantenimiento y datos técnicos de manuales, que llevan los agentes de mantenimiento a modo de registros de periodicidad. Cabe hacer una mención especial al hecho de que los modelos de moto-reductores que maneja la planta en sus distintos sistemas son muy parecidos entre sí sino de igual modelo por lo que mostrar más de una vez las tablas de mantenimiento preventivo se convierte en una actividad innecesaria y por tanto solo se muestra en esta sección para el caso del moto-reductor de la mesa de traslación del sistema de recepción.


A continuación, el listado de máquinas del sistema de recepción, incluidas dentro de la estrategia de mantenimiento preventivo y el formato de sus respectivos programas de mantenimiento. Para ver el programa de mantenimiento de las demás secciones, referirse al Anexo E de este documento.

Tabla 16. Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de recepción.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de recepción.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Mesa de traslación.	REC-MTR-MTR
Moto-reductor de la mesa de traslación	REC-MTR-MRD
Indexer de la mesa de traslación.	REC-MTR-IND
Moto-reductor del indexer.	REC-MTR-MRI


Fuente: Los autores.

Figura 32. Plan de mantenimiento preventivo. REC-MTR-MTR.

		Listado de Actividades de mantenimiento preventivo	Código de documento: Pal-PMP-001 Ver: 1.0	
			Sistema	Recepción
		Código de equipo	REC-MTR-MTR	
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad	
1	Desarrollar inspección por orden y limpieza. Verificar que no existan elementos extraños a la operación ubicados en los rieles de traslación, superficies de operación, tableros de mando, motores, y demás componentes. No debe haber derrames de líquidos o grasas en superficies que no requieran lubricación.	Diaria	1 por turno.	
2	Desarrollar inspección por oxidación y corrosión. La estructura de la mesa: superficies, soportes, barras, parales, vigas y largueros deben estar libres de oxidación y corrosión. Eliminar según los procedimientos los puntos de oxidación y corrosión que se presenten y luego proteger con nuevo anti-oxidante.	Mensual	1 vez al mes.	
3	Verificar el estado de lubricación de las ruedas. El lubricante de las ruedas debe estar operativo, no se debe permitir la operación con lubricantes y grasas contaminadas o degradadas.	Mensual	1 vez al mes.	


Fuente: Los autores.

Figura 33. Plan de mantenimiento preventivo diario. Motorreductor.

		Listado de Actividades de mantenimiento preventivo		Código de documento: Pal-PMP-001 Ver: 1.0	
Sistema	Recepción	Equipo	Motorreductor		
		Código de equipo	REC-MTR-MRD		
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad		
1	Verificar, antes del arranque, mediante el visor que el nivel de aceite de la caja de engranajes se encuentre en un nivel óptimo.	Diario	1 por turno		
2	Verificar, antes del arranque, que no existan fugas de aceite en las líneas, acoples o por fisuras de los componentes.	Diario	1 por turno		
3	Verificar el estado de orden y limpieza del conjunto de motorreducción, antes del arranque. Verifique que no existan elementos extraños a la operación, ubicados en los acoples del motor o sus conexiones eléctricas o cualquiera de sus superficies. Las superficies del motor y sus conexiones eléctricas deben permanecer libres de contaminaciones por grasas, aceites, pinturas, polvos y suciedades. Limpie	Diario	1 por turno		
4	Vericar el estado de integridad de los retenedores. No deben presentar desgastes excesivos, rupturas o torceduras.	Diario	1 por turno		
5	Verificar el estado de integridad de los portacadenas. No deben presentar desgastes excesivos, rupturas o torceduras.	Diario	1 por turno		

Fuente: Los autores.

Figura 34. Plan de mantenimiento. Semanal y mensual. Motorreductor.

		Listado de Actividades de mantenimiento preventivo		Código de documento: Pal-PMP-001 Ver: 1.0	
Sistema	Recepción	Equipo	Motorreductor		
		Código de equipo	REC-MTR-MRD		
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad		
1	Verificar el estado de limpieza y apertura de la valvula de desfogue. No debe presentar obstrucciones por suciedad, taponamientos por grasas o elementos extraños a la operación.	Semanal	1 vez a la semana.		
2	Verificar el estado de integridad del sistema de transmisión de potencia. Piñones, Cadenas, Sprockets, Poleas, correas.	Mensual	1 vez al mes.		
3	Verificar el estado de ajuste y de integridad física de la bornera eléctrica. Verifique que los pernos estén debidamente ajustados y que bornera no se encuentre sulfatada.	Mensual	1 vez al mes.		
4	Desarrollar un control sobre los parametros de operación. Amperaje, Aislamiento, Ruidos, vibraciones, temperatura.	Mensual	1 vez al mes.		
5	Verificar la alineación del grupo Motor-reductor.	Trimestral	1 vez cada 3 meses		
6	Verificar el estado de ajuste de los pernos de anclaje del grupo Motor-reductor. Desarrollar acciones de ajuste en caso de encontrarse sueltos o desalineados.	Trimestral	1 vez cada 3 meses		
7	Ejecutar purga a la caja reductora. Desarrollar cambio de aceite y limpieza interna.	Trimestral	1 vez cada 3 meses		
8	Verificar por integridad el estado de los aislamientos eléctricos y	Trimestral	1 vez cada 3 meses		
9	Ejecutar un análisis de aceites.	Semestral	1 vez cada 6 meses.		

Fuente: Los autores.

Figura 35. Plan de mantenimiento. Anual. Motorreductor.

 Extractora Palmariguaní s.a.		Listado de Actividades de mantenimiento preventivo	Código de documento: Pal-PMP-001 Ver: 1.0	
Sistema	Recepción		Equipo	Motoreductor
		Código de equipo	REC-MTR-MRD	
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad	
1	Ejecutar inspección general del motorreductor.	Anual	1 vez al año.	
2	Inspeccionar la integridad y buena actuación de los rodamientos.	Anual	1 vez al año.	
3	Inspeccionar la integridad y buena actuación de los conos.	Anual	1 vez al año.	
4	Inspeccionar la integridad y buen funcionamiento de las tazas.	Anual	1 vez al año.	
5	Inspeccionar la integridad y buen funcionamiento de los piñones y engranajes.	Anual	1 vez al año.	
6	Inspeccionar la alineación y buen ajuste del cono sobre la flecha.	Anual	1 vez al año.	
7	Inspeccionar la alineación y buen ajuste de la flecha.	Anual	1 vez al año.	
8	Inspeccionar la integridad y buen funcionamiento del sistema de lubricación.	Anual	1 vez al año.	

Fuente: Los autores.

Figura 36. Mantenimiento Preventivo. Cabrestante.

		Listado de Actividades de mantenimiento preventivo		Código de documento: Pal-PMP-001 Ver: 1.0	
Sistema	Recepción	Equipo	Indexer / Cabrestante		
		Código de equipo	REC-MTR-IRD		
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad		
1	Inspeccionar por condición y buen funcionamiento de los engranajes internos del mecanismo de la polea.	Trimestral	1 vez cada 3 meses.		
2	Inspeccionar por condición y buen funcionamiento los retenedores de la cadena.	Trimestral	1 vez cada 3 meses.		
3	Inspeccionar por condición y estado de lubricación a los rodamientos.	Semestral	1 vez cada 6 meses.		

Fuente: Los autores.

11. ANÁLISIS DE EFECTOS Y MODOS DE FALLAS A EQUIPOS CRÍTICOS.

Para los equipos de alta criticidad, para el caso de la planta analizada en este documento, se expone puntualmente el caso de la prensa hidráulica de la sección de prensado, se ha desarrollado un análisis de modos y efectos de fallas, los cuales son más profundos y detallados que los mantenimientos preventivos. A continuación, el análisis resultante de la prensa.

Tabla 17. Análisis de modo de fallas y efectos. Prensa Hidráulica.

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA
Extraer la fracción líquida de la masa de frutos provenientes del digestor con una eficiencia de prensado de 20% a una tasa de 10 ton/hr	Eficiencia de prensado por debajo del 20% de aceite con referencia al peso total del fruto	Desgaste en los tornillos sinfin debido a corrosión	Baja transmisión de presión a la fibra, la extracción de aceite disminuiría.	F5	F5	F2	Identificar desgaste en los tornillos sinfin y verificar una correcta limpieza de residuos de la torta de fruto después de cada operación.	30 veces/mes
		Vibración excesiva en estructura por apriete incorrecto de tornillos y tuercas	Desajuste de la prensa y bajaría la transmisión de potencia	F5	F4	F3	Inspeccionar apropiado ajuste y espesor de tornillos y tuercas y ajustarlo y/o cambiarlo de ser necesario tanto de los eléctricos como los de aseguramiento.	4 veces/mes

Extraer la fracción líquida de la masa de frutos provenientes del digestor con una eficiencia de prensado de ----- a una tasa de 10 ton/hr	Incapaz de procesar 10 ton/hr de fruto	Deslizamiento de las correas por alta tensión o desgaste	La transmisión de potencia sería insuficiente por lo que no cumpliría para la capacidad instalada del equipo	F5	F5	F3	Verificar la apropiada tensión y paralelismo de las dos poleas y ajustar de ser necesario	4 veces/mes
		Calentamiento del motor del doble tornillo por lubricación inadecuada de los rodamientos de los extremos del tornillo sinfín.	Se podrían fundir o quemar el rotor y estator y quedar fuera de funcionamiento la prensa.	F5	F5	F2	Engrasar los dos rodamientos de los extremos del doble tornillo sinfín.	1 vez/día
		Ruido inusual en rodamientos de los extremos del doble tornillo sinfín por lubricación inadecuada	Se podrían fundir o quemar el rotor y estator y quedar fuera de funcionamiento la prensa	F5	F5	F3	Engrasar los dos rodamientos de los extremos de los doble tornillo sinfín.	1 vez/día

Extraer la fracción líquida de la masa de frutos provenientes del digestor con una eficiencia de prensado de 20% a una tasa de 10 ton/hr	Incapaz de procesar 10 ton/hr de fruto	Desgaste de los engranajes de la caja reductora por desalineación y/o desajuste	Podría dañar por completo la caja reductora y quedaría fuera de servicio la prensa	E5	E5	E2	Revisar por ajuste, desgaste y oxidación los tornillos sujetadores de los engranajes a los ejes	1 vez/año
		Desgaste de los engranajes de la caja reductora por lubricación inadecuada	Podría atascarse la caja reductora y probablemente descomponer el motor debido al sobreesfuerzo causado	E5	E5	E2	Verificar nivel y estado del lubricante de la caja reductora	6 veces/mes
		Sobrecalentamiento de motores por suciedad	Se podría quemar el rotor y estator y dejarlo en estado off line	E5	E5	E5	Inspeccionar y/o limpiar partes internas de los motores	1 vez/año
		Vibración por desalineación en las poleas	La transmisión de potencia sería insuficiente por lo que no cumpliría para la capacidad instalada del equipo	F5	F5	F3	Verificar la apropiada alineación de las dos poleas	4 veces/mes
Elevar la presión de trabajo en un rango comprendido entre 75 y 130 bar	Incapaz de alcanzar una presión de trabajo comprendida entre 75 y 130 bar	Fuga de aceite hidráulico por ruptura de mangueras	Se perdería la presión de trabajo y la extracción de aceite sería casi nula	F4	F4	F4	Verificar la estanqueidad en el sistema hidráulico	4 veces/mes
		Ruido excesivo en motores por lubricante degradado	Podría causar daño sobre el mismo motor y dejar la prensa fuera de funcionamiento	F5	F5	F3	Inspeccionar el estado de los puntos de engrase de los motores. En caso de no mostrar renovación, el	1 vez/mes
		Tornillo de sujeción del cono desgastados por oxidación	El cono no podría ejercer la contrapresión requerida y la extracción de aceite sería baja	E5	E5	E3	Cambiar tornillo de sujeción del cono	1 vez/año

Elevar la presión de trabajo en un rango comprendido entre 75 y 130 bar	Incapaz de alcanzar una presión de trabajo comprendida entre 75 y 130 bar	Calentamiento de los motores por lubricante degradado	Se podría presentar atascamiento y daño general de los motores. La prensa quedaría fuera de servicio	F5	F5	F3	Inspeccionar el estado de los puntos en engrase de los motores. En caso de no mostrar renovación, el	1 vez/mes
		Vibración excesiva en los ejes de los motores por lubricación inadecuada y/o desgaste en los	Se podría presentar atascamiento y daño general de los motores. La prensa quedaría fuera de servicio	F5	F5	F3	Verificar estado de los rodamientos. Lubricar o reemplazar si es necesario	1 vez/ mes
		Fuga de aceite hidráulico por degradación o ausencia de empaques	Se perdería la presión ejercidas por los conos y la extracción de aceite sería baja	F4	F4	F3	Revisar las empaquetaduras y retenedores de la prensa y corregir las fugas presentes.	4 veces/mes
Controlar la presión de trabajo.	Incapaz de controlar gradualmente la presión de trabajo.	Filtro hidráulico bloqueado por suciedad.	Disminuiría la presión de trabajo transmita a la torta del fruto.	E5	E5	E4	Inspeccionar y/o cambiar filtros del sistema hidráulico.	1 vez/ semestre
		Conos desgastados por envejecimiento	Se perdería el control gradual de la presión y podría llegar a perder completamente la función.	E5	E5	E3	Identificar desgaste y holgura en los conos del sistema hidráulico.	1 vez /semestre

Fuente: Los autores.

12. LA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE INDICADORES.

12.1 La planificación del mantenimiento.

Para garantizar la eficacia y eficiencia en las actividades de mantenimiento, es imprescindible una buena preparación de los recursos y talento humano disponible, como también los procedimientos a utilizar. Una buena planeación no solo garantiza su cumplimiento, sino que además ayuda a evaluar y optimizar tiempos de trabajos.

Lo primero en definir es el trabajo a realizar, el alcance y los objetivos previstos, es necesario delimitar bien el trabajo próximo a realizar. Como segunda medida se necesita los medios necesarios para el cumplimiento del trabajo, es aquí donde se estiman la mano de obra y materiales (Repuestos, grúas, herramientas, consumibles). Cabe resaltar que se deben calcular e incluir los costos adjuntos a estos.

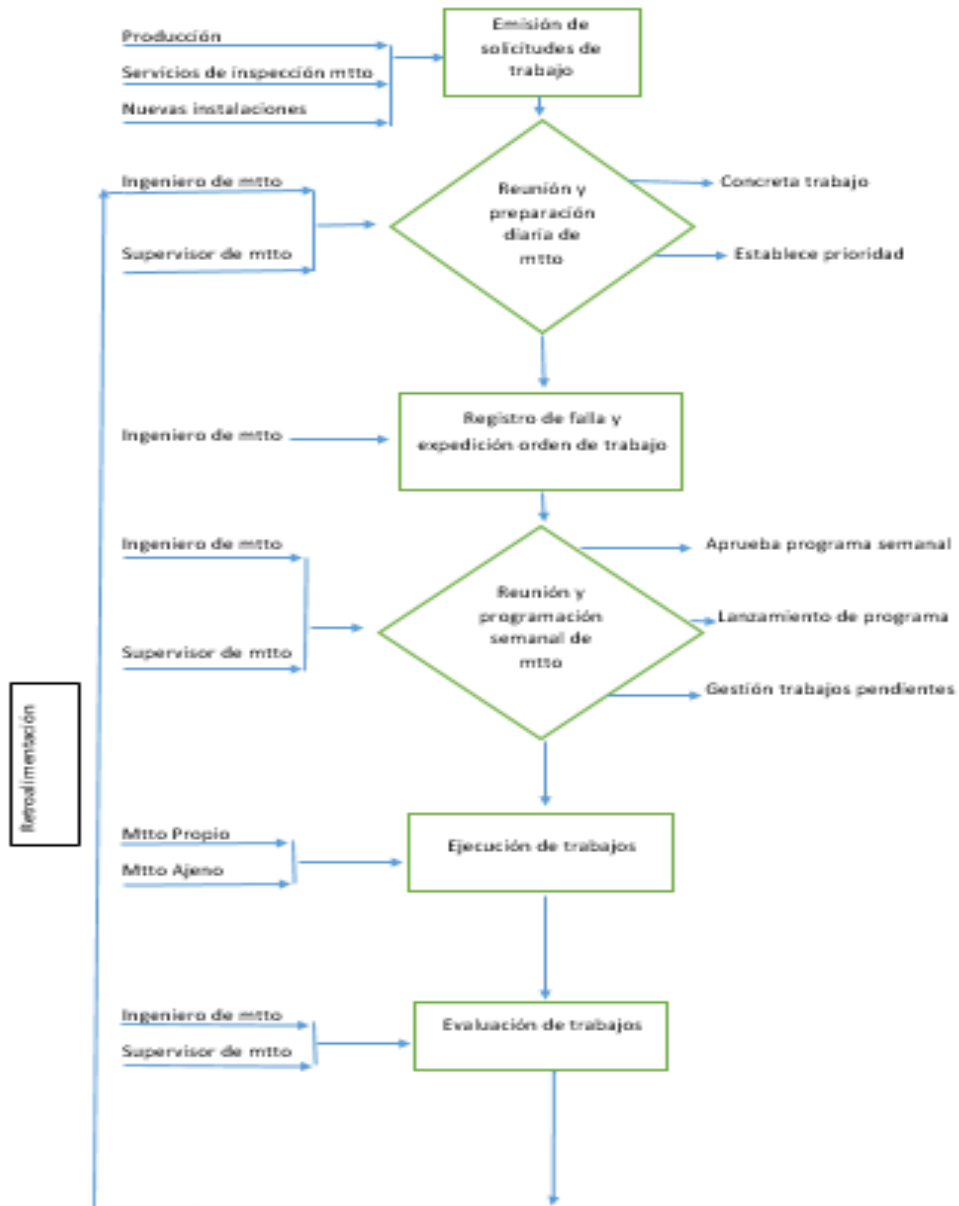
Luego de estimar la mano de obra, se hace necesario definir las normas de seguridad en el trabajo y los procedimientos aplicables. En la preparación de mano de obra se propone establecer procedimientos de trabajos sencillos y claros para trabajos repetitivos. Se busca estandarizar y mejorar puntos clave de los trabajos. Es importante que a la hora de establecer roles y responsabilidades se haga teniendo en cuenta su formación.

Se recomienda implementar un stock de repuestos basados en confiabilidad y costos. Los tiempos prolongados al momento de obtención de repuestos incrementan los tiempos de reparación de los equipos, esto podría afectar la disponibilidad general de planta.

a. La programación de los trabajos.

En la siguiente figura se propone un modelo de los procesos asociados al mantenimiento

Figura 37. Esquema de programación de trabajos.



Fuente: Los autores.

b. La emisión de solicitudes de trabajo.

Esta primera etapa es fundamental, debido a que es útil para identificar anomalías en los equipos. Con ayuda de esto se podrá evitar daños mayores o simplemente evitar cualquier mal-función y paradas no programadas.

Producción, operarios y mecánicos de los servicios de inspección son los competentes para la emisión de las solicitudes de trabajos. Cada solicitud se deberá marcar la prioridad de la intervención. A continuación, se enumerarán los niveles de prioridad:

- Prioridad 1: Para trabajos urgentes, para evitar daño a la propiedad o a las personas. Este tipo de trabajos no están dentro de la programación del mantenimiento por lo que se denominan correctivos. La intervención es inmediata.
- Prioridad 2: Para trabajos urgentes, la intervención se podrá realizar en las próximas 24 horas a la detección de la anomalía. Esta clasificación será cuando se estime perdidas en la producción o para asegurar la calidad.
- Prioridad 3: Intervención hasta máximo 8 días. Son trabajos programados para asegurar la disponibilidad.
- Prioridad 4: Trabajos a realizar en la próxima parada programada.

12.2 Las reuniones y preparación diaria del mantenimiento.

Luego de recibir la(s) solicitud(es) de trabajo de mantenimiento, este pequeño equipo conformado por el supervisor de mantenimiento y el ingeniero de mantenimiento, estudia la solicitud, realiza las visitas al equipo y evalúa las hipótesis referentes al problema. Se puede emplear el método de análisis de causa raíz.

Seguido se prepara la mano de obra necesaria y los repuestos, herramientas o consumibles a utilizar. Se definen los procedimientos a seguir en el caso de que se necesiten y se evalúa los procedimientos de seguridad pertinentes.

12.3 Los registros de fallas y expedición de órdenes de trabajo.

Teniendo en cuenta las hipótesis generadas en la solicitud de trabajo y luego de verificarla en campo y de una decisión del equipo de mantenimiento se procederá a registrar los modos de fallas, los repuestos utilizados y la descripción de la intervención realizada a cada equipo en el sistema de información.

12.4 Aprobación.

Como resultado de la preparación se emite un borrador de orden de trabajo en espera para ser autorizado por el ingeniero de mantenimiento. Es en esta etapa es donde se emite la orden de trabajo.

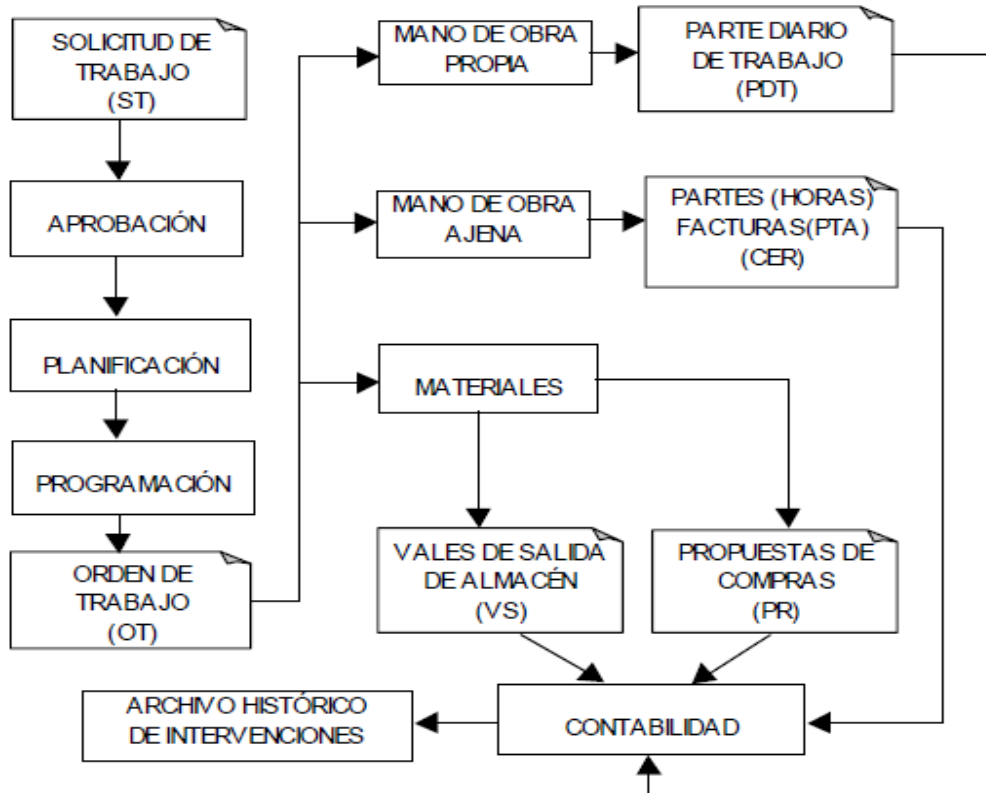
12.5 La reunión y programación semanal.

Los trabajos diarios aprobados con intervención a 8 días y las actividades propias del plan de mantenimiento se aprueban y se programan en la reunión semanal por parte del equipo de mantenimiento (Ingeniero de mantenimiento, Supervisor, nivel técnico). También se evalúa la semana anterior y se programan los trabajos pendientes.

12.6 La ejecución de trabajos.

Los trabajos aprobados y programados ejecutan bajo los lineamientos de la planeación.

Figura 38. Diagrama de ejecución de trabajos.



Fuente: DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. 2004. p. 47.

En la figura anterior se muestra los procesos a seguir para la preparación de un trabajo, que incluye los materiales y la mano de obra tanto propia como ajena.

12.7 Evaluación del trabajo y retroalimentación.

Se Evalúa la ejecución de los trabajos mediante los tiempos empleados, gasto real de repuestos y uso de herramientas y se alimentan los indicadores de gestión y plan de mantenimiento.

12.8 Los Indicadores de Gestión.

Para una correcta toma de decisiones es importante el manejo de un cuadro de mando o tablero de control, en el cual se midan las variables que se consideren importantes para el desarrollo del proceso de mantenimiento. Solamente cuando se cuenta con cifras exactas se podrá diagnosticar certeramente la situación actual.

En el presente trabajo se proponen los siguientes controles, cómo medir las variables y cómo calcular los indicadores propuestos.

- **Control de gestión de equipos**

El servicio de mantenimiento está dirigido entre otras funciones, al seguimiento del comportamiento de los equipos. Su funcionamiento y sus desviaciones, serán objetos de estudios, de estimaciones y optimizaciones de tiempos de funcionamiento y de reparaciones.

Para continuar con la propuesta es importante tener claro algunos conceptos:

Fallo: Es cualquier evento repentino o previsto en uno o más componentes de un equipo, el cual sucede en detrimento de la funcionalidad, calidad de operación, consumo energético, seguridad operacional y/o ambiental.

Confiabilidad (Equipos): Probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en un tiempo determinado bajo las mismas condiciones ambientales.

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que el equipo sea restaurado o reparado en un tiempo determinado.

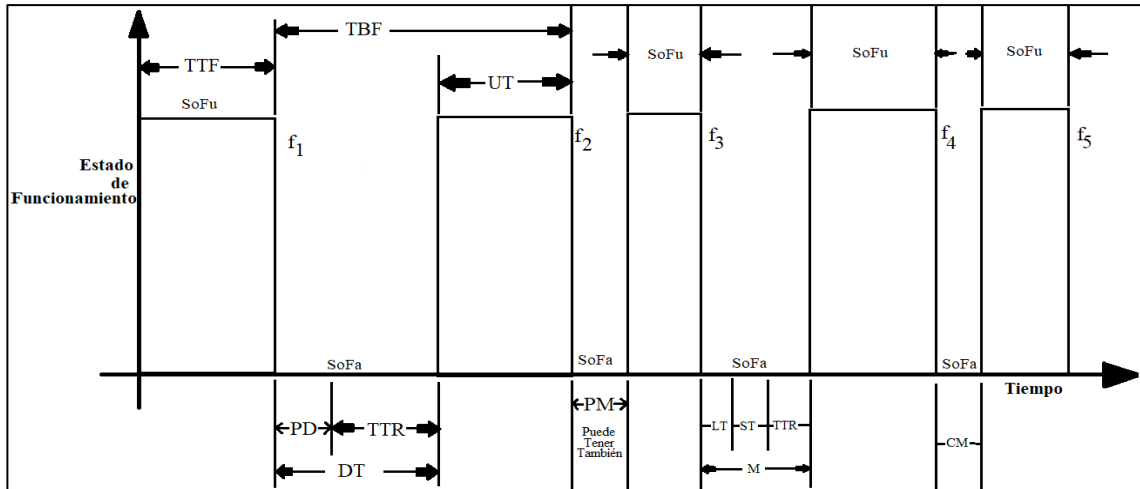
Disponibilidad: Es la probabilidad de que el equipo esté listo para trabajar en un tiempo dado.

El área de mantenimiento se alimentará entonces del proceso descrito anteriormente denominado registro de fallas. La información se analizará de la siguiente manera:

- Clasificación según estado de la máquina (Marcha, Parada, En Reparación).
- Horas de uso.
- Desviaciones de comportamiento.
- Resultados de inspecciones.
- Histórico de fallos.
- Ficha de análisis de fallos.
- Lista de recambios consumidos.
- Consumos de lubricantes, energía.

En la solicitud de trabajo y orden de trabajo quedarían implícitos los tiempos donde se identifica la falla, los tiempos para reparar, y de esto los tiempos entre fallas.

Figura 39. Tiempos Activos y fuera de línea.



Fuente: MORA, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega. 2013. P. 70

En la figura anterior podemos observar la distribución de los tiempo o ciclo de operación de un equipo:

TBF: Tiempo entre fallos.

TA: Tiempo de parada.

TTR: Tiempo de reparación.

TO: Tiempo de operación.

n: Número de fallos en el periodo considerado.

Los anteriores tiempos mencionados son la base para la medición de las principales características de las probabilidades que rigen la operación del equipo.

Teniendo la información del histórico de fallos con un buen número de datos se hace necesario el análisis de la información mediante la tabulación de la ocurrencia de fallos. La estimación y probabilidades de los ciclos de operación son pieza fundamental para la formulación de los planes fijar objetivos metas y optimización y eficacia del presupuesto.

Para los cuales se propone utilizar los siguientes parámetros³⁷:

MTBF: Como medida de la confiabilidad: es la sumatoria de los tiempos entre fallas dividido en el número de fallas.

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF_i}{n} \text{ [días]}$$

Y su inversa que es la tasa de fallas:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ [Nº de fallos/Año]}$$

MTTR: Como medida de la mantenibilidad.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR_i}{n} \text{ [días]}$$

Y su inversa que se denomina la tasa de reparación.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \text{ [Nº de Reparaciones/Año]}$$

³⁷ **Díaz, Juan.** *Técnicas de mantenimiento industrial.* p. 64.

D: Como medida de la disponibilidad. Se utilizan los cálculos anteriores.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Las anteriores ecuaciones, son utilizadas cuando es escaso el número de datos, cuando son mayores el número de datos entonces se calcula las probabilidades utilizando la distribución Weibull.

La distribución Weibull utiliza tres parámetros fundamentales:

- Función de distribución de probabilidad.
- Probabilidad de que el elemento falle en el instante t.
- Probabilidad que falle en el instante t o antes.

La ecuación que gobierna la confiabilidad se denota por:

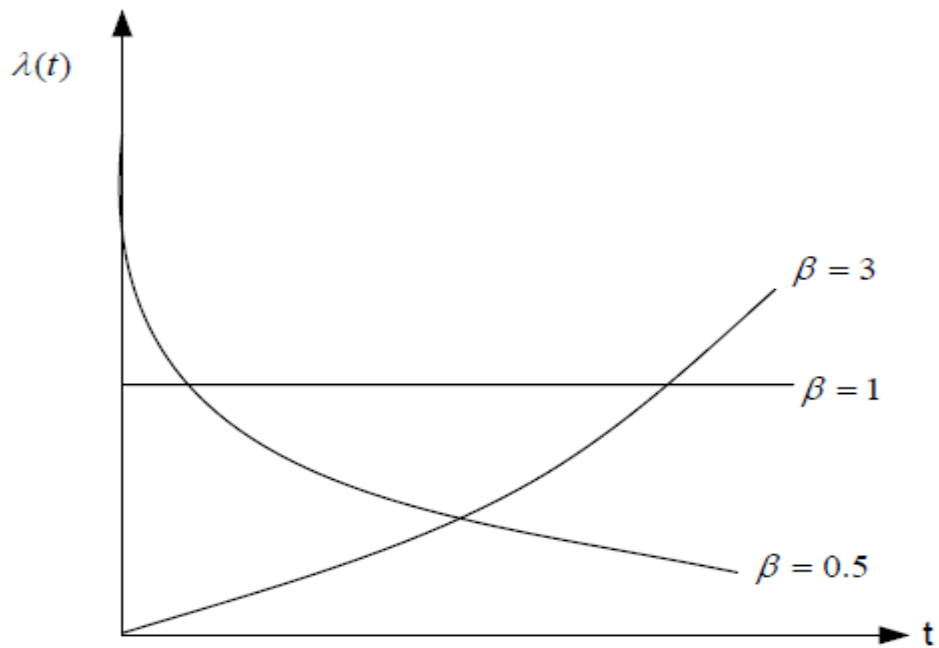
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

β : *Parametro de forma* $\beta > 0$

n : *Parametro de escala* $n > 0$

γ : *Parametro de posicion* $-\alpha < \gamma < +\alpha$

Figura 40. Valores de beta.



Fuente: DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. 2004 p. 72.

En donde la función de la tasa de falla se calcularía así:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{T} \left(\frac{t}{T} \right)^{\beta-1}$$

- $\beta < 1$. λ decrece. Fallos infantiles
- $\beta = 1$. λ constante. fallos aleatorios
- $\beta > 1$. λ crece. fallos por desgaste

12.9 Control de gestión de recursos humanos.

Con estos indicadores de control se plantea el mejoramiento continuo de la mano de obra del área de mantenimiento, y a la correcta orientación en la formación del personal y la prevención de accidentes.

Los datos de entradas son los siguientes:

- Para el personal propio se necesita los datos de formación por especialidades, por cualificación y por antigüedad, indicando en este último el desarrollo de competencias en los años trabajados.
- Datos de accidentes, de absentismo y horas extras.

Indicadores planteados:

Índice de cobertura del servicio de mantenimiento = Horas de mantenimiento propio / horas totales.

Índice de horas de formación: Horas de formación / Horas totales de trabajo

Índice de absentismo = horas de ausencia/ horas teóricas de trabajo.

Para accidentes:

Índice de frecuencia= (N° de accidentes con baja/horas trabajadas al año) * 10⁶

Índice de gravedad = (Número de jornadas perdidas por accidentes con baja/ numero hora trabajadas al año) * 10³

12.10 Control de gestión de actividades.

Este tablero de control permitirá conocer la distribución de las actividades.

Los datos de entrada son las órdenes de trabajo.

Indicadores:

- **Porcentaje de órdenes de trabajo destinadas a mantenimiento preventivo**
= OT's preventivo / OT's totales.
- **Porcentaje de órdenes de trabajo destinadas a mantenimiento correctivo**=
OT's correctivo / OT's totales.
- **Porcentaje de ejecución de OT's** = OT's ejecutadas / OT's Lanzadas.

Cabe anotar que para que la orden de trabajo se clasifique en preventivo o correctivo se tendrá en cuenta la prioridad emitida en la solicitud de trabajo y en la orden de trabajo, de la siguiente manera: Para prioridad 1 y 2 la clasificación será correctiva, para prioridad 3 y 4 será preventivo debido a su tiempo de programación.

12.11 Control de gestión económica.

El presupuesto anual de mantenimiento es un instrumento de planeación de los costos por concepto de mantenimiento para la vigencia fiscal siguiente, a partir de este se definirá los objetivos y metas de la siguiente anualidad. Una vez estimado los costos por componente se evaluará la ejecución real y las desviaciones del presupuestado serán estudiadas para mejorarla en la planeación siguiente, solo con estos controles se logrará cerrar la brecha entre los planeado y lo ejecutado.

De acuerdo con la codificación de equipos realizadas en este trabajo siguiendo los lineamientos de la ISO 14224, serán cargados los costos a cada sub equipo, equipo, sección. La clasificación de costos será la siguiente:

- Costes de Mantenimiento Correctivo.
- Costes de Mantenimiento Preventivo.
- Costes de Mantenimiento Predictivo (Preventivo condicional).
- Costes de Mejoras Técnicas.
- Costes de Mano de Obra Propia.
- Costes de Mano de Obra Ajena.
- Costes de Materiales: Este podrá ser implementado cuando se realice una gestión de repuesto y almacén.
- Costes de Repuestos específicos: Este podrá ser implementado cuando se realice una gestión de repuesto y almacén.
- Costo total de mantenimiento/ Facturación.
- Costo total de mantenimiento/ producción.

13.CONCLUSIONES.

- Se desarrolló un plan intensivo de mantenimiento para los activos mecánicos, electromecánicos y térmicos presentes en la planta de extracción de aceite de PALMARIGUANÍ S.A. el cual le permitirá a la gerencia de la planta elaborar estrategias más certeras sobre presupuestos de mantenimiento, además de ser más eficientes en el manejo de los tiempos de mantenimiento y en el control de las afectaciones que pudieran generar las actividades de mantenimiento sobre el medio ambiente, la seguridad operacional y la calidad.
- Se efectuó la codificación/inventario de los equipos presentes en la planta basados en el sistema lógico de la ISO: 14224, el cual les permitirá a los agentes de mantenimiento tener mayor claridad sobre la ubicación y función de las máquinas.
- Se logró generar una clasificación de los equipos basada en la criticidad de los mismos según sus funciones e impactos de falla dentro de la continuidad del proceso de extracción. Gracias a este análisis, la gerencia y los agentes de mantenimiento podrán desarrollar métodos y hábitos de mantenimiento más certeros en cuanto a la asignación prioritario de recursos.
- Se logró generar una propuesta gráfica-informativa acerca de la documentación técnica que debería reposar en los archivos para respaldar a los agentes de mantenimiento en sus procesos de gestión y registro de las actividades de reparación, cambio de piezas, gestión de materiales consumibles, etcétera.
- Se efectuó una auditoría de mantenimiento la cual ayudó de gran manera a mostrar las falencias del departamento de mantenimiento de la extractora PALMARIGUANÍ S.A. siendo la gestión documental, la ausencia de sistemas informáticos y los métodos y sistema de trabajo los puntos más débiles dentro de la arquitectura del sistema de mantenimiento.

14. RECOMENDACIONES.

Aplicación de las 5 S.

Aplicar de manera progresiva un programa de 5 S logrará hacer de la planta un lugar más agradable y motivador tanto para las labores de mantenimiento como para todos los demás procesos al interior de la planta. Se recomienda la iniciación de labores tendientes a crear, enseñar y fortalecer una cultura dentro de los trabajadores y directivas para separar lo útil de lo que no lo es, generar lugares para cada cosa y luego mantener las cosas en el lugar asignado, desechar lo que no es útil y limpiar lo que no lo está, enseñar los unos a los otros constantemente la importancia de mantener las cosas y lugares limpios y ordenados, y ser disciplinados cada día en la conservación de estos altos valores.

Lugares de trabajo.

La comodidad y la ergonomía hacen de las labores rutinarias de mantenimiento, funciones más seguras, rápidas, menos desgastantes y estresantes. Muchas veces el espacio alrededor del punto de operación de las máquinas es muy reducido, por lo que llevar a cabo acciones de mantenimiento mayor, como desarmes y cambio de piezas, sobre las mismas alrededor de su punto de operación se convierte en una labor sumamente desgastante, estresante e incluso peligrosa. Los agentes de mantenimiento no gozan de mucho espacio para maniobrar. Se recomienda la generación de un taller de mantenimiento propio dentro de las instalaciones, dotado de maquinaria elevadoras de carga que puedan asistir a los técnicos en sus procesos de instalación/desmonte de maquinaria pesada que se encuentra a gran altura.

Sistemas informáticos.

Los computadores y programas informáticos son de gran ayuda para la planificación y la gestión de mantenimiento, estos ayudan a los agentes de mantenimiento a llevar fechas y costos de las intervenciones, también insumos, recursos humanos,

herramientas necesarias, generación de órdenes de trabajo entre muchos otros factores. Se recomienda a la organización dotar al departamento de mantenimiento de un software de gestión de activos y actividades de mantenimiento.

Documentación técnica.

Sin documentación técnica actualizada no hay manera de tener certeza de las labores que se han hecho o las que deberían y hacerse y no se hacen, esta situación representa un riesgo para la trazabilidad de las acciones de mantenimiento y un detrimento de la competitividad de la organización, no hay manera de saber si se está gastando mucho o poco en una actividad. Se recomienda especialmente la implementación de un sistema documental de mantenimiento para los activos de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA.

ADMINISTRATION, Federal Aviation. Federal Aviation Administration. [Online] U.S. Department of Transportation. [Cited: Enero 15, 2018.] https://www.faa.gov/regulations_policies/airworthiness_directives/.

BORRÁS PINILLA, Carlos. 2011. *Principios de Mantenimiento*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander., 2011. 74 p.

CALA AYALA, Johan Stick and Nieto Muñoz, Sergio Andrés. 2017. *Plan de mantenimiento preventivo para la extractora La Gloria S.A.S.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2017. (Recuperado en 10 de Diciembre 2017). Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2017/168789.pdf>

DÍAZ, Cesar y Rodríguez, Nelson. *Plan de excelencia industrial centrado en el mejoramiento de la producción y mantenimiento en planta de beneficio*. Octubre : Cenipalma, 2014. . En: Reunión técnica nacional de palma de aceite. (12: 2, octubre, 2014: Bogotá) Cenipalma, 2014. (Recuperado en 10 Diciembre 2017). Disponible en: http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/30_plan-de-excelencia-industrial.pdf

DÍAZ DURÁN, Manuel Antonio and Ramírez Pardo, Carlos Julio. 2014. *Elaboración del plan de mantenimiento para la planta de extracción de aceite de palma Extractora Loma Fresca SAS.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014.(Recuperado en 10 Diciembre 2017). Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151989.pdf>. 57 p.

DÍAZ, Juan. 2004. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. s.l. : Calpe Institute of Technology, 2004. 8461162439. 3, 34, 47, 64, 72 p.

EMPRESARIAL, Zen. 2009. Zen en la organización. [Online] 12 28, 2009. [Cited: 02 10, 2018.] <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/28/las-5-s%C2%B4s-la-quinta-shitsuke-o-disciplina/>.

GONZÁLEZ, Carlos Ramón. 2001. *Memorias de Ingeniería de mantenimiento.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2001.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. 2005. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* Madrid : Fundación Confemetal, 2005. 84-96169-49-9. 30 p.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. 2010. *Reducción de costes y mejora de resultados en mantenimiento. La gestión mediante indicadores.* Madrid : Fundación Confemetal, 2010. 978-84-92735-34-1.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. 2004. *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión.* Madrid : Fundación Confemetal, 2004. 84-96169-36-7. 103-113 p.

INDUSTRY, International Standardization Organization - Oil and Gas. 2016. *ISO 14224:2016 Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* Ginebra : ISO, 2016.

KNEZEVIC, Jezdimir. 1996. *Mantenimiento.* Madrid : Isdefe, 1996. 84-89338-09-4. 19, 23, 52, 53, 171 p.

LEFCOVICH, Mauricio León. 2009. *La nueva dimensión humana en la organización.* Santa Fe : El Cid Editor, 2009. [En Línea] Libro electrónico. (Recuperado en 15 de Enero 2018). Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/reader.action?docID=3180648&q uery=dimension+humana>. 11 p.

LEFCOVICH, Mauricio León. 2009. *Las 5 S Plus.* Santa Fe : El Cid Editor, 2009. [En Línea] Libro electrónico. (Recuperado en 15 de Enero 2018). Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/reader.action?docID=3181073&q uery=5s>. 4 p.

LEFCOVICH, Mauricio León. 2009. *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial.* Santa Fe : El Cid Editor, 2009. [En Línea] Libro electrónico. (Recuperado en 15 de Enero 2018). Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/reader.action?docID=3179942&q uery=mantenimiento+industrial+>. 4 p.

MEDRANO MÁRQUEZ, José Ángel, González Ajuech, Víctor Levi and Díaz de León Santiago, Vicente Miguel. 2017. *Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales.* Ciudad de México : Grupo Editorial Patria, 2017. 978-607-744-709-2. [En Línea] Libro electrónico. (Recuperado en 15 de Enero 2018). Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/reader.action?docID=5213557&q uery=#. 7, 14, 35, 36, 66 p>.

MORA, Alberto. 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* México : Alfaomega, 2009. 978-958-682-769-0. 3, 67, 327, 329, 359, 360, 433 p.

MORALES ROMERO, Carlos Yesid and Ulloa Navarro, Carlos Mauricio. 2014. *Modelo para la organización jerárquica y clasificación de los activos de la planta Arguaney de Ecopetrol S.A. basado en la norma ISO 14224:2006 para su implementación en el módulo de mantenimiento de SAP.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2014. [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014.(Recuperado en 10 Diciembre 2017). Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/154078.pdf> 29, 30 p.

MOUBRAY, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance.* Oxford : Aladon, 1997. 0750633581. 198-202 p.

PASCUAL, Rodrigo. 2002. *Manual del ingeniero de mantenimiento .* Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2002. 25 p.

SÁNCHEZ MARÍN, Francisco , et al. 2007. *Mantenimiento mecánico de máquinas.* Valencia : Universitat Jaume I, 2007. 978-84-15443-89-6. [En Línea] Libro electrónico. (Recuperado en 15 de Enero 2018). Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/reader.action?docID=3216894&q uery=#. 12 p>.

SARMIENTO FERREIRA, Román Alberto, Esteban Pardo, Jesús Sebastián y Mayorga Mojica, Cesar Leonardo. *Diseño de un programa de mantenimiento aplicado a la planta extractora de aceite de palma Agroince LTDA y CIA S.C.A.* [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de mantenimiento. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2015.(Recuperado en 10 Diciembre 2017). Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/157721.pdf>. 118 p.

TROFFÉ, Mario. 2006. Análisis ISO 14224/OREDA. Relación con RCM/FMEA. [Online] Mayo 15, 2006. [Cited: Febrero 17, 2018.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0605MarioTroffeISO14224.pdf>. 4 p.

WAMBECK, Noel. 2005. *Sinopsis del proceso de la palma de aceite.* Bogotá : SENA-SAC, 2005. 958-33-8067-9. Volumen 1: Apéndice 2, 3,7,9,14,27,29 p. Volumen 3, Apéndice 1, 3 p.

ANEXO A. AUDITORIA DE MANTENIMIENTO.

1. Organización general.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Está definida por escrito y aprobada, la organización y responsabilidad del departamento de mantenimiento?		X			
2	¿Se comprueban las responsabilidades y las tareas en la organización de forma periódica para su adaptación?				X	
3	¿Están las responsabilidades y las tareas de los supervisores o encargados y de los técnicos claramente definidos?		X			
4	¿Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora?		X			
5	¿Tiene cada sección y/o actividad un presupuesto de funcionamiento y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?				X	
6	¿Existe un área para la planificación y coordinación de trabajos y para realizar estudios de mejora y formación?	X				

7	¿Existen descripciones de las funciones (en el terreno de las responsabilidades y en el de iniciativa) para cada uno de los puestos de ejecución?		X			
8	¿El personal de operaciones tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de primer nivel y las ejecutan?		X			
9	¿Todas las operaciones preventivas y correctivas se ejecutan con órdenes de trabajo y se imputan adecuadamente las actividades y repuestos?	X				
10	¿Tiene objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de pauta como resultados del servicio prestado?	X				

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 104.

2. Métodos y sistemas de trabajo.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Dispone de sistemas de planificación y preparación de trabajos para intervenciones importantes?	X				
2	¿Tiene procedimientos para preparar trabajos, establecer presupuestos y justificar nuevas adquisiciones o proponer nuevas actividades?		X			
3	¿Disponen de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?	X				
4	¿Tiene un procedimiento por escrito (y aplicado) que defina las autorizaciones de trabajos que conlleven riesgos?	X				
5	¿Se archivan en los expedientes o historiales de equipos, los trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones?	X				
6	¿Hay acciones que lleven a normalizar las acciones?		X			
7	¿Tienen métodos para estimar los tiempos de trabajo?	X				
8	¿Utilizan algún método particular (PERT) para preparación de trabajos largos, importantes, o que necesiten mucha coordinación?	X				

9	¿Tienen métodos formalizados para hacer las reparaciones y protocolos de pruebas?	X				
10	¿Guardan los repuestos en el almacén, hacen preparar kits (piezas, herramientas) antes de las intervenciones?				X	

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 105.

3. Gestión de la carga de trabajo.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Tiene un programa establecido de mantenimiento preventivo? (Acciones preventivas, periódicas, carga de trabajo).				X	
2	¿Dispone de fichas o check-list escritas de mantenimiento preventivo?	X				
3	¿Existe algún responsable del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo en términos de control y de actualización?					X
4	¿Tienen los operadores responsabilidades en materia de reglaje o ajustes y mantenimiento de rutina?				X	
5	¿Tienen un sistema de registro de demandas o solicitudes de trabajo?	X				
6	¿Hay alguna persona más específicamente responsables de la planificación de los trabajos?					X
7	¿Tienen reglas definidas que permitan asignar los trabajos según las prioridades?				X	
8	¿Conocen permanentemente la carga de trabajo en cartera y tienen un balance de capacidad?		X			

9	¿Existe algún documento (O.T.) que permita informar o seguir toda intervención que se utilice sistemáticamente para todos los trabajos?	X				
10	¿Se reúnen periódicamente los supervisores para debatir las prioridades del mantenimiento, de la planta, del personal, etcétera?			X		

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 107.

4. Compra y logística de repuestos.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Tienen un almacén específico para mantenimiento y un sistema de lanzamiento y seguimiento de pedidos a su medida?	X				
2	¿Dispone de un sistema de 'libre servicio' para artículos y piezas de consumo habitual?	X				
3	¿El stock de repuestos está al día, accesible a su personal de forma informatizada y disponible el valor, numérico de artículos, plazo, etcétera?	X				
4	¿Están todas las piezas de repuestos identificadas y codificadas?	X				
5	¿Están definidos los sistemas de aprovisionamiento y de lanzamiento de compras por demandas, puntos de pedido, etcétera?		X			
6	¿Hay un procedimiento formalizado de solicitud de ofertas, con pliegos adaptados a sus necesidades y adjudicación de pedidos?		X			
7	¿Los procedimientos de aprobación son rápidos y flexibles?		X			

8	¿Tienen proveedores conectados que almacenen en sus dependencias los materiales y repuestos de sus suministros?	X				
9	¿Tienen facilidad y homologados suministros al propio fabricante del equipamiento o instalación?		X			
10	¿Hay gran cohesión entre el servicio de compras y de mantenimiento para las decisiones de compra y negociación con los suministradores?			X		

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 108.

5. Organización del taller de mantenimiento.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿El espacio que tiene asignado su departamento para actividades, bancos, oficina de planificación e ingeniería, almacén, etcétera?		X			
2	¿Dispone la planta de las instrucciones operativas y protocolos para ser consultados por sus mandos y operarios directamente?		X			
3	¿Las oficinas de los mandos intermedios y superiores se encuentran al pie de la planta?				X	
4	¿Se encuentra bien ubicado el almacén de herramientas y repuestos?		X			
5	¿Dispone de suficiente utillaje y medios de manutención y transporte adecuados a sus trabajos preventivos y correctivos?		X			
6	¿Las órdenes de trabajo se abren y cierran a pie de planta, con terminales ubicados en la planta o con terminales portátiles?	X				
7	¿Las zonas destinadas a materiales útiles o averiados y de envío o recepción exterior	X				

	están correctamente identificadas y delimitadas?					
8	¿Hay un responsable de logística, de la custodia de herramientas, útiles, y de la verificación y calibración periódica de cada una de ellas?				X	
9	¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente por el departamento de mantenimiento?				X	

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoría del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 110.

6. Sistemas informáticos.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Ha participado activamente el departamento de mantenimiento en la especificación técnica y definición de requisitos de su sistema informático?	X				
2	¿El sistema es amigable a la hora de lanzar órdenes, planificar actividades, controlar recursos, emitir informes, etcétera?	X				
3	¿Se ha ajustado la aplicación informática implementada a los procedimientos organizativos eficaces ya implantados?	X				
4	¿Los operarios interactúan con el sistema recogiendo órdenes, cerrando las finalizadas, imputando recursos, etcétera?	X				
5	¿Su sistema informático 'dialoga' adecuadamente con otras aplicaciones corporativas como costos, nóminas, etcétera?	X				
6	¿Desde la implantación de su aplicación informática ha reducido significativamente la carga administrativa de su departamento?	X				
7	¿La información que ahora obtiene de su aplicación le	X				

	ayuda realmente a una más fácil y rigurosa toma de decisiones?					
8	¿Ha ahorrado personal u optimizado recursos, mejorando su eficiencia de forma contrastada, desde la puesta en marcha de la aplicación informática?	X				
9	¿El hardware del que dispone en su departamento está suficientemente dimensionado en cuanto a capacidad de proceso, memoria, periféricos, etcétera?	X				
10	¿La red de comunicaciones de su empresa, otros servicios asociados a voz y datos funciona con la fiabilidad, disponibilidad y prestaciones adecuadas?	X				

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 109.

7. Herramientas y medios de pruebas.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos de pruebas?		X			
2	¿Dispone su departamento, en propiedad o con accesibilidad inmediata, de las herramientas especiales y equipamiento que precisan?	X				
3	¿Está correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramientas especiales y útiles?	X				
4	¿Dispone de proceso de puesta a disposición o bono de responsabilidad de herramientas para el caso de que éstas se utilicen por contratistas?		X			
5	¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?				X	
6	¿Existen verificaciones periódicas de puesta en conformidad de máquinas y herramientas, nuevas, usadas o modificadas por ustedes?		X			
7	Cuando necesitan un medio extraordinario de mantenimiento o transporte, ¿lo disponen con las características y celeridad precisas?		X			

8	¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente por ustedes?	X				
---	---	---	--	--	--	--

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoría del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 111.

8. Documentación técnica.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿Disponen ustedes de documentación técnica general suficiente: mecánica de construcción, electricidad, código de entorno y nocividad, regulaciones?	X				
2	¿Disponen ustedes de planos de conjunto y los esquemas necesarios?		X			
3	¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como las listas de las piezas sueltas para equipamientos de mayor envergadura?	X				
4	¿Son fácilmente obtenibles y utilizables (en español) los planos de las instalaciones?	X				
5	¿Se ponen al día los planos y los esquemas a medida que se aportan las modificaciones?		X			
6	¿Se registran los trabajos de modificación de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes (preparación, puesta al día de la documentación)?.		X			
7	¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento?		X			

8	¿Son suficientes los medios de reprografía?	X				
---	---	---	--	--	--	--

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 112.

9. Personal y formación.

Número de pregunta	Pregunta	Puntuación establecida.				
		No	Más bien no	Ni sí, ni no.	Más bien Sí.	Sí.
1	¿El ambiente de trabajo es en general positivo?				X	
2	¿Dirigen y supervisan correctamente los mandos intermedios los trabajos efectuados por los operarios bajo su responsabilidad?			X		
3	¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios (círculos de calidad, grupos de progreso)?		X			
4	¿Se llevan a cabo encuentros periódicos de apreciación entre el personal directivo y operativo?		X			
5	¿Los mandos intermedios y los operarios están lo				X	

	suficientemente disponibles? (Alargamiento de jornada laboral para acabar un trabajo, trabajar los sábados..)					
6	¿Consideran ustedes en general que la formación técnica de su personal es satisfactoria?		X			
7	En el trabajo diario ¿estiman ustedes que el personal tiene la iniciativa necesaria?				X	
8	¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?		X			
9	¿Reciben sus mandos intermedios formación en nuevas tecnologías gracias a estancias, visitas a constructores, exposiciones, etcétera?		X			
10	¿Recibe su personal formación en seguridad y prevención de accidentes de forma regular?				X	

11	¿Programa y domina la formación del personal el servicio de mantenimiento?		X			
12	¿Se sigue rigurosamente la cualificación y la habilitación del personal?		X			
13	¿Tienen ustedes pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos o ausencias?		X			
14	¿Son buenas las relaciones de su personal con los agentes de producción o explotación?					X

Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión*. Ciudad de Madrid. p. 113.

ANEXO B. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.

Sistema de Recepción.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Plataforma de la Báscula	REC-BAS-PLA
2	Báscula mecánica	REC-BAS-BME
3	Báscula electrónica	REC-BAS-BEL
4	Sistema de rieles	REC-RIE-RIE
5	Mesa de traslación	REC-MTR-MTR
6	Moto-reductor de la mesa de traslación	REC-MTR-MRD
7	Indexer de la mesa de traslación	REC-MTR-IND
8	Moto-reductor del indexer	REC-MTR-MRI
9	Polea tensora	REC-POL-POL

Fuente: Los autores.

Sistema de Esterilización.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Sistema de rieles	EST-RIE-RIE
2	Esterilizadores tipo doble compuerta	EST-EST-EDC
3	Indexer del Esterilizador	EST-EST-IND
4	Polea tensora	EST-POL-POL
5	Bomba del sumidero para condensados de esterilización	EST-BOM-BSU

6	Tanque de recuperación de condensados de esterilización	EST-TAN-TAC
7	Chimenea de esterilizador	EST-CHI-CHI

Fuente: Los autores.

Sistema de Desfrutación.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Mesa de traslación	DES-MTR-MTR
2	Moto-reductores mesa de traslación	DES-MTR-MRD
3	Tambor de volteo	DES-TAM-TAM
4	Moto-reductor del tambor de volteo	DES-TAM-MRD
5	Tolva de fruto esterilizado	DES-TOL-TOL
6	Redler primario de salida de la tolva	DES-RE1-RE1
7	Redler transversal de racimos al desfrutador	DES-RE2-RE2
8	Tambor desfrutador con transportador de tornillo inferior	DES-DES-TAM
9	Moto-reductor de Accionamiento del desfrutador	DES-DES-MRD

10	Transportador de tornillo inferior	DES-DES-TOR
11	Moto-reductor del tornillo	DES-DES-MRT
12	Banda transportadora de raquis	DES-BAN-BTR
13	Moto-reductor de la banda transportadora de raquis	DES-BAN-MRD

Fuente: Los autores.

Sistema de Digestión.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Sinfín distribuidor de fruta	DIG-SIN-SIN
2	Moto-reductor del sinfín distribuidor de fruta de los digestores	DIG-SIN-MRD
3	Canaleta de retorno	DIG-CAN-CAR
4	Digestores	DIG-DIG-DIG
5	Moto-reductor de los digestores	DIG-DIG-MRD
6	Sinfín transversal	DIG-SFN-SFT

7	Moto-reductor del sinfín transversal	DIG-SFN-MRD
8	Elevador de fruta (cangilones)	DIG-ELE-CAN
9	Moto-reductor del elevador de cangilones	DIG-ELE-MRD

Fuente: Los autores.

Sistema de Prensado.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Prensa doble tornillo	PRE-PRE-PDT
2	Moto-reductor prensa doble tornillo	PRE-PRE-MRD
3	Canal de recolección de aceite crudo en acero inoxidable	PRE-CAN-CAN

Fuente: Los autores.

Sistema de Clarificación.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Preclarificador horizontal	CLA-PRE-PHO
2	Tanque secador	CLA-PRE-TAN
3	Desarenador	CLA-DES-DES

4	Juego de bombas para el pozo florentino de lodos	CLA-BBF-BLO
5	Bombas de transferencia de aceite crudo con interruptor de nivel (pre-clarificador hacia desarenador)	CLA-BBD-BCR
6	Bomba de aceite de clarificación hacia tanques de almacenamiento	CLA-BBT-BTA
7	Bomba de lodos desde los pres hacia tanques pulmones de la centrífuga	CLA-BBP-B
8	Tanque de almacenamiento de lodos provenientes del pre.	CLA-TAN-TAL
9	Centrífuga de lodos	CLA-CEN-CLO
10	Tanque sedimentador de aceite	CLA-TAA-TSA

Fuente: Los autores.

Sistema de Desfibrado.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Columna de desfibrado con compuerta ajustable y estructura de soporte	DSF-DSF-COL
2	Ductos a los ciclones y ventilador	DSF-DUC-DUC
3	Ciclón de fibras	DSF-DSF-CIC
4	Ventilador completo con motor	DSF-DSF-VEN

Fuente: Los autores.

Sistema de Generación de vapor.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.
1	Transportador de fibra a la caldera	VAP-TRA-TRF
2	Tanque elevado	VAP-TAN-TAN
3	Tanque alimentación caldera	VAP-TAA-TAC
4	Bomba del tanque de almacenamiento hacia tanque elevado	VAP-BOT-BTA

5	Bomba de alimentación de tanque hacia la caldera	VAP-BOC-BTC
6	Planta de tratamiento de agua de alimentación de las calderas	VAP-PLA-AGU
7	Caldera de tubos de agua (Piro-tubular)	VAP-CAL-CAL
8	Cámara de purga de caldera	VAP-CAL-PUR

Fuente: Los autores.

ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.

Sección de Recepción.

Báscula camionera

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
1	Recepción	REC-BAS	Báscula	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Pesar la masa de RFF ingresada por los camiones y de aceite procesado que sale de la planta.
----------------	--

Empresa Proveedor:	Nombre repr. Ventas o administrativo	Datos del Proveedor:
Prometálicos S.A.	Telefonos	Prometálicos. Manizales, Colombia.
	Dirección	(57)(6) 886 4009
	Ciudad	Carrera 21 # 72-04
	Correo electrónico	Manizales
		sistenteventas@prometalicos.com
Costo de Adquisición:		
No hay registros		

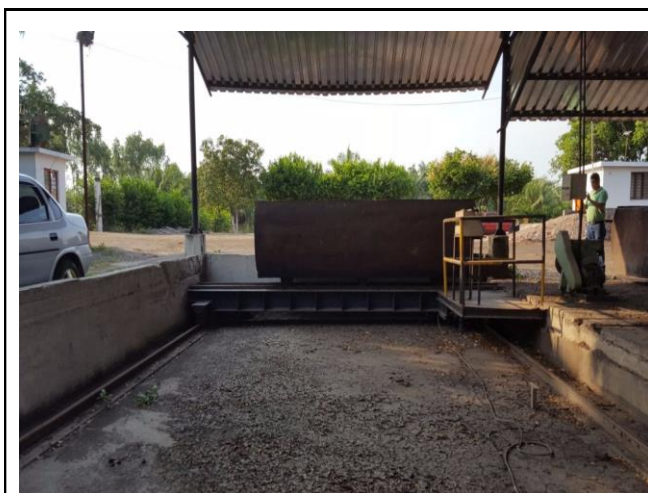
Especificaciones Técnicas

- * Modelo: Prometálicos BP.
- * Capacidad: 80 toneladas.
- * Altura: 1200 mm.
- * Conexión electrónica a indicador digital PRO 2000
- * Graduación mínima de 5 kilogramos

Fuente: Los autores.

**Rieles Rectos
zonas de Proceso**

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
1	Recepción	REC-RIE-RIE	Rieles rectos	1 par



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función | proveer de guía para el movimiento de la mesa de traslación de recibo de fruta

Empresa Proveedor:	Nombre repr. Ventas o administrativo	Datos del Proveedor:
Sin registros	Telefonos	
	Dirección	
	Ciudad	
	Correo electrónico	
Costo de Adquisición:		
No hay registros.		

Especificaciones Técnicas

Riel ligero tipo patín en acero al carbono.

5100 milímetros de separación.

Fuente: Los autores.

Sección de Esterilización.

# Proceso	Nombre del Proceso	Esterilizador		Cantidad
		Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	
2	Esterilización	EST-EST-EDC	Esterilizador	2



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Esterilizar (eliminar cultivos bacterianos y hongos) del fruto fresco y ayudar al ablandado.
----------------	--

Empresa Proveedora:	Datos del Proveedor:
Sin Registros	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	



Especificaciones Técnicas.

*Diámetro: 1700 mm
*Longitud: 21400 mm
*Espesor de cuerpo, puertas y fondo: 1/2" + 3/16" (cuerpo + encamisado)
*Presión de trabajo: 45 Libras por pulgada cuadrada.
*Cuerpo norma 516 grado 70.
*Rieles inferiores en perfil angular para carga ligera.

Fuente: Los autores.

**Chimenea de
Desfogue de la
esterilización**

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
2	Esterilización	EST-CHI-CHI	Chimenea	1

	
<p>Formato de Datos técnicos. Código de documento: Pal-FDT 001. Ver: 1.0</p>	

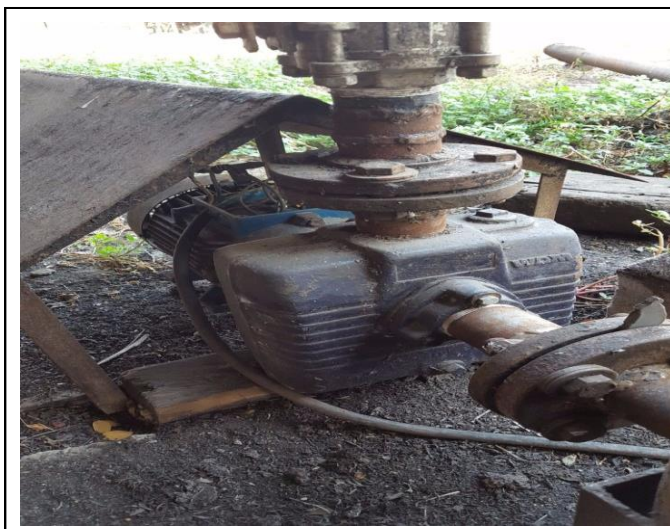
Función	Reducir los ruidos de escape de vapor del sistema de esterilización.
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros	
Nombre repr.	
Telefonos	
Dirección	
Ciudad	
Correo electrónico	
Costo de Adquisición:	

Especificaciones técnicas
*Altura máxima: 5200 mm
*Cuerpo en acero laminado de 1/4" de espesor de 960 mm de diámetro.
*Soporte fabricado en ángulo de 1/4 de espesor.

Fuente: Los autores.

		Bomba de sumidero para condensados de esterilización.		
# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
2	Esterilización	EST-BOM-BSU	Bomba de condesados	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Mover el agua desde el tanque acumulador de condensados hacia el tratamiento de efluentes.
----------------	--

Empresa Proveedora:	Datos del Proveedor:
Sin registros	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones técnicas

*Bomba centrifuga.

*Accionamiento por acoplamiento a motor electrico.

Fuente: Los autores.

Sección de Desfrutación.

Tambor de Volteo.

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
3	Desfrutado	DES-TAM-TAM	Tambor de volteo	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Girar los vagones de fruta fresca para hacerlos caer sobre la tolva de recepción del desfrutador.
----------------	---

Empresa Proveedora:	Nombre repr. Telefonos Dirección Ciudad Correo electrónico	Datos del Proveedor:
Sin registros.		
Costo de Adquisición:		

Especificaciones técnicas

- *Sistema de control eléctrico reversible
- *Longitud de 4200 mm
- *Diámetro de 1600 mm
- *Dos pistas de rodaje en acero al carbono ubicado en los bordes del tambor.

Fuente: Los autores.

Redler de Alimentación del Desfrutador

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
3	Desfrutado	DES-RED-RE1	Redler	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Transportar los frutos frescos esterilizados desde la tolva de volteo hacia el redler de alimentación
----------------	---

Empresa Proveedora:	Nombre repr. Telefonos Dirección Ciudad Correo electrónico	Datos del Proveedor:
Sin registros		
Costo de Adquisición:		

Especificaciones técnicas

- *Redler tipo cadena
- *Ejes en acero SAE 1045
- *Potenciado por motor eléctrico de 20 HP
- Velocidad de 14 metros / minuto

Fuente: Los autores.

Redler Transversal

Al desfrutador

# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
3	Desfrutado	DES-RED-RE2	Redler	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Alimentar de fruta al desfrutador
----------------	-----------------------------------

Empresa Proveedora:		Datos del Proveedor:
Sin registros.	Nombre repr.	
	Telefonos	
	Dirección	
	Ciudad	
	Correo electrónico	
Costo de Adquisición:		

Especificaciones Técnicas.

- *Redler tipo cadena
- *Velocidad 14 metros / minutos
- *Potenciado por motor eléctrico de 5 H.P.

Fuente: Los autores.

Desfrutador

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
3	Desfrutado	DES-DES-TAM	Desfrutador	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Arrancar la fruta fresca esterilizada de sus racimos.
----------------	---

Empresa Proveedora:	Datos del Proveedor:
Sin registros	
Nombre repr.	
Telefonos	
Dirección	
Ciudad	
Correo electrónico	
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

*Tambor Desfrutador cilindrico sin eje.
*Potenciado por motoreductor eléctrico de 35 HP
Fuente: Los autores.

**Bandas
transportadoras de
Raquis**

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
3	Desfrutado	DES-BAN-B	Banda de raquis	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Mover los racimos desfrutados desde la salida del tambor desfrutador hacia el punto de acopio.
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

- *Banda de 18" de ancho.
- *Velocidad de operación de 0.4 metros / segundo.
- *Soportes soldados en ángulo de 1/4"

Fuente: Los autores.

Sección de Digestión.

Sinfín Transversal

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
4	Digestión	DIG-SIN-SIN	Sinfín	1

	 <p>Formato de Datos técnicos. Código de documento: Pal-FDT 001. Ver: 1.0</p>
--	---

Función	Mover los frutos sueltos desde el redler inferior del desfutador hacia los elevadores
----------------	---

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registro.	
Nombre repr.	
Telefonos	
Dirección	
Ciudad	
Correo electrónico	

Costo de Adquisición:

Especificaciones Técnicas.

*Sinfín fabricado en acero de 1/4" de espesor

*Diámetro del sinfín de 720 mm

. Fuente: Los autores.

Elevador de Frutos

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
4	Digestión	DIG-ELE-CAN	Elevador	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Elevar los frutos sueltos en los transportadores del desfrutador hasta el sinfín de distribución de los digestores.
----------------	---

Empresa Proveedora:		Datos del Proveedor:
Sin registros.	Nombre repr. Telefonos Dirección Ciudad Correo electrónico	
Costo de Adquisición:		

Especificaciones Técnicas.

- *Potenciado por motoreductor eléctrico de 12 H.P.
- *Altura máximo 13600 mm.
- *Transmisión por cadenas y sprockets.

Fuente: Los autores.

Digestor

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
4	Disgestión	DIG-DIG-DIG	Digestor	2

	
	<p>Formato de Datos técnicos. Código de documento: Pal-FDT 001. Ver: 1.0</p>

Función	Maceración de la fruta y re-enblandecido de la fruta a modo de preparación para el prensado
----------------	---

Empresa Proveedora:	Nombre repr. Telefonos Dirección Ciudad Correo electrónico	Datos del Proveedor:
Sin registro		
Costo de Adquisición:		

Especificaciones Técnicas.

- *Capacidad de 3800 litros
- *Cuerpo cilindrico vertical
- *Potencia del motor de 40 H.P.

Fuente: Los autores.

**Sinfín Distribuidor de
frutos**

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
4	Digestión	DIG-SIN-SIN	Sinfín	1



Función	Distribuir los frutos hacia los digestores.
----------------	---

Empresa Proveedora:	Datos del Proveedor:
Sin registro	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

*Tornillo hélice fabricado en acero de 1/4"

*Diametro de la helice de 710 mm

*Potencia de 4 H.P

Fuente: Los autores.

Sección de prensado.

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
5	Prensado	PRE-PRE-PDT	Prensa	2



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función

Empresa Proveedor:		Datos del Proveedor:
Sin registros.	Nombre repr.	
	Telefonos	
	Dirección	
	Ciudad	
	Correo electrónico	
Costo de Adquisición:		

Especificaciones Técnicas.

*Conos de presión operados hidráulicamente.

*Potencia del motor de 30 H.P.

Fuente: Los autores.

Sección de Clarificación.

Bomba de aceite crudo

# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
6	Clarificación	CLA-BBD-BCR	Bomba	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Mover el licor de prensa hasta el tanque acumulador
----------------	---

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

- *Del tipo centrífugo
- *Accionamiento mediante motor eléctrico.
- *Bomba de succión positiva.

Fuente: Los autores.

**PreClarificador
Horizontal**

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
6	Clarificación	CLA-PRE-PHO	Preclarificador	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Hacer una primera separación del aceite para evitar el contacto prolongado con lodos y agua.
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
Nombre repr.	
Telefonos	
Dirección	
Ciudad	
Correo electrónico	
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.	
Longitud	2200 mm
Ancho	2600 mm
Altura	1800 mm

Fuente: Los autores.

**Tanque
sedimentador de
aceite**

# Proceso	Nombre del Proceso	cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
6	Clarificación	CLA-TAA-TSA	Tanque sedimentador	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Almacenar el aceite que está listo para el proceso de secado
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

Volumen útil 1,8 m3
Fabricado en lámina de acero de 1/4

Fuente: Los autores.

Centrifuga Desludadora

# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
6	Clarificación	CLA-CEN-CLO	Centrifuga	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Separar mediante acción centrífuga los lodos del aceite.
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

Transmisión por poleas y correas en V.
Potenciado por motor eléctrico de 10 kW
Cuerpo en lámina de acero.

Fuente: Los autores.

**Juego de Bombas de
aceite recuperado
del florentino**

# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
6	Clarificación	CLA-BBF-BLO	Bombas	2



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Retornar el aceite recuperado desde el florentino hacia las máquinas de clarificación
----------------	---

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

Tipo centrifugas
Accionamiento por motor electrico de acople directo
Fuente: Los autores.

Sección de Desfibrado.

Columna de Desfibrado

# Proceso	Nombre del Proceso	# de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
7	Desfibrado	DSF-DSF-COL	Columna	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Separar las fibras y las nueces.
----------------	----------------------------------

Empresa Proveedora:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

De sección rectangular.
Fabricada en lámina de acero de 1/4"
Fuente: Los autores.

Sección de generación de vapor.

Caldera de Agua

# Proceso	Nombre del Proceso	Cód de Máquina	Nombre de la Máquina	Cantidad
8	Generación de vapor	VAP-CAL-CAL	Caldera	1



Formato de Datos técnicos.
Código de documento: Pal-FDT
001. Ver: 1.0

Función	Generar vapor útil para diversas fases del proceso de extracción
----------------	--

Empresa Proveedor:	Datos del Proveedor:
Sin registros.	
	Nombre repr.
	Telefonos
	Dirección
	Ciudad
	Correo electrónico
Costo de Adquisición:	

Especificaciones Técnicas.

Presión de trabajo de 30 bares.

Fuente: Los autores.

ANEXO D.CALIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.

Sistema de Esterilización.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Sistema de rieles	EST-RIE-RIE	1	7	1	1	1	9	9
2	Esterilizadores tipo doble compuerta	EST-EST-EDC	2	4	3	2	8	22	44
3	Indexer del Esterilizador	EST-EST-IND	2	1	2	1	1	4	8
4	Polea tensora	EST-POL-POL	1	1	2	1	1	4	4
5	Bomba del sumidero para condensados de esterilización	EST-BOM-BSU	4	7	2	1	1	16	64
6	Tanque de recuperación de condensados de esterilización	EST-TAN-TAC	1	1	2	1	1	4	4

7	Chimenea de esterilizador	EST-CHI-CHI	1	1	2	1	5	8	8
---	---------------------------	-------------	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Esterilización.

Frecuencia	4		5				
	3						
	2			2			
	1	1-3-4-6-7					
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: Los autores.

Sistema de Desfrutación.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Mesa de traslación	DES-MTR-MTR	2	7	2	1	1	16	32
2	Moto-reductores mesa de traslación	DES-MTR-MRD	2	7	3	2	1	24	48
3	Tambor de volteo	DES-TAM-TAM	2	7	3	1	1	23	46
4	Moto-reductor del tambor de volteo	DES-TAM-MRD	2	7	3	2	1	24	48
5	Tolva de fruto esterilizado	DES-TOL-TOL	1	4	2	1	1	10	10
6	Redler primario de salida de la tolva	DES-RE1-RE1	2	7	3	1	1	23	46
7	Redler transversal de racimos al desfrutador	DES-RE1-RE2	2	7	3	1	1	23	46

8	Tambor desfrutador con transportador de tornillo inferior	DES-DES-TAM	1	7	3	1	1	23	23
9	Moto-reductor de Accionamiento del desfrutador	DES-DES-MRD	2	7	3	2	1	24	48
10	Transportador de tornillo inferior	DES-DES-TOR	2	7	3	1	1	23	46
11	Moto-reductor del tornillo	DES-DES-MRT	2	7	3	1	1	23	46
12	Banda transportadora de raquis	DES-BAN-BTR	2	4	2	1	1	10	20
13	Moto-reductor de la banda transportadora de raquis	DES-BAN-MRD	2	7	3	1	1	23	46

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Desfrutación.

Frecuencia	4						
	3						
	2	12	1	2-3-4-6-7- 9-10-11- 13			
	1	5		8			
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: Los autores.

Sistema de Digestión.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Sinfín distribuidor de fruta	DIG-SIN-SIN	2	7	3	1	1	23	46
2	Moto-reductor del sinfín distribuidor de fruta de los digestores	DIG-SIN-MRD	2	7	3	1	1	23	46
3	Canaleta de retorno	DIG-CAN-CAR	1	4	3	1	1	14	14
4	Digestores	DIG-DIG-DIG	3	7	4	2	5	35	140
5	Moto-reductor de los digestores	DIG-DIG-MRD	2	7	3	1	1	23	46
6	Sinfín transversal	DIG-SFN-SFT	2	7	3	1	1	23	46

7	Moto-reductor del sinfín transversal	DIG-SFN-MRD	2	7	3	1	1	23	46
8	Elevador de fruta (cangilones)	DIG-ELE-CAN	3	7	3	1	1	23	69
9	Moto-reductor del elevador de cangilones	DIG-ELE-MRD	2	7	3	1	1	23	46

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Digestión.

Frecuencia	4						
	3			4-8			
	2			1-2-5-6-7-9			
	1		3				
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: Los autores.

Sistema de Prensado.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Prensa doble tornillo	PRE- PRE- PDT	4	7	4	2	5	35	140
2	Moto-reductor prensa doble tornillo	PRE- PRE- MRD	2	7	3	1	1	23	46
3	Canal de recolección de aceite crudo en acero inoxidable	PRE- CAN- CAN	1	4	2	1	1	10	10

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Prensado.

Frecuencia	4				1		
	3						
	2			2			
	1	3					
		10	20	30	40	50	60
Consecuencia							

Fuente: Los autores.

Sistema de Clarificación.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Preclarificador horizontal	CLA- PRE- PHO	2	7	1	1	1	9	18
2	Tanque secador	CLA- PRE- TAN	2	4	1	1	1	6	12
3	Desarenador	CLA- DES- DES	1	4	1	1	1	6	6
4	Juego de bombas para el pozo florentino de lodos	CLA- BBF- BLO	2	4	1	1	1	6	12
5	Bombas de transferencia de aceite crudo con interruptor de nivel (pre-clarificador hacia desarenador)	CLA- BBD- BCR	2	4	1	1	1	6	12
6	Bomba de aceite de clarificación hacia tanques	CLA- BBT- BTA	2	4	1	1	1	6	12

	de almacenamiento								
7	Bomba de lodos desde los pres hacia tanques pulmones de la centrífuga	CLA-BBP-BBP	3	4	2	1	1	10	30
8	Tanque de almacenamiento de lodos provenientes del pre.	CLA-TAN-TAL	2	4	2	1	1	10	20
9	Centrifuga de lodos	CLA-CEN-CLO	3	4	4	2	1	19	57
10	Tanque sedimentador de aceite	CLA-TAA-TSA	2	4	1	1	1	6	12

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Clarificación. Fuente: Los autores.

Frecuencia	4						
	3	7	9				
	2	1-2-3-4-5-6-8-10					
	1						
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Sistema de Desfibrado.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Columna de desfibrado con compuerta ajustable y estructura de soporte	DSF- DSF- COL	2	4	2	1	1	10	20
2	Ductos a los ciclones y ventilador	DSF- DUC- DUC	1	4	2	1	1	10	10
3	Ciclón de fibras	DSF- DSF-CIC	1	4	2	1	1	10	10
4	Ventilador completo con motor	DSF- DSF- VEN	2	7	3	1	1	23	46

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Desfibrado. Fuente: Los autores.

Frecuencia	4						
	3						
	2	1		4			
	1	2-3					
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Sistema de Generación de vapor.

Número	Nombre del Equipo	Código del equipo.	FF	IO	FO	CM	ISAH	CC	CT
1	Transportador de fibra a la caldera	VAP-TRA-TRF	2	7	2	1	1	16	32
2	Tanque elevado	VAP-TAN-TAN	1	4	2	1	1	10	10
3	Tanque alimentación caldera	VAP-TAA-TAC	1	4	2	1	1	10	10
4	Bomba del tanque de almacenamiento hacia tanque elevado	VAP-BOT-BTA	2	4	1	1	1	6	12
5	Bomba de alimentación de tanque hacia la caldera	VAP-BOC-BTC	2	4	1	1	1	6	12
6	Planta de tratamiento de agua de	VAP-PLA-AGU	2	7	1	1	1	9	18

	alimentación de las calderas									
7	Caldera de tubos de agua (Piro-tubular)	VAP-CAL-CAL	2	7	4	2	7	49	98	
8	Cámara de purga de caldera	VAP-CAL-PUR	2	7	4	2	7	49	98	

Fuente: Los autores.

Matriz de criticidad. Generación de vapor.

Frecuencia	4						
	3						
	2	4-5-6	1		7-8		
	1	2-3					
		10	20	30	40	50	60
	Consecuencia						

Fuente: Los autores.

ANEXO E. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Sistema de Esterilización.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de esterilización.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Esterilizadores tipo doble compuerta	EST-EST-EDC
Bomba del sumidero para condensados de esterilización	EST-BOM-BSU

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Esterilización	Equipo	Bomba de Condensados
		Código de equipo	EST-BOM-BSU

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por ajuste los pernos que sujetan la bomba a los cimientos. Deben estar fijos y alineados.	Diaria	1 vez por turno.
2	Inspeccionar por fugas estáticas o dinámicas los ductos y puntos de acople de la bomba.	Diaria	1 vez por turno.
3	Verificar por funcionamiento. La presión de entrega de la bomba debe corresponder a aquella determinada por los límites operativos.	Diaria	1 vez por turno.
4	Verificar por condición el estado de los sellos o empaques.	Semanal	1 vez por semana.
5	Ejecutar cambio de aceite.	Trimestral	1 vez cada 3 meses.
6	Verificar por alineación y vibración.	Trimestral	1 vez cada 3 meses.

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Esterilización	Equipo	Esterilizador Horizontal
		Código de equipo	EST-EST-EDC

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por condición el estado del empaque de las compuertas. Los desgastes, cortaduras, deformaciones no son aceptables. Proceder con el cambio de empaquetadura en caso de deterioro.	Diaría	1 vez por turno.
2	Limpiar las canastas de filtro de las bocas de salida de condensados.	Diaría	1 vez por turno.
3	Revisar y reparar las fugas de vapor que se presentan en los accesorios, o	Semana	1 vez a la semana.
4	Durante el proceso de esterilización de los frutos, revisar las tuberías de descarga de condensados, tocandolos ligeramente con la mano para cerciorarse que siempre estén calientes. Si uno de ellos se encuentran frío, señal de que no está trabajando y se encuentra tapado. Al final de la jornada de trabajo, limpiar los tubos de descarga de condensados que se hayan tapado.	Semana	1 vez a la semana
5	Revisar el estado de la valvula de seguridad del esterilizar , la cual debe abrirse a 45 PSI	Semana	1 vez a la semana.
6	Revisar las camisas de desgaste del cuerpo del esterilizador y de la tapa, corrigieno los defectos que se encuentren.	Mensual	1 vez al mes.
7	Inspeccionar, limpiar y hacer mantenimiento de todas las valvulas de esterilizador, cambiar empaquetaduras y partes	Semestral	Cada 6 meses.

Fuente: Los autores.

Sistema de Desfrutación.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de desfrutación.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Moto-reductores mesa de traslación	DES-MTR-MRD
Tambor de volteo	DES-TAM-TAM
Moto-reductor del tambor de volteo	DES-TAM_MRD
Redler primario de salida de la tolva	DES-RE1-RE1
Redler transversal de racimos al desfrutador	DES-RE1-RE2
Moto-reductor de Accionamiento del desfrutador	DES-DES-MRD
Transportador de tornillo inferior	DES-DES-TOR
Moto-reductor del tornillo	DES-DES-MRT
Moto-reductor de la banda transportadora de raquis	DES-BAN-MRD

Fuente: Los autores.



Extractora
Palmariguani s.a.

**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Desfrutación	Equipo	Tambor de volteo
		Código de equipo	DES-TAM-TAM

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar la integridad y operatividad de los rodamientos extremos.	Semanal	1 vez a la semana
2	Verificar por integridad, ajuste y alineación de los rodillos de giro, corrigiendo de ser necesario las anomalías que se encuentren.	Mensual	1 vez al mes
3	Verificar por integridad, ajuste, alineación y lubricación a los engranajes del sistema de	Mensual	1 vez al mes
4	Verificar por integridad, ajuste y operación correcta a los sistemas y conexiones eléctricas. No deben permitirse conexiones sulfatadas o cables rotos, deformados o desprotegidos.	Semestral	1 vez cada 6 meses.
5	Verificar por integridad y alineación a las barras guías de los vagones.	Trimestral	1 vez cada 3 meses
6	Verificar el estado, cantidad del aceite de la caja reductora. Acompañar esta acción con revisiones por escapes de aceite en ductos y conexiones.	Mensual	1 vez al mes
7	Verificar por integridad, alineación, ajuste y lubricación a las chumaceras de soporte.	Mensual	1 vez al mes
8	Ejecutar cambio de aceite a la caja de transmisión.	Semestral	1 vez cada 6 meses.

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0



Sistema	Desfrutación	Equipo	Redler primario de salida de la tolva.	Sist
		Código de equipo	DES-RE1-RE1	

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad	Or
1	Ejecutar labores de limpieza y ordenamiento en los transportadores. Verificar que no existan objetos	Semanal	1 vez a la semana	
2	Verificar por integridad y ajuste las paletas de arrastre.	Semanal	1 vez a la semana	
3	Verificar por integridad, alineación ajuste y lubricación a los piñones y el sistema de transmisión en general.	Mensual	1 vez al mes	
4	Verificar por integridad, alineación, ajuste y lubricación a las chumaceras, rodamientos y ejes. Reponer la capa de grasa lubricante en caso de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes	
5	Verificar por integridad y ajuste, los sistemas eléctricos y sus conexiones. No se deben tolerar piezas desajustadas o conexiones sulfatadas.	Mensual	1 vez al mes	
6	Verificar por integridad y ajuste la estructura del transportador. No se debe permitir la oxidación excesiva o la corrosión.	Mensual	1 vez al mes	
7	Reponer la pintura de los transportadores en los puntos donde así se requiera.	Anual	1 vez al año	

Fuente: Los autores.



Sistema	Desfrutación	Equipo	Redler transversal de racimos	Sist
		Código de equipo	DES-RE2-RE2	

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad	Or
1	Ejecutar labores de limpieza y ordenamiento en los transportadores. Verificar que no existan objetos	Semanal	1 vez a la semana	
2	Verificar por integridad y ajuste las paletas de arrastre.	Semanal	1 vez a la semana	
3	Verificar por integridad, alineación ajuste y lubricación a los piñones y el sistema de transmisión en general.	Mensual	1 vez al mes	
4	Verificar por integridad, alineación, ajuste y lubricación a las chumaceras, rodamientos y ejes. Reponer la capa de grasa lubricante en caso de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes	
5	Verificar por integridad y ajuste, los sistemas eléctricos y sus conexiones. No se deben tolerar piezas desajustadas o conexiones sulfatadas.	Mensual	1 vez al mes	
6	Verificar por integridad y ajuste la estructura del transportador. No se debe permitir la oxidación excesiva o la corrosión.	Mensual	1 vez al mes	
7	Reponer la pintura de los transportadores en los puntos donde así se requiera.	Anual	1 vez al año	

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Desfrutación	Equipo	Transportador de tornillo inferior
		Código de equipo	DES-DES-TOR

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por orden y limpieza los espacios internos de movimiento del tornillo. No se deben tolerar objetos extraños a la operación del tornillo en el espacio de operación.	Diario	Antes de iniciar operación
2	Verificar el estado de lubricación de los rodamientos extremos y medios. Reponer la capa de lubricante en caso de encontrarse operando en seco.	Semanal	1 vez a la semana
3	Verificar el consumo de corriente en Amperios del tornillo en vacío y con carga.	Mensual	1 vez al mes
4	Verificar por integridad y ajuste los sistemas eléctricos y sus conexiones. No se deben permitir conexiones sueltas o sulfatadas.	Semestral	1 vez cada 6 meses
5	Verificar por integridad y desgaste la camisa de sacrificio. Reemplazarla de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes
6	Verificar por integridad, alineación y ajuste a las chumaceras extremas.	Bimestral	1 vez cada 2 meses
7	Verificar por integridad, alineación y ajuste al tornillo de transporte.	Mensual	1 vez al mes

Fuente: Los autores.

Sistema de Digestión.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de digestión.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Sinfín distribuidor de fruta	DIG-SIN-SIN
Moto-reductor del sinfín distribuidor de fruta de los digestores	DIG-SIN-MRD
Moto-reductor de los digestores	DIG-DIG-MRD
Sinfín transversal	DIG-SFN-SFT
Moto-reductor del sinfín transversal	DIG-SFN-MRD
Elevador de fruta (cangilones)	DIG-ELE-CAN
Moto-reductor del elevador de cangilones	DIG-ELE-MRD
Digestor	DIG-DIG-DIG

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Digestión	Equipo	sinfín Distribuidor de fruta
		Código de equipo	DIG-SIN-SIN

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por orden y limpieza los espacios internos de movimiento del tornillo. No se deben tolerar objetos extraños a la operación del tornillo en el espacio de operación.	Diario	Antes de iniciar operación
2	Verificar el estado de lubricación de los rodamientos extremos y medios. Reponer la capa de lubricante en caso de encontrarse operando en seco.	Semanal	1 vez a la semana
3	Verificar el consumo de corriente en Amperios del tornillo en vacío y con carga.	Mensual	1 vez al mes
4	Verificar por integridad y ajuste los sistemas eléctricos y sus conexiones. No se deben permitir conexiones sueltas o sulfatadas.	Semestral	1 vez cada 6 meses
5	Verificar por integridad y desgaste la camisa de sacrificio. Reemplazarla de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes
6	Verificar por integridad, alineación y ajuste a las chumaceras extremas.	Bimestral	1 vez cada 2 meses
7	Verificar por integridad, alineación y ajuste al tornillo de transporte.	Mensual	1 vez al mes

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Digestión	Equipo	sinfín transversal
		Código de equipo	DIG-SFN-SFT

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por orden y limpieza los espacios internos de movimiento del tornillo. No se deben tolerar objetos extraños a la operación del tornillo en el espacio de operación.	Diario	Antes de iniciar operación
2	Verificar el estado de lubricación de los rodamientos extremos y medios. Reponer la capa de lubricante en caso de encontrarse operando en seco.	Semanal	1 vez a la semana
3	Verificar el consumo de corriente en Amperios del tornillo en vacío y con carga.	Mensual	1 vez al mes
4	Verificar por integridad y ajuste los sistemas eléctricos y sus conexiones. No se deben permitir conexiones sueltas o sulfatadas.	Semestral	1 vez cada 6 meses
5	Verificar por integridad y desgaste la camisa de sacrificio. Reemplazarla de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes
6	Verificar por integridad, alineación y ajuste a las chumaceras extremas.	Bimestral	1 vez cada 2 meses
7	Verificar por integridad, alineación y ajuste al tornillo de transporte.	Mensual	1 vez al mes

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Digestión	Equipo	Elevador de cangilones
		Código de equipo	DIG-ELE-CAN

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por orden y limpieza el cabezal inferior del elevador. No se debe permitir la presencia de objetos extraños a la operación dentro del elevador.	Diaria	Antes de arrancar la operación.
2	Verificar la libre operación de la cadena de transmisión y los rodamientos y su buen estado de lubricación. Retornar el buen estado de lubricación con grasa en caso de que sea deficiente.	Mensual	1 vez al mes.
3	Verificar por integridad y ajuste a los sistemas electricos y sus conexiones. No se deben permitir pernos sueltos o conexiones sulfadas, cables torcidos o sin aislamiento.	Semestral	1 vez cada 6 meses.
4	Verificar el consumo de corriente en Amperios del elevador en vacío y con carga.	Mensual	1 vez al mes.
5	Verificar por integridad y ajuste a la cadena o banda donde van sujetos los cangilones. Ejecutar los ajustes que sean necesarios.		
6	Reponer los puntos de pintura de la estructura del elevador en donde sea necesario.	Anual	1 vez al año

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:

Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Digestión	Equipo	Digestor
		Código de equipo	DIG-DIG-DIG

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Limpiar el digestor y su boca de salida al terminar el turno. Recuerde que los desechos en el digestor se acidifican y pueden desmejorar el producto del día siguiente.	Diaria	1 vez por turno
2	Revisar todas las tuberías de vapor y corrija los escapes que existan.	Diaria	1 vez por turno
3	Revisar los brazos cortadores y los barredores, reapriete y verifique la holgura entre el brazo y la camisa de desgaste. Si es mayor a 10 mm rellene con soldadura o cambie. Verifique la hoguera entre los brazos barredores y el fondo, si la distancia es mayor a 3 mm rellene o cambie los brazos. Reapriete la tornillería del eje.	Semanal	1 vez a la semana
4	Revisar que no existan fugas de vapor o condensados desde la camisa del digestor.	Semana	1 vez a la semana
5	Revisar y corregir las vibraciones en el eje, cambie los rodamientos defectuosos.	Mensual	1 vez al mes.
6	Revisar el estado de las válvulas del digestor, límpielas y cambie de empaquetadura de ser necesario.	Semestral	1 vez cada 6 meses
7	Revisar el estado del aceite del lubricante, rellene y cambie de ser necesario.	Mensual	1 vez al mes.
8	Pintar el digestor, estructura y accesorios que pertenezcan a dicha sección.	Anual	1 vez al año

Fuente: Los autores.

Sistema de Clarificación.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de Clarificación.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Bomba de lodos desde los pres hacia tanques pulmones de la centrífuga	CLA-BBP-BBP
Centrífuga de lodos	CLA-CEN-CLO

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:
Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Clarificación	Equipo	Bomba de lodos
		Código de equipo	CLA-BBP-BBP

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por ajuste los pernos que sujetan la bomba a los cimientos. Deben estar fijos y alineados.	Diaria	1 vez por turno
2	Inspeccionar por fugas estáticas o dinámicas los ductos y puntos de acople de la bomba.	Diaria	1 vez por turno
3	Verificar por funcionamiento. La presión de entrega de la bomba debe corresponder a aquella determinada por los límites operativos.	Diaria	Diaria
4	Verificar por condición el estado de los sellos o empaques.	Semanal	1 vez por semana
5	Ejecutar cambio de aceite.	Trimestral	1 vez cada 3 meses
6	Verificar por alineación y vibración.	Trimestral	1 vez cada 3 meses

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:

Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema		Equipo	Código de equipo	
Clarificación		Centrifuga de lodos	CLA-CEN-CLO	
Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad	
1	Verificar por Integridad y ajuste de la estructura de soporte de la centrifuga.	Semanal	1 vez a la semana	
2	Verificar por limpieza, integridad, alineación y ajuste la correa en v de transmisión de potencia. La correa y poleas deben estar libres de suciedad y grasas contaminantes.	Semanal	1 vez a la semana	
3	Verificar por limpieza y integridad las boquillas de salida de aceite. Reemplazarlas si están en mal estado.	Semanal	1 vez a la semana	
4	Verificar por integridad y ajuste los ductos de entrada de lodos.	Semanal	1 vez a la semana	
5	Verificar por integridad y obstrucciones a los ductos de salidad de lodos	Semanal	1 vez a la semana	

Fuente: Los autores.

Sistema de Desfibrado.

Equipos en mantenimiento preventivo. Sección de Clarificación.	
Nombre de la máquina	Código de la máquina.
Ventilador completo con motor	DSF-DSF-VEN

Fuente: Los autores.



**Listado de Actividades
de mantenimiento
preventivo**

Código de documento:


Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Clarificación	Equipo	Ventilador de fibras
		Código de equipo	DSF-DSF-VEN

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Verificar por limpieza la malla del ventilador.	Semanal	1 vez a la semana
2	Verificar por integridad, alineación y lubricación los rodamientos del ventilador.	Semanal	1 vez a la semana
3	Verificar el consumo de corriente en Amperios del ventilador.	Semanal	1 vez a la semana
4	Verificar por vibraciones excesivas y ruidos extraños la operación del ventilador.	Semanal	1 vez a la semana
5	Verificar por integridad y ajuste los sistemas eléctricos y conexiones del ventilador. No se deben permitir pernos sueltos o conexiones	Semanal	1 vez a la semana

Fuente: Los autores.

Sistema de Generación de vapor.

	Listado de Actividades de mantenimiento preventivo	Código de documento:
		Pal-PMP-001 Ver: 1.0

Sistema	Sistema de Generación de vapor	Equipo	Caldera
		Código de equipo	VAP-CAL-CAL

Orden	Descripción de la tarea	Periodicidad	Cantidad
1	Revisar la cama de fibra en combustión y mantener aseado y libre de combustible el lugar de trabajo al igual que las puertas de manejo de la caldera y su entorno en general.	Por horas de operación	Cada hora de operación.
2	En caso de no tener un programa de purgas preestablecido, drenar la caldera utilizando las válvulas de purga previstas para este fin.	Por horas de operación	Cada hora de operación.
3	Desalojar las cenizas que se han depositado en los puntos de recolección de partículas (parrilla).	Por horas de operación	Cada 4 horas de operación.
4	Lubricar los bujes de las compuertas alimentadoras de combustible y los rosamientos del ventilador de tiro inducido.	Diario	1 vez al día
5	Revisar las tolvas del multiciclón por presencia de materiales acumulados. Si se encuentran cenizas en las tolvas, éstas se deberán retirar completamente y verificar que todo quede limpio y que la válvula rotatoria opere correctamente.	Diario	1 vez al día
6	Revisar el filtro ubicado en el ventilador de aire primario y limpiarlo si es el caso.	Diario	1 vez al día
7	Revisar y realizar mantenimiento al filtro de aire comprimido de la línea de instrumentación.	Diario	1 vez al día

8	Destapar las compuertas de acceso a los cajones de aire ubicados en la parte inferior de la parrilla y desalojar las cenizas y materiales que allí se encuentren depositados.	Diario	1 vez al día
9	Lubricar los bujes de la parrilla.	Diario	1 vez al día
10	Purgar el control de nivel y la línea de vapor del manómetro y controles de presión.	Mensual	1 vez al mes
11	Retirar de la caldera las cenizas depositadas, limpiar la parrilla y verificar que las ranuras por donde fluye el aire hacia la cama de fibra esten destapadas y que por ellas fluya aire sin restricciones	Mes/off	1 vez al mes
12	Verificar que las alarmas de bajo nivel se encuentren operando correctamente.	mes	1 vez al mes
13	Subiendo en forma manual el nivel del agua, revisar el buen funcionamiento de la alarma de alto nivel de agua en la caldera.	mes	1 vez al mes
14	Limpiar con una lanza provista de un cepillo de acero con diametro de 2 1/4 " los tubos del pirotubo removiendo las cenizas depositadas en estos.	mes	1 vez al mes
15	Limpiar y revisar cuidadosamente la superficie de los tubos del precalentador de agua para verificar la presencia de corrosión. Si este fenómeno aparece se deberá revisar la temperatura del agua de alimentación y corregirla si no esta mínimo en 105°C.	mess	1 vez al mes
16	Destapar la inspección ubicada en el ducto que conduce los gases de combustión del precalentador de agua del multiciclón y si hay cenizas depositadas, deben ser retiradas completamente.	mes	1 vez al mes
17	Realizar un estudio de vibraciones en el ventilador de tiro inducido con el fin de determinar problemas prematuros en este.	mes	1 vez al mes

18	Revisar la tensión de las poleas del ventilador de tiro inducido.	mes	1 vez al mes
19	Revisar por desgaste imprevisto de las chumaceras del ventilador de tiro inducido.	mes	1 vez al mes
20	Cada ocho días revisar y lubricar los cojinetes del ventilador de tiro inducido, se recomienda usar MOBILGREASE XHP 222- AEROSHELL GREASE 5.	día	1 vez al día
21	Destapar las bridas de inspección del hogar y los hand holes del pirotubo y retirar completamente cualquier tipo de lodo que se encuentre. Si se encuentra una gran cantidad de materiales consultar con la persona encargada del tratamiento de agua.	mes	1 vez al mes
22	Revisar la superficie de los tubos de la caldera en contacto con el agua para detectar la presencia de corrosión, incrustación o picaduras.	mes	1 vez al mes
23	Verificar en forma concluyente que todas las purgas están evacuando el agua de la caldera y que por ninguna razón estén obstruidas total o parcialmente.	mes	1 vez al mes
24	Revisar el buen funcionamiento de las válvulas rotatorias de evacuación de cenizas y verificar que la tolerancia entre el rotor y la carcasa no exceda 1 mm en el radio.	mes	1 vez al mes
25	Invertir el sentido de giro de las válvulas rotatorias para optimizar su uso y generar un desgaste parejo en la carcasa de la válvula.	mes	1 vez al mes
26	Revisar el estado del ventilador de tiro inducido incluidos el rotor y los rodamientos. Si se encuentran depositos adheridos al rotor, estos se deberán limpiar completamente evitando desprender las pesas de balanceo.	mes	1 vez al mes

27	Revisar el estado de los refractarios de ignición ubicados en el hogar y hacerles mantenimiento básico si es necesario.	mes	1 vez al mes
28	Revisar el estado del sello refractario ubicado entre el hogar y los pirotubos. Si se amerita, cambiarlo.	mes	1 vez al mes
29	Revisar el estado de los sellos del multiciclón.	mes	1 vez al mes
30	Revisar el estado de las pantallas protectoras de las puertas de manejo y si se encuentran deterioradas cambiarlas por unas nuevas.	año	1 vez al año
31	Revisar el balanceo del ventilador de tiro inducido.	año	1 vez al año
32	Cambiar las bandas si están muy desgastadas, tensionarlas y alinear las poleas del ventilador de tiro inducido.	año	1 vez al año
33	Verificar que los pernos que sujetan el rotor del ventilador de tiro inducido, las poleas y las chumaceras estén correctamente ajustados.	año	1 vez al año

Fuente: Los autores.