



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA  
METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S. A  
PULPAMOL.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

**Autores:**

Caisapanta Pacheco Cristian Joel

Paucar Criollo Johanna Margoth

**Tutor Académico:**

Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

**LITACUNGA – ECUADOR**

**FEBRERO - 2023**



## DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Nosotros, **Caisapanta Pacheco Cristian Joel**, con número de cédula 050421150-9, y **Paucar Criollo Johanna Margoth**, con número de cédula 1850691310, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S. A PULPAMOL.”**, siendo el Ing. M.Sc. Eugenio Pilliza Cristian Iván, tutor del presente trabajo investigativo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Caisapanta Pacheco Cristian Joel

C.C. 050421150-9

Paucar Criollo Johanna Margoth

C.C. 1850691310



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S. A PULPAMOL.”**, de Caisapanta Pacheco Cristian Joel y Paucar Criollo Johanna Margoth, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero del 2023.

---

Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

C.C. 1723727473



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Caisapanta Pacheco Cristian Joel y Paucar Criollo Johanna Margoth, con el título de Proyecto de titulación: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S. A PULPAMOL.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 10 Febrero del 2023.

Para constancia firman:

Atentamente,

**Lector 1 (presidente)**

Ing. MSc. Tello Condor Angel Marcelo

C.C. 0501518559

**Lector 2**

Ing. MSc. Lozada Miniguano Ana Belén

C.C. 0503610602

**Lector 3**

Ing. MSc. Quinchimbla Pisuña Freddy Eduardo

C.C. 1719310508



Ing. Patricio Vicente Parra Almagro

Gerente de Planta

Empresa PULPA MOLDEADA S.A PULPMOL

Presente. -

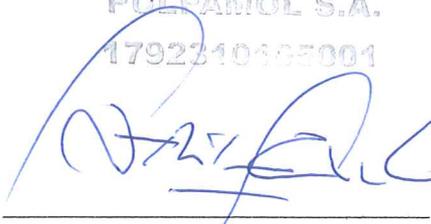
En calidad de gerente de planta de PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL, confirma la realización del proyecto **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL.”** implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de **Ingeniería Industrial**; Caisapanta Pacheco Cristian Joel con CI: 0504211509 y Paucar Criollo Johanna Margoth con CI: 1850691310, bajo la supervisión y coordinación de la empresa.

Aceptamos conocer y estar conformes con los términos y condiciones de las actividades que se realizaron en la empresa PULPAMOL, en la ejecución del proyecto de los señores estudiantes.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que los interesados puedan hacer uso para los fines que crean convenientes.

Atentamente:

PULPAMOL S.A.  
1792310105001

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Patricio Vicente Parra Almagro", written over a horizontal line.

Ing: Patricio Vicente Parra Almagro

Gerente de Planta Pulpa Moldeada S.A PULIPAMOL

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por permitirme cumplir un sueño más en mi vida, a mi familia en especial a mi madre por su incansable lucha y sacrificio en darme una excelente educación, por inculcarme valores como hijo y persona, por todo su amor y esfuerzo derramado, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitir mi formación en sus aulas y brindarme la oportunidad de alcanzar una meta profesional y personal, a los docentes y a quienes conforman la familia de la carrera de Ingeniería Industrial, mi gratitud a todos.*

*Cristian Caisapanta*

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar quiero agradecer a Dios, tú amor y bondad no tiene fin, me permites sonreír ante mis logros que son resultado de tus bendiciones, gracias por darme la sabiduría y salud para permitir cumplir esta meta, a mi familia por estar siempre a mi lado. En especial a mi padre por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscado lo mejor para mi persona. Por haber creído en mí siempre dándome un ejemplo de superación, humildad y sacrificio, mi padre ha fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo de la vida, espero contar siempre con su apoyo incondicional.*

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme una puerta lleva de oportunidades, representada por sus docentes, quienes con su paciencia imparten sus conocimientos para lograr culminar con éxito la prestigiosa carrera de Ingeniería Industrial.*

*Johanna Paucar*

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto lo dedico con mucho cariño a mi madre por tan grande demostración de amor y apoyo incondicional, por ser mi pilar fundamental en mi vida, por demostrarme que cada día que con esfuerzo y constancia podemos superar todas las dificultades que nos presenta, a mis hermanos y hermanas que siempre me motivaron a cumplir este sueño. En fin lo dedico a toda mi familia y amigos que compartieron esta bella etapa llena de buenos recuerdos y experiencias de vida.*

*Cristian Caisapanta*

## **DEDICATORIA**

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre Elvia Criollo, que desde el cielo me ha estado bendiciendo día tras día la misma que me protege y me lleva por el camino del bien. Quiero que sepa que ha sido mi mayor inspiración y mi mejor ejemplo en esta vida.*

*A mi padre el Sr. Luis Paucar por creer en mi capacidad y haberme brindado su apoyo incondicional, tanto económica y moralmente en los buenos y malos momentos. A mi hermana mayor Cristina Paucar quien estuvo siempre a mi lado, ya que Tú junto a mi padre son los pilares fundamentales en mi vida que gracias a su comprensión, amor y cariño han hecho de mí una persona con valores, para así de este modo llegar a cumplir una de mis metas de vida, que hoy en día es una realidad. A mis hermanos Erika, Dennis, Cristian y Jenny, quienes son mi fuente de motivación e inspiración para salir adelante y que supieron brindarme su apoyo y confianza en los momentos que más lo necesite durante toda mi vida.*

*Johanna Paucar*



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUDITORIA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
1.2 EL PROBLEMA.....	5
1.2.1 Planteamiento del problema .....	5
1.2.2 Formulación del problema.....	6
1.3 BENEFICIARIOS .....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	7
1.5 HIPÓTESIS .....	8
1.6 OBJETIVOS .....	8
1.6.1 General: .....	8
1.6.2 Específicos:.....	8
1.7 SISTEMAS DE TAREAS .....	9
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.1 ANTECEDENTES .....	11
2.2 MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE.....	12
2.2.1 ¿Qué es un plan de mantenimiento?.....	13
2.2.2 Objetivos del mantenimiento.....	14
2.2.3 Tipos de mantenimiento .....	14
2.2.4 Evolución de mantenimiento.....	18
2.2.5 Etapas del mantenimiento.....	18
2.2.6 Actividades de un mantenimiento .....	21
2.2.7 ¿Qué es una falla o avería?.....	22
2.2.8 Criticidad .....	23



2.2.9	Codificación .....	25
2.2.10	Filosofías del mantenimiento.....	26
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	35
3.1	METODOLOGÍA .....	35
3.1.1	Tipo de investigación .....	35
3.1.2	Técnicas aplicadas .....	35
3.1.3	Instrumentos .....	36
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	45
3.2.1	Mapeo de proceso y levantamiento de la planimetría de distribución .....	45
3.2.2	Descripción de los equipos .....	48
3.2.3	Levantamiento de información de mantenimiento .....	50
3.2.4	Estudio de criticidad de los equipos .....	54
3.2.5	Establecimiento del modelo de mantenimiento de los equipos.....	54
3.2.6	Levantamiento de fichas técnicas de equipos.....	55
3.2.7	Resumen de datos de mantenimiento .....	57
3.2.8	RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad) .....	57
3.2.9	Estructuración de plan de mantenimiento .....	58
3.2.10	Estudio de presupuesto .....	62
3.3	EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA.....	68
3.3.1	Impacto Técnico .....	68
3.3.2	Impacto social.....	68
3.3.1	Impacto social.....	68
3.3.2	Impacto económico.....	68
4	CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	69
4.1	CONCLUSIONES .....	69
4.2	RECOMENDACIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA:.....	71
	ANEXOS .....	76



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Etapas del mantenimiento .....	21
Figura 2.2: Clasificación de la Avería según el origen.....	23
Figura 2.3: Matriz de criticidad .....	24
Figura 2.4: Código para equipos.....	26
Figura 2.5: Representación de codificación para elementos. ....	26
Figura 2.6: Gráfica de Six Sigma. ....	30
Figura 2.7: Gestión del riesgo Norma AN/NZS 4360:2004.....	31
Figura 3.1: Código para equipos.....	37
Figura 3.2: Representación de codificación para elementos. ....	37
Figura 3.3: Modelos de mantenimiento .....	40
Figura 3.4: Esquema de fichas técnicas de equipos.....	41
Figura 3.5: Tabla de tipo y modo de fallos.....	42
Figura 3.6: Planificación de rutas y gamas de mantenimiento .....	43
Figura 3.7: Esquema de planificación de mantenimiento .....	43
Figura 3.8: Planimetría de distribución de equipos en la planta.....	46
Figura 3.9: Organigrama de Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL .....	47
Figura 3.10: Ficha técnica equipo 1 .....	56
Figura 3.11: Gráfica comparativa de fallas .....	67



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1:Beneficiarios directos e indirectos .....	6
Tabla 1.2: Sistema de tareas .....	9
Tabla 2.1: Pasos del RCM.....	33
Tabla 2.2:Pasos propuestos en el RCM.....	34
Tabla 3.1:Simbología utilizada para el diagrama de procesos .....	36
Tabla 3.2:Análisis de equipos por niveles .....	37
Tabla 3.3: Simbología para el cálculo de criticidad .....	38
Tabla 3.4: Encuesta de criticidad.....	38
Tabla 3.5: Esquemas de procedimientos .....	44
Tabla 3.6: Información general de empresa .....	45
Tabla 3.7:Descripción de áreas.....	47
Tabla 3.8: Descripción de los equipos a analizar .....	48
Tabla 3.9: Codificación de equipos .....	50
Tabla 3.10: Codificación de elementos .....	51
Tabla 3.11: Resumen de criticidad de equipos .....	54
Tabla 3.12: Modelos de mantenimiento .....	55
Tabla 3.13: Rutas y gamas de mantenimiento.....	58
Tabla 3.14: Rutas y Gamas área 1 .....	59
Tabla 3.15: Rutas y Gamas área 2 .....	60
Tabla 3.16:Rutas y Gamas área 3 .....	60
Tabla 3.17. Costos de mantenimiento .....	63
Tabla 3.18: Costos de mano de obra.....	64
Tabla 3.19: Costos de implementación MaintainX .....	65
Tabla 3.20: Evaluación del sistema RCM .....	66
Tabla 3.21:Estudio de fallas por mes .....	67

## INFORMACIÓN GENERAL

### Título:

Propuesta de un plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM para los equipos de la línea de producción de cubetas para huevos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL.

**Fecha de inicio:** Octubre 2022

**Fecha de finalización:** Marzo 2023

**Lugar de ejecución:** Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Tanicuchi, Kilómetro 1 Cajón Veracruz y Secundaria, Camino Santa Ana Toacaso.

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:** No aplica

### Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. M.Sc. Cristian Iván Eugenio Pilliza

- N° de Cédula: 1723727473
- Teléfono: 0998535554
- Correo electrónico: [cristian.eugenio@utc.edu.ec](mailto:cristian.eugenio@utc.edu.ec)

Estudiante investigador: Cristian Joel Caisapanta Pacheco

- N° de Cédula: 0504211509
- Teléfono: 0989761048
- Correo electrónico: [cristian.caisapanta1509@utc.edu.ec](mailto:cristian.caisapanta1509@utc.edu.ec)

Estudiante investigador: Johanna Margoth Paucar Criollo

- N° de Cédula: 1850691310
- Teléfono: 0983290536
- Correo electrónico: [johana.paucar1310@utc.edu.ec](mailto:johana.paucar1310@utc.edu.ec)

### Área de Conocimiento:

07- Ingeniería, Industria y Construcción  
2- Industria y Producción

### Línea de investigación:

- Gestión de la calidad y seguridad laboral

### Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Administración y gestión de la producción

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 RESUMEN

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

#### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA:** PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL.

**Autores:**

Caisapanta Pacheco Cristian Joel

Paucar Criollo Johanna Margoth

Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL es una industria que se dedica a la elaboración de cubetas para huevos mismas que están hechas a base de materiales reciclados como son cartón en 80%, papel 15% y dúplex 5% (material virgen). La empresa cuenta con equipos nuevos, automatizados y tecnológicos, no dispone de una documentación técnica de sus equipos, además no posee de un plan de mantenimiento programado lo que provoca que los encargados de esta área ejecuten acciones solo correctivas es decir que en la mayoría de los casos se interviene cuando el fallo del equipo ya es evidente, provocando paros no programados que afecta directamente al sistema productivo. Como propuesta de solución a esta problemática se procedió a realizar el respectivo estudio con el fin de reducir la frecuencia de fallas o averías existentes en los equipos y de esta manera aumentar la confiabilidad de los mismos. Aplicando los diferentes métodos de investigación descriptiva se estableció medidas que reduzcan la frecuencia actual de fallos basándose en los conceptos de la metodología del mantenimiento RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad), consiguiendo como resultado una propuesta de actividades programadas de mantenimiento a seguir para cumplir los objetivos presentados y dar respuesta a la hipótesis planteada en la disminución de la frecuencia de fallas que variaba entre 3 y 4 a 2 fallas por mes lo que implica una reducción de costos y tiempo para la empresa, de igual manera se plantea la utilización del Software de mantenimiento MaintainX misma que permite la organización de las actividades, control y evaluación del plan propuesto.

**Palabras Clave:** confiabilidad, mantenimiento, Software MaintainX, RCM.

**ABSTRACT**

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TOPIC:** PROPOSAL OF A MAINTENANCE PLAN APPLYING THE RCM METHODOLOGY FOR THE EQUIPMENT OF THE EGG PACK PRODUCTION LINE OF THE COMPANY PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL.

**Authors:**

Caisapanta Pacheco Cristian Joel

Paucar Criollo Johanna Margoth

Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL is an industry dedicated to the production of egg packs that are made from recycled materials such as 80% cardboard, 15% paper and 5% duplex. The company has new automated and technological equipment, but, it does not have a technical documentation of its equipment, in addition it does not have a scheduled maintenance plan, which causes those in charge of this area to carry out only corrective actions, that is to say that in most of in all cases, intervention is made when the equipment failure is already evident, causing unscheduled stoppages that directly affect the production system. As a proposed solution to this problem, the respective study was carried out in order to reduce the frequency of failures or breakdowns in the equipment and thus increase their reliability. Applying the different methods of descriptive investigation, measures were established that reduce the current frequency of failures based on the concepts of the RCM maintenance methodology (reliability-centered maintenance), obtaining as a result a proposal of scheduled maintenance activities to follow to meet the requirements. Presented objectives and respond to the hypothesis raised in the reduction of the frequency of failures that varied between 3 and 4 to 2 failures per month, which implies a reduction of costs and time for the company, in the same way the use of the Software is proposed. MaintainX same maintenance that allows the organization of activities, control and evaluation of the proposed plan.

**Keywords:** reliability, maintenance, MaintainX Software, RCM.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA RCM PARA LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUBETAS PARA HUEVOS DE LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL”** presentado por: **Caisapanta Pacheco Cristian Joel y Paucar Criollo Johanna Margoth** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Industrial** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Febrero del 2023.

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

CC: 0502666514

## **1.2 EL PROBLEMA**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

Las empresas y compañías hoy en día se enfocan en la optimización de los diferentes ejes de mantenimiento con el fin precautelar un correcto funcionamiento de la línea de producción, evitando riesgos y actividades que afecten a la misma. Las fallas en las plantas industriales son una realidad ineludible que afecta a la producción, provocando retrasos en los tiempos de ejecución e incumpliendo de aquellas actividades a las cuales están sumergidas la organización.

Las demandas del mercado global a impulsando a las industrias a adaptarse a la automatización y producir productos de alta calidad, las empresas se ven obligadas a invertir en equipos automatizados, mientras que la competencia los obliga a reducir costos. Por lo tanto, los equipos deben ser capaces de permanecer en un estado sin interrupciones ni reparaciones costosas. Actualmente es indispensable disponer de un plan de mantenimiento para poder lograr los resultados acordes a las metas planteadas por la empresa, en la gestión del mantenimiento de los equipos se enfoca en equilibrar la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta.

La investigación radica en elaborar una estrategia de mantenimiento basada en la metodología (RCM), misma que proporcione la información concreta, permitiendo solventar y rectificar las fallas a tiempo de los equipos. Esta industria se dedica a la fabricación de cubetas para huevos en diferentes presentaciones, las mismas que se clasifican en grande, mediana, universal e inicial, la cual están hechas a base de cartón (80%), papel (15%) y dúplex (5%), es decir que el 95% de la materia prima es de material reciclado.

Anteriormente la empresa disponía de equipos que eran controlados manualmente, durante el lapso de este tiempo se pudo detectar diferentes anomalías en el proceso, como paras inesperadas de producción generando pérdidas económicas y un decrecimiento de confiabilidad de la empresa dentro del mercado. Sin embargo, superando estas adversidades la empresa se posiciono como una de las principales industrias en fabricación de cubetas para huevos por la calidad de su producto, por ende, tomando en cuenta los antecedentes antes mencionados se decide adquirir nuevos equipos para la línea de producción, con el propósito de automatizar el proceso, reducir costos y aumentar la productividad.

Hoy en día la empresa cuenta con una línea de producción automatizada que permite duplicar la producción con altos estándares de calidad, el sector avícola cada día va creciendo por lo que

es necesario y fundamental proveer de cubetas con calidad, para garantizar el traslado de sus productos. La característica principal por la cual son reconocidas las cubetas de esta industria es por la impermeabilidad y resistencia tanto en seco como en húmedo esto se debe a la aplicación de resina. La calidad del producto también depende de la molienda de la materia prima y la incorporación de elementos que eliminen componentes como virus u hongos que puedan afectar a los productos.

### 1.2.2 Formulación del problema

La empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL no cuenta con un plan de mantenimiento para los equipos que están dentro de la línea de producción, es por ende que se busca proponer un plan que permita planificar de manera adecuada las actividades preventivas para evitar fallas o averías, con el fin de generar una mejor confiabilidad durante el proceso productivo y aumentar el tiempo de vida útil de los equipos.

### 1.3 BENEFICIARIOS

Tabla 1.1:Beneficiarios directos e indirectos

<b>BENEFICIARIOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>DIRECTOS</b>	
Representante legal	1
Gerente de la empresa	1
Contabilidad	1
Técnico de mantenimiento mecánico	1
Técnico de mantenimiento eléctrico	1
Trabajadores (operarios)	20
Personal de apoyo	1
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>
<b>INDIRECTOS</b>	
Clientes	105
Proveedores	26
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>
<b>TOTAL, DE BENEFICIARIOS</b>	<b>157</b>

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se enfoca en la propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de la línea de producción de la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL, mismo que proporcione la información concreta, permitiendo solventar y rectificar las fallas a tiempo de los equipos, con el fin de generar un buen ambiente laboral y aumentar su vida útil. Esta industria se dedica a la fabricación de cubetas para huevos en diferentes presentaciones, las mismas que se clasifican en grande, mediana, universal e inicial, la cual están hechas a base de cartón (80%), papel (15%) y dúplex (5%), es decir que el 95% de la materia prima es de material reciclado.

La empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL es una industria que se dedica a la elaboración de cubetas para huevos la misma que cuenta con equipos nuevos, automatizados y tecnológicos, es por ende que se propone el diseño de un plan de mantenimiento en base a la metodología RCM la cual permita garantizar la estabilidad del proceso agregador de valor.

La planificación de estas actividades permitirá llevar a cabo un correcto control de la operatividad de los equipos creando un impacto positivo dentro de la industria y por ende de todo el personal tanto administrativo, operativo y de apoyo, así también como a los clientes y proveedores que están enlazados a este proceso. El cumplimiento de la planificación dependerá de la colaboración de todos los que conforman directamente la industria para poder detectar a tiempo las fallas o averías que se presenten y de esta forma puedan ser corregidos con anticipación, con el fin de evitar paros inesperados y gastos excesivos en materiales, mano de obra y personal subcontratado para el mantenimiento.

El correcto uso del plan de mantenimiento no solo generara un mejor ambiente laboral, sino que se verá reflejado en el ámbito financiero y productivo de la empresa, ya que se evitara paros inesperados con el objetivo de cumplir las metas trazadas de productividad por la empresa y asegurar la calidad del producto. De tal forma el objetivo principal es cumplir con las expectativas y los requerimientos que los clientes demandan, de esta forma fortalecer la imagen industrial en el mercado.

Como futuros ingenieros industriales se tiene la capacidad de identificar, planificar, actuar y resolver problemas con el fin de evitar paros inesperados en el proceso productivo, es por ende que se propone el diseño de un plan de mantenimiento planificado con el objetivo de generar una mayor confiabilidad de los equipos evitando pérdidas económicas y vínculos comerciales,

de esta forma posicionar a la empresa como un referente a nivel nacional en la producción de cubetas para huevos.

## **1.5 HIPÓTESIS**

La propuesta del diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL ayudará de manera significativa a reducir paros inesperados lo cual significa que los procesos operativos serán planificados y controlados.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 General:**

Proponer un plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM para los equipos de la línea de producción de cubetas para huevos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL.

### **1.6.2 Específicos:**

- Caracterizar los procesos y equipos de la línea de producción en la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL mediante la investigación de campo y la técnica de observación para el levantamiento y registro de información.
- Realizar el diagnóstico actual de los equipos de la línea de producción aplicando el análisis de criticidad y fallos con el fin de obtener información de cada uno.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que forman parte de la línea de producción en base al estudio de criticidad para el mejoramiento operativo de los equipos.

## 1.7 SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 1.2: Sistema de tareas

Objetivos específicos	Acciones	Efectos esperados	Técnicas, Instrumentos o Medios
Caracterizar los procesos y equipos de la línea de producción en la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL mediante la investigación de campo y la técnica de observación para el levantamiento y registro de información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de áreas de la línea de producción de la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Layout</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Autocad</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de los procesos en la línea de producción de la empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Levantamiento de información</li> <li>Visio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de equipos por niveles en la línea de producción de la empresa Pulpa Moldeada S.A. PULPAMOL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de línea de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Búsqueda de información</li> </ul>
Realizar el diagnóstico actual de los equipos de la línea de producción mediante un análisis de criticidad y fallos con el fin de obtener información de cada uno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Codificación de los equipos que forman parte de la línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tabla de codificación de la maquinaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Codificación de los elementos que forman parte de los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tabla de codificación de los elementos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de una encuesta al operador de los equipos para conocer los fallos inmersos en la maquinaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Levantamiento de información</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de la matriz de Criticidad de los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de Criticidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la información levantada de cada maquina</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación del estado actual de los equipos de la línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnóstico del estado del equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de información</li> <li>Fichas técnicas</li> </ul>
Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de las actividades rutinarias que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Check list</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de campo</li> <li>Observación</li> </ul>

equipos que forman parte de la línea de producción mediante el estudio de criticidad para el mejoramiento operativo de los equipos.	cumple el trabajador en cada puesto de trabajo.		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las actividades esporádicas que cumple el trabajador en cada puesto de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Check list</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de campo</li> <li>• Observación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propuesta de un cronograma de mantenimiento para los equipos de la línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan maestro de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de campo</li> <li>• Análisis de información</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración del instructivo detallado de las actividades de mantenimiento a ejecutarse en cada equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orden de Trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de campo</li> <li>• Búsqueda de información</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proforma del plan de mantenimiento preventivo del software MaintainX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proforma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de campo</li> <li>• Búsqueda de información</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción sobre funcionamiento del software de mantenimiento aplicado a la empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software operativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software MaintainX</li> </ul>

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Para proponer el diseño del plan de mantenimiento basada en la metodología RCM primero se indagó en diferentes fuentes bibliográficas enfocadas a la misma línea de investigación dentro del sector manufacturero ya que la aplicación de esto ha llevado a buenos resultados a través de las técnicas y estrategias de mantenimiento utilizadas.

Anaguano [1], en su proyecto de investigación se orientó a mostrar un plan de mantenimiento basado en los diferentes procesos que forman parte de la Preparación de Hilatura en la empresa Vicunha. Donde se aplicaron conceptos de Administración de Procesos los cuales permitieron establecer el estado actual del sitio en exploración, tanto en el ámbito de producción como el de gestión de mantenimiento. Además, se valoraron los diferentes tipos de mantenimiento con el objetivo de definir el mejor modelo que se adapte a esta investigación y como resultados se obtuvo un plan de mantenimiento basado en procesos el cual permitirá alcanzar los objetivos planteados en la empresa Vicunha Ecuador al influir directamente en la calidad y producción.

Cobo [2], muestra en su trabajo de titulación las causas del fallo, los posibles defectos y la gravedad del daño de cada maquinaria llevando en relación el mantenimiento con las buenas prácticas de manufactura. Para la implementación y el desarrollo del plan de mantenimiento se basó en la norma COVENIN 2500-93, misma que ayudo a la evaluación de la gestión del mantenimiento en la empresa ILA S.A., la cual inicio con 23,5% aumentando al 46,3% y luego llegando a un 69,8% gracias a la ejecución de plan de mantenimiento, lo que quiere decir es que la empresa aún tiene diferentes tareas por cumplir en cuanto a la gestión del mantenimiento de la maquinaria que existe en la planta y de esta manera evitar los paros inesperados y por ende pérdidas económicas.

Quisilema [3], plantea en su investigación que la administración de mantenimiento ha venido siendo un factor muy débil en el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo (GADME), ya que no se cuenta con un sistema que ayude a la gestión y control del mismo, por ende al ocurrir alguna dificultad con la maquinaria esta se ve obligada a permanecer estancada, afectando el trabajo y el progreso de la planificación ya establecida; por lo cual se debe realizar planes de mantenimiento programados y actividades que ayuden a permanecer en óptimas condiciones a las maquinas, en la actualidad el manejo de sistemas inteligentes ayudan al

control y cumplimiento de trabajos de una manera eficiente optimizando recursos y realizando trabajos de una manera eficiente.

Yparraguirre [4] expone en su tesis que se va a enfocar en una empresa de envases de Lata la cual lleva más de 50 años de experiencia en esta actividad, con una cartera amplia de clientes tanto nacionales como extranjeros. La empresa está enfocada en la producción constante sin tomar en cuenta una gestión de Mantenimiento, actualmente sólo se realizan intervenciones correctivas en sus máquinas y no se lleva una inspección de la vida útil de las mismas. Debido a sus altos índices de paradas inesperadas de la máquina ocasionadas por constantes fallas y con el objetivo de mejorar este escenario, se bosqueja un estudio que permita medir los tiempos de reparación y cantidad de fallas, con el fin de conocer la disponibilidad de máquina y el tiempo de reparación, de la misma mediante el análisis de causas de falla se determinara la propuesta de gestión de Mantenimiento más adecuada que se adapte a la situación actual de la empresa.

## **2.2 MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE**

Un sistema industrial es un conjunto organizado de procesos en los que la tecnología, el talento, el conocimiento, los equipos y la materia prima configuran productos que se comercializan después de haber sido fabricados. Los sistemas de producción son todas aquellas actividades realizadas con el objetivo de optimizar y hacer eficiente un proceso de forma organizada y que tienen interacción ya sean personas, equipos, o procedimientos.

Todo esto hace que los materiales o información se transformen hasta llegar a ser un producto o servicio, es una de las tareas más importantes de una industria para generar ganancias financieras y posesionarse en el mercado, con el objetivo de optimizar y transformar los procesos reduciendo costos y elaborar un producto de calidad. Gracias a la industria 4.0 la mayoría de industrias han optado por automatizar sus procesos adquiriendo equipos nuevos, donde el mantenimiento es el motor de la producción sin, sin mantenimiento no hay producción, es importante tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento de manera que abarque toda el área de una industria para lograr un mejor desempeño reduciendo también el costo de repuestos y materiales, el mantenimiento se enfoca en la mejora continua y la prevención de fallas con la finalidad de no interrumpir la producción y alargar el tiempo de vida de los equipos.

Un plan de mantenimiento es un conjunto de actividades o acciones preventivas programadas que incluye una serie de equipos de una planta, mismas actividades pueden ser rutinarias y

programadas. El presente trabajo investigativo hará énfasis en el mantenimiento centrado en la confiabilidad que es una metodología que se utiliza generalmente para identificar todas las posibles causas que puede provocar un determinado fallo en un sistema utilizando relaciones causa y efecto. Una vez que se han identificado todas las causas posibles, se puede determinar la mejor estrategia de mantenimiento para eliminar las fallas. La estrategia elegida debe asegurar el funcionamiento de los equipos y procesos para garantizar la seguridad y confiabilidad.

### **2.2.1 ¿Qué es un plan de mantenimiento?**

Un plan de mantenimiento es un conjunto de operaciones o acciones que se aplica con el objetivo de mantener en perfectas condiciones y ayuda a extender la vida útil de un equipo, maquina, instrumento, etc. Para el cumplimiento de las actividades es importante planificar tareas de manera organizada fijando una frecuencia de realización y control de las mismas [5].

Las actividades del área de mantenimiento, hace relación directamente con la prevención de lesiones o accidentes en los operadores ya que es la responsabilidad de tener en óptimas condiciones los equipos de protección, las herramientas y equipos con los cuales están directamente vinculados. El mantenimiento dentro de las industrias es el punto esencial para alcanzar los objetivos de producción y general una confiabilidad al mercado. Muchas de las veces estos problemas generar un ambiente laboral desmotivado, la inversión inmovilizada, personal ocio, costos altos de reparación y cuellos de botella [6].

El no realizar un mantenimiento puede afectar en:

- La eficiencia
- Costos
- Calidad
- Confiabilidad

Un plan de mantenimiento industrial la agrupación de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de detectar, corregir o prevenir los problemas ocasionados por las fallas potenciales de las funciones de una máquina o equipo a fin de asegurar que un equipo, una máquina, un sistema o cualquier bien realice las actividades para las que fueron instauradas conservando la capacidad y la calidad especificada. Hoy en día el mantenimiento industrial tiene un gran apogeo, y que además no sólo involucra al grupo operacional de mantenimiento sino también a toda la organización ya que es una de las áreas primordiales para

mantener y mejorar la productividad, teniendo en cuenta que el mantenimiento incide en la calidad y cuantía de la producción [7].

El plan de mantenimiento RCM es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para garantizar que los equipos continúen funcionando sin ningún tipo de problemas, este mantenimiento asegura que un equipo continúe operando eficientemente, dentro de los límites establecidos y a la capacidad de diseño y la confiabilidad inherente al equipo. Permitirá maximizar la confiabilidad operativa de los equipos en su contexto de uso, a través de la determinación de los requerimientos de mantenimiento dentro de la planta industrial.

Esto se utilizará como fuente además del manual de mantenimiento del fabricante, y la identificación de fallas, modos de falla y acciones preventivas conducirá a un nuevo plan basado en RCM. Además, las medidas preventivas crearán tres nuevos valores añadidos: la formación del personal, la mejora y la actualización de los procedimientos

### **2.2.2 Objetivos del mantenimiento**

A medida que pasa el tiempo el desarrollo industrial en las instalaciones cada vez es más innovador y complejo, es aquí donde se deriva la necesidad de implementar un sistema integrado de mantenimiento el mismo que permita mantener en óptimas condiciones los bienes con los cuales están constituidos y de forma directa permita la disminución de fallas [8].

Los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

- Garantizar que los equipos de la línea de producción tengan un alto nivel de disponibilidad con el fin de asegurar el cumplimiento de las metas trazadas por la organización.
- Mantener a los equipos en óptimas condiciones de operatividad, en base a la corrección planificada a tiempo de los equipos, con fin de conservar el rendimiento y la capacidad de producción.
- Desarrollar un sistema de control y planificación de las intervenciones del funcionamiento de equipos que forman parte de la línea de producción, con el fin de lograr un mantenimiento eficaz y eficiente.

### **2.2.3 Tipos de mantenimiento**

En la actualidad hay diferentes sistemas con los cuales se puede realizar el servicio de mantenimiento en una industria. Varios de ellos no solo están enfocados en la corrección del fallo, sino en actuar de forma preventiva antes de la aparición en los equipos [9].

Existe una gran cantidad de modelos de mantenimiento industrial, por lo que dependerá del autor u obra en estudio el modelo que se adopte. Es importante mencionar que está relacionado con la evolución del mantenimiento industrial. A la primera generación se la vincula con el modelo de mantenimiento correctivo, a la segunda generación con el modelo de mantenimiento preventivo, y la tercera generación con un sistema integral [10].

Los tipos de mantenimiento que se van analizar son los siguientes:

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento productivo total

### **2.2.3.1 Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento no requiere de una planificación sistemática y se pone en práctica en el momento en que los equipos presentan un fallo, es decir el mantenimiento se reduce a la reparación del equipo o maquinaria produciendo un paro en el proceso de fabricación y disminuyendo la producción, por lo que su aplicación corresponde a equipos de bajo nivel de criticidad y que no estén directamente relacionados con la producción [11].

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado [12].

### **Características**

- Por su naturaleza, no pueden planificarse con antelación.
- Esto se ejecuta después de un error o falla de la máquina.
- Los costos de reparación y repuestos utilizados no tienen costeo.
- Se pueden hacer tanto planificados como no planificado.

### **2.2.3.2 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos. A través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas [13].

Este mantenimiento predice el fallo antes que produzca, permitiendo alcanzar una confiabilidad del equipo, para conseguir este tipo de mantenimiento se realiza diferentes análisis físicos. En general este mantenimiento permite la planificación de las actividades a realizarse de acuerdo al periodo de tiempo con el fin de evitar consecuencias graves [14].

#### **Características**

- Reduce el tiempo de inactividad de la planta cuando se sabe exactamente qué parte tiene la falla.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Permite la toma de decisiones sobre el tiempo de parada de una línea de máquinas en momentos críticos.

### **2.2.3.3 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se basa en un circuito de actividades o labores planificadas que se desarrollan dentro de periodos definidos, se realiza con el objetivo de garantizar que los bienes de las industrias cumplan las funciones asignadas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos, para adelantarse y prevenir a las fallas de los componentes, elementos, equipos o maquinas; como también a diferentes restauraciones, evaluaciones, adaptaciones, cambios, remplazos, inspecciones, etc., realizadas en ciclos de tiempos planificados [15].

El mantenimiento preventivo genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas preprogramadas, siendo estos planes muy completos debido a que en estos se detallan todos los

materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento, también se tiene el detalle del personal técnico y el personal a cargo de la reparación [16].

**Características:**

- Se realiza fuera de las horas de producción.
- Se desarrolla en base a un programa preestablecido que detalla los procedimientos y actividades a seguir, de modo que las herramientas y repuestos necesarios estén "a la mano".

**2.2.3.4 Mantenimiento productivo total (TPM)**

El Sistema de Gerencia de Mantenimiento busca la mejora continua de los equipos y el logro de la capacidad total de eficiencia del proceso productivo, incluyendo a todo el personal de la industria. El Mantenimiento Productivo Total es una forma de pensar o también conocida como filosofía que busca cambiar las actitudes de la eficiencia y mejora continua de la maquinaria y su entorno. Todos trabajan como un solo equipo con un solo objetivo común y la búsqueda de la mejora continua de las maquinarias. Cada operador será líder de las tareas específicas para que se cumpla el proyecto, con roles que se puedan intercambiar según las necesidades de los programas de TPM. El fin de este sistema es aumentar considerablemente la productividad y de igual forma la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado [17].

La gestión del Mantenimiento Productivo Total conocido también como Total Productive Maintenance (TPM) es un enfoque que pretende realizar actividades de transformación en la empresa. Cada letra tiene un significado, la M significa mantenimiento y orienta en la elaboración de sus sistemas con mejora en los procesos de los equipos. La P está conectada con la parte productiva enfocándola a una visión de perfeccionamiento. Y la T se relaciona con la parte Total del conjunto de actividades que se realiza en la parte organizacional de la compañía. Todos estos conceptos permiten conocer una nueva gestión para el desarrollo del mantenimiento de plantas y equipos [18].

**Características**

El TPM es un sistema que se enfoca en:

- Ausencia accidentes laborales
- Ausencia defectos en la producción
- Ausencia averías en los equipos

- Optimizar la producción
- Reducir los costos

#### **2.2.4 Evolución de mantenimiento**

El mantenimiento se puede considerar tan antiguo como la existencia del ser humano. Por relatos históricos sabemos que el ser humano desde sus inicios practicaba mantenimiento, hasta de sus utensilios más primitivos, aunque no en la forma ordenada y lógica, sino forzado por las necesidades básicas para su supervivencia, utilizando cada día más medios efectivos para conseguir sus objetivos [19]. El mantenimiento en su desempeño óptimo suele pasar por tres operativas básicas, pasando desde la inspección, hacia las acciones de conservación, así como las labores y experiencias de reparación [20].

Observando al pasado nos situamos que hace 100 años aproximadamente no existía la profesión de mantenedor, por lo que podemos afirmar que, a finales del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones, lo que nos afirma que la historia del mantenimiento siempre ha ido acompañada del desarrollo técnico industrial de la humanidad. Hasta el año de 1914 el mantenimiento era considerado como una actividad secundaria y se lo ejecutaba el mismo grupo de operadores [21].

#### **2.2.5 Etapas del mantenimiento**

##### **2.2.5.1 Primera generación de mantenimiento**

El mantenimiento en esta primera fase se restringía a reparar algunas fallas y renegrases, reaprietes, limpiezas y lubricaciones de los elementos de las maquinas que se utilizaban. El propio operador del equipo era el que se dedicaba a su reparación. Este tipo de mantenimiento, como observamos en diferentes entradas es fundamentalmente correctivo. Esto Es fácilmente entendible si se tiene en consideración que se sitúa esta fase entre 1930 y 1950, el perfeccionamiento de las maquinas hizo necesario separar la operación de las fábricas del mantenimiento, creándose en talleres de mantenimiento con personal exclusivamente dedicado a este objetivo [22].

##### **Características de la primera generación:**

- El mantenimiento consiste únicamente en corregir cualquier tipo de averías.
- Este es un mantenimiento correctivo.

### **2.2.5.2 Segunda generación de mantenimiento**

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda índole, mientras que la mano de obra bajo de forma drástica. Esto llevo al aumento de la mecanización, hacia el año de 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y más avanzadas, la industria comenzaba a de depender de ellas. El tiempo improductivo de una maquina cada vez se hizo más patente lo cual llevo a la idea de que las averías o fallos se podían prevenir, lo que dio como resultado el inicio del concepto de mantenimiento preventivo [23].

Esta evolución se da por la exigencia de una mayor complejidad de las máquinas y una mayor complejidad en la producción. Inicia entonces el concepto de mantenimiento preventivo sistemático. La maquinaria debía durar lo máximo posible en condiciones óptimas de funcionamiento en bajos costes. Esta segunda generación también con lleva de reparaciones tanto programadas como instantáneas. Se implantan sistemas de planificación de control y planificación de actividades, y a partir de los 70 se generaliza la utilización de herramientas informáticas para este fin [22].

#### **Características de la segunda generación:**

- Se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo.
- Se comienza a hacer sustituciones preventivas.
- Es el mantenimiento preventivo.

### **2.2.5.3 Tercera generación de mantenimiento**

A partir de 1980, con el desarrollo de las computadoras personales con un lenguaje simple y a bajo costo, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesaras sus propios programas, eliminando los inconvenientes de la dependencia de los equipos y disponibilidad humana, para atender las prioridades de procesamiento de la información a través de un ordenador central, además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades hacia el analista de sistema [24].

Sus objetivos se centran en 8 aspectos: disponibilidad de los equipos y fiabilidad, optimización de los costes, aumento de la seguridad, incremento de la calidad (aparecen las certificaciones ISO 9001 e ISO 9002), aumento de la conciencia de preservar el medio ambiente (teniendo e cuenta la ISO (14001), aumento de la duración de los equipos y vigilancia de la normativa vigente. Las actividades de mantenimiento preventivo ya no se realizan de manera rutinaria,

sino que son ajustas a la normativa o a su utilidad. Los sistemas de gestión se extienden de forma íntegra a las instalaciones, equipos y sistemas [25].

**Características de la tercera generación:**

- Alto nivel de mecanización y automatización.
- Demanda de disponibilidad y confiabilidad de los equipos Protección de personas, equipos y medio ambiente.
- Efecto de los costos de mantenimiento en la vida útil.
- Gran desarrollo de las tecnologías de la información (TIC).
- Progreso del Mantenimiento (CBM).
- Crecimiento de la Productividad Total (TPM).
- Implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

**2.2.5.4 Cuarta generación de mantenimiento**

Se establecen métodos de mejora continua de los procedimientos de mantenimiento preventivo y, de la distribución y realización del mantenimiento. Se fijan los conjuntos de mejora y seguimiento de las acciones [26].

La cuarta fase corresponde al mantenimiento productivo total el cual se inspira en la metodología de origen japones que busca la excelencia, es decir obtener un máximo en la calidad, reducción de costos con sentido integral y en forma permanente. Para lo cual se realiza actividades como reglaje, sustitución de piezas e inspección. En es la fase donde los sistemas de mejora continua se caracterizan por la implementación de grupos de mejora y seguimiento de acciones. El mantenimiento pasa a considerarse un beneficio y se asume como un compromiso por parte de los departamentos de la organización, el objetivo es alcanzar una efectividad total de la maquinaria que implica eficiencia económica, productos de calidad y máximo desempeño [27].

**Características de la cuarta generación:**

- Gestión integral de activos
- Personal de mantenimiento altamente calificado
- Confiabilidad y rendimiento
- Prevención de mantenimiento (MP)
- Gestión de riesgos e incertidumbres

- Mantenimiento planificado
- Optimización del desarrollo
- Optimización costo-riesgo-beneficio

1° GENERACIÓN	2° GENERACIÓN	3° GENERACIÓN	4° GENERACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repara averías</li> <li>• Mantenimiento correctivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación entre probabilidad de fallo y edad</li> <li>• Mantenimiento preventivo programado</li> <li>• Sistemas de planificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo condicional</li> <li>• Análisis causa – efecto</li> <li>• Participación de producción (TPM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso de mantenimiento</li> <li>• Calidad Total</li> <li>• Compromiso de todos los departamentos</li> <li>• Mantenimiento basado en el riesgo</li> </ul>
Hasta 1945	1945-1980	1980-1990	1990

Figura 2.1: Etapas del mantenimiento

## 2.2.6 Actividades de un mantenimiento

Las actividades que se desarrollan dentro del departamento de mantenimiento pueden ser diferentes en cada industria y su grado de responsabilidad depende de su tamaño, su tipo, la política de la empresa y de la rama industrial. Las funciones estipuladas al departamento de mantenimiento dependen de las actividades que debe ejecutar.

### 2.2.6.1 Inspección

La identificación de las actividades a inspeccionar y el tiempo con el cual se debe realizar es un punto crítico, ya que de esto dependerá el fracaso o el éxito del programa. A continuación, se da una guía de los parámetros más importantes que se debe inspeccionar:

- Todo lo que sea susceptible de sufrir una falla mecánica progresiva (por ejemplo, desgaste, corrosión o vibración) [28].
- Todo lo que esté expuesto a una falla por acumulación de materias extrañas, como los ventiladores, filtros y separadores de agua, así como resumideros de tanques y de depósitos [28].
- Todo lo que sea susceptible de tener fugas, como los sistemas de combustible, sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos y tuberías de distribución de fluidos [28].

- Lo que con alguna variación quede fuera de ciertos límites y pueda ocasionar fallas, como niveles de depósitos de abastecimiento, y niveles y concentración de electrolitos [28].
- Los elementos reguladores de todo lo que funcione con características controladas de fuerza, presión, tensión mecánica, holgura mecánica, temperatura, voltaje, amperaje o resistencia [28].

#### **2.2.6.2 Servicio**

Los servicios de mantenimiento industrial supervisan la operación y mantenimiento para el buen funcionamiento del equipo industrial. Dado que el mantenimiento es una tarea que debe realizarse con regularidad, su objetivo principal es reducir los costos operativos y evitar daños. Se considera como servicio lo siguiente:

- Limpieza
- Pintura
- Tratamiento anticorrosión
- Lubricación
- Revisión o adición de fluidos

#### **2.2.6.3 Reparación**

Las reparaciones consisten en realizar actividades generales para corregir defectos, sustituir partes o piezas de equipos que han fallado, para que vuelvan a funcionar eficientemente, estas reparaciones son generalmente de dos tipos:

Reparaciones mayores: Requiere gran cantidad de materiales y mano de obra.

Reparaciones menores: Requiere de pocas herramientas y se realiza en un mínimo tiempo.

#### **2.2.6.4 Cambio**

Son las actividades implican reemplazo equipos o partes que han cumplido su vida útil y su reparación y no es económica. Las actividades de cambio se enfocan en las necesidades de la modernización en las líneas de producción con el objetivo de mejorar la eficiencia, la calidad del producto y aumentar la capacidad productiva [8].

#### **2.2.7 ¿Qué es una falla o avería?**

Según González, [29] “Fallo es el cese de aptitud que sufre un sistema o equipo y que le impide realizar la función para la que fue creado. Una vez que se produce el fallo en un elemento se

dice que este se encuentra en estado de avería”. La avería se define como un desperfecto o deterioro de cualquier elemento de un equipo el cuál imposibilita el funcionamiento normal de éste. La experiencia indica que no existe un equipo perfecto que esté libre de fallas o anomalías a lo largo de vida útil. En la industria se entiende por avería la falla que impide que la instalación mantenga el nivel productivo. Este concepto debe ampliarse incluyendo aquellas fallas que ocasionan falta de calidad en el producto, falta de seguridad, pérdidas energéticas y contaminación ambiental [30].



Figura 2.2: Clasificación de la Avería según el origen. [30]

### 2.2.8 Criticidad

La criticidad del equipo significa determinar la importancia de cada máquina dentro del sistema productivo. También, su objetivo primordial es precisar qué equipos se deben conservar primero en escenarios de emergencia, y asimismo al mercantilizar capitales para el mantenimiento [31].

#### Niveles de criticidad

- **Equipos críticos:** Son aquellos equipos que al fallar ocasionan el paro de la línea de producción, por lo tanto, su reparación es de carácter inmediato.
- **Equipos importantes:** Son los equipos que, en el caso de fallar de manera leve al sistema de producción, puede afectar la calidad del producto o eficiencia del proceso, donde la reparación de la avería conlleva un lapso de tiempo largo.

- **Equipos prescindibles:** Son equipos que en el caso de que fallen no repercuten de manera importante en el proceso productivo.

**Fórmula para el cálculo de criticidad:**

$$Criticidad = FF \times Consecuencia \tag{2.1}$$

$$Consecuencia = IO + FO + CM + IMA + IS \tag{2.2}$$

- Frecuencia de falla (**FF**): Representa el número de veces que falla cualquier equipo.
- Impacto operacional (**IO**): Representa la producción aproximada en porcentaje que se deja de obtener (por mes), debido a fallas ocurridas.
- Flexibilidad operacional (**FO**): Es la facilidad que tiene la operación de adaptarse a cambios inesperados.
- Costos de mantenimiento (**CM**): Son gastos de implica la únicamente la tarea de mantenimiento.
- Impacto de medio ambiente (**IMA**) y de seguridad (**IS**): Representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionan daños a equipos e instalaciones donde a consecuencia una persona puede salir lesionada o surgir un daño ambiental.

El cálculo de criticidad se efectúa mediante los factores de frecuencia y consecuencia, este procedimiento en la suma de la frecuencia y la ponderación de las consecuencias ( $IO + FO + CM + IMA + IS$ ), según el número de fallos presentados en los equipos y su posterior correlación con la matriz de criticidad.

		CRITICIDAD																				
FRECUENCIA (FF)	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		CONSECUENCIAS (CO)																				

Figura 2.3: Matriz de criticidad

**Valores referenciales de criticidad:**

- Criticidad alta, color Rojo, valores  $50 \leq CT \leq 125$
- Criticidad media, color Amarillo, valores  $30 \leq CT \leq 49$
- Criticidad baja, color Verde  $5 \leq CT \leq 29$

El resultado del cálculo de la criticidad determina el modelo de mantenimiento a usar.

**2.2.9 Codificación**

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en las órdenes de trabajo, permite la realización de registro de fallos e intervenciones y el cálculo de los indicadores referido a las áreas, equipos, sistemas, elementos, etc. [32].

La codificación que es aplicada a los equipos y maquinaria de planta, se establece en base a la información registrada, consiste en asignar una identificación, ya sea numérica, alfabética, alfanumérica o de otro tipo. El Código alfanumérico es el método de codificación más utilizado comúnmente empleado por facilitar la codificación general de los equipos y maquinaria al utilizar una secuencia propia e independiente para uno de los criterios de clasificación, ya que cada uno registra información distinta de los otros.

Existen dos tipos de codificaciones que serán mencionadas a continuación:

- **Sistemas de codificación no significativos:** son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional [32].
- **Sistemas de codificación significativos o inteligentes:** en el que el código asignado aporta información [32].

La ventaja de usar un sistema de codificación de tipo correlativo no significativo es la simplicidad y brevedad del código. La mayoría de las empresas industriales se pueden codificar con solo 4 dígitos. Un sistema de codificación significativo proporciona información valiosa sobre el equipo al que nos referimos: El problema es que a medida que agrega información adicional, aumenta el tamaño del código.

### 2.2.9.1 Código para los equipos

El Área de la Planta en que está ubicado el equipo estaría definido por dos caracteres alfanuméricos, el tipo de equipo por dos caracteres alfabéticos, y el número correlativo por dos caracteres numéricos.

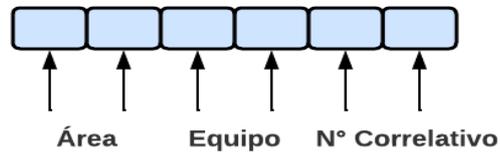


Figura 2.4: Código para equipos. [32]

### 2.2.9.2 Código para los elementos

El código de un elemento estaría comprendido en este ejemplo por un total de 17 caracteres, con la siguiente distribución:

- Las 6 iniciales identifican netamente al equipo.
- La representación alfabética identifica a la familia.
- Los tres caracteres siguientes identifica el sistema.
- Los caracteres siguientes identifican las características del elemento.
- El ultimo carácter, es de aplicación únicamente para el caso de redundancia.

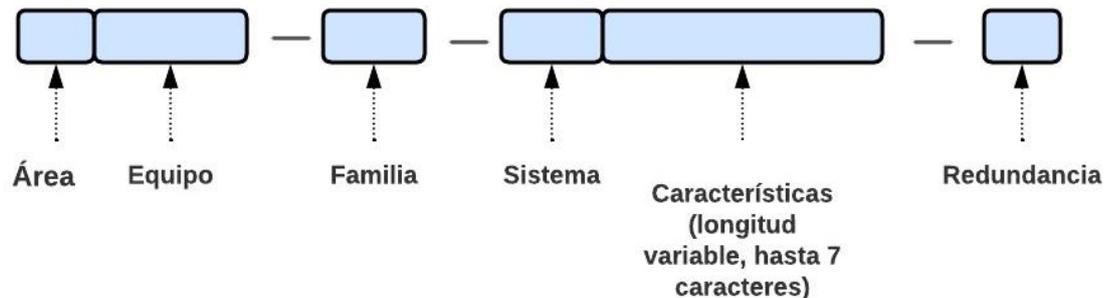


Figura 2.5: Representación de codificación para elementos.

### 2.2.10 Filosofías del mantenimiento

Hoy en día el mantenimiento técnico no solo se concentra en la reparación de la máquina usada, sino también presta en cuenta tanto los costos materiales como el personal que opera y la gestión del mismo, arraigarse uso de técnicas de mantenimiento que permiten anticiparse a las averías y fallas optimizando así el funcionamiento de las actividades en la industria, garantizando un producto o servicio de calidad [33].

La filosofía del mantenimiento está incluida por los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Correctivo (MC)**

Es aquel mantenimiento que se fundamenta en la reparación cuando se haya derivado el fallo y se da un paro imprevisto de la maquina o instalación.

Mantenimiento de campo o paliativo (arreglo)

Mantenimiento curativo (de reparación)

- **Predictivo (MPD)**

Este tipo de mantenimiento tiene como principio predecir la falla antes de que se produzca. Se basa en conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir que cumpla a cabalidad con este mantenimiento se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

- **Preventivo (MVP)**

Este tipo de mantenimiento pretende reducir la reparación del equipo o elementos mediante una rutina de inspecciones constantes y la reposición de los elementos dañados.

#### **2.2.10.1 Productivo total (TPM)**

(TPM siglas en inglés) es un nuevo concepto para el personal de producción involucrado en el mantenimiento de plantas y equipos. TPM tiene como objetivo aumentar significativamente la productividad al tiempo que aumenta la moral de los empleados y la satisfacción laboral. El sistema TPM nos recuerda el muy popular concepto TQM "Fabricación de calidad total" que se originó en la década de 1970 y sigue siendo tan popular en la industria. Se utilizan muchas herramientas comunes, como una mayor delegación de funciones y responsabilidades entre los empleados, comparaciones competitivas y documentación de procesos de mejora y optimización.

Actualmente, el TPM es uno de los sistemas básicos para lograr la eficiencia global, y en base a él es posible lograr la competitividad global. La tendencia actual de aumentar la competitividad significa mejorar constantemente la eficiencia en términos de calidad de producción, tiempo y costo, así como maximizar el TPM y TQM de la empresa. El TPM adopta cómo filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos

relacionados con el Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT) y el Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC).

MBT se esfuerza por programar periódicamente las actividades de mantenimiento de los equipos y reemplazar las piezas anticipadas de los equipos en los momentos apropiados para garantizar un funcionamiento adecuado. Mientras que MBC trata de planificar el control de los equipos y sus partes para asegurar que cumplan con las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento y que sea posible prevenir cualquier tipo de posibles errores o irregularidades.

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes principios esenciales:

1. Intervención del personal, desde la parte administrativa hasta los operadores de equipos.
2. Establecer una cultura colectiva que apunte a lograr la máxima eficiencia en los sistemas y equipos de producción y control de máquinas. De esta manera, se puede lograr la eficiencia global.
3. Implementar un sistema de gestión de plantas de producción que promueva la prevención de pérdidas y el logro de metas antes de que ocurran pérdidas.
4. Implementar el mantenimiento preventivo como medio esencial para lograr la meta de pérdida cero, utilizando actividades integradas de pequeños grupos de trabajo, complementado con el apoyo brindado por el mantenimiento autónomo.
5. Implementar un sistema de gestión para cada etapa de producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y gestión.

#### **2.2.10.2 6 sigma**

El método Six Sigma es una filosofía que se originó en la década de 1980 gracias a ingenieros Mikel Harry, evaluando y analizando cambios en el proceso en la empresa Motorola. Es la primera empresa en implementar este enfoque como estrategia, mejora de la calidad y mercado. Debido a la globalización, las empresas del sector comercial e industrial empezaron a desplegar técnicas para la optimización de procesos y aumentar su competitividad y productividad. El método también se centra en mejora continua [34].

La letra griega sigma ( $\sigma$ ) se emplea para medir la variación estadística: El sistema Six Sigma se basa en la metodología DMAMC (DMAIC, en inglés), que permite desarrollar mejoras siguiendo estos pasos [35]:

- **Definición:** del problema, del valor para el cliente, del equipo y del proyecto [35].

- **Medición:** del rendimiento mediante un mapa del proceso en el que se determine la fiabilidad de los datos [35].
- **Análisis:** en el que se identifican las fuentes de variación y las raíces del problema [35].
- **Mejora:** desarrollo de cambios para mejorar el rendimiento [35].
- **Controlar:** para mantener las mejoras realizadas [35].

Para lograr la mejora en la eficiencia de los procesos a fin de mantener la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, así como de los procesos cualquier industria, será conseguida con el término empleado en control de calidad y es la mejora continua, el cual se considera el espíritu visionario de lograr la perfección. Para ello, utilizando el método administrativo Six Sigma, ayudará al análisis de los resultados de la gestión de mantenimiento y permitirán la mejora continua, así como el logro de los resultados esperados, traducidos en la eficiencia en el manejo del taller, mejora de la disponibilidad mecánica y aseguramiento de la vida útil de las máquinas [36].

Six Sigma es una metodología la cual se basa en cinco principios:

- Enfoque al cliente.
- Centrado en los procesos.
- Metodología para la realización de proyectos.
- Estructura organizacional.
- Lucha contra la variación.

La letra sigma ( $\sigma$ ) es utilizada en estadística para el cálculo de la desviación estándar de la muestra que es representada por la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i = 1 (X_i - X)^2}{(n - 1)}} \quad (2.3)$$

Las variables representan:

S= Desviación estándar de la muestra

$X_i$ = Datos de la muestra para  $i= 1, 2, 3, \dots$

$X$ = Promedio de la muestra (media)

$n$ = Número de datos de la muestra

El objetivo de esta metodología Six Sigma es obtener 3, 4 defectos por millón de oportunidades.

Clasificando la eficiencia de un proceso con base a su nivel sigma:

1 sigma = 68,27% de eficiencia.

2 sigma = 95,45% de eficiencia.

3 sigma = 99,73% de eficiencia.

4 sigma = 99,994% de eficiencia.

5 sigma = 99,99994% de eficiencia.

6 sigma = 99,9999966% de eficiencia.

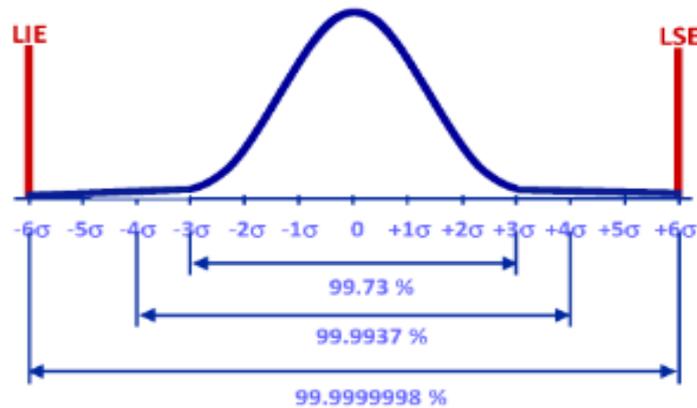


Figura 2.6: Gráfica de Six Sigma. [37]

### 2.2.10.3 Basado en el riesgo

El mantenimiento basado en el riesgo (MBR) establece prioridades basadas en el riesgo y en las consecuencias que provocan las averías. Busca reducir el riesgo, conceptualizado como la eventualidad de estar próximo a la ocurrencia de un daño o falla que afecta total o parcialmente a los: sistemas mecánicos (máquinas, instrumentos), sistemas de energía (suministro, control y distribución de energía) y sistemas informáticos (hardware y software) de uso frecuente en los procesos productivos y/o de servicios[38].

El MRB dispone para su implementación en las industrias de procesos o procedimientos de inspección, requiriendo la evaluación del sistema de gestión, resultados de inspección y plantear acciones correctivas.

Identificando, analizando y evaluando que lugares y sectores de un sistema son los más propensos a presentar fallas, se puede lograr la gestión del riesgo recolectando información que permite aplicar el tratamiento oportuno de reducción, eliminación, minimización y/o control. Actividades que, relacionadas con los procesos productivos y de servicios, estructuran el MRB industrial. La figura 1, muestra un esquema para la gestión del riesgo conducente a un plan MBR [38].

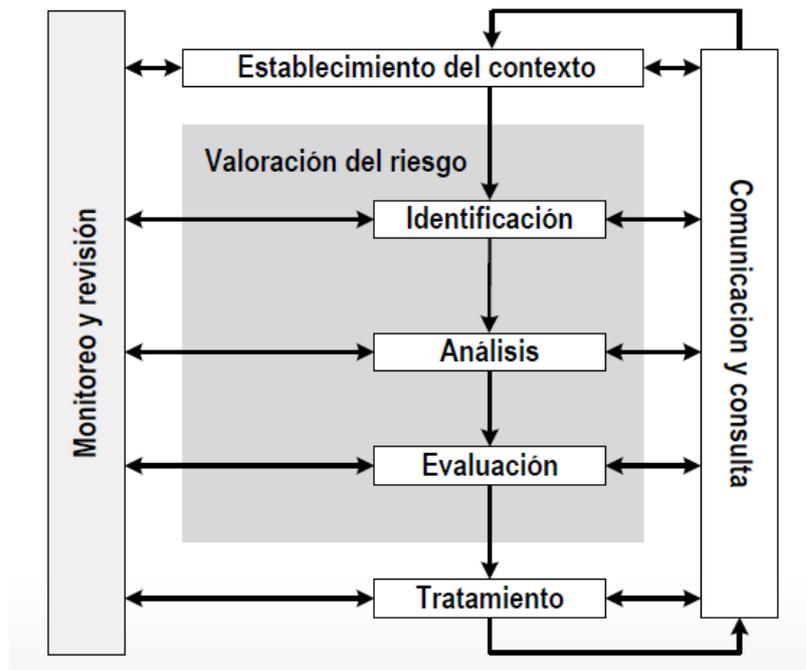


Figura 2.7:Gestión del riesgo Norma AN/NZS 4360:2004. [38]

#### 2.2.10.4 Centrado en la confiabilidad (RCM)

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad fue desarrollado en un principio por la industria de la aviación comercial de Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como la Boeing (constructor de aviones). Desde 1974, el Departamento de Defensa de Estados Unidos, ha usado el RCM, como la filosofía de mantenimiento de sus sistemas militares aéreos. El éxito del RCM en el sector de la aviación ha permitido que otros sectores tales como el de generación de energía (plantas nucleares y centrales termoeléctricas), petroleros, químicos, gas, refinación y la industria de manufactura, se interesen en implantar esta filosofía de gestión del mantenimiento, adecuándola a sus necesidades de operaciones en la industria [39].

Es un proceso que se usa para establecer los requisitos de la industria en el departamento de mantenimiento de todos los elementos físicos en su en su contexto operacional dentro de la planta, este tipo de mantenimiento de usa para determinar lo que debe realizar para que un elemento físico continúe desempeñando las funciones, el RCM se centra en la organización y los elementos físicos que la componen, para ejecutar este mantenimiento se necesita saber que tipos de elementos físicos existe en la empresa y definir cuáles deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM.

El principal objetivo del mantenimiento centrado en la fiabilidad es mantener la confiabilidad inherente de la función del sistema, es decir con esta metodología aseguramos nuestro estándar de funcionamiento. Se tiene que tomar en cuenta que cuando un equipo falla no necesariamente es cuando se ha detenido, un equipo falla cuando deja de producir el funcionamiento deseado o lo que el usuario necesita [40].

#### **2.2.10.5 Objetivos de la metodología RCM**

El objetivo fundamental de la implantación de la metodología RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento.

- **Mayor nivel de seguridad y cuidado ambiental**

Son aspectos importantes y se evalúan a través de los impactos que generan dado que pueden afectar a la imagen institucional y a su responsabilidad social. Por ende, el RCM no permite la falta de corrección de riesgos, para ello se considera primordial la revisión sistemática de los efectos de la falla en áreas de medio ambiente y seguridad además de enfocarse en la reducción de averías múltiples a la vez que reduce las actividades propias del mantenimiento.

- **Mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos**

El RCM evita cualquier tipo de pérdida mediante la inspección de las consecuencias que causan las fallas, permitiendo detectar antes de que se produzcan en las máquinas, permitiendo hacer una intervención adecuada.

- **Mayor eficiencia en la gestión del mantenimiento**

Uno de los resultados muy importantes de la metodología RCM es la reducción de costos de mantenimiento mediante la disminución de tareas innecesarias, aumento de la fiabilidad al reducir la probabilidad de las fallas, reducción de la cantidad de intervenciones, racionalizar la utilización de los recursos y extender la vida útil de la máquina.

- **Generación de una base de datos de mantenimiento**

Se logra mediante la recopilación de información operativa y técnica que ayuda a conocer las debilidades de los equipos mediante la organización de la información en una base de datos que pueden ser compartida y conocida con los interesados, esto permitirá tener un histórico de las fallas que se presenta en la industria.

Motivación del personal

Los mejores resultados es posible alcanzar gracias a una productividad constante o creciente de los operadores de la industria, así como de la vinculación de los objetivos de la organización, esto permitirá alcanzar la satisfacción del personal al obtener resultados concretos, convirtiéndose en un medio de motivación eficaz y crecimiento personal para los miembros de la organización.

**2.2.10.6 Proceso de implementación de la metodología RCM**

La metodología RCM analiza todas las posibles tareas y procedimientos de mantenimiento que deben atender las necesidades del equipo, su configuración y cambios. Para ello, se consideran los siguientes pasos:

Tabla 2.1: Pasos del RCM.

Fase 1	Identificar los recursos físicos de la empresa creando una lista o registro de equipos que requieren de mantenimiento y evaluando sus efectos en el proceso productivo que generan valor.
Fase 2	Definir las funciones de los equipos a mantener fijando objetivos claramente diferenciados entre la capacidad de los equipos y sus requerimientos.
Fase 3	Definir la calidad del mantenimiento mediante la determinación de los niveles necesarios de rendimiento y consecuencia de los fallos que se presentan.
Fase 4	Identificación de modos de fallos (sus causas y efectos). Algunos modos de fallos deben determinarse acorde a la experiencia del trabajo y otros de especifican por el fabricante.
Fase 5	Identificar las técnicas de mantenimiento adecuados para gestionar los fallos. Esto mediante la reducción de fallos múltiples, modificaciones adecuadas. Destacando las ventajas del mantenimiento predictivo.
Fase 6	Ejecutar tácticas de mantenimiento las acciones y recursos necesarios.
Fase 7	Generar el programa de reevaluación de los resultados de las acciones RCM. Mediante el monitoreo continuo, retroalimentación de datos, adaptaciones y modificaciones del mismo.

Si la metodología RCM fue aplicada correctamente, se llega al objetivo de este mantenimiento que es obtener información clara, esto se ayudara a lograr un estudio técnico en base los estándares y procedimientos de mantenimiento que acompañe al rendimiento del equipo.

Para la revisión, aprobación e implementación de la metodología RCM, una vez culminada la revisión se debe tomar decisiones aplicables con el fin de reducir los costos de mantenimiento.

También hay algunos procesos adicionales a considerar los mismos que permiten generar una confiabilidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.2: Pasos propuestos en el RCM.

<b>Antes de aplicar RCM</b>	<b>Durante el análisis RCM</b>	<b>Después del análisis</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Recopilar información</li> <li>•Elaborar taxonomía del equipo/sistema</li> <li>•Documentar contexto operativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Normalizar el análisis de modos y causas de falla</li> <li>•Categorizar efectos de falla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Implementar el plan de mantenimiento</li> <li>•Gestión de las recomendaciones o acciones predeterminadas</li> <li>•Medir el desempeño</li> </ul>

### **3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 METODOLOGÍA**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación con la cual fue llevada a cabo es descriptiva ya que permite analizar las características de forma concreta, el uso de este tipo de investigación no solo se enfoca en la recolección de datos, sino también hace énfasis a la identificación de las relaciones del estudio, mediante la información obtenida por medio de la observación, métodos de estudio de caso y encuestas, mismas que permiten detallar e identificar los componentes, elementos y características fundamentales, obteniendo suposiciones o hipótesis mismas que contribuyan al para analizar los resultados.

##### **3.1.2 Técnicas aplicadas**

###### **3.1.2.1 Observación**

La observación es una técnica de investigación básica, implica que el observador actúe conscientemente con objetivos de acuerdo a la recopilación de datos sobre la base en los cuales se pueda probar o formular una hipótesis, la observación debe planificarse a fin de recoger los requisitos de validez y confiabilidad.

###### **3.1.2.2 Encuesta**

La encuesta es una técnica que sirve para obtener información de manera sistemática acerca de una población determinada, a partir de las respuestas que proporciona una pequeña parte de los individuos que forman parte de dicha población[42].La información recopilada se difunde mediante un informe, que explica para que se elaboró la encuesta y que muestra sus resultados a través de graficas.

###### **3.1.2.3 Análisis de documentación**

El análisis de documentos es una acción que consiste en seleccionar las ideas de información relevantes de un documento con el fin de representar su contenido sin ambigüedades, este documento va unido a la recuperación de información.

###### **3.1.2.4 Análisis de contenido**

El análisis de contenido es una herramienta muy útil basada en el análisis e interpretación de fuentes documentales y la identificación de los códigos utilizados por el emisor del enunciado,

su contenido aparente, el contexto en el que se generó y desarrolló la información para descubrir y revelar su contenido.

### 3.1.2.5 Investigación de campo

Constituye un proceso sistemático basado en una estrategia de recolección de datos de manera directa de la realidad y estudiarlos tal y como se presentan sin manipular las variables, donde los datos obtenidos son más confiables.

### 3.1.3 Instrumentos

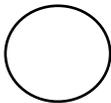
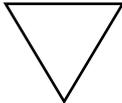
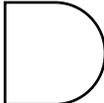
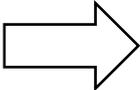
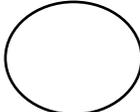
#### 3.1.3.1 Recolección de datos

Para iniciar la investigación primero se procedió a la búsqueda y recolección de información de la empresa tales como a la actividad que se dedica, la dirección, contactos, visión, misión, la estructura organizativa y el mapeo del proceso misma que permite representar los procesos y sus interacciones.

#### 3.1.3.2 Diagrama de procesos

El diagrama de procesos es una representación gráfica de las actividades que intervienen en la línea de producción de manera rápida y secuencial la cual esta plasma y representada mediante símbolos. Para el diagrama de procesos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL se realizó en función a las tareas ya determinadas y se utilizó la siguiente simbología como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Simbología utilizada para el diagrama de procesos

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Operación		Almacenaje
	Inspección		Demora
	Transporte		Actividad combinada

### 3.1.3.3 Análisis de equipos por niveles

El análisis de equipos por niveles permite identificar, planificar y evaluar el rol operativo, organizativo y el entorno laboral de las maquinas en donde se desenvuelven. Es decir, mediante este análisis lo que se procura es preservar al máximo el valor de la máquina, tanto en términos de rendimiento como en términos de seguridad como se detalla en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Análisis de equipos por niveles

TABLA DE ANÁLISIS DE EQUIPOS POR NIVELES					
Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL					
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
Planta	Área	Equipo	Sistemas	Elementos	Componentes

### 3.1.3.4 Codificación de equipos

Para la codificación de los equipos se asigna diferentes caracteres a cada uno de los equipos con el fin de identificarlo y diferenciarlos de unos a otros. La codificación de equipos se realiza mediante 3 elementos como son:

- 2 caracteres alfanuméricos que representan el área de planta.
- 2 caracteres alfanuméricos que representan la identificación del equipo.
- 2 caracteres numéricos que representan la redundancia de equipo.

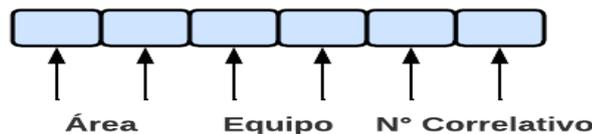


Figura 3.1: Código para equipos. [32]

### 3.1.3.5 Codificación de los elementos

La codificación de los elementos está comprendida por diferentes caracteres los mismos que están formados de la siguiente manera como se muestra en la figura 3.2:

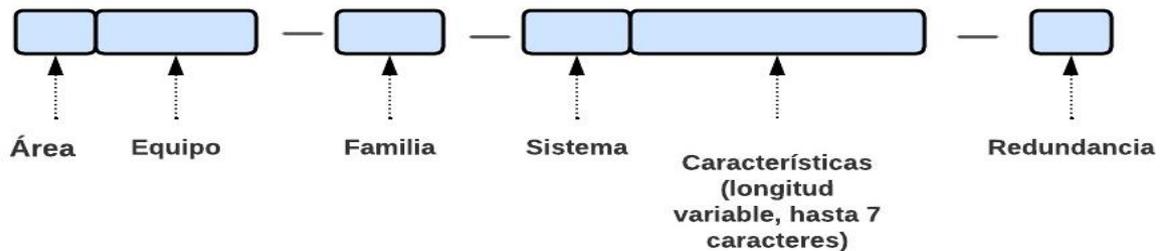


Figura 3.2: Representación de codificación para elementos. [32]

### 3.1.3.6 Nivel de criticidad de la maquinaria

El análisis de nivel de criticidad de los equipos ayuda a clasificar e identificar según su importancia ya que no es el mismo para todos existen unos más importantes que otros, por ende, es indispensable clasificar para enfocar en los equipos que son indispensables para la industrial, para ellos se aplicó encuestas las cuales permitan establecer el nivel de criticidad de los equipos, para lo cual se basó en la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = FF \times \text{Consecuencia} \quad (3.1)$$

$$\text{Consecuencia} = IO + FO + CM + IMA + IS \quad (3.2)$$

Tabla 3.3: Simbología para el cálculo de criticidad

FF	Frecuencia de falla
IO	Impacto operacional
FO	Flexibilidad operacional
CM	Costo de mantenimiento
IMA	Impacto del medio ambiente
IS	Impacto de seguridad

### Encuesta de criticidad

Tabla 3.4: Encuesta de criticidad

<b>FACTOR DE FRECUENCIA FF</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
<b>FACTORES DE CONSECUENCIA</b>		
<b>Impacto operacional IO</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	

Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
<b>Flexibilidad operacional FO</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
<b>Costo de mantenimiento CM</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	
Costos materiales inferior 200 USD	1	
<b>Impacto al medio ambiente IMA</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	
<b>Impacto seguridad IS</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	

### 3.1.3.7 Definición de los modelos de mantenimiento

Mediante el resultado del cálculo de análisis de criticidad se puede establecer el modelo de mantenimiento a utilizar en cada equipo, una vez identificado y dependiendo el nivel de criticidad se tendrá que estudiar más a profundidad para fijar el modelo óptimo con el cual se va a trabajar, a continuación, se presenta un diagrama que se utilizará para esta tarea.

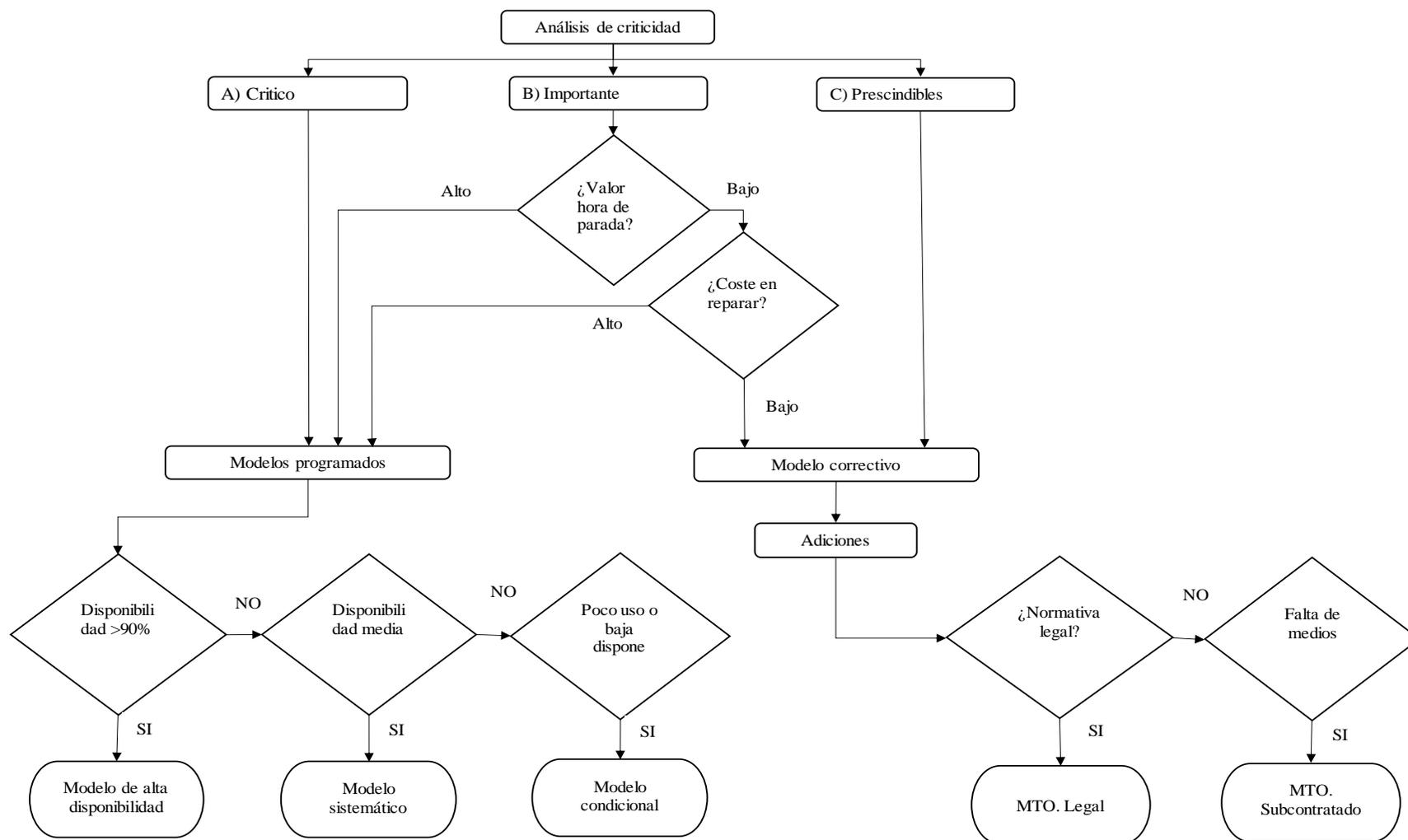


Figura 3.3: Modelos de mantenimiento

### 3.1.3.8 Fichas técnicas de equipos

En este documento se detalla la información más importante de cada equipo donde se registra datos generales, sus especificaciones, las características más importantes, foto del equipo, nivel de criticidad de criticidad, modelo de mantenimiento además de repuestos críticos necesarios y aquellos elementos consumibles que se requiere. A continuación, se presenta un esquema de ficha de equipos la cual se aplicó.

 <b>PULPAMOL</b>		<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>FICHA TÉCNICA</b>		 <b>PULPAMOL</b>	
<b>EQUIPO:</b>			<b>CÓDIGO:</b>		
<b>DATOS DE EQUIPO</b>					
<b>PROVEEDOR:</b>			<b>AÑO:</b>		FOTOGRAFIA DEL EQUIPO
<b>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:</b>					
<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:</b>					
<b>VALORES DE REFERENCIA</b>					
<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>					
<b>MODELO DE MANTENIMIENTO</b>		<b>¿MTO. LEGAL?</b>		<b>SUBCONTRATOS NECESARIOS</b>	
CORRECTIVO		SI		PREVENTIVO	
CONDICIONAL				CORRECTIVO	
SISTEMÁTICO		NO		INSPECCIONES	
ALTA DISPONIBILIDAD				OVERHAUL	
<b>ELEMENTOS QUE LO COMPONEN</b>			<b>CONSUMIBLES</b>		
<b>REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK</b>					
<b>HERRAMIENTAS ESPECIALES:</b>					
<b>FORMACIÓN NECESARIA</b>			<b>ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL</b>		
<b>SUBCONTRATOS</b>					

Figura 3.4: Esquema de fichas técnicas de equipos

### 3.1.3.9 Determinación de tipo y modo de fallo

Mediante este análisis podemos establecer los tipos de fallos que están presentes en los equipos y su grado de importancia, esto con el fin de determinar las posibles consecuencias que puede ocasionar y tomar acciones para evitar o amortiguar el efecto que puede causar estableciendo actividades adecuadas para cada equipo.

- Ruta: Las rutas son guías en la cual se detalla la descripción, el orden y el tipo de proceso que deben aplicar para el mantenimiento.
- Gama: Conjunto de tareas de mantenimiento que tiene varios elementos determinados donde se describe el protocolo con las diferentes medidas preventivas a ejecutar.

A continuación, se indica el bosquejo a seguir dentro del análisis y determinación de medidas preventivas a usar.

 <b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>DETERMINACIÓN DE TIPO, MODO DE FALLO Y</b> <b>ESTUDIO DE MEDIDAS PREVENTIVAS</b> 								
Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Tarea de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de operación	Procedimientos de mantenimiento

Figura 3.5: Tabla de tipo y modo de fallos

### 3.1.3.10 Planificación de tareas de mantenimiento mediante rutas y gamas

La planificación tiene como fin determinar las ordenes de trabajo necesarias y la frecuencia de ejecución de las tareas de mantenimiento esto mediante la agrupación de dichas tareas acorde a la frecuencia necesaria y reportar incidencias que pueden que pueden ocurrir en el trayecto de su ejecución. El formato para estas órdenes de trabajo es el siguiente:

		<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b>					
<b>PULPAMOL</b>		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>				<b>PULPAMOL</b>	
<b>RUTA O GAMA DE MANTENIMIENTO</b>							
OPERARIO:							
FECHA:							
HORA INICIO:		HORA FINAL:					
HERRAMIENTAS:				EQUIPOS DE PROTECCIÓN:			
RIESGO DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS:				MATERIALES:			
RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA:					
EQUIPO	DESCRIPCIÓN		RESULTADO		RANGO NORMAL		
OBSERVACIÓN:							
<b>RESPONSABLES</b>							
Entregado por:				Recibido por:			
Firma				Firma			
Nombre:				Nombre:			

Figura 3.6: Planificación de rutas y gamas de mantenimiento

### 3.1.3.1 Planificación de mantenimiento

La planificación de mantenimiento es una matriz que permite planificar la ejecución de las rutas y gamas estas ya sean anuales, mensuales o diarias de acuerdo a la frecuencia ya determinada para un periodo. El esquema de la matriz se presenta a continuación:

		<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b>																													
<b>PULPAMOL</b>		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>												<b>PULPAMOL</b>																	
<b>PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>																															
PROGRAMACIÓN																															
EQUIPO	Mes		Mes		Mes		Mes		Mes		Mes		Mes		Mes																
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

Figura 3.7: Esquema de planificación de mantenimiento

**3.1.3.2 Procedimiento de realización de rutas y gamas de mantenimiento programado**

Tabla 3.5: Esquemas de procedimientos

1.- Objetivo:	Detalla el procedimiento.
2.- Alcance:	Consiste en una breve descripción de las diferentes variables de cada equipo que actúan en dicho procedimiento.
3.- Documentos de referencia:	Documentación de apoyo para la realización de los distintos procedimientos.
4.- Responsabilidades:	Asigna responsables para cada tarea de mantenimiento.
5.- Requisitos de seguridad	Describe términos de normativas como de medidas preventivas enfocado al ámbito de seguridad.
6.- Desarrollo:	Describe el protocolo de como ejecutar las tareas de mantenimiento ya sea diarias, mensuales y anuales.
7.- Averías, defectos o anomalías encontradas al realizar las gamas de mantenimiento:	En esta sección se registra las eventualidades que ocurren durante la ejecución de las tareas.
8.- Registro:	Se adjunta como anexo la ejecución de los procedimientos.
9.- Anexos:	En esta parte de describe un cuadro de resumen de las diferentes actividades.

**3.1.3.3 Software de gestión de mantenimiento**

MaintainX es una herramienta CMMS basada en la web que se puede utilizar en dispositivos móviles. Su objetivo es mejorar la finalización del flujo de trabajo y fortalecer la comunicación del equipo. Puede ser utilizado por equipos operativos en pequeñas y grandes empresas. Esta solución permite a los usuarios rastrear activos ilimitados y crear innumerables órdenes de trabajo. Además, esta herramienta incluye un sistema de mensajería interna que reduce los correos electrónicos innecesarios y acelera el proceso. Con MaintainX, los usuarios pueden crear fácilmente plantillas personalizadas, como procedimientos y listas de verificación.

## 3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 3.2.1 Mapeo de proceso y levantamiento de la planimetría de distribución

#### 3.2.1.1 Caracterización general de la empresa

Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL es una industria que se dedica a la elaboración de cubetas para huevos, las mismas que se clasifican en grande, mediana, universal e inicial, la cual están hechas a base de cartón (80%), papel (15%) y dúplex (5%), es decir que el 95% de la materia prima es de material reciclado. Hoy en día la empresa cuenta con una línea de producción automatizada que permite duplicar la producción con altos estándares de calidad, el sector avícola cada día va creciendo por lo que es necesario y fundamental proveer de cubetas con calidad, para garantizar el traslado de sus productos. La característica principal por la cual son reconocidas las cubetas de esta industria es por la impermeabilidad y resistencia tanto en seco como en húmedo esto se debe a la aplicación de resina. La calidad del producto también depende del desfibrado la materia prima y la incorporación de elementos que eliminen componentes como virus u hongos que puedan afectar al producto.

#### 3.2.1.2 Información general de la empresa

Tabla 3.6: Información general de empresa

Razón social	Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL
Nombre comercial	PULPAMOL
RUC	1792310105001
Dirección	Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Tanicuchi, Kilómetro 1 Cajón Veracruz y Secundaria, Camino Santa Ana Toacaso.
Teléfono	0998338795
Representante legal	Ramon Freire Elena Marisol
E-mail	eramol@pulpamol.com

**Misión:** ser un aliado estratégico para el sector avícola ofreciéndoles un producto de calidad que se ajuste a las necesidades del mercado nacional.

**Visión:** ser la empresa líder a nivel nacional en productos a base de pulpa moldeada, buscando atender las necesidades con otros productos y servicios.

**Valores:** autenticidad, honestidad, constancia y coherencia.

### 3.2.1.3 Planimetría de distribución de equipos en la planta

Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL está conformada por diferentes áreas donde se encuentran distintos equipos los cuales forman parte de la línea de producción como se puede observar en la figura 3.8.

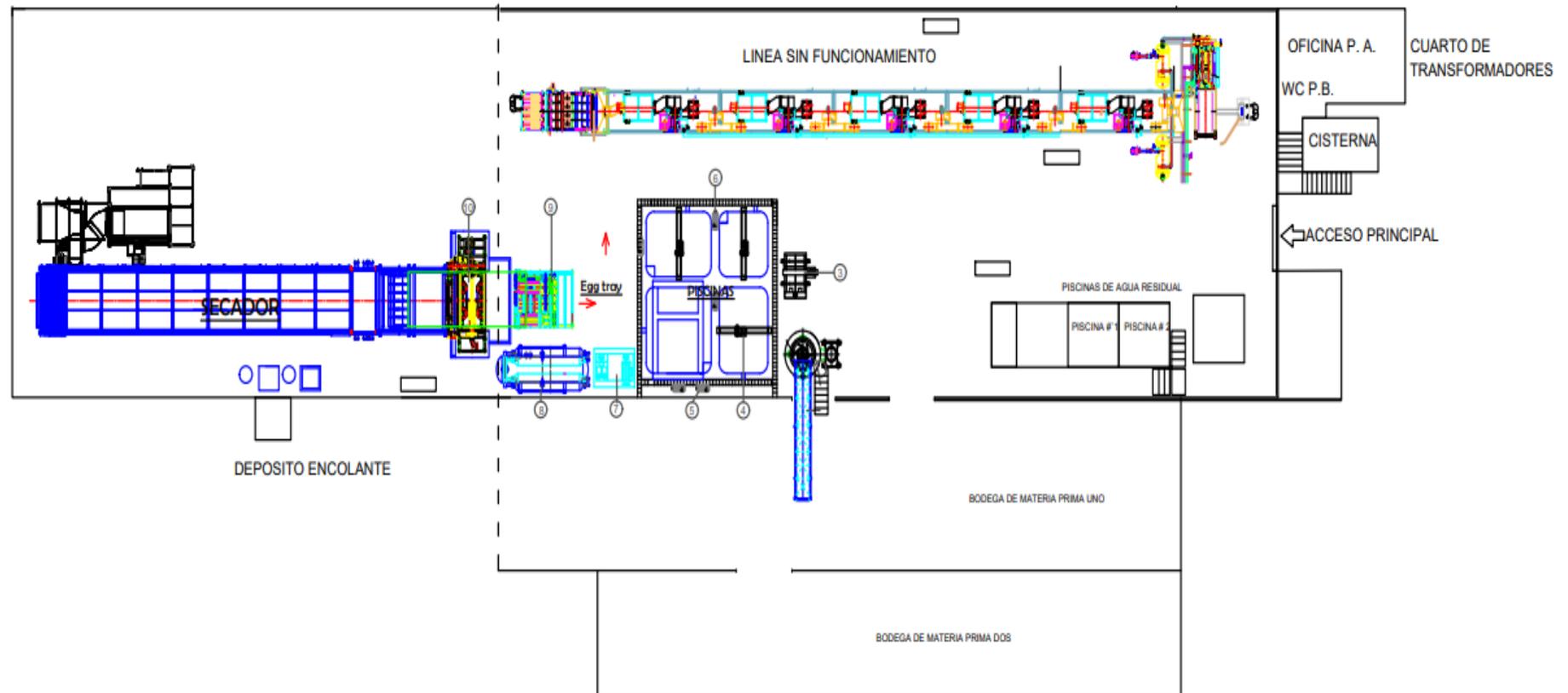


Figura 3.8: Planimetría de distribución de equipos en la planta

### 3.2.1.4 Estructura organizativa

La estructura organizativa de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL es de forma jerárquica misma que organiza a cada integrante de la empresa acorde a la actividad que desarrolle.

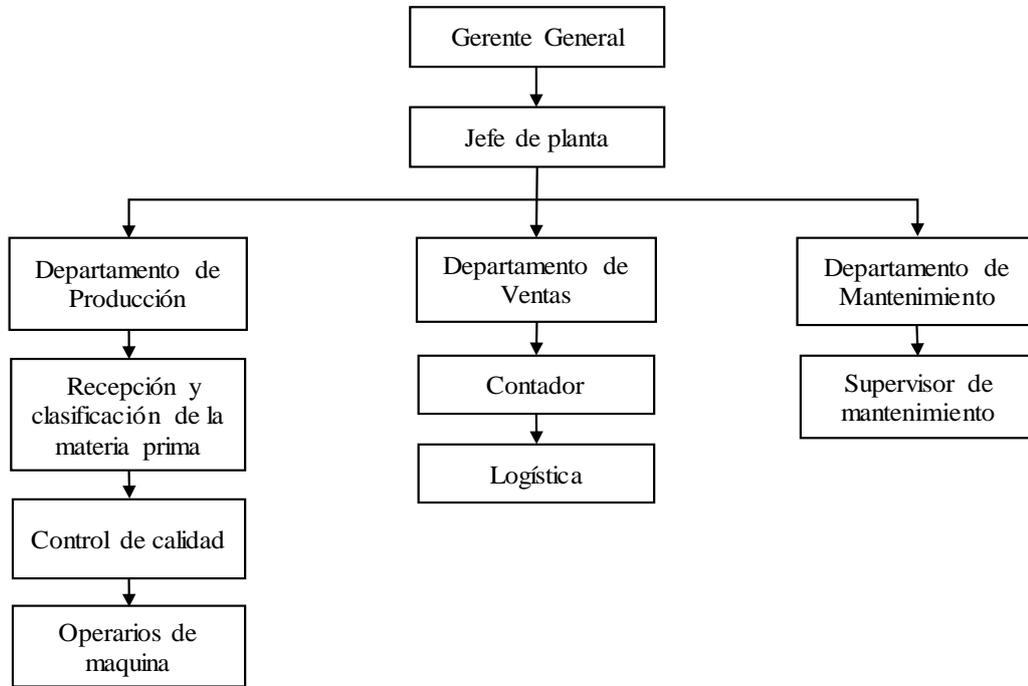


Figura 3.9: Organigrama de Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL

### 3.2.1.5 Descripción de las áreas

Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL está conformada por diferentes áreas las mismas que se encargan de realizar diferentes actividades para garantizar el correcto funcionamiento y control del proceso productivo, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 3.7: Descripción de áreas

Áreas Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL	Descripción
Recepción y almacenaje de materia prima	En esta área se recibe la materia prima donde se selecciona, clasifica y se limpia de impurezas.
Producción	Esta área está comprendida por diferentes equipos los cuales se encarga del proceso de desfibrado, refinado, formado y secado de las cubetas para huevos.
Empaque	En esta área se recibe el producto final donde se empaca en paquetes de 100 unidades y se almacena de acuerdo al tamaño de la cubeta.

### 3.2.2 Descripción de los equipos

La empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL cuenta con diferentes equipos para la producción de cubetas para huevos a continuación se detalla los equipos que forman parte de la línea de producción siendo estos los más importantes e imprescindibles para el proceso:

Tabla 3.8: Descripción de los equipos a analizar

ÁREA	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<b>Recepción y almacenaje de materia prima</b>	Banda transportadora	La Banda transportadora está formado por una estructura metálica, un sistema de transmisión y una cinta transportadora, la cual accionada por un motor. La función de esta máquina es transportar la materia prima hacia el Pulper para empezar el proceso de desfibrado.	
<b>Producción</b>	Pulper hidráulico vertical	El Pulper hidráulico vertical es una maquina tipo tanque, en la parte interna consta de cuchillas y aspas para desfibrar la materia prima y mezclar con el agua y otros aditivos químicos para obtener la pasta.	
	Zaranda vibratoria	La Zaranda vibratoria es una máquina que permite filtrar la pulpa de elementos contaminantes (plásticos, objetos metálicos) que no pueden ser desfibrados por la naturaleza del material.	
	Refinador	La función principal de esta máquina es moler la pulpa de papel para que las fibras del producto puedan entrelazarse mejor.	

	Piscina No. 1 (5%)		
	Piscina No. 2 (2%)	Lugares de almacenaje de la pulpa donde se encuentra instalado un agitador el cual permite mejorar la viscosidad del material.	
	Piscina No. 3 (1%)		
	Formadora	Esta máquina junta con un sistema de vacío que succiona y forma las cubetas para huevos de acuerdo las especificaciones requeridas.	
	Cámara de secado	La cámara de secado está conformada por 3 niveles y 6 subniveles a diferentes temperaturas, esta máquina se utiliza para el secado de las cubetas.	
<b>Empaque</b>	Empacadora	La empacadora cumple la función de receptor y formar paquetes de 100 unidades cada uno.	

### 3.2.3 Levantamiento de información de mantenimiento

#### 3.2.3.1 Análisis de equipos por niveles

Se estableció el respectivo análisis de los equipos por sus diferentes niveles de conformación tal como se muestra en el anexo 2, en dicha tabla se detalla la información que corresponde a la planta como centro de trabajo mismo que pertenece al nivel 1, el área en la que se ubican los equipos como nivel 2, el nombre de los equipos como nivel 3, los sistemas que forman parte del equipo como nivel 4 y los elementos que forman parte de los sistemas como nivel 5.

#### 3.2.3.2 Codificación de equipos

Los códigos de los equipos se establecieron mediante la identificación del área en el que se encuentran dentro de la planta, es importante destacar que la codificación de los equipos ya lo tenían establecido previo al estudio sin embargo a esta codificación se le restructuro con el fin de mejorar e identificar con facilidad a cada uno. Como se muestra a continuación:

Tabla 3.9: Codificación de equipos

<b>CODIFICACIÓN DE EQUIPOS</b>		
<b>Áreas</b>	<b>Equipos</b>	<b>Código</b>
Recepción y almacenaje de materia prima	Banda transportadora	RA BT 01
Producción	Pulper hidráulico vertical	PR PL 02
	Zaranda vibratoria	PR ZA 02
	Refinador	PR RF 02
	Piscina No. 1 (5%)	PR P1 02
	Piscina No. 2 (2%)	PR P2 02
	Piscina No. 3 (1%)	PR P3 02
	Formadora	PR FO 02
	Cámara de secado	PR CS 02
Empaque	Empacadora	EM EP 03

### 3.2.3.3 Codificación de elementos

Para la codificación de los elementos que forman parte de los equipos, se tomó en cuenta el área, el equipo, la familia a la que pertenece, las características de los elementos, y la redundancia. Como se puede observar a continuación:

Tabla 3.10: Codificación de elementos

<b>CODIFICACIÓN DE ELEMENTOS</b>	
<b>Equipo 1: Banda transportadora</b>	
Banda	RA BT 01 BD SME RABD-01 2
Motor	RA BT 01 MT SEL RAMT-01 11
Reductor	RA BT 01 RD SEL RARD-01 9
Tablero de control	RA BT 01 TC SEL RATC-02 4
Rodillos	RA BT 01 RD SME RARD-01 1
Tambores motrices	RA BT 01 TM SME RATM-01 1
Chumacera P204	RA BT 01 CH SME RACH-P 1
Chumacera T205	RA BT 01 CH SME RACH-T 1
<b>Equipo 2: Pulper hidráulico vertical</b>	
Olla pulper	PR PL 01 OP SME PROP0-1 1
Motor	PR PL 01 MT SEL PRMT-02 11
Válvula DN200 manual (Paso del agua)	PR PL 01 VL SME PRVLM-01 2
Válvula DN200 neumática (Paso del agua)	PR PL 01 VL SEL PRVLN-01 2
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L) (Paso del agua)	PR PL 01 FRL SME PRFRL-01 8
Válvula electroneumática 5/2 (Paso del agua)	PR PL 01 VL SEL PRVL5/2-01 2
Manzana	PR PL 01 MZ SME PRMZ-01 3
Polea	PR PL 01 PL SME PRPL-01 2
Eje	PR PL 01 EJ SME PREJ-01 1
Rodamientos	PR PL 01 RM SME PRRM-01 1
Cuchillas o elipse	PR PL 01 CH SME PRCH-01 1
Trenzas stopo	PR PL 01 TS SME PRTS-01 1
Válvula DN200 manual (Paso del producto)	PR PL 01 VL SME PRVLM-02 2
Válvula DN200 neumática (Paso del producto)	PR PL 01 VL SEL PRVLN-02 2
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L) (Paso del producto)	PR PL 01 FRL SME PRFRL-02 8
Válvula electroneumática 5/2 (Paso del producto)	PR PL 01 VL SEL PRVL5/2-02 2

Tablero de control	PR PL 01 TC SEL PRMT_03 4
PLC	PR PL 01 PLC SEL PRPLC-01 2
UPC	PR PL 01 UPC SEL PRUPC-01 2
<b>Equipo 3: Zaranda vibratoria</b>	
Malla o Rejilla metálica	PR ZA 02 ML SME PRML-01 1
Motor	PR ZA 02 MT SEL PRMT-03 11
Válvula electropneumática 5/2	PR ZA 02 VL SEL PRVLE-01 1
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	PR ZA 02 FRL SME PRFRL-03 8
Válvula de mariposa DN100 manual	PR ZA 02 VL SME PRMLMM-01 1
Válvula de mariposa DN100 electropneumática	PR ZA 02 VL SEL PRVLMN-01 1
Tubería de agua	PR ZA 02 TA SME PRTA-01 1
Acoplamiento flexible	PR ZA 02 AC SME PRAC-01 1
<b>Equipo 4: Refinador</b>	
Motor	PR RF 02 MT SEL PRMT-04 11
Bomba	PR RF 02 BB SME PRBB-01 4
Reductor	PR RF 02 RD SEL PRRD-02 9
Acoplamiento rígido	PR RF 02 AC SME PRACR-01 1
<b>Equipo 5: Piscina No. 1 (5%)</b>	
Motor	PR P1 02 MT SEL PRMT-05 11
Reductor	PR P1 02 RD SEL PRRD-03 9
Bomba	PR P1 02 BB SME PRBB-02 4
Válvula de pie	PR P1 02 VL SME PRVLP-01 3
Medidor de consistencia	PR P1 02 MC SEL PRMC-01 3
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	PR P1 02 FRL SME PRFRL-04 8
<b>Equipo 6: Piscina No. 2 (2%)</b>	
Motor	PR P2 02 MT SEL PRMT-06 11
Reductor	PR P2 02 RD SEL PRRD-04 9
Bomba	PR P2 02 BB SME PRBB-03 4
Válvula de pie	PR P2 02 VL SME PRVLP-02 3
Medidor de consistencia	PR P2 02 MC SEL PRMC-02 3
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	PR P2 02 FRL SME PRFRL-05 8
<b>Equipo 7: Piscina No. 3 (1%)</b>	
Motor	PR P3 02 MT SEL PRMT-07 11
Reductor	PR P3 02 RD SEL PRRD-05 9

Bomba	PR P3 02 BB SME PRBB-04 4
Válvula de pie	PR P3 02 VL SME PRVL-03 3
Medidor de consistencia	PR P3 02 MC SEL PRMC-03 3
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	PR P3 02 FRL SME PRFRL-06 8
<b>Equipo 8: Formadora</b>	
Motor	PR FO 02 MT SEL PRMT-08 11
Reductor	PR FO 02 RD SEL PRRD-06 9
Banda	PR FO 02 BD SME PRBD-02 2
Poleas	PR FO 02 PL SME PRPL-02 2
Piñones	PR FO 02 PÑ SME PRPÑ-01 2
Sensores	PR FO 02 SN SEL PRSN-02 2
Caja de transmisión	PR FO 02 CT SME PRCT-01 1
Freno neumático	PR FO 02 FN SEL PRFN-01 1
Brazos mecánico	PR FO 02 BM SME PRBM-01 1
Pistón mecánico	PR FO 02 PM SME PRPM-01 1
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	PR FO 02 FRL SME PRFRL-07 8
Tablero de control	PR FO 02 TC SEL PRTC-03 4
PLC	PR FO 02 PLC SEL PRPLC-02 2
UPC	PR FO 02 UPC SEL PRPLC-02 2
Motor (Ducha)	PR FO 02 MT SEL PRMT-09 11
Reductor (Ducha)	PR FO 02 RD SEL PRRD-07 9
Eje cuadrado	PR FO 02 EJ SME PREJ-01 1
Manzana de rodamiento	PR FO 02 MZ SME PRMZ-02 3
Sistema de manivela	PR FO 02 SM SME PRSM-01 1
<b>Equipo 9: Cámara de secado</b>	
Motor	PR CS 02 MT SEL PRMT-10 11
Reductor	PR CS 02 RD SEL PRRD-08 9
Estructura	PR CS 02 ET SME PRET-02 2
Cadenas	PR CS 02 CD SME PRCD-01 1
Bandejas	PR CS 02 BD SME PRBD-01 1
Piñones (Templadoras)	PR CS 02 PÑ SME PRPÑ-01 2
Manzana (Templadora)	PR CS 02 MZ SME PRMZ-03 3
<b>Equipo 10: Empacadora</b>	
Motor	EM EP 03 MT SEL EMMT-11 11

Reductor	EM EP 03 RD SEL PRRD-09 9
Mesa receptora	EM EP 03 MR SME EMMR-01 1
Contadores digitales	EM EP 03 CD SEL EMCD-01 1
Uñas para ordenar cubetas	EM EP 03 UO SME EMUO-01 1
Válvulas de control 5/2	EM EP 03 VL SME EMVLC-01 1
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	EM EP 03 FRL SME EMRFL-08 8

### 3.2.4 Estudio de criticidad de los equipos

Para determinar la criticidad de los equipos se tomó como referencia las ponderaciones establecidas según la norma internacional ISO JA1011 y JA1012. Para la obtención de estos valores se aplicó una encuesta al encargado de mantenimiento con el fin de obtener datos más precisos y que permitan realizar este análisis. En la siguiente tabla se muestra el resultado de las encuestas aplicadas véase en el anexo IV.

Tabla 3.11: Resumen de criticidad de equipos

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Banda transportadora	3	1	1	1	1	1	8	24	Prescindible
Pulper hidráulico vertical	4	4	4	2	1	2	17	68	Critico
Zaranda vibratoria	3	3	3	2	1	2	14	42	Importante
Refinador	3	2	3	2	1	1	12	36	Importante
Piscina No. 1 (5%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible
Piscina No. 2 (2%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible
Piscina No. 3 (1%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible
Formadora	4	4	4	3	1	2	18	72	Critico
Cámara de secado	4	3	3	3	1	2	16	64	Critico
Empacadora	4	2	2	2	1	1	12	48	Importante

### 3.2.5 Establecimiento del modelo de mantenimiento de los equipos

La determinación del modelo de mantenimiento apropiado para cada equipo requiere de un estudio independiente para lo cual se basó en el resultado del cálculo de criticidad, en la información tabulada de las encuestas y en la experiencia de los operadores de cada equipo. A continuación, se muestran una tabla donde se resumen los modelos de mantenimientos de cada uno de los equipos. Para revisar el proceso de definición de mantenimiento véase el anexo V:

Tabla 3.12: Modelos de mantenimiento

MODELO DE MANTENIMIENTO						
Código	Descripción	Criticidad	Alta disponibilidad	Sistemático	Condicional	Correctivo
RA BT 01	Banda transportadora	24				X
PR PL 02	Pulper hidráulico vertical	68	X			
PR ZA 02	Zaranda vibratoria	42	X			
PR RF 02	Refinador	36		X		
PR P1 02	Piscina No. 1 (5%)	27				X
PR P2 02	Piscina No. 2 (2%)	27				X
PR P3 02	Piscina No. 3 (1%)	27				X
PR FO 02	Formadora	72	X			
PR CS 02	Cámara de secado	64	X			
EM EP 03	Empacadora	48			X	

### 3.2.6 Levantamiento de fichas técnicas de equipos

Una vez obtenido la información de los equipos más importantes del proceso productivo es necesario elaborar fichas técnicas de cada uno, el mismo que contendrá los datos más relevantes como:

- Código del equipo
- Descripción
- Características principales
- Valores referenciales
- Análisis de criticidad
- Modelo de mantenimiento
- Repuestos necesarios críticos y consumibles

A continuación, se presenta la ficha técnica del primer equipo analizado con la información específica del mismo, para consultar las fichas técnicas del resto de equipos críticos e importantes diríjase al anexo VI.

<b>PULPAMOL</b>		<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>FICHA TÉCNICA</b>		<b>PULPAMOL</b>	
<b>DATOS DE EQUIPO</b>					
<b>EQUIPO:</b> Banda Transportadora				<b>CÓDIGO:</b> RABT01	
<b>PROVEEDOR:</b> NANYA			<b>AÑO:</b> 2019		
<b>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:</b>					
La Banda transportadora está formado por una estructura metálica, un sistema de transmisión y una cinta transportadora, la cual accionada por los motores motrices del sistema de transmisión. La función de esta máquina es transportar la materia prima hacia el Pulper para empezar el proceso de desfibrado.					
<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:</b>					
Longitud: 7m		Espesor: 2 mm; 3 mm; 4 mm.			
Número de Lonas: 1;2;3		Dureza: EP150; EP250 ; EP 450			
Resistencia Química: Aceite; Grasa, Agua		Resistencia a la temperatura: -10*C/+70*C			
Forma de Superficie Superior: Lisa		Colores: Plomo; Verde; Azul			
Accesorios: Empujadores / Guías / Cangilones		Unión: Mecánica (Grapas) / Vulcanizada(Sin Fin)			
Tipo de trabajo: Liviano					
<b>VALORES DE REFERENCIA</b>					
Voltaje: 440 V					
Potencia (Hp/kW): 1,5					
Frecuencia(Hz): 60					
Corriente (A): 5,4/3,1/2,7					
Revoluciones: 1710 r/min					
<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>		24 Prescindible			
<b>MODELO DE MANTENIMIENTO</b>		<b>¿MTO. LEGAL?</b>		<b>SUBCONTRATOS NECESARIOS</b>	
CORRECTIVO	X	SI		PREVENTIVO	
CONDICIONAL		NO	X	CORRECTIVO	
SISTEMÁTICO				INSPECCIONES	
ALTA DISPONIBILIDAD				OVERHAUL	
<b>ELEMENTOS QUE LO COMPONEN</b>			<b>CONSUMIBLES</b>		
Banda Motor asíncrono trifásico Reductor Tablero de control Balanza Rodillos Tambores motrices Chumaceras P204 Chumaceras T205			Aceites: Oliol 320 Lubricanes: Lubricante XP 320 Grasa: Grasa EP LITHIUM AMARILLO (VISTONY)		
<b>REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK</b>					
Chumaceras P204 Chumaceras T205 Cinta de la banda polipropileno Cadena Piñones Rodamientos motrices T 205					
<b>HERRAMIENTAS ESPECIALES:</b>					
Extractor					
<b>FORMACIÓN NECESARIA</b>			<b>ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL</b>		
Capacitación de mantenimiento			No aplica		
<b>SUBCONTRATOS</b>					
No aplica					

Figura 3.10: Ficha técnica equipo 1

### **3.2.7 Resumen de datos de mantenimiento**

La tabla presenta todos los datos más importantes que se detallaron en las fichas técnicas de los equipos de la línea de producción, de manera que mediante ideas rápidas se pueda generar una idea completa de los equipos. Esta tabla se encuentra en la parte del Anexo VII.

### **3.2.8 RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad)**

Es la técnica a utilizar para planificar y elaborar el plan maestro de mantenimiento, donde se examinan las instrucciones operativas ya sean estas de producción como de mantenimiento. Dicha tabla se encuentra en la parte del Anexo VIII.

#### **3.2.8.1 Determinación de los tipos de fallo inmersos en los sistemas de los equipos**

Una falla o avería se define como el daño o desperfecto que existe en los elementos de un equipo lo cual impide que su funcionamiento sea normal, por ende, se procedió a clasificar los fallos identificados mediante el estudio los mismos que están clasificados en fallos funcionales y los fallos técnicos. La información se adquirió mediante la indagación en los históricos de fallas de cada uno de los equipos y otra documentación la cual fue analizada en conjunto con el personal de mantenimiento de la empresa, esta tabla con la información respectiva se encuentra en la parte del Anexo IX.

#### **3.2.8.2 Clasificación de los fallos y determinación de los modos de fallo**

En este apartado se examinó las consecuencias que provocan los fallos identificados en la parte anterior y según la consecuencia se determinó a estos fallos en dos categorías: los fallos a evitar y los fallos a amortiguar, los fallos a evitar son los más costosos por lo que se considera solo a aquellos que poseen un nivel de impacto alto en el funcionamiento de los equipos y los fallos a amortiguar son aquellos que consiste en minimizar los efectos del mismo. Seguidamente se decidió estudiar los modos de fallos destacando la importancia de hacer un análisis completo de los equipos con el fin de establecer todos los modos de fallo posible que puedan existir. La tabla de clasificación y determinación de modos de fallos se encuentra en la parte del Anexo IX.

#### **3.2.8.3 Estudio de medidas preventivas**

Las medidas preventivas serán las actividades que se debe de ejecutar para impedir un fallo o minimizar sus efectos, para lo cual se fragmentó en cuatro tipos, tareas de mantenimiento, modificaciones de instalación, cambio en los procedimientos de operación y cambios en los

procedimientos de mantenimiento, esto tomando en consideración el modelo de mantenimiento recomendado de cada equipo y el análisis de las variables y condiciones de cada uno. La tabla de estudio de medidas preventivas se encuentra en la parte del Anexo X.

### 3.2.9 Estructuración de plan de mantenimiento

#### 3.2.9.1 Cálculo y análisis de estructuración del plan de mantenimiento

Para desarrollar el plan de mantenimiento se realizó diferentes actividades, como el listado de los equipos, los sistemas y elementos de los mismos, seguido se procedió a realizar el análisis criticidad y con ello se determinó el modelo de mantenimiento, los fallos funcionales y las medidas a tomar para cada uno.

#### 3.2.9.2 Planificación de tareas de mantenimiento mediante rutas y gamas de mantenimiento

En esta parte del estudio se estableció la frecuencia de ejecución de las tareas de mantenimiento acorde a la necesidad de los equipos de la empresa las cuales están clasificadas en diaria, mensual y anual. A continuación, se presenta la Tabla 3.13, en la cual se indica de manera resumida las actividades a cumplir del primer equipo, las tablas restantes de los demás equipos analizados se encuentran en la parte del Anexo XI.

Tabla 3.13: Rutas y gamas de mantenimiento

<b>Equipo: Banda Transportadora</b>					
<b>Código: RA BT 01</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Diario</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
<b>Banda Transportadora</b>	<b>Mecánico</b>	Limpieza de la plataforma de la balanza, verificar su operatividad comprobando el peso que registra la pantalla			
		Limpieza de la estructura del transporte, eliminando residuos de polvo y grasa			
		Verificar que la estructura no tenga puntos rotos o desprendidos			
		Controlar que la banda transportadora no tenga cortes ni agujeros			
		Limpieza de los rodillos del transporte, eliminar las partículas de papel que se impregnan			
		Verificar que todos los rodillos giren libremente			
		Revisar el estado de los ejes de los rodillos de transferencia (goma) que no estén cabeceando			

		Revisar los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten			
		Retirar la basura que se acumula en las chumaceras de los rodillos de goma			
		Controlar el funcionamiento del paro de emergencia, encender la banda y detenerla usando el paro de emergencia			
		Engrasar los puntos lubricantes que se encuentran en las chumaceras			
		Controlar la tensión de la banda transportadora, de ser necesario ajustarla más (se debe ajustar por igual los templadores).			
		Quitar la guarda de seguridad, comprobar la holgura de la cadena			
		Con el equipo apagado realizar limpieza de piñones y catalina aplicando WD-40			
		Engrasar la superficie de deslizamiento			
		Lubricar cadena con aceite para cadenas, colocar la guarda de seguridad al terminar			
		Tomar control de temperatura, usar el pirómetro			
	Verificar que no existan ruidos extraños, usando el estetoscopio				
	<b>Eléctrico</b>	Limpieza de canales de deslizamiento y tornillos			
		Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			
		Verificar el correcto encendido del motor			

Para una mejor planificación de las tareas de mantenimiento tanto en rutas como en gamas se procedió a clasificar los equipos acordes al área a la cual pertenecen, esto con el fin de simplificar aquellas tareas que tengan la misma función. La empresa cuenta con 3 áreas las cuales son recepción y clasificación de la materia prima, producción y empaque. A continuación, se presentan los resultados obtenidos

Tabla 3.14: Rutas y Gamas área 1

<b>ÁREA DE RECEPCIÓN Y ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
RA BT 01	Ruta diaria de la banda transportadora
RA BT 01	Gama mensual de la banda transportadora
RA BT 01	Gama anual de la banda transportadora

Tabla 3.15: Rutas y Gamas área 2

<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
PR PL 02	Ruta diaria del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02	Ruta diaria de la zaranda vibratoria
PR RF 02	Ruta diaria del refinador
PR P1 02	Ruta diaria de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02	Ruta diaria de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02	Ruta diaria de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02	Ruta diaria de la formadora
PR CS 02	Ruta diaria de la cámara de secado
PR PL 02	Gama mensual del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02	Gama mensual de la zaranda vibratoria
PR RF 02	Gama mensual del refinador
PR P1 02	Gama mensual de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02	Gama mensual de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02	Gama mensual de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02	Gama mensual de la formadora
PR CS 02	Gama mensual de la cámara de secado
PR PL 02	Gama anual del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02	Gama anual de la zaranda vibratoria
PR RF 02	Gama anual del refinador
PR P1 02	Gama anual de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02	Gama anual de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02	Gama anual de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02	Gama anual de la formadora
PR CS 02	Gama anual de la cámara de secado

Tabla 3.16: Rutas y Gamas área 3

<b>ÁREA DE EMPAQUE</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
EM EP 03	Ruta diaria de la empacadora
EM EP 03	Gama mensual de la empacadora
EM EP 03	Gama anual de la empacadora

A continuación, se muestra el cálculo de las rutas y gamas de mantenimiento:

**DATOS:**

1 año = 12 meses

1 año = 250 días

1 mes = 4 semanas

- Cálculo de rutas diarias necesarias:

$$Total\ de\ rutas\ diarias = 365\ dias \cdot 1 \frac{ruta}{diaria} \quad (3.3)$$

$$Total\ de\ rutas\ diarias = \mathbf{365\ rutas.} \quad (3.4)$$

- Cálculo de gamas mensuales necesarias:

$$Gama\ mensual = 12\ meses \cdot 1 \frac{Gama}{mes} = 12\ Gamas \quad (3.5)$$

$$Total\ de\ Gamas\ mensuales = 12\ Gamas \cdot 10\ equipos = \mathbf{120\ Gamas.} \quad (3.6)$$

- Cálculo de gamas anuales necesarias:

$$Gama\ anual = 1\ año \cdot 1 \frac{Gama}{año} = 1\ Gama \quad (3.7)$$

$$Total\ de\ Gamas\ anual = 10\ equipos \cdot 1 \frac{Gama}{año} = \mathbf{10\ Gamas.} \quad (3.8)$$

- Total, de órdenes de trabajo necesarias:

$$Total = Total\ ruta\ diaria + Total\ gamas\ mensual + Total\ gamas\ anual \quad (3.9)$$

$$Total, ordenes\ de\ trabajo = 365 + 120 + 10 \quad (3.10)$$

$$Total, ordenes\ de\ trabajo = \mathbf{495} \quad (3.11)$$

### 3.2.9.3 Levantamiento de ordenes de trabajo

Los procedimientos de mantenimiento son documentos que se encuentran en constante cambio, en los cuales se describen más a detalle de cómo ejecutar las tareas de mantenimiento y a la vez permiten llevar un control de la actividad, ya que se establece responsables del proceso y se redacta las incidencias producidas en el transcurso de ejecución. Las órdenes de trabajo se encuentran en la parte del Anexo XI.

### **3.2.9.1 Organización de las tareas de mantenimiento para un año de ejecución**

Dentro de la planificación se detalla cuándo y quién lo realizará cada una de las ruta y gama que están establecidas para el plan de mantenimiento para ello se tomó en cuenta lo siguiente:

- Rutas diarias: Se realizan todos los días y las actividades son sencillas.
- Gamas mensuales: Cumple con cierto margen de frecuencia y se programó acorde a la necesidad puesto que las actividades son un poco más difíciles de realizar.
- Gamas anuales: Se programo el mantenimiento seleccionando el mes donde no altere las actividades habituales con las que cumple la empresa.

A continuación, se presenta el resumen del plan maestro de mantenimiento. (Para ver la tabla de planificación de mantenimiento general diríjase a la parte del Anexo XII).

### **3.2.9.2 Levantamiento de procedimientos para ejecutar las rutas y gamas de mantenimiento**

En este recurso se redactó las instrucciones explicando cómo realizar a cabo cada una de la tarea, donde se describe de forma entendible algunos valores o rangos a cumplir, los materiales necesarios para realizar la actividad, las precauciones que se debe tomar, entre otros elementos. Los procedimientos se encuentran en la parte del Anexo XIII.

### **3.2.10 Estudio de presupuesto**

#### **3.2.10.1 Presupuesto de mantenimiento**

La realización de las actividades de mantenimiento conlleva costos mismos que se deben calcular para determinar el valor adecuado para del servicio, es por ende que se realizó una consulta a los operarios con más experiencia en el manejo de los equipos y un estudio minucioso de la ficha técnica para determinar la cantidad de materiales que se emplean durante el mantenimiento y si existen piezas que deben cambiarse.

En la tabla 3.17 se presentan los costos de los repuestos y materiales que se requieren para llevar a cabo el plan de mantenimiento durante el transcurso del año, la actividad se realizó en cooperación con los técnicos encargados de la planta ya que saben que repuestos son necesarios para cada equipo y poder realizar la estimación.

Tabla 3.17. Costos de mantenimiento

Equipo	Descripción	Tipo	Proveedor	Cantidad por año	Unidad Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
RABT01	Chumaceras	P204	Cmprodemaq	1	56	56
	Chumaceras	T205	Cmprodemaq	1	39	39
	Cinta de la banda	JPS10-TS	Power Tools Parts	1	40	40
	Cadena	SKF	Wikus	1	15	15
	Piñones	Gm 21 Nubira	Wikus	2	9	18
	Rodamientos motrices	T 205	Wikus	4	4	16
PRPL02	Rodamiento manzana	NSK	Wikus	2	20	40
	Bandas	8 - V2000	Power Tools Parts	3	12	36
	Rodamientos motores	NSK	Wikus	2	3,6	7,2
	Cuchilla	NTN	Ali Express	2	75	150
PRZA02	Resortes	COM-3	Power Drive	4	10,5	42
	Malla metálica	MA-10	Ali Express	1	22	22
	Matrimonio por banda	3 B 380	Ali Express	1	35	35
	Eje	E56-T	Ali Express	1	110	110
PRFR02	Discos abrasivos	46 WU 1/2"	Ali Express	2	8	16
	Rodamientos motores	RO-7	Wikus	2	3,75	7,5
	Trenza stopa	1/2	Power Drive	1	12,25	12,25
PRP102 PRP202 PRP302	Válvula de agua eléctrica	220 V	Optimux	2	15	30
	Motorreductor	1/2 Hp 45 Rpm	VETO	1	400	400
PRFO02	Bocines de bronce	BO-5	Power Drive	2	10	20
	Válvulas check	1 1/2	Optimux	2	6	12
	Silenciadores	M8, M10, M12	Optimux	3	10	30
	Malla de moldes	MA-8EDF	Ali Express	1	30	30
	Tuberías	1/2, 3/4"	Optimux	2	60	120
	Universales	1/2, 3/4"	Optimux	4	42	168
	Válvulas	1/2, 3/4"	Optimux	4	65	260
	Reducción	3/4 a 1/2	Optimux	2	7	14
PRCS02	Aspersores(duchas)	1/2 Pvc	Optimux	5	5	25
	Cadenas	SKF	Wikus	1	12	12
	Piñones	1/2"x 5/16"DIN 606	Wikus	2	3,75	7,5
EMEP03	Manzana	VX3	Ali Express	1	75	75
	Pistones	ADN-S	Wikus	2	6	12
	Válvula de palanca	4H210-08	Optimux	1	38	38
	Chumaceras	P205	Cmprodemaq	1	36	36
	Chumaceras	P208	Cmprodemaq	1	42	42
	Chumaceras	F205	Cmprodemaq	1	40,5	40,5
Herramientas	Bandas	JPS5-TN	Power Tools	1	12	12
	Desarmadores	10 piezas	STANLEY	1	24	24
	Llaves de ajuste	25 piezas	BGS	1	56	56
	Alicate	Mediano	PLATO	1	4	4
	Juego de destornilladores	6 unidades	TRUPER DTJ-7D	1	25	25
	Estetoscopio	1 unidad	STANLEY	1	12	12
	Llaves de filtro	1 juego	STANLEY	1	12,5	12,5
	Lámpara	2 unidades	INGCO	1	19	19
	Tensiómetro	1 unidad	OMRON	1	125	125
MIG-MAG	1 unidad	porten	1	330	330	

	Juego de Machos y terrajas.	1 unidad	Jtc Tools	1	125	125
	Amperímetro	1 unidad	Ecuaplus	1	70	70
Materiales	Grasa	EP LITHIUM	VISTONY	4	82	328
	Filtros	FRL Sene MSB4 ACXP320	FESTO	2	150	300
	Grasa	EM 103	Polyrex	2	20	40
	Grasa	LGHP 2/18	Aks	3	43,5	130,5
	Instrumentos de limpieza	Brochas, limpiador, escobas, recipientes, etc	Mega ferretero	24	4	96
	Aceite	Great XP 320	Mobil	1	150	150
	Aceite	537 A. T	Vacuoline	1	215	215
	Aceite	20W50	WIX	40	1	40
	Aceite	SAE 30 API CC	Texaco	50	13	650
	<b>TOTAL COSTO ANUAL EN REPUESTOS Y HERRAMIENTAS (\$)</b>					

Se estima que los costos totales en herramientas, materiales y repuestos de mantenimientos es de 4.797,95 dólares. A continuación, se presenta el cálculo realizado de los costos de mano de obra para el desarrollo de la planificación:

Tabla 3.18: Costos de mano de obra

GARGO	NOMBRES	SUELDO	IESS	COSTO TOTAL
Técnico mecánico	Ing. Peralta Andrade Jonathan Renato	\$650	\$73	\$8.676
Técnico eléctrico	Ing. Pila Caiza Segundo Arturo	\$650	\$73	\$8.676
Costo total de mano de obra				\$17.352

El costo aproximado que representa la mano de obra anualmente para el mantenimiento es de 17.352 dólares. Teniendo en cuenta estos aproximados se procedió a obtener el proporcional del dinero invertido del costo del mantenimiento que es el inmediato de la suma de los costos de herramientas, materiales y repuestos con el costo total de la mano de obra obteniendo un valor de 22.149,95 dólares que se necesitará para la implementación del plan de mantenimiento RCM.

### 3.2.10.2 Costo de implementación de software

Los costos asociados a la implementación del software MaintainX se detallan en la tabla 3.19, mismos que están enfocados en los recursos del hardware, software y recursos humanos que

son necesarios para la implementación de este sistema mismos que permite la administración y control de las actividades que se deben desarrollar en el plan de mantenimiento.

Tabla 3.19: Costos de implementación MaintainX

<b>PROPUESTA</b>				
<b>Recursos del hardware</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Total</b>
1	Ordenador	2	\$800	\$1.600
<b>SUMA</b>				<b>\$1.600</b>
<b>Recursos de software</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Total</b>
1	MaintainX (Licencia anual)	2	\$384	\$768
2	Suscripción en la nube (AWS)	1	\$134	\$134
<b>SUMA</b>				<b>\$902</b>
<b>Recursos humanos</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Total</b>
1	Capacitación	1	\$600	\$600
<b>SUMA</b>				<b>\$600</b>
<b>Presupuesto para la implementación</b>				<b>\$3.102</b>

Para la ejecución de la propuesta se consideró el precio del software MaintainX planificado con una licencia para un año de los dos encargados de mantenimiento, además se propone la utilización de un servidor en la nube el cual permite la protección de los datos y finalmente se detalla el contrato de un técnico con el fin de capacitar al personal en el manejo del software obteniendo un valor de 3.102 dólares, como valor de la inversión para llevar a cabo la implementación en la empresa.

### 3.2.10.3 Validación de la hipótesis

Para validar el cumplimiento de la metodología RCM se procedió con la indagación de los fallos presentados en los equipos que forman parte de la línea de producción en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2022 y para el mes de enero del 2023 se procedió a la ejecución de las tareas que constan dentro del plan maestro de mantenimiento. En la tabla 3.20 se puntualiza la frecuencia de fallas identificadas en los últimos meses del año mismas que se obtuvo mediante la experiencia de los encargados de mantenimiento y la del mes de enero se obtuvo mediante un registro técnico.

Tabla 3.20: Evaluación del sistema RCM

Mes	Fecha		Máquina	Concepto	Costo de mantenimiento	N° de Fallas
	Desde	Hasta				
<b>SIN PROPUESTA</b>						
Septiembre	3/9/2022	3/9/2022	RABT01	Cambio de banda	40	4
	7/9/2022	7/9/2022	PRFO02	Limpieza	55	
	24/9/2022	26/9/2022	PRZA02	Fisura del eje	110	
	26/1/2022	27/9/2022	PRPL02	Falta de lubricante	50	
Octubre	3/10/2022	3/10/2022	PRCS02	Daños por falta de lubricación	65	3
	7/10/2022	7/10/2022	PRFO02	Revisión del sistema eléctrico	125	
	16/10/2022	16/10/2022	EMEP03	Cambio de bandas	30	
Noviembre	5/11/2022	5/11/2022	PRZA02	Fisura de resortes	80	3
	14/11/2022	14/11/2022	PRFO02	Daños por falta de lubricación	150	
	20/11/2022	20/11/2022	RABT01	Encendido	25	
Diciembre	8/12/2022	8/12/2022	PRP302	Revisión del sistema de bombeo	75	4
	16/12/2022	16/12/2022	PRFO02	Fugas de agua en el sistema de duchas	120	
	18/12/2022	18/12/2022	PRFO02	Lubricación	75	
	21/4/2022	21/4/2022	PRPL02	Limpieza	25	
<b>CON PROPUESTA</b>						
Enero	10/8/2022	10/8/2022	PRFO02	Revisión del sistema eléctrico	90	2
	11/8/2022	11/8/2022	PRPL02	Cambio de banda	80	

Para analizar los datos presentados en la Tabla 3.20, se construye un diagrama de Pareto con el número total de fallas en cada mes, el mismo que se ordenará de mayor a menor de acuerdo con el número de fallas más significativo, y de esta forma identificar los meses donde ocurre el 80% de los incidentes y los meses con menor frecuencia, es decir los correspondientes al 20%.

Tabla 3.21: Estudio de fallas por mes

MES	N° de Fallas	%	% Acumulada
Septiembre	4	25%	25%
Octubre	3	19%	44%
Noviembre	3	19%	63%
Diciembre	4	25%	88%
Enero	2	13%	100%
Total:	16	100%	

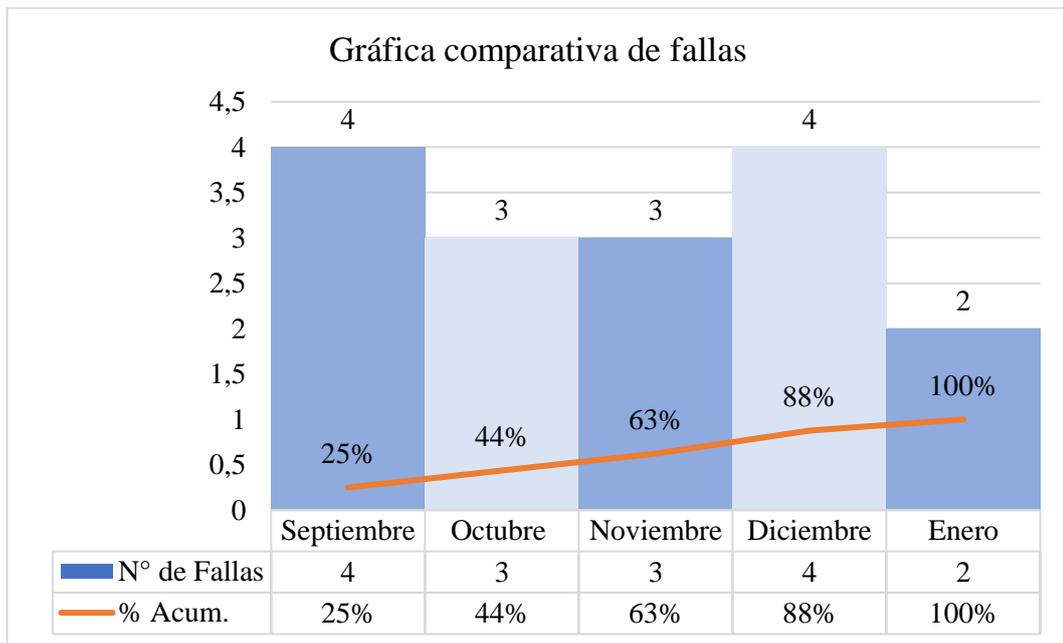


Figura 3.11: Gráfica comparativa de fallas

**Análisis:** En la gráfica se puede observar la comparativa de fallos que se generaron durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero. Desde septiembre hasta diciembre se realizó las actividades basadas en el sistema habitual de la empresa, donde se observa que la cantidad de averías es de forma frecuente y la cual se mantiene entre 4 y 3 fallos por mes, por otro lado como ensayo se empleó la nueva planificación de mantenimiento para el mes de enero donde se puede visualizar una disminución de la frecuencia es decir 2 fallas en el transcurso del mes, por lo cual se puede considerar que la actividades planificadas contribuye de manera directa al aumento de la disponibilidad de los equipos, mejorando la productividad y optimizando costos y tiempo en de mantenimiento.

Para una mejor organización y control de las tareas de mantenimiento se propone el uso del software MaintainX el cual ofrece varias ventajas como la generación de ordenes de trabajo, el control de las actividades, reportes y una comunicación entre los involucrados.

### **3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA**

Una vez ejecutado el desarrollo de la propuesta del proyecto de investigación se procede a realizar las evaluaciones respectivas mismas que están enfocadas a diferentes aspectos como se presenta a continuación:

#### **3.3.1 Impacto Técnico**

El impacto técnico del proyecto de investigación fue realizar una correcta planificación de ejecución que permita el control y la gestión de mantenimiento basado en las necesidades de la empresa, de manera que los técnicos encargados de mantenimiento tengan a su disposición las actividades a desarrollar, mismas que permitan reducir la frecuencia de fallas en los equipos que forman parte de línea de producción y así elevar una alta disponibilidad de los mismos.

#### **3.3.2 Impacto social**

El impacto social creado por este proyecto de investigación es positivo tanto para la empresa como para los trabajadores y clientes, ya que abarca diferentes beneficios como el incrementar la vida útil de los equipos, la reducción de paros no programadas, la obtención de mejores resultados en su proceso permitiendo el posicionamiento en el mercado, la obtención de una perspectiva de profesionalismo y la calidad en los servicios. Reduciendo así de forma considerable el uso de papel y el tiempo perdido en la revisión y organización de las actividades.

#### **3.3.1 Impacto social**

El evitar que existan fallas o averías en los equipos permite controlar que no se generen residuos que como consecuencia puedan afectar a los mismos, estas pueden ser fugas de gases, desgastes, rozamientos, lubricaciones o erosiones. Las variables antes mencionadas son las principales causantes de la contaminación atmosférica y a su vez de la contaminación acústica en la planta, es por ende que se tiene establecido directrices que permitan superar esta anomalía en caso de que ocurriera o se detecte en alguna parte.

#### **3.3.2 Impacto económico**

El impacto económico del proyecto de investigación es enorme, ya que no afectaría de forma imprevista en la producción, con esta estrategia se reduce el número de fallas y a la vez permite eliminar actividades improductivas. Es por ende que se enfoca en mejorar los tiempos de producción, con una gran reputación de la empresa lo cual evite la pérdida de clientes.

## **4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- Una vez concluido la investigación se puede afirmar que las actividades planteadas cumplen con los objetivos presentados y responde a la hipótesis ya que mediante la aplicación del plan se pudo determinar una reducción de la frecuencia de fallas en los equipos de 3 y 4 a 2 fallas por mes y este logró se dio gracias a la aplicación de una planificación de mantenimiento adecuado.
- Indagar en los diferentes recursos que tiene la empresa permitió conocer los objetivos y metas empresariales, además de saber que actividades desempeñan cada uno de los operarios, con ello se obtuvo información que facilitó la elaboración del diagrama de procesos mediante el cual se pudo identificar y clasificar los equipos de acuerdo a su nivel de criticidad.
- El plan de mantenimiento es un documento final de toda la indagación en donde se plasman los resultados alcanzados de todo el análisis realizado a los equipos, el cual será ejecutado por los responsables del área de mantenimiento de la empresa, este documento se apoya en los procedimientos para ejecutar las rutas y gamas el mismo que servirá como apoyo para los responsables de mantenimiento.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente trabajo de investigación, se enumeran algunas recomendaciones en base a los resultados y conclusiones a las que se llegó.

- Primero se recomienda a la empresa que ejecute el plan de mantenimiento ya que abarca información necesaria y planificada de las tareas de mantenimiento que se deben cumplir con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos, asegurando así beneficios que pueden generar a largo plazo como lo determinamos mediante la investigación.
- También es necesario hacer la respectiva inducción al personal de la nueva propuesta de mantenimiento ya que ellos son los que manipulan a diario los equipos, por lo tanto, la valoración de los mismos es de mucha importancia para que las tareas planificadas se cumplan a cabalidad, logrando de esta forma que todos los miembros de la organización se involucren dentro del plan.
- Finalmente se sugiere continuar con el estudio del resto de equipos que tiene la planta para poder cubrirlos en su totalidad, dichos equipos también generan un importante impacto dentro del proceso productivo. Para continuar con el estudio es importante guiarse en la planificación con la cual se desarrolló los primeros equipos.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- [1] R. Anaguano, “Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura Caso Empresa Vicunha Ecuador,” 2018.
- [2] C. Cobo, ““Diseño del plan de mantenimiento Preventivo y Correctivo, cumpliendo normativas de buenas prácticas de manufactura bajo los requerimientos del Software MP9 en los equipos de la Empresa ILA S.A.,”” 2019.
- [3] K. Quisilema, “Implementación de un software para el manejo de mantenimiento preventivo del parque vehicular en el Gad Municipal de Espejo.,” 2018.
- [4] Y. Yparraguirre, ““Estudio de paradas de máquina y propuesta de plan de mantenimiento preventivo fábrica de envases de lata LUX S.A.,”” 2018.
- [5] G. Cervantes, “Realizar el Plan De Mantenimiento Preventivo de la Maquinaria del Departamento De Marcos y Molduras en la Empresa Antiguo Arte Europeo S. A. de C. V.,” 2011, Accessed: Dec. 19, 2022. [Online]. Available: <https://www.uttt.edu.mx/catalogouniversitario/imagenes/galeria/71a.pdf>
- [6] O. Díaz, R. Domínguez, and E. Pérez, ““Sistema de gestión de mantenimiento productivo total para talleres automotrices del sector público,”” San Salvador, 2013. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4371/1/Sistema%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20mantenimiento%20productivo%20total%20para%20talleres%20automotrices%20del%20sector%20p%C3%ABblico.pdf>
- [7] E. Cansino and D. Lucero, “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica m Minerosa,” Quito, 2015. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>
- [8] O. García, “El Mantenimiento General Administración de Empresas Administración de Empresas,” vol. 2006, p. 2, Accessed: Dec. 19, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>
- [9] B. Muñoz, “Mantenimiento Industrial.” Accessed: Dec. 20, 2022. [Online]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/tutorial501.pdf>
- [10] R. Anaguano, “Modelo de un plan de mantenimiento basado en procesos para el área de Preparación Hilatura,” 2018. Accessed: Dec. 27, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6344/1/T2690-MBA-Anaguano-Modelo.pdf>
- [11] E. Cansino and D. Lucero, “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Seguridad Industrial para la Fábrica Minerosa,” 2015, Accessed: Dec. 20, 2022. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>
- [12] S. García, *Mantenimiento Correctivo*. 2009. Accessed: Dec. 20, 2022. [Online]. Available: [www.renovetec.com](http://www.renovetec.com)
- [13] W. Orarte, M. Botero, and B. Cañon, “Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria,” *Scientia Et Technica*, vol. XVI, no. 45, pp. 223–226, 2010, Accessed:

- Dec. 20, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249041>
- [14] L. Aguilar and H. Rodriguez, “Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3,” 2014. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7838/Doc?sequence=1>
- [15] F. Pérez, *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. 2021. Accessed: Dec. 20, 2022. [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [16] E. Chang, “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler,” Perú, 2008. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10757/273470>
- [17] E. López, ““El mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación,”” 2009. Accessed: Dec. 21, 2022. [Online]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7276/Tesis262.pdf>
- [18] A. Castro, “Estudio de la posibilidad de implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para el manejo eficiente de la fábrica de helados de Bayamo. ,” 2012. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1832/1/T-UTC-1323.pdf>
- [19] L. Alberto. Mora Gutiérrez, *Mantenimiento: planeación, ejecución y control*. Alfaomega, 2009.
- [20] F. Cárcel, “Evolución histórica del mantenimiento industrial en relación a la gestión del conocimiento”, doi: 10.6036/7890.
- [21] R. Medina, “Mantenimiento Ayer, Hoy y Mañana, Conociendo nuestro pasado para afrontar los retos del futuro.,” 2014. Accessed: Dec. 21, 2022. [Online]. Available: <http://iasca.net/wordpress/wp-content/uploads/2014/12/Mtto-Ayer-Hoy-y-Manana.pdf>
- [22] J. Lopez, “Gestión de Mantenimiento Eficiente: Las cinco generaciones del mantenimiento,” 2013. <http://gestionmantenimientoeiciente.blogspot.com/2013/02/las-cinco-generaciones-del-mantenimiento.html> (accessed Dec. 21, 2022).
- [23] E. Fernández, “Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM,” 2018. Accessed: Dec. 26, 2022. [Online]. Available: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=357BB4BA6F6A462AFCD3A21AC905485?sequence=1>
- [24] J. Ramírez, “Historia y evolución del Mantenimiento Industrial.” 2014. Accessed: Dec. 26, 2022. [Online]. Available:

<http://www.remiskungfu.mx/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>

- [25] C. Cardona, “Generaciones del Mantenimiento Industrial,” 2022. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-universitario-paulo-freire/investigacion-de-operaciones/generaciones-del-mantenimiento/39366227> (accessed Dec. 28, 2022).
- [26] J. Clavijo, “Mantenimiento de Cuarta Generación .” <https://es.scribd.com/document/392848921/Mantenimiento-de-Cuarta-Generacion> (accessed Dec. 26, 2022).
- [27] Lifeder, “Evolución del mantenimiento industrial: desde origen hasta la actualidad,” 2019. <https://www.lifeder.com/evolucion-mantenimiento-industrial/> (accessed Dec. 28, 2022).
- [28] J. Medardo, V. Gonzáles, and V. Díaz, *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. México: Editorial Patria, 2017. Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/40508>
- [29] V. González, *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. 2018. Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: [https://books.google.com.pe/books?id=6VEpEAAAQBAJ&pg=PT81&dq=Mantenimiento+correctivo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiihsf7n9HxAhUVqpUCHfQGCq4Q6AEwBHoECACQAg#v=onepage&q=Mantenimiento correctivo&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=6VEpEAAAQBAJ&pg=PT81&dq=Mantenimiento+correctivo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiihsf7n9HxAhUVqpUCHfQGCq4Q6AEwBHoECACQAg#v=onepage&q=Mantenimiento%20correctivo&f=false)
- [30] Carlos. Boero, *Mantenimiento industrial*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas, 2020. Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/172523>
- [31] G. Rodrigues, “Gestión de mantenimiento: Criticidad de Equipos.” <https://www.2workers.com/post/gesti%C3%B3n-de-mantenimiento-criticidad-de-equipos> (accessed Dec. 28, 2022).
- [32] S. García, “Organización y gestión integral de mantenimiento,” 2003. <https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLi-oMC&pg=PA13&dq=codificaci%C3%B3n+de+equipos+para+mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiF0pX78qn8AhUCRTABHbRcA3IQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=codificaci%C3%B3n%20de%20equipos%20para%20mantenimiento&f=false> (accessed Jan. 01, 2023).
- [33] M. Molina, “Filosofías del mantenimiento Industrial,” 2020. Accessed: Jan. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.docsity.com/es/filosofias-del-mantenimiento-industrial/5916936/>
- [34] E. Navarro, V. Gisbert, and A. Pérez, “Metodología e implementación de Six Sigma,” p. 3, 2017, Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: [https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art\\_9.pdf](https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf)

- [35] C. Reato and L. Socconini, *Lean Six Sigma sistema de gestión para liderar empresas*. Socconini, 2019. Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/117568>
- [36] J. Chávez, V. Luna, N. López, and J. Velázquez, “Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme ,” *Artículo Revista de Ingeniería Industrial Diciembre*, vol. 3, no. 10, p. 2, 2019, doi: 10.35429/JIE.2019.10.3.17.27.
- [37] Pérez Socconini and Vicente Luis, “Lean six sigma green belt,” 2020, Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/172850>
- [38] E. Alave, “Mantenimiento Basado En El Riesgo (MBR), Caso: (MCH) Micro Central Hidroeléctrica”, Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: <http://alterevoingenieros.blogspot.com/2013/07/>
- [39] L. Torres, *Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento* . 2015. Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=Cf13EAAAQBAJ&pg=PA446&dq=CENTRADO+EN+LA+CONFIABILIDAD+\(RCM\)&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjD8-qAwK\\_8AhVoVTABHWvjC3AQuwV6BAgFEAc#v=onepage&q=CENTRADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD%20\(RCM\)&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Cf13EAAAQBAJ&pg=PA446&dq=CENTRADO+EN+LA+CONFIABILIDAD+(RCM)&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjD8-qAwK_8AhVoVTABHWvjC3AQuwV6BAgFEAc#v=onepage&q=CENTRADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD%20(RCM)&f=false)
- [40] D. Flores and D. Molina, ““Elaboración de un Plan De Mantenimiento Basado en RCM para La Flota Vehicular de la Empresa Pública EMMAIPC-EP,”” Cuenca, 2021. Accessed: Jan. 04, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20559/1/UPS-CT009196.pdf>
- [41] M. Yauli, “Aplicación De La Metodología RCM para la Gestión de los Equipos Industriales En la Empresa ILPM ENGINEERING CIA. LTDA,” 2022.
- [42] J. Font and S. Pasadas del Amo, *Las encuestas de opinión*. 2016. Accessed: Jan. 05, 2023. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/41846?page=14>



## ANEXO I: Informe de anti plagio proyecto de titulación

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas												
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Industrial												
<b>Nombre del docente evaluador que emite el informe:</b>	Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván												
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta de un plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM para los equipos de la línea de producción de cubetas para huevos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL.												
<b>Autores del documento</b>	Sr. Caisapanta Pacheco Cristian Joel Srta. Paucar Criollo Johanna Margoth												
<b>Programa de similitud utilizado</b>	Sistema URKUND												
<b>Porcentaje de similitud según el programa utilizado</b>	3%												
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios:													
<ul style="list-style-type: none"><li>• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li><li>• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.</li><li>• El documento no cumple criterios de originalidad.</li></ul>	--X-- ----- -----												
<b>Fecha de realización del informe:</b>	15/2/2023 04:09												
<b>Captura de pantalla del documento analizado:</b>													
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"><p><b>Document Information</b></p><table><tr><td>Analyzed document</td><td>ANTIPLAGIO_PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL (1).docx (D158656492)</td></tr><tr><td>Submitted</td><td>2023-02-15 04:09:00</td></tr><tr><td>Submitted by</td><td></td></tr><tr><td>Submitter email</td><td>cristian.eugenio@utc.edu.ec</td></tr><tr><td>Similarity</td><td>3%</td></tr><tr><td>Analysis address</td><td>cristian.eugenio.utc@analysis.arkund.com</td></tr></table></div>		Analyzed document	ANTIPLAGIO_PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL (1).docx (D158656492)	Submitted	2023-02-15 04:09:00	Submitted by		Submitter email	cristian.eugenio@utc.edu.ec	Similarity	3%	Analysis address	cristian.eugenio.utc@analysis.arkund.com
Analyzed document	ANTIPLAGIO_PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL (1).docx (D158656492)												
Submitted	2023-02-15 04:09:00												
Submitted by													
Submitter email	cristian.eugenio@utc.edu.ec												
Similarity	3%												
Analysis address	cristian.eugenio.utc@analysis.arkund.com												
 Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván <b>Director del proyecto de investigación</b>													



## Document Information

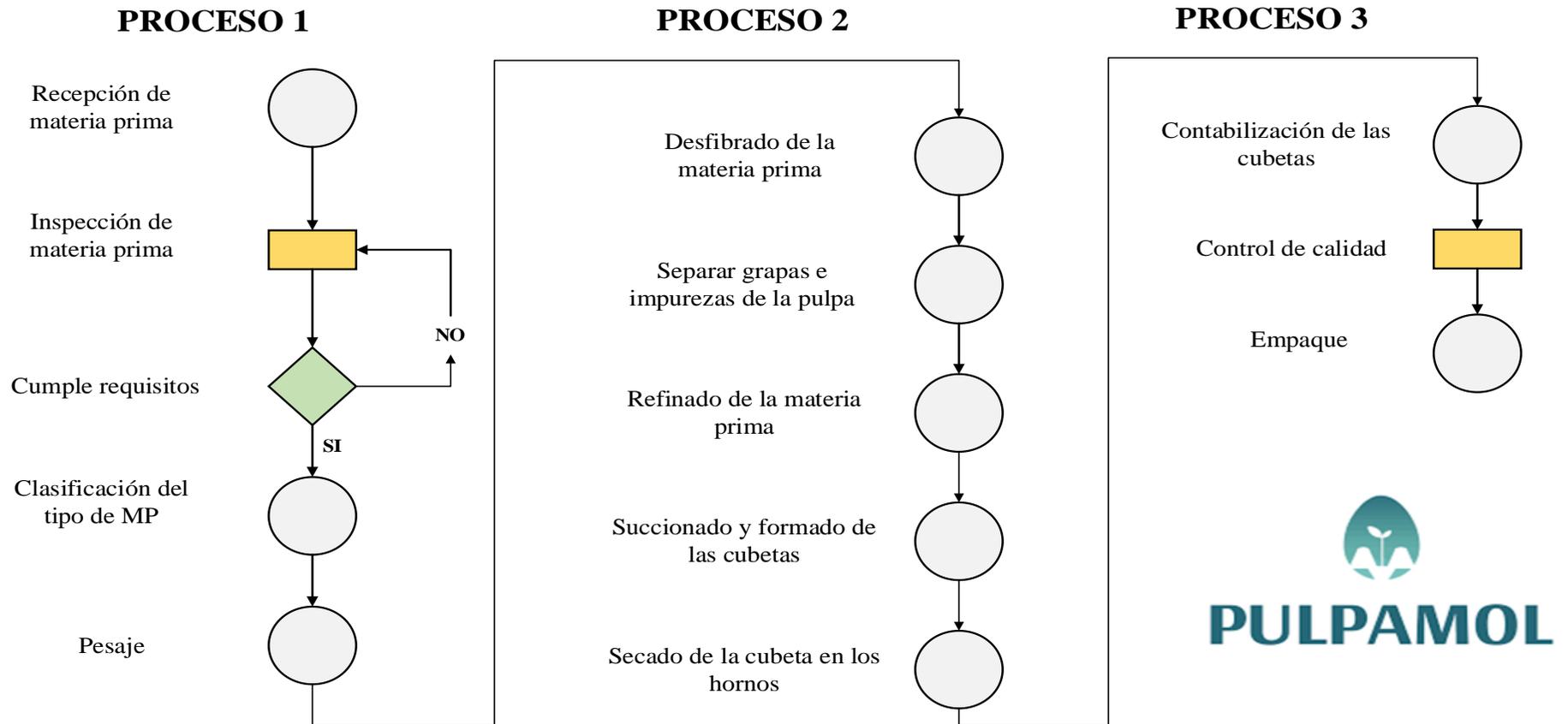
Analyzed document	ANTIPLAGIO_PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL (1).docx (D158656492)
Submitted	2023-02-15 04:09:00
Submitted by	
Submitter email	cristian.eugenio@utc.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	cristian.eugenio.utc@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Proyecto HST.docx</b> Document Proyecto HST.docx (D114370762)		1
<b>SA</b>	<b>TSP - JUAN CONDOR_JONATHAN PAGAN_09.10.21 (final).docx</b> Document TSP - JUAN CONDOR_JONATHAN PAGAN_09.10.21 (final).docx (D115071662)		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7276/Tesis262.pdf">https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7276/Tesis262.pdf</a> Fetched: 2023-02-15 04:10:00		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1832/1/T-UTC-1323.pdf">http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1832/1/T-UTC-1323.pdf</a> Fetched: 2023-02-15 04:10:00		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4371/1/Sistema%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20mantenimiento%20prod...">https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4371/1/Sistema%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20mantenimiento%20prod...</a> Fetched: 2023-02-15 04:09:00		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-universitario-paulo-freire/investigacion-de-o...">https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-universitario-paulo-freire/investigacion-de-o...</a> Fetched: 2023-02-15 04:10:00		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://gestionmantenimientoeficiente.blogspot.com/2013/02/las-cinco-generaciones-del-mantenimi...">http://gestionmantenimientoeficiente.blogspot.com/2013/02/las-cinco-generaciones-del-mantenimi...</a> Fetched: 2023-02-15 04:10:00		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf">https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf</a> Fetched: 2023-02-15 04:10:00		1
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / YAULI OMAR_TESIS_MTTTO RCM.docx</b> Document YAULI OMAR_TESIS_MTTTO RCM.docx (D143440386) Submitted by: freddy.quinchimbla@utc.edu.ec Receiver: freddy.quinchimbla.utc@analysis.arkund.com		2
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA EMPRESA RECTIFICADORA IZURITA.pdf</b> Document PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA EMPRESA RECTIFICADORA IZURITA.pdf (D143497351) Submitted by: benjamin.chavez0374@utc.edu.ec Receiver: benjamin.chavez0374.utc@analysis.arkund.com		1
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Romero.pdf</b> Document Tesis_Romero.pdf (D143330316) Submitted by: manuel.villa@utc.edu.ec Receiver: manuel.villa.utc@analysis.arkund.com		1

ANEXO II: Diagrama de procesos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL

**PROCESO PRODUCTIVO PULPA MOLDEADA S.A PULPAMOL**



**ANEXO III:** Tabla de análisis de equipos de los diferentes niveles

PULPAMOL		PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL PLAN DE MANTENIMIENTO ANÁLISIS DE LAS MAQUINAS POR NIVELES			PULPAMOL		
TABLA DE ANÁLISIS DE LAS MAQUINAS POR NIVELES							
PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL							
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5			
Planta	Área	Equipos	Sistemas	Elementos			
PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL	Recepción y almacenaje de materia prima	Banda transportadora	Sistema mecánico	Banda			
				Rodillos			
				Tambores motrices			
				Chumacera P204			
				Chumacera T205			
			Sistema eléctrico	Motor			
				Reductor			
				Tablero de control			
				Sistema mecánico	Olla pulper		
					Válvula DN200 manual (Paso del agua)		
	Unidad de tratamiento de aire (F.R.L) (Paso del agua)						
	Manzana						
	Polea						
	Eje						
	Rodamientos						
	Cuchillas o elipse						
	Trenzas stopo						
	Válvula DN200 manual (Paso del producto)						
	Unidad de tratamiento de aire (F.R.L) (Paso del producto)						
	Sistema eléctrico	Motor					
		Válvula DN200 neumática (Paso del agua)					
		Válvula electroneumática 5/2 (Paso del agua)					
		Válvula DN200 neumática (Paso del producto)					
		Válvula electroneumática 5/2 (Paso del producto)					
		Tablero de control					
		PLC					
		UPC					
		Sistema mecánico	Malla o Rejilla metálica				
			Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)				
	Válvula de mariposa DN100 manual						
	Tubería de agua						
	Acoplamiento flexible						
	Sistema eléctrico	Motor					
Válvula electroneumática 5/2							
Válvula de mariposa DN100 electroneumática							
Sistema mecánico	Bomba						
	Acoplamiento rígido						
	Sistema eléctrico	Motor					
		Reductor					
Producción	Pulper hidráulico vertical	Zaranda vibratoria	Sistema mecánico	Malla o Rejilla metálica			
				Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)			
				Válvula de mariposa DN100 manual			
				Tubería de agua			
				Acoplamiento flexible			
			Sistema eléctrico	Motor			
				Válvula electroneumática 5/2			
				Válvula de mariposa DN100 electroneumática			
				Bomba			
				Acoplamiento rígido			
Sistema mecánico	Bomba						
	Acoplamiento rígido						
Sistema eléctrico	Motor						
	Reductor						
Refinador	Refinador	Refinador	Sistema mecánico	Bomba			
				Acoplamiento rígido			
Sistema eléctrico	Motor						
	Reductor						

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL	Producción	Piscina No. 1 (5%)	Sistema mecánico	Bomba
				Válvula de pie
				Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)
			Sistema eléctrico	Motor
				Reductor
				Medidor de consistencia
		Piscina No. 2 (2%)	Sistema mecánico	Bomba
				Válvula de pie
				Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)
			Sistema eléctrico	Motor
				Reductor
				Medidor de consistencia
		Piscina No. 3 (1%)	Sistema mecánico	Bomba
				Válvula de pie
				Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)
	Sistema eléctrico		Motor	
			Reductor	
			Medidor de consistencia	
	Formadora	Sistema mecánico	Banda	
			Poleas	
			Piñones	
			Caja de transmisión	
			Brazos mecánico	
			Pistón mecánico	
			Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	
			Eje cuadrado	
			Manzana de rodamiento	
		Sistema de manivela		
		Sistema eléctrico	Motor	
			Reductor	
			Sensores	
			Freno neumático	
			Tablero de control	
PLC				
UPC				
Motor (Ducha)				
Reductor (Ducha)				
Cámara de secado	Sistema mecánico	Estructura		
		Cadenas		
		Bandejas		
	Sistema eléctrico	Piñones (Templadoras)		
		Manzana (Templadora)		
		Motor		
Empaque	Empacadora	Sistema mecánico	Reductor	
			Mesa receptora	
			Uñas para ordenar cubetas	
		Sistema eléctrico	Válvulas de control 5/2	
			Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	
			Motor	
	Empacadora	Sistema eléctrico	Reductor	
			Contadores digitales	

**ANEXO IV:** Encuestas de mantenimiento y análisis de criticidad

		<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b>			
<b>PULPAMOL</b>		<b>Encuesta de Mantenimiento de equipos</b>		<b>PULPAMOL</b>	
<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383	<b>Código:</b>	RABT01
<b>Equipo:</b>	Banda Transportadora	<b>Marca:</b>	NANYA		
<b>Área:</b>	Recepción y almacenaje de materia prima				

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

<b>FACTOR DE FRECUENCIA FF</b>		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
<b>FACTORES DE CONSECUENCIA</b>		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	X
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	X
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	
Costos materiales inferior 200 USD	1	X
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Banda transportadora	3	1	1	1	1	1	8	24	Prescindible

$$\text{Consecuencia} = 8$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 24$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



Encuesta de Mantenimiento de equipos

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Pulper hidráulico vertical	<b>Código:</b>	PRPL02
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	X
Posible, 1 evento en 3 años	3	
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	X
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	X
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	X
Sin impacto en la seguridad	1	

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Pulper hidráulico vertical	4	4	4	2	1	2	17	68	Crítico

$$\text{Consecuencia} = 17$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 68$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



Encuesta de Mantenimiento de equipos

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Zaranda Vibratoria	<b>Código:</b>	PRZA02
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	X
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	X
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	X
Sin impacto en la seguridad	1	

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Zaranda vibratoria	3	3	3	2	1	2	14	42	Importante

$$\text{Consecuencia} = 14$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 42$$



**PULPAMOL**

**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL**

**Encuesta de Mantenimiento de equipos**



**PULPAMOL**

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Refinador	<b>Código:</b>	PRFR02
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

<b>FACTOR DE FRECUENCIA FF</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
<b>FACTORES DE CONSECUENCIA</b>		
<b>Impacto operacional IO</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	X
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
<b>Flexibilidad operacional FO</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	X
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
<b>Costo de mantenimiento CM</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
<b>Impacto al medio ambiente IMA</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
<b>Impacto seguridad IS</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

<b>EQUIPO</b>	<b>FF</b>	<b>IO</b>	<b>FO</b>	<b>CM</b>	<b>IMA</b>	<b>IS</b>	<b>CO</b>	<b>CT</b>	<b>CRITICIDAD</b>
Refinador	3	2	3	2	1	1	12	36	Importante

$$\text{Consecuencia} = 12$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 36$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



**PULPAMOL**

Encuesta de Mantenimiento de equipos

**PULPAMOL**

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Piscina No. 1 (5%)	<b>Código:</b>	PRP102
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	X
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	X
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Piscina No. 1 (5%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible

$$\text{Consecuencia} = 9$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 27$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



**PULPAMOL**

Encuesta de Mantenimiento de equipos

**PULPAMOL**

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Piscina No. 2 (2%)	<b>Código:</b>	PRP202
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	X
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	X
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Piscina No. 2 (2%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible

$$\text{Consecuencia} = 9$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 27$$



**PULPAMOL**

**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL**

**Encuesta de Mantenimiento de equipos**



**PULPAMOL**

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Piscina No. 3 (1%)	<b>Código:</b>	PRP302
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

<b>FACTOR DE FRECUENCIA FF</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	
Posible, 1 evento en 3 años	3	X
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
<b>FACTORES DE CONSECUENCIA</b>		
<b>Impacto operacional IO</b>		
	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	X
<b>Flexibilidad operacional FO</b>		
	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	X
<b>Costo de mantenimiento CM</b>		
	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
<b>Impacto al medio ambiente IMA</b>		
	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
<b>Impacto seguridad IS</b>		
	<b>Ponderación</b>	<b>Marcación</b>
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

<b>EQUIPO</b>	<b>FF</b>	<b>IO</b>	<b>FO</b>	<b>CM</b>	<b>IMA</b>	<b>IS</b>	<b>CO</b>	<b>CT</b>	<b>CRITICIDAD</b>
Piscina No. 3 (1%)	3	1	1	2	1	1	9	27	Prescindible

$$\text{Consecuencia} = 9$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 27$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



Encuesta de Mantenimiento de equipos

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Formadora	<b>Código:</b>	PRFO02
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	X
Posible, 1 evento en 3 años	3	
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	X
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	X
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	X
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	X
Sin impacto en la seguridad	1	

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Formadora	4	4	4	3	1	2	18	72	Critico

$$\text{Consecuencia} = 18$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 72$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL

Encuesta de Mantenimiento de equipos



<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Cámara de Secado	<b>Código:</b>	PRCS02
<b>Área:</b>	Producción	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	X
Posible, 1 evento en 3 años	3	
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO		
	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	X
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
Flexibilidad operacional FO		
	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	X
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
Costo de mantenimiento CM		
	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	X
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA		
	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS		
	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	X
Sin impacto en la seguridad	1	

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Cámara de secado	4	3	3	3	1	2	16	64	Critico

$$\text{Consecuencia} = 16$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 64$$



PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL



**PULPAMOL**

Encuesta de Mantenimiento de equipos

**PULPAMOL**

<b>Responsable:</b>	Jonathan Peralta	<b>Teléfono:</b>	0996283383
<b>Equipo:</b>	Empacadora	<b>Código:</b>	EMEP03
<b>Área:</b>	Empaque	<b>Marca:</b>	NANYA

Marque con una X en uno de los casilleros de las preguntas planteadas.

FACTOR DE FRECUENCIA FF		
Descripción	Ponderación	Marcación
Frecuente, Más de 3 eventos al año	5	
Probable, 1-3 eventos al año	4	X
Posible, 1 evento en 3 años	3	
Improbable, 1 evento en 5 años	2	
Sumamente improbable, menos de 1 evento en 5 años	1	
FACTORES DE CONSECUENCIA		
Impacto operacional IO	Ponderación	Marcación
Pérdidas mayores 75% producción mes	5	
Pérdidas 50% a 74% producción mes	4	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	3	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	2	X
Pérdidas inferiores 10% producción mes	1	
Flexibilidad operacional FO	Ponderación	Marcación
No existe stock, tiempos reparación altos	5	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3	
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2	X
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1	
Costo de mantenimiento CM	Ponderación	Marcación
Costos materiales superior 20000 USD	5	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3	
Costos materiales superior 200-3000 USD	2	X
Costos materiales inferior 200 USD	1	
Impacto al medio ambiente IMA	Ponderación	Marcación
Daños irreversibles en el ambiente	5	
Daños severos al ambiente	4	
Daños medios al ambiente	3	
Daños mínimos al ambiente	2	
Sin daño ambiental	1	X
Impacto seguridad IS	Ponderación	Marcación
Muerte o incapacidad	5	
Incapacidad parcial o permanente	4	
Daños o enfermedades severas	3	
Daños leves en personas	2	
Sin impacto en la seguridad	1	X

$$\text{Consecuencia} = \text{IO} + \text{FO} + \text{CM} + \text{IMA} + \text{IS}$$

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Empacadora	4	2	2	2	1	1	12	48	Importante

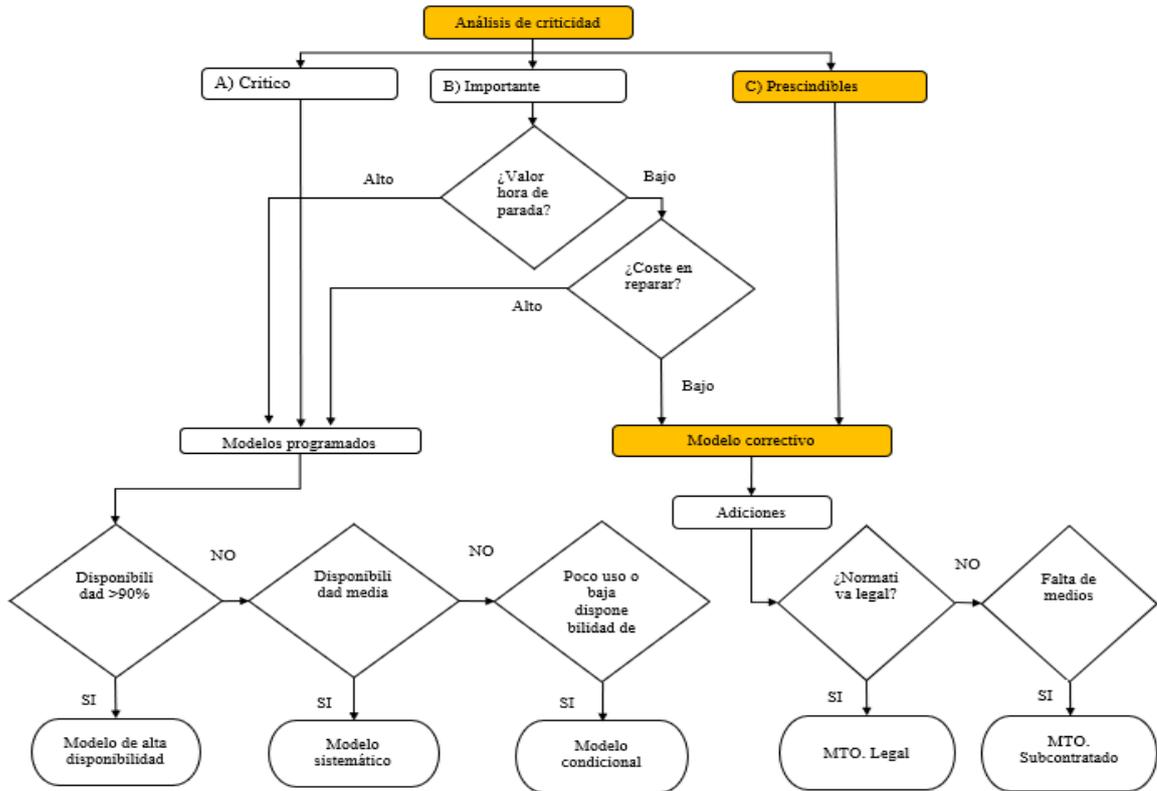
$$\text{Consecuencia} = 16$$

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{Consecuencia}$$

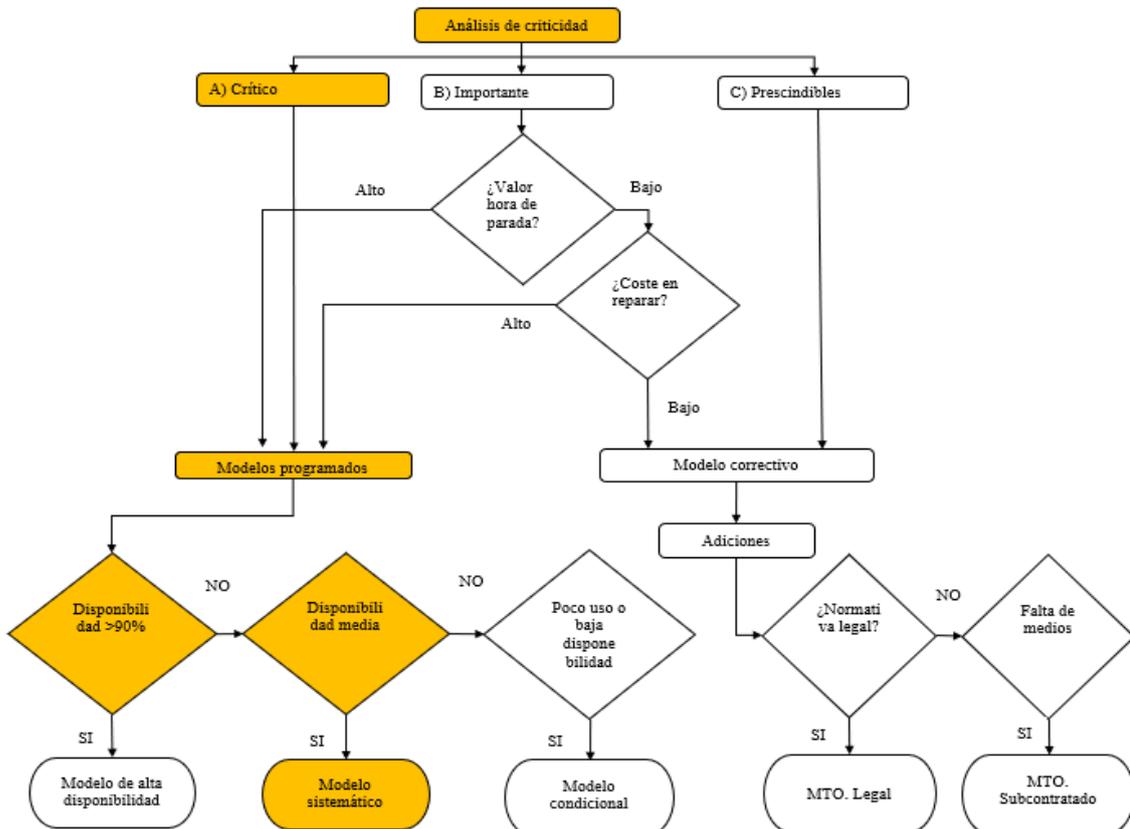
$$\text{Criticidad} = 64$$

**ANEXO V: Determinación de modelos de mantenimiento**

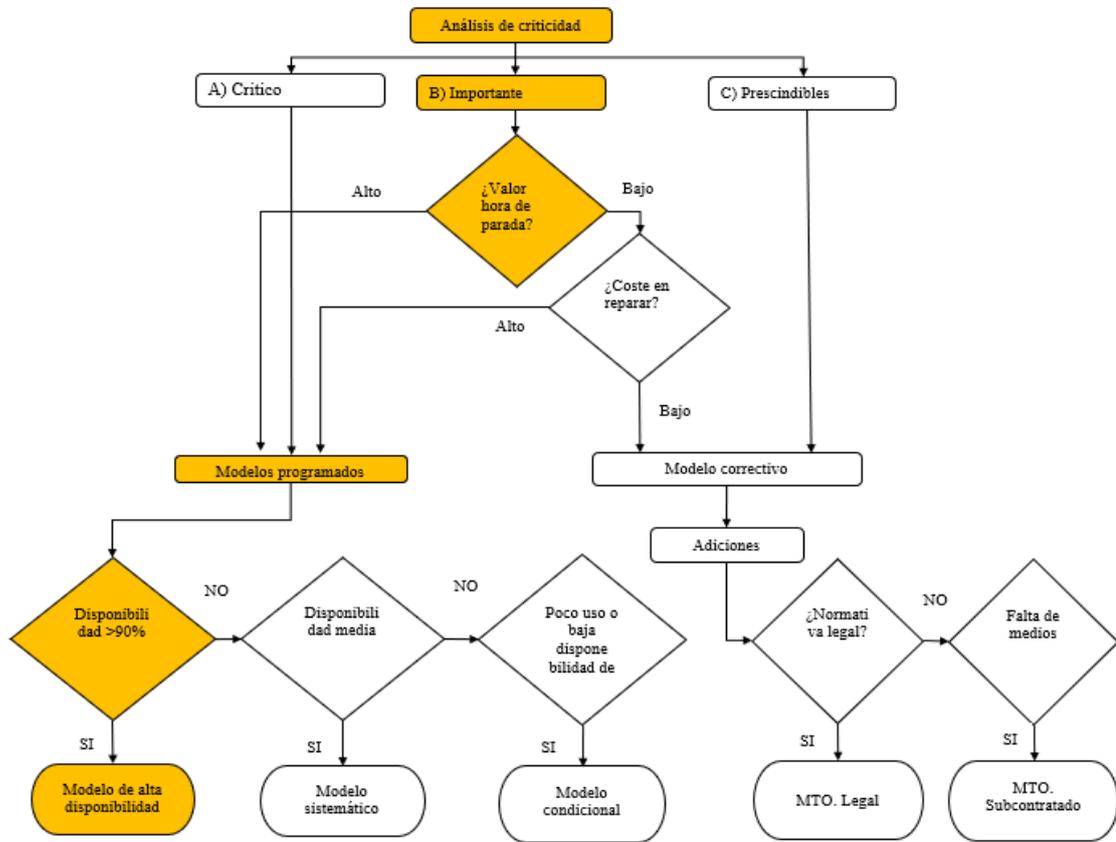
**Equipo 1: Banda transportadora**



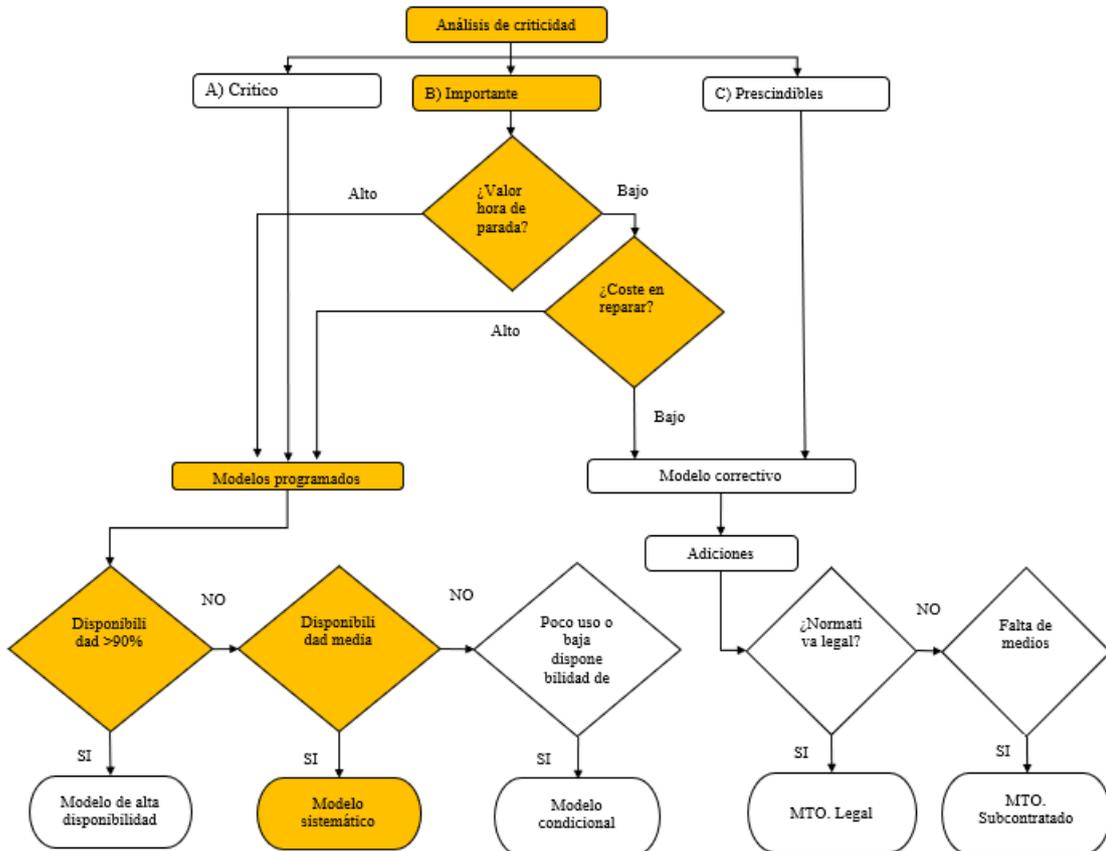
**Equipo 2: Pulper hidráulico vertical**



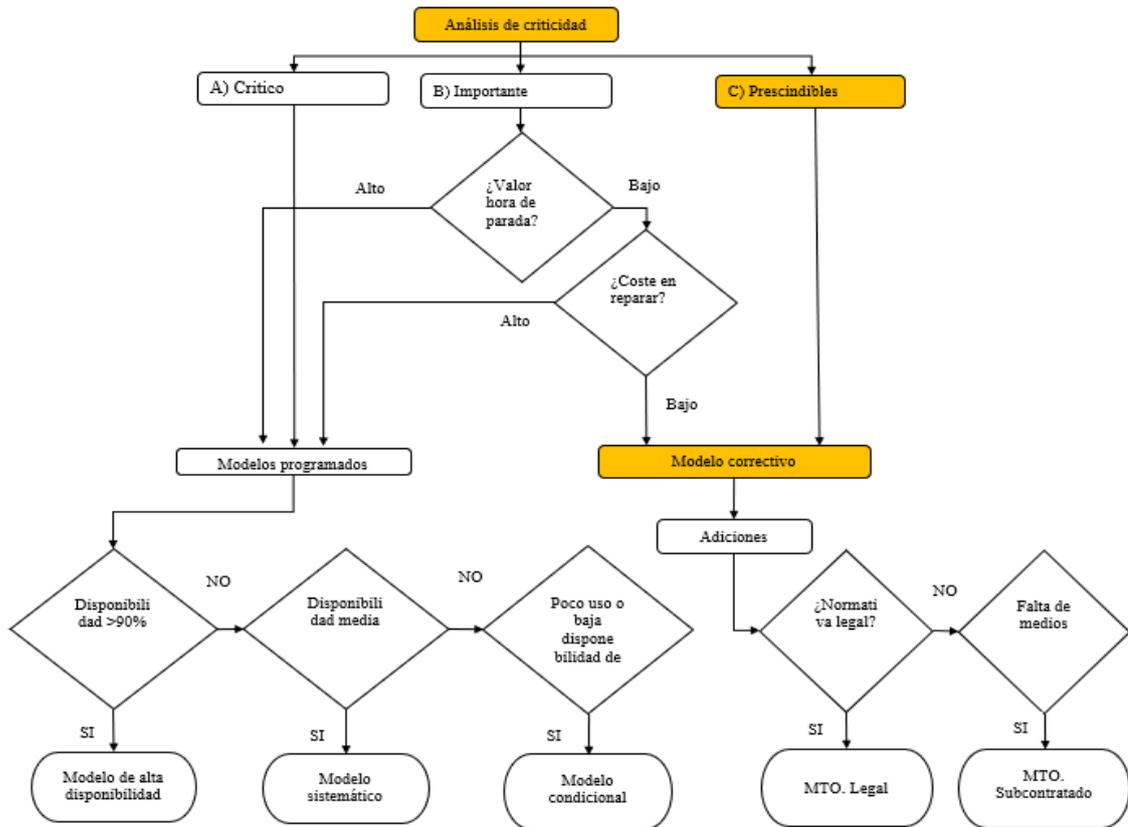
**Equipo 3: Zaranda vibratoria**



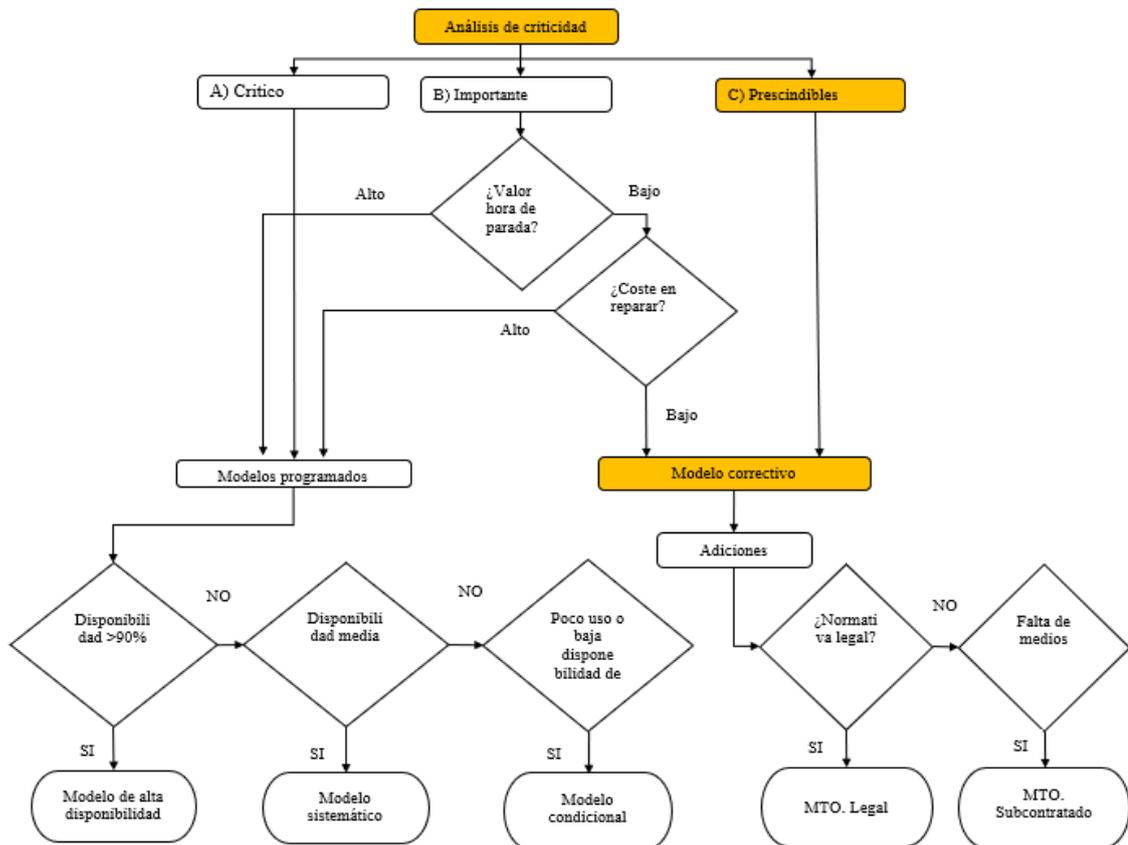
**Equipo 4: Refinador**



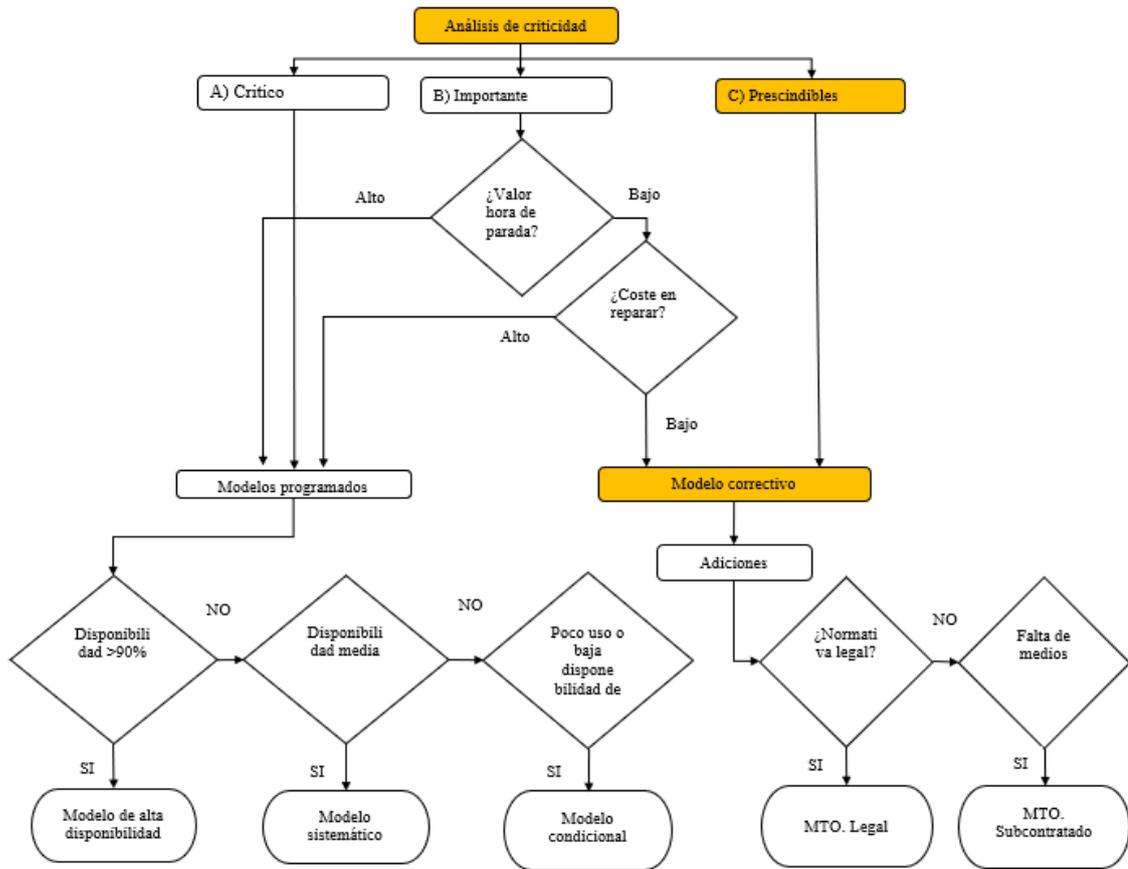
**Equipo 5: Piscina No. 1 (5%)**



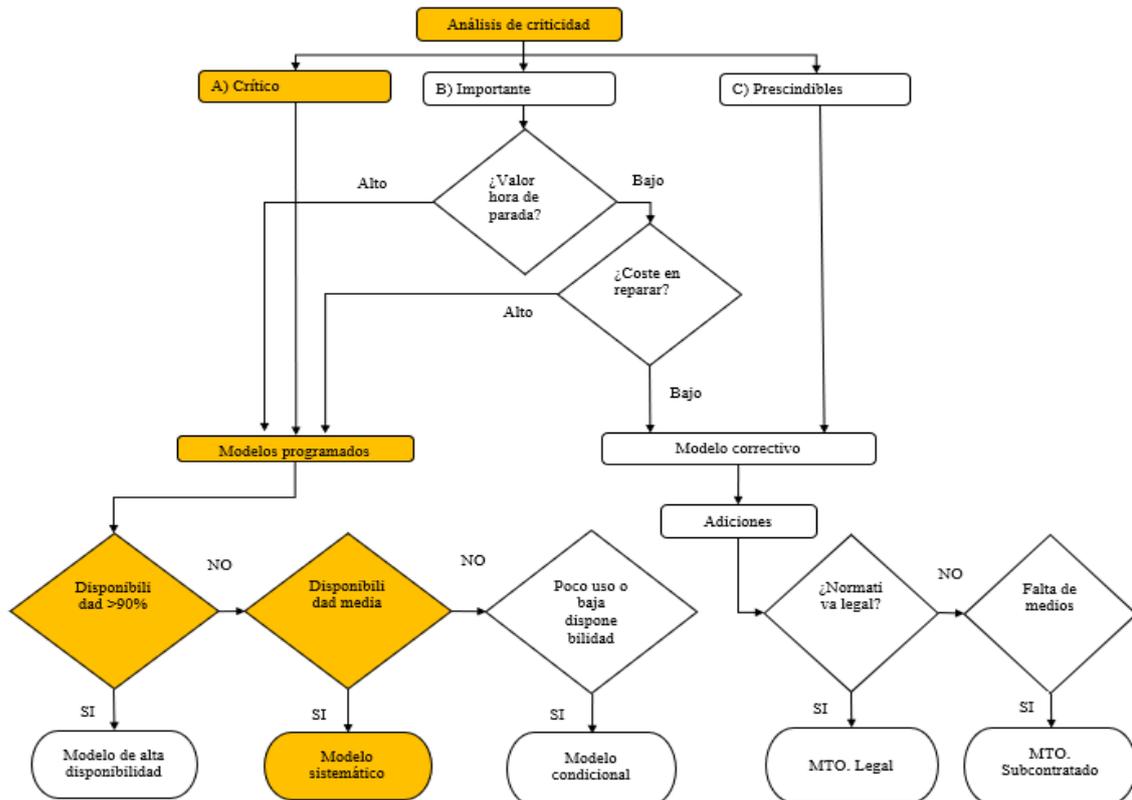
**Equipo 6: Piscina No. 2 (2%)**



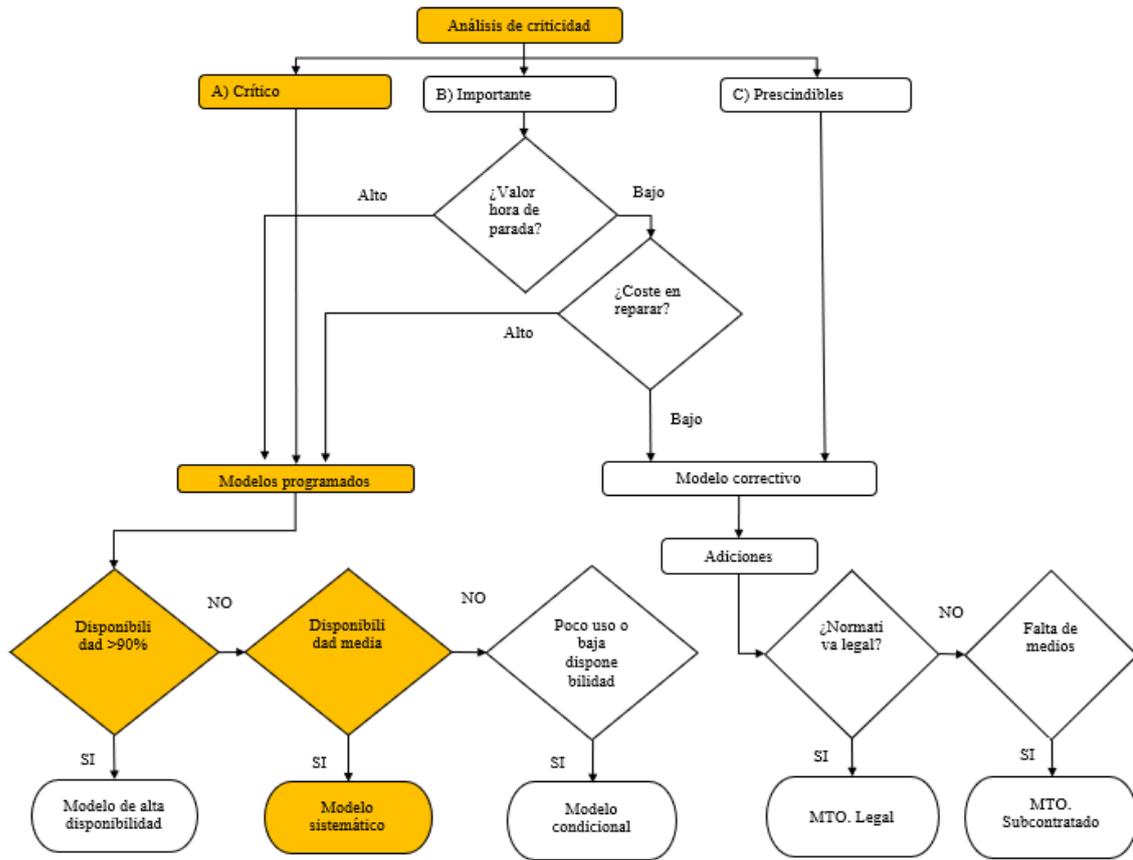
**Equipo 7: Piscina No. 3 (1%)**



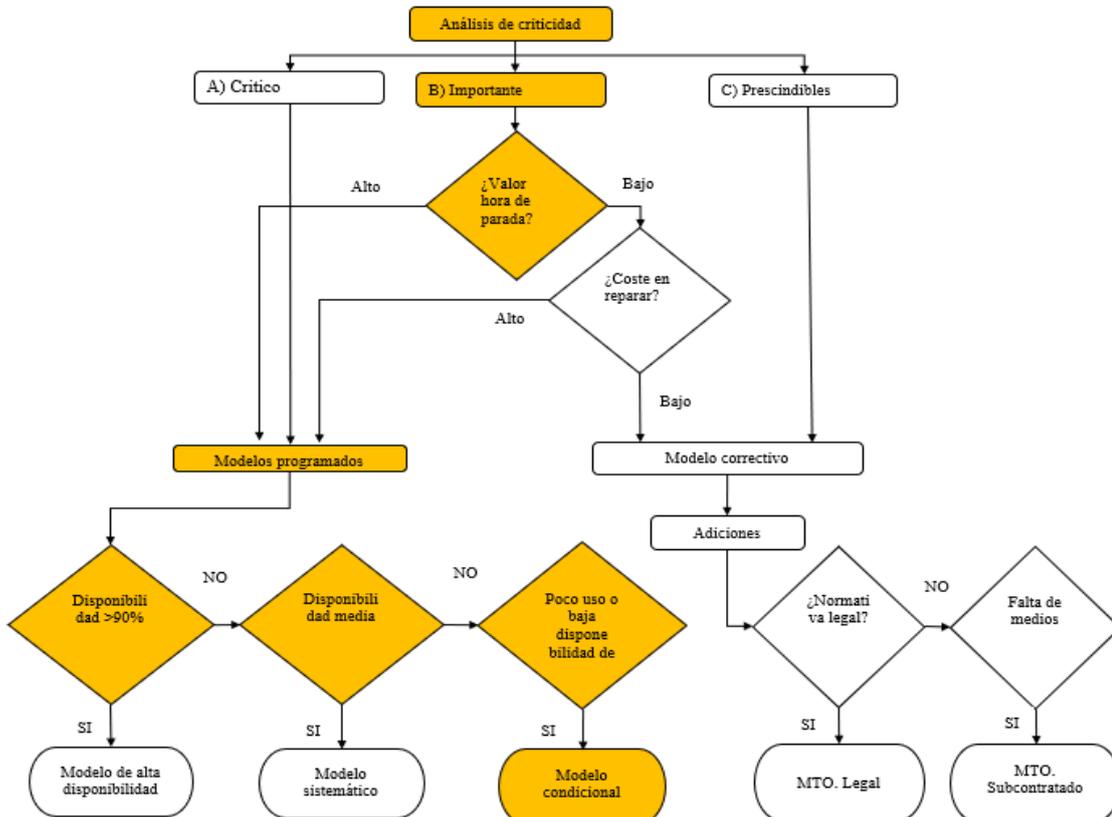
**Equipo 8: Formadora**



**Equipo 9: Cámara de secado**



**Equipo 10: Empacadora**





**EQUIPO N° 3**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
EQUIPO: Zaranda Vibratoria	CÓDIGO: PRZA02
PROVEEDOR: NANYA	AÑO: 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
La Zaranda vibratoria es una máquina que permite filtrar la pulpa de elementos contaminantes (plásticos, objetos metálicos) que no pueden ser desfibrados por la naturaleza del material.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Modelo: ZSK 20	N° de Fabricación: 2002270309
Área de proyección: 2 m²	Capacidad de producción: 20 - 25 TD
Potencia motor: 4 - 5.5 KW	Frecuencia vibratoria: 1440 veces/min
Concentración de trabajo: 1 - 1.5 %	Fecha de fabricación: Enero 2020



VALORES DE REFERENCIA
Potencia: 5.5 kW
Voltaje: 440 V
Frecuencia: 60 Hz
Revoluciones: 1150 r/min

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	42 Importante
-------------------------	---------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	X
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Malla o Rejilla metálica
Motor
Válvula electropneumática 5/2
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)
Válvula de mariposa DN100 manual
Válvula de mariposa DN100 electropneumática
Tubería de agua
Acoplamiento flexible

CONSUMIBLES
Filtros: FRL Sene MSB4 ACXP320
Grasa: EP LITHIUM amarillo (VISTONY)

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Resortes
Malla metálica
Matrimonio por banda
Eje
Tubería 1"

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llaves de ajuste
Desarmadores
Juego de llaves

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 4**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
<b>EQUIPO:</b> Refinador	<b>CÓDIGO:</b> PRFR02
<b>PROVEEDOR:</b> NANYA	<b>AÑO:</b> 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
La función principal de esta máquina es moler la pulpa de papel para que las fibras del producto puedan entrelazarse mejor.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Modelo: XPS 380	Potencia motor: 6 a 37 kW
Diámetro de plato giratorio: 380 mm	Fecha de fabricación: Octubre 2020
N° de fábrica: 20010260102	
Capacidad de producción: 6 a 20 T/b	



VALORES DE REFERENCIA
Potencia del motor: 6-55 Kilovatios
Voltaje: 440 V
Revoluciones: 1180 r/min
Frecuencia: 60 Hz

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:
36 Importante

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	X
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Motor
Bomba
Reductor
Acoplamiento rígido

CONSUMIBLES
Grasa: EP LITHIUM amarillo (VISTONY)
Lubricante: Ceps 208 1

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Discos abrasivos
Rodamientos motor
Trenza stopa 1/2

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llaves de ajuste                      Llaves hexagonales
Desarmadores                          Juego de llaves

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 5**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
<b>EQUIPO:</b> Piscina No. 1 (5%)	<b>CÓDIGO:</b> PRP102
<b>PROVEEDOR:</b> Sin proveedor	<b>AÑO:</b> 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
Lugares de almacenaje de la pulpa donde se encuentra instalado un agitador el cual permite mejorar la viscosidad del material.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Dimensión Largo: 4 m Ancho: 2,50 m Material interior: cerámica	



VALORES DE REFERENCIA		
<b>Motores reductores (Mezclador):</b>	<b>Motor (Pulpa)</b>	<b>Motor (Agua)</b>
Potencia: 2.2 KW	Potencia: 4 KW	Potencia: 3 KW
Volteje: 440	Volteje: 440 V	Volteje: 440 V
Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz
Revoluciones: 1752 r/min	Revoluciones: 1770 r/min	Revoluciones: 1720 r/min

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>	27 Prescindible
--------------------------------	-----------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	X
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Motor Reductor Bomba Válvula de pie Medidor de consistencia Unidad de tratamiento de aire (F.R.L) Ejes con dos aspas

CONSUMIBLES
Grasa: EP LITHIUM amarillo (VISTONY)

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Válvula de agua eléctrica 220 V Motorreductor

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llave de ajuste de tubos

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 6**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
<b>EQUIPO:</b> Piscina No. 2 (2%)	<b>CÓDIGO:</b> PRP202
<b>PROVEEDOR:</b> Sin proveedor	<b>AÑO:</b> 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
Lugares de almacenaje de la pulpa donde se encuentra instalado un agitador el cual permite mejorar la viscosidad del material.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Dimensión Largo: 4 m Ancho: 2,50 m Material interior: cerámica	



VALORES DE REFERENCIA		
Motores reductores (Mezclador)	Motor (Pulpa)	Motor (Agua)
Potencia: 2.2 Kw	Potencia: 4 Kw	Potencia: 3 Kw
Volteje: 440	Volteje: 440 V	Volteje: 440 V
Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz
Revoluciones: 1752 r/min	Revoluciones: 1770 r/min	Revoluciones: 1720 r/min

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>	27 Prescindible
--------------------------------	-----------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	X
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Motor
Reductor
Bomba
Válvula de pie
Medidor de consistencia
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)

CONSUMIBLES
Grasa: EP LITHIUM amarillo (VISTONY)

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Válvula de agua eléctrica 220 V
Motorreductor

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llave de ajuste de tubos

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 7**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
EQUIPO: Piscina No. 3 (1%)	CÓDIGO: PRP302
PROVEEDOR: Sin proveedor	AÑO: 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
Lugares de almacenaje de la pulpa donde se encuentra instalado un agitador el cual permite mejorar la viscosidad del material.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Dimensión Largo: 4 m Ancho: 2,50 m Material interior: cerámica	



VALORES DE REFERENCIA		
Motores reductores (Mezclador)	Motor (Pulpa)	Motor (Agua)
Potencia: 2.2 KW	Potencia: 4 KW	Potencia: 3 KW
Volteje: 440	Volteje: 440 V	Volteje: 440 V
Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz	Frecuencia: 60 Hz
Revoluciones: 1752 r/min	Revoluciones: 1770 r/min	Revoluciones: 1720 r/min

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	27 Prescindible
-------------------------	-----------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	X
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Motor Reductor Bomba Válvula de pie Medidor de consistencia Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)

CONSUMIBLES
Grasa: EP LITHIUM amarillo (VISTONY)

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Válvula de agua eléctrica 220 V Motorreductor

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llave de ajuste de tubos

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 8**

**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO**  
**FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
EQUIPO: Formadora	CÓDIGO: PRFO02
PROVEEDOR: NANYA	AÑO: 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
Esta máquina junta con un sistema de vacío que succiona y forma las cubetas para huevos de acuerdo las especificaciones requeridas.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Modelo: BTF5-8 Capacidad (pieza/h) :5000-5500 Cantidad de Moldes de Formación: 40 Poder Total (kW): 161	

VALORES DE REFERENCIA
Consumo de Electricidad (kW/h): 113 Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 HZ Revoluciones: 1750 r/min

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	72 Crítico
-------------------------	------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	X
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	
Motor	PLC
Reductor	UPC
Banda	Motor (Ducha)
Poleas	Reductor (Ducha)
Piñones	Eje cuadrado
Sensores	Manzana de rodamiento
Caja de transmisión	Sistema de manivela
Freno neumático	
Brazo mecánico	
Pistón mecánico	
Unidad de tratamiento de aire (F.R.L)	
Tablero de control	

CONSUMIBLES
Aceites: Mobil Great XP 320 (Cajas reductoras) Vacuoline 528 (Cadenas) A140 de engranaje Grasa: Polyrex EM 103 Aks LGHP 2/18 (Rodamientos en los motores)

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Bocines de bronce Válvulas check 1 1/2 Silenciadores M8, M10, M12 Malla de moldes Uniones M10 M12 Tuberías de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2 Universales de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2 Válvulas de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2 Nepsos de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2 Bridas de acero inoxidable de 3" de 8 huecos Reducción de 3/4 a 1/2 Unidad de mantenimiento de aceite y aire de 1/2; 3/4 Aspersores(duchas)

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llaves de ajuste                      Llaves hexagonales Desarmadores                      Juego de llaves

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 9**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
EQUIPO: Cámara de Secado	CÓDIGO: PRCS02
PROVEEDOR: NANYA	AÑO: 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
La cámara de secado está conformado por 3 niveles y 6 subniveles a diferentes temperaturas, esta maquina se utiliza para el secado de las cubetas.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Bandejas de metal Transportar automáticamente: 1200-1500 cubetas Estructura: Metal	



VALORES DE REFERENCIA
Temperatura: 175° - 185°

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	64 Crítico
-------------------------	------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	X
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
Motor
Reductor
Estructura
Cadenas
Bandejas
Piñones (Templadoras)
Manzana (Templadoras)

CONSUMIBLES
Aceites: A140 de engranaje
Vacuoline 537 A.T
20W50
Grasa: Aks LGHP 2/18

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Cadenas
Piñones
Manzana

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llaves de ajuste                      Llaves hexagonales
Desarmadores                          Juego de llaves

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**EQUIPO N° 10**



**PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL  
PLAN DE MANTENIMIENTO  
FICHA TÉCNICA**



DATOS DE EQUIPO	
<b>EQUIPO:</b> Empacadora	<b>CÓDIGO:</b> EMEP03
<b>PROVEEDOR:</b> NANYA	<b>AÑO:</b> 2019
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
La empacadora cumple la función de receptor y formar paquetes de 100 unidades cada uno.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	
Material: Acero Inoxidable Cabeza de Empacadora: 5 Ajuste de velocidad bajo demanda	



VALORES DE REFERENCIA
Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Revoluciones: 1700 r/min

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD:</b>	48 Importante
--------------------------------	---------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	X
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	

¿MTO. LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONENTEN
Motor Reductor Mesa receptora Contadores digitales Uñas para ordenar cubetas Válvulas de control 5/2 Unidades de tratamiento (F.R.L)

CONSUMIBLES
Aceite: Vacuoline 528 (Cadenas) Grasa: Aks LGHP 2/18

REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK
Pistones Válvula de palanca Chumaceras P205 Chumaceras P208 Chumaceras F205 Bandas

HERRAMIENTAS ESPECIALES:
Llaves de ajuste                      Llaves hexagonales Desarmadores                          Juego de llaves

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIMIENTO LEGAL
Capacitación de mantenimiento	No aplica
SUBCONTRATOS	
No aplica	

**ANEXO VII:** Tabla resumen de mantenimiento

MODELO DE MANTENIMIENTO											
Código	Descripción	Crit.	Fiab.	Sist.	Con.	Corr	Leg.	Sub.	Formación necesaria	Repuestos críticos	Observaciones
RA BT 01	Banda transportadora	24				X			Ninguna	Chumaceras P204 Chumaceras T205 Cinta de la banda polipropileno Cadena Piñones Rodamientos motrices T 205	Este proceso no cuenta con mantenimiento legal ni subcontratados.
PR PL 02	Pulper hidráulico vertical	68		X					Ninguna	Rodamiento manzana Bandas 8 - V2000 Rodamientos motor Cuchilla	
PR ZA 02	Zaranda vibratoria	42			X				Ninguna	Resortes Malla metálica Matrimonio por banda Eje Tubería 1"	
PR RF 02	Refinador	36		X					Ninguna	Discos abrasivos Rodamientos motor Trenza stopa 1/2	
PR P1 02	Piscina No. 1 (5%)	27				X			Ninguna	Válvula de agua eléctrica 220 V Motorreductor	
PR P2 02	Piscina No. 2 (2%)	27				X			Ninguna	Válvula de agua eléctrica 220 V Motorreductor	
PR P3 02	Piscina No. 3 (1%)	27				X			Ninguna	Válvula de agua eléctrica 220 V Motorreductor	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PR FO 02	Formadora	72		X					Ninguna	<p>Bocines de bronce  Válvulas check 1 1/2  Silenciadores M8, M10, M12  Malla de moldes  Uniones M10 M12  Tuberías de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2  Universales de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2  Válvulas de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2  Neplos de 1/2, 3/4, 3", 1 1/2  Bridas de acero inoxidable de 3" de 8 huecos  Reducción de 3/4 a 1/2  Unidad de mantenimiento de aceite y aire de 1/2; 3/4  Aspersores(duchas)</p>	Este proceso no cuenta con mantenimiento legal ni subcontratados.
PR CS 02	Cámara de secado	64		X				Ninguna	<p>Cadenas  Piñones  Manzana</p>		
EM EP 03	Empacadora	48			X			Ninguna	<p>Pistones  Válvula de palanca  Chumaceras P205  Chumaceras P208  Chumaceras F205  Bandas</p>		

**ANEXO VIII:** Determinación de fallo inmersos en los sistemas, clasificación de los fallos y determinación de modos de fallo.

Fallos que presentan los equipos					
Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción del modo de fallo	Clasificación
Banda transportadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de rodillos	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Desalineación	
		Funcional	Rotura de chumaceras	Sobreesfuerzos	Evitar
				Alineación incorrecta	
				Velocidad inadecuada	
		Funcional	Rotura de banda	Altas temperaturas	Evitar
				Ajuste inadecuado	
				Falta de lubricación de las partes	Evitar
	Técnico	Ruidos extraños	Fricción	Evitar	
			Elementos mal ajustados		
Eléctrico	Funcional	Fallas en el sistema eléctrico	Sobretensión	Evitar	
			Interrupciones en el suministro		
			Algún elemento del sistema suelto	Evitar	

Pulper hidráulico vertical	Mecánico	Técnico	Desgaste de la manzana	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Desalineación del eje	
		Técnico	Fugas	Tuberías rotas o mal ajustadas	Amortiguar
				Funcional	
	Velocidad inadecuada				
	Técnico	Fugas	Mal ajuste en las uniones	Evitar	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
				Desgaste de los rodamientos	
				Sobreesfuerzos, tensión del eje	
		Técnico	Fallos eléctricos	Sobretensión	Evitar
Interrupciones en el suministro					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Zaranda vibratoria	Mecánico	Técnico	Desgaste del acoplamiento flexible	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Velocidad inadecuada	
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de malla o rejilla metálica	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Velocidad inadecuada		
	Técnico	Fricción	Falta de lubricante	Evitar	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
Desgaste de los rodamientos					
Sobreesfuerzos, tensión del eje					
Técnico		Fallos eléctricos	Sobretensión	Evitar	
	Interrupciones en el suministro				

Refinador	Mecánico	Técnico	Desgaste del acoplamiento rígido	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Velocidad inadecuada	
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de discos abrasivos	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Velocidad inadecuada		
	Funcional	Rotura en el conjunto del tanque	Golpes	Evitar	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
Desgaste de los rodamientos					
Sobreesfuerzos, tensión del eje					
Técnico		Daños en la banda de transmisión	Sobretensión	Evitar	
	Rodillos desgastados				

Piscina No. 1 (5%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Amortiguar
				Golpes y falta de limpieza	
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Fluido inadecuado		
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Evitar	
			Desalineación		
Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar	
			Desgaste de los rodamientos		
	Técnico	Daños en la bomba	Sobretensión	Evitar	
Rodillos desgastados					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Piscina No. 2 (2%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Amortiguar
				Golpes y falta de limpieza	
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Fluido inadecuado		
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Evitar	
			Desalineación		
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
				Desgaste de los rodamientos	
Técnico		Daños en la bomba	Sobretensión	Evitar	
			Rodillos desgastados		

Piscina No. 3 (1%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Amortiguar
				Golpes y falta de limpieza	
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Fluido inadecuado		
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Evitar	
			Desalineación		
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
				Desgaste de los rodamientos	
Técnico		Daños en la bomba	Sobretensión	Evitar	
			Rodillos desgastados		

Formadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de la caja de transmisión	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Desalineación del eje	
		Técnico	Nivel de aceite bajo	Filtro de aceite tapado	Amortiguar
				Roturas y fugas	
		Funcional	Rotura del eje cuadrado	Sobreesfuerzos	Evitar
	Velocidad inadecuada				
	Funcional	Rotura del brazo hidráulico	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Velocidad inadecuada		
	Técnico	Fugas	Mal ajuste en las uniones	Evitar	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
				Desgaste de los rodamientos	
				Sobreesfuerzos	
Técnico		Daños en la banda de transmisión	Mal estado de los rodamientos	Evitar	
	Tensión del eje				
Técnico	Fallos eléctricos	Sobretensión	Evitar		
		Interrupciones en el suministro			

Cámara de secado	Mecánico	Técnico	Desgaste de las correas de transporte	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Desalineación del eje	
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Amortiguar
				Piezas desgastadas	
	Funcional	Rotura de cadenas	Sobreesfuerzos	Evitar	
			Velocidad inadecuada		
	Técnico	Fugas de calor	Desgaste de empaques	Evitar	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Evitar
				Desgaste de los rodamientos	
				Sobreesfuerzos	
Técnico		Daños en la banda de transmisión	Mal estado de los rodamientos	Evitar	
			Tensión del eje		
Técnico	Fallos eléctricos	Sobretensión	Evitar		
		Interrupciones en el suministro			

Empacadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de rodillos	Lubricación inadecuada	Amortiguar
				Desalineación	
		Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Evitar
				Desalineación	
		Funcional	Rotura de banda	Altas temperaturas	Evitar
				Ajuste inadecuado	
	Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación de las partes	Evitar	
			Fricción		
			Elementos mal ajustados		
	Eléctrico	Funcional	Fallas en el sistema eléctrico	Sobretensión	Evitar
Interrupciones en el suministro					
Algún elemento del sistema suelto				Evitar	

**ANEXO IX:** Determinación de medidas preventivas para los equipos de la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					MEDIDAS PREVENTIVAS			
Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Modo de fallo	Tarea de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de operación	Procedimientos de mantenimiento
Banda transportadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de rodillos	Lubricación inadecuada	Lubricación de los rodillos Cantidad: Acorde al componente.	Cambio de los rodillos (semestral)	Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	Cambio de los rodillos (anual)
				Desalineación	Alineación de los rodillos	Alineación del eje (trimestral)	Verificar ruidos extraños, vibraciones	Alineación del eje cada seis meses
		Funcional	Rotura de chumaceras	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	
				Alineación incorrecta	Alineación correcta			
				Lubricación inadecuada	Lubricación de la chumacera (semestral)	Utilice el lubricante correcto, con la frecuencia apropiada, en la cantidad precisa, aplicando en el lugar correcto	Verificar que no haya signos de calor excesivos, endurecimiento de la grasa, exceso de grasa en los escapes de aceite, corrosión por contacto	Limpieza y lubricación de las chumaceras (anual)
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas y estado de los rodillos		Si hay signos de desgaste sobre la correa: dientes mellados, grietas en la superficie, sequedad en la goma o falta de tensión, ruidos extraños, vibraciones, dificultad a la hora de arrancar, fugas de aceite.	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Funcional	Rotura de banda	Altas temperaturas	Control y verificación de cambios bruscos de temperatura			Cambio de rodamientos guías y de bandas	
			Ajuste inadecuado	Revisar que exista un ajuste de piezas óptimo generado por las muelas	Inspeccione la estructura de la banda transportadora, busque por condiciones que representen riesgo a la integridad estructural del equipo	Si existe ruidos extraños y vibraciones		
			Falta de lubricación de las partes	Lubricación adecuada Cantidad: Acorde al componente.	Limpieza y engrasado (trimestral)		Lubricar cada vez que existe una anomalía	
		Técnico	Ruidos extraños	Fricción	Engrasar las superficies de rotación	Engrasar las superficies de rotación (semestral)		
				Elementos mal ajustados	Revisar que exista un ajuste de piezas óptimo generado por las muelas	Realizar una revisión de ajuste trimestral en caso de no estar ajustar	Ruidos extraños, vibraciones	
				Sobretensión	Cambio de la caja de velocidades (revisar su estado cada año y cambiar si existe desgaste)			
	Eléctrico	Funcional	Fallas en el sistema eléctrico	Interrupciones en el suministro	Revisión de los circuitos eléctricos	Realizar una revisión (trimestral)		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

				Algún elemento del sistema suelto	Verificar los circuitos			
--	--	--	--	-----------------------------------	-------------------------	--	--	--

Pulper hidráulico vertical	Mecánico	Técnico	Desgaste de la manzana	Lubricación inadecuada	Lubricación de la manzana Cantidad: Acorde al componente.	Lubricación de la manzana (trimestral)	Verificar que no haya signos de calor excesivos, endurecimiento de la grasa	Limpieza y lubricación en caso de presentar alguna avería
				Desalineación del eje	Alineación del eje	Alineación del eje (mensual)	Verificar ruidos extraños, vibraciones	Alineación del eje cada seis meses
		Técnico	Fugas		Verificar el correcto ajuste de uniones	Ajuste de uniones (trimestral)	Verificar si existe fugas de agua, rotura de empaque	Ajuste de uniones en caso de observar fugas
				Tuberías rotas o mal ajustadas	Limpieza de las tuberías	Realizar una limpieza de tubería (trimestral) con productos químicos adecuados. Limpiar con agua a presión	Si existe taponamiento y no fluye la pulpa	
		Funcional	Rotura de chumaceras	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)		Verificar ruidos extraños, vibraciones	
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas		Si hay signos de desgaste sobre la correa: dientes mellados, grietas en la superficie	Cambio de bandas deterioradas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

		Técnico	Fugas	Mal ajuste en las uniones	Ajuste correcto de uniones	Verificar el ajuste de las uniones mensualmente		
Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento				
			Desgaste de los rodamientos	Cambio de los rodamientos (anual)	Cambio de los rodamientos (semestral)		Cambio de los rodamientos (anual)	
			Sobreesfuerzos, tensión del eje	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.		
	Técnico	Fallos eléctricos		Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	Verificar que no exista robo de energía			
			Interrupciones en el suministro	Revisión de los circuitos eléctricos				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Zaranda vibratoria	Mecánico	Técnico	Desgaste del acoplamiento flexible	Lubricación inadecuada	Lubricación del acoplamiento Cantidad: Acorde al componente.	Cambio de acoplamiento flexible (semestral)		Cambio de acoplamiento flexible (anual)	
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas		Si hay signos de desgaste sobre la correa: dientes mellados, grietas en la superficie, sequedad en la goma o falta de tensión, ruidos extraños, vibraciones, dificultad a la hora de arrancar, fugas de aceite.		
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Lubricación adecuada Cantidad: Acorde al componente.				
				Piezas desgastadas	Cambio de la pieza		Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	Realizar el cambio de la pieza dañada o repararla	
		Funcional	Rotura de malla o rejilla metálica	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)				
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas				Cambio de bandas deterioradas
		Técnico	Fricción	Falta de lubricante	Lubricación adecuada Cantidad: Acorde al componente.				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento			
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos			
				Sobreesfuerzos, tensión del eje	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	
		Técnico	Fallos eléctricos	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)			
				Interrupciones en el suministro	Revisión de los circuitos eléctricos			

Refinador	Mecánico	Técnico	Desgaste del acoplamiento rígido	Lubricación inadecuada	Lubricación del acoplamiento	Cambio de acoplamiento rígido (semestral)		Cambio de acoplamiento rígido (anual)
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas		Verificar ruidos extraños, vibraciones	
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Lubricación adecuada			
				Piezas desgastadas	Cambio de la pieza			

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

		Funcional	Rotura de discos abrasivos	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)			
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas			
		Funcional	Rotura en el conjunto del tanque	Golpes	Verificar el correcto aislamiento	Colocación de carcasas		
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento			
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de los rodamientos	Cambio de los rodamientos (semestral)		Cambio de los rodamientos (anual)
				Sobreesfuerzos, tensión del eje	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	
		Técnico	Daños en la banda de transmisión	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)			
				Rodillos desgastados	Cambio de rodillos	Controlar el estado de los rodillos	Ruidos extraños, vibraciones	Cambiar el rodillo desgastado

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Piscina No. 1 (5%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Revisión de manual de operaciones	Capacitación de operación	
				Golpes y falta de limpieza	Limpieza de los canales de deslizamiento		
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Lubricación adecuada Cantidad: Acorde al componente.		
				Piezas desgastadas	Cambio de piezas	Mantenimiento de piezas	Si la pieza ha perdido su funcionalidad
		Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	
				Fluido inadecuado	Control de fluido	Verificar las válvulas de control están funcionando adecuadamente	
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Lubricación rieles Cantidad: Acorde al componente.			
			Desalineación	Alineación correcta		Ruidos extraños de alta frecuencia, vibraciones	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento		
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
		Técnico	Daños en la bomba	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)		
				Rodillos desgastados	Cambio de rodillos	Controlar el estado de los rodillos	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Piscina No. 2 (2%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Revisión de manual de operaciones	Capacitación de operación	
				Golpes y falta de limpieza	Limpieza de los canales de deslizamiento		
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Lubricación adecuada		
				Piezas desgastadas	Cambio de la pieza	Mantenimiento de piezas	Si la pieza ha perdido su funcionalidad
		Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	
				Fluido inadecuado	Control de fluido	Verificar las válvulas de control están funcionando adecuadamente	
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Lubricación de rieles Cantidad: Acorde al componente.			
			Desalineación	Alineación correcta		Ruidos extraños de alta frecuencia, vibraciones	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento		
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
		Técnico	Daños en la bomba	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)		
				Rodillos desgastados	Cambios de rodillos	Controlar el estado de los rodillos	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Piscina No. 3 (1%)	Mecánico	Técnico	Abolladuras	Incorrecto uso del equipo	Revisión de manual de operaciones	Capacitación de operación	
				Golpes y falta de limpieza	Limpieza de los canales de deslizamiento		
		Técnico	Ruidos extraños en el agitador	Falta de lubricación	Lubricación adecuada		
				Piezas desgastadas	Cambio de la pieza	Mantenimiento de piezas	Si la pieza ha perdido su funcionalidad
		Funcional	Rotura de tubería	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina	
				Fluido inadecuado	Control de fluido	Verificar las válvulas de control están funcionando adecuadamente	
	Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Lubricación de rieles Cantidad: Acorde al componente			
			Desalineación	Alineación correcta		Ruidos extraños de alta frecuencia, vibraciones	
	Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento		
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
		Técnico	Daños en la bomba	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)		
				Rodillos desgastados	Cambio de rodillos	Controlar el estado de los rodillos	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Formadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de la caja de transmisión	Lubricación inadecuada	Lubricación de la caja de transmisión Cantidad: Acorde al componente	Limpeza y engrasado (trimestral)	
				Desalineación del eje	Alineación correcta		
		Técnico	Nivel de aceite bajo	Filtro de aceite tapado	Limpeza de los canales de alimentación		
				Roturas y fugas	Verificación mediante la presión		
		Funcional	Rotura del eje cuadrado	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)		
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas		Si hay ruidos extraños, vibraciones
		Funcional	Ruptura del brazo hidráulico	Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)		
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas		Si hay signos de desgaste sobre la correa: dientes mellados, grietas en la superficie, sequedad en la goma o falta de tensión, ruidos extraños, vibraciones, dificultad a la hora de arrancar, fugas de aceite.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Eléctrico	Técnico	Fugas	Mal ajuste en las uniones	Revisar que exista un ajuste de uniones óptimo		Si existe fugas de agua a pulpa
		Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento		
				Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
				Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)		
		Técnico	Daños en la banda de transmisión	Mal estado de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
				Tensión del eje	Ajuste adecuado al elemento		
		Técnico	Fallos eléctricos	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)		
				Interrupciones en el suministro	Revisión de los circuitos eléctricos		

Cámara de secado	Mecánico	Técnico	Desgaste de las correas de transporte	Lubricación inadecuada	Lubricación de correas de transporte Cantidad: Acorde al componente.	Limpieza y engrasado (trimestral)	
				Desalineación del eje	Alineación correcta	Alineación del eje (trimestral)	Si existe ruidos extraños, altas vibraciones
		Técnico	Ruidos extraños	Falta de lubricación	Lubricación adecuada Cantidad: Acorde al componente.		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

		Funcional	Rotura de cadenas	Piezas desgastadas	Cambio de la pieza			
				Sobreesfuerzos	Verificar el correcto encendido del motor (diario)			
				Velocidad inadecuada	Verificar la tensión de las bandas			
		Técnico	Fugas de calor	Desgaste de empaques	Cambio de empaques			
		Eléctrico	Técnico	Daños del motor	Acumulación de suciedad	Limpieza de los canales de deslizamiento		
					Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos		
	Sobreesfuerzos				Verificar el correcto encendido del motor (diario)		Si hace ruidos extraños, detenga la máquina inmediatamente para comprobar si hay daños.	
	Técnico		Daños en la banda de transmisión	Mal estado de los rodamientos	Cambio de rodamientos			
				Tensión del eje	Ajuste adecuado al elemento			
	Técnico		Fallos eléctricos	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)			
		Interrupciones en el suministro		Revisión de los circuitos eléctricos				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Empacadora	Mecánico	Técnico	Desgaste de rodillos	Lubricación inadecuada	Lubricación de rodillos Cantidad: Acorde al componente.			
				Desalineación	Alineación correcta			
		Técnico	Fricción en los rieles	Falta de lubricante	Lubricación de rieles Cantidad: Acorde al componente.	Limpieza y engrasado (trimestral)		
				Desalineación	Alineación correcta			
		Funcional	Rotura de banda	Altas temperaturas	Control y verificación de cambios bruscos de temperatura			
				Ajuste inadecuado	Revisar que cumpla un ajuste optimo			
				Falta de lubricación de las partes	Lubricación adecuada	Limpieza y engrasado (trimestral)		
		Técnico	Ruidos extraños	Fricción	Engrasar las superficies de rotación			
				Elementos mal ajustados	Revisar que exista un ajuste de piezas optimo generado por las muelas			
		Eléctrico	Funcional	Fallas en el sistema eléctrico	Sobretensión	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente (Mensual)		
	Interrupciones en el suministro				Revisión de los circuitos eléctricos			
	Algún elemento del sistema suelto				Verificar los circuitos			

**ANEXO X:** Calculo y análisis de estructuración del plan de mantenimiento

Equipo: Pulper hidráulico vertical Código: PR PL 02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
Pulper	Mecánico	Limpieza de la estructura del pulper (maquina, escalera, plataforma, mesa y barandas), retirar residuos de polvo y suciedades			
		Verificar que en la estructura no existan puntos rotos ni flojos, el tanque no debe tener fisuras en las uniones soldadas, ni en la compuerta.			
		Controlar en el tambor de transmisión, bajo la olla, no presente fugas de agua, ni tenga ruidos extraños			
		Limpieza de la línea de agua, línea de aire, limpieza externa de electroválvulas y del FRL.			
		Verificar que no existan fugas de agua por válvulas, ni en las uniones o empates			
		Realizar purga del FRL y controlar el nivel de aceite			
		Verificar que el manómetro indique la presión adecuada			
		Verificar que no exista fugas de aire por los accesorios neumáticos y ver que las electroválvulas giren sin atascos			
		Limpieza parte externa del motor			
		Verificar que las bandas estén correctamente tensadas y no con demasiada holgura			
		Presionar el paro de emergencia para ingresar a la cámara y revisar el desgaste de las cuchillas y los alabes laterales			
		Controlar que la rejilla este bien asentada en la base y que no tenga puntos rotos, flojos o desoldados			
		Retirar cuerpos extraños del fondo del pulper			
		Cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricables para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo			
		Revisar que los filtros estén en buen estado			
		Verificar la tensión de las bandas usando el tensiómetro			
		Chequear el estado de las bandas, no deben estar reventadas, ni partidas ni deshilándose			
		Colocar grasa SKF en sus puntos de lubricación			
	Eléctrico	Verificar temperatura del motor			
		Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio			
Verificar el correcto encendido del motor					
Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos					

Equipo: Zaranda Vibratoria Código: PR ZA 02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
<b>Zaranda Vibratoria</b>	<b>Mecánico</b>	Limpieza de la estructura, no de ben haber residuos de polvo o manchas de pulpa o de grasa			
		Verificar que no existan fisuras o puntos rotos en la estructura y en la rejilla de la zaranda, revisar el estado de la pintura			
		Verificar que los resortes estén en buen estado y no rotos			
		Realizar limpieza externa del motor			
		Limpieza de la línea de agua			
		Revisar que no existan fugas de agua por válvulas ni uniones			
		Realizar limpieza del FRL, y realizar purga y chequear nivel de aceite			
		Limpieza de las electroválvulas y verificar su accionamiento (debe girar sin atascos)			
		Colocar grasa EP en los puntos lubricables y limpiar el exceso			
		Verificar que el love joy no este roto y bien ajustado en los extremos			
		Colocar grasa en los resortes			
		En la unidad de tratamiento de aire FRL cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricable para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo			
	<b>Eléctrico</b>	Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio			
		Verificar el correcto encendido del motor			
		Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			

Equipo: Refinador Código: PR FR 02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
Refinador	Mecánico	Limpieza al contorno del refinador, libre de pulpa derramada y residuos húmedos			
		Limpieza externa de la carcasa refinadora			
		Limpieza e inspección de la carcasa del motor			
		Limpieza e inspección del estado de la caja reductora			
		Verificar que no existan fugas de pulpa o de aceite			
		Verificar que la guarda de seguridad se encuentre en buen estado			
		Revisar el desgaste de los discos abrasivos de la bomba			
		Verificar que el volante de la compuerta gire libremente sin obstrucciones			
		Verificar fugas por empaquetadura			
		Colocar grasa EP en puntos de lubricación			
		Comprobar nivel de aceite y el estado en la caja reductora			
		Revisar que las tuberías no tengan puntos fisurados, o fugas en las uniones y válvulas			
		Levantar guarda de seguridad y chequear que el matrimonio no tenga desgaste ni juegos en su movimiento			
		Eléctrico	Control de temperatura		
	Revisar que no exista fuga de pulpa por el lado de la prensa stopa de la bomba				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
	Verificar el correcto encendido del motor				

Equipo: Piscina No. 1 (5%) Código: PR P1 02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
Piscina 1	Mecánico	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames			
		Limpieza externa del tablero eléctrico			
		Limpieza e inspección en buen estado de la bomba			
		Limpieza e inspección del estado de la caja reductora			
		Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa			
		Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa			
		Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas			
		Verificar fugas por empaquetadura en la bomba			
		Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L			
		Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.			
		Realizar purga del vaso filtrante			
		Ruidos extraños motor			
		Verificar fugas por empaquetadura			
		Comprobar nivel de aceite			
	Eléctrico	Cambiar tubos desgastados			
		Control de temperatura			
		Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			
		Verificar el correcto encendido del motor			

<b>Piscina No. 2 (2%)</b> <b>Código: PR P2 02</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Diario</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
<b>Piscina 2</b>	<b>Mecánico</b>	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames			
		Limpieza externa del tablero eléctrico			
		Limpieza e inspección en buen estado de la bomba			
		Limpieza e inspección del estado de la caja reductora			
		Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa			
		Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa			
		Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas			
		Verificar fugas por empaquetadura en la bomba			
		Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L			
		Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.			
		Realizar purga del vaso filtrante			
		Ruidos extraños motor			
		Verificar fugas por empaquetadura			
		Comprobar nivel de aceite			
		<b>Eléctrico</b>	Cambiar tubos desgastados		
	Control de temperatura				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
	Verificar el correcto encendido del motor				

Piscina No. 3 (1%) Código: PR P3 02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
Piscina 3	Mecánico	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames			
		Limpieza externa del tablero eléctrico			
		Limpieza e inspección en buen estado de la bomba			
		Limpieza e inspección del estado de la caja reductora			
		Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa			
		Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa			
		Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas			
		Verificar fugas por empaquetadura en la bomba			
		Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L			
		Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.			
		Realizar purga del vaso filtrante			
		Ruidos extraños motor			
		Verificar fugas por empaquetadura			
		Comprobar nivel de aceite			
	Eléctrico	Cambiar tubos desgastados			
		Control de temperatura			
		Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			
Verificar el correcto encendido del motor					

<b>Equipo: Empacadora Código: EM EP 03</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Diario</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
<b>Formadora</b>	<b>Mecánico</b>	Verificar presión de transferencia (Válvula principal formadora) min 30 psi/ max 40 psi			
		Verificar presión de soplado (Brazo de formadora) min 60 psi/ max 70 psi			
		Verificar la posición de las duchas altas			
		Verificar la posición de las duchas bajas			
		Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura			
		Cilindros hidráulicos, revisar guías y anillos de ejes limpios			
		Freno neumático, revisar que ejerzan la presión adecuada para que impulse el freno (Presión 50 psi)			
		Unidades de mantenimiento, verificar presión de ingreso y salida, nivel de aceite DT 25			
		Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura			
		Moldes de presión, verificar su correcta alineación y que no estén tapadas las perforaciones			
		Moldes de formación, verificar alineación y revisar que las mallas no estén rotas o dañadas			
		Conexión neumática, revisar mangueras, uniones, válvulas			
		Revisión de desperdicios para generar orden de paro y limpieza			
		Revisión de que no exista en las válvulas de agua fugas, ni desperfectos en las manijas			
		Revisar que no haya grietas fugas en la manguera de succión			
		Revisar el desgaste y verificar la medida de los rodillos de las guías de duraron			
		Revisar que no haya desgastes en las aristas, sonidos de fricción en los engranes			
		Revisar que se mantenga lubricada las chumaceras, limpieza de tuercas y esparrago del brazo impulsor			
		Engrasar las superficies de deslizamiento			
		Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste			
Revisión del perno de la compuerta del ventilador del proceso					

		Las presiones y temperaturas de operación deben ser normales. (Si no lo son determinar las causas)			
		Revise los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten			
		Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura			
	<b>Eléctrico</b>	Verificar que el dispositivo de accionamiento funcione correctamente			
		Temperatura chumacera			
		Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina			
		Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos			
		Cambio de los rodamientos periódicamente			
Verificar si el control de velocidades funciona correctamente					

Equipo: Cámara de Secado Código: PRCS02					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
	<b>Mecánico</b>	Zona intermedia, revisar los topes guías de parrillas inferior y superior			
		Revisar que las bandejas no estén desperfectos y con todos sus pernos			
		Revisar que la catalina no tenga desgaste			
		Lubricar la cadena (Aceite SOCONY OVEN CONVEYOR LUBE)			
		Revisar que en la parte superior del secador no estén levantados las uniones ni los remaches			
		Revisar el nivel de aceite en las mirillas			
		Revisar que no haya fugas de aceite			
		Revisar distancias de contrapesos posteriores de derecha a izquierda			
		Revisar las compuertas laterales y parte posterior no estén rotas o con fisuras			
		Revisar que no haya cubetas caídas			
		Revisar niveles de aceite en la caja reductora			
		Verificar que las bandas motrices no estén fisuradas			
		Revisar que la presión del quemador no este desvinculado			
		Verificar que la manguera de alimentación GLP estén bien ajustados			
		Engrasar las superficies de rotación			
		<b>Eléctrico</b>	Guardas en buen estado del motor		
	Control de temperatura del motor				
	Ruidos extraños motor				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
	Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos				
	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente				

Equipo: Empacadora Código: EMEP03					
Equipo	Sistema	Tarea de mantenimiento	Diario	Mensual	Anual
Empacadora	Mecánico	Limpieza de estructura prensa neumática (eliminar residuos de polvo y manchas)	■		
		Revisar que la estructura de la mesa no tenga puntos flojos (tornillería), rotos o desoldados	■		
		Controlar el buen estado de la pintura, (no debe haber óxidos)	■		
		Limpieza del sistema neumático (F.R.L, válvulas neumáticas y pistones), eliminando rastros de polvo	■		
		Revisar que en el sistema neumático no existan fugas en ningún elemento, (empaques, racores, mangueras)	■		
		Mantener limpio el piso del área de empaçado	■		
		Verificar que los pistones estén limpios		■	
		Verificar que no existan golpes al finalizar la carrera (regular el freno en caso de existir golpes) en los pistones		■	
		Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón	■	■	
		Chequear que el vástago no tenga rastros de rozamientos, ni que esté torcido		■	
		Engrasar las superficies de deslizamiento		■	
		Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste		■	
		Lubricar la base por donde se desliza la prensa	■		
		Control de temperatura del motor		■	
		Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina			
	Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos		■		
	Cambio de los rodamientos				■
	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente		■		

**ANEXO XI:** Ordenes de trabajo

Rutas diarias de mantenimiento de la empresa PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL.

	<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>RUTA O GAMA DE MANTENIMIENTO</b>	
---	--	---

<b>OPERARIO:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FINAL:</b>	

<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b>
Desarmadores Llaves de ajuste Alicates	Overol Orejeras o tapones Guantes Calzado de seguridad Mascarilla facial o anti polvo
<b>RIESGO DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS:</b>	<b>MATERIALES:</b>
Revisar las fichas técnicas de los equipos de los equipos de protección las normas para utilizar correctamente el equipo o apagar el equipo para realizar la limpieza respectiva	Uso Conocer Detener Instrumentos de limpieza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>RA BT 01</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>	
Banda Transportadora	Limpieza de la plataforma de la balanza, verificar su operatividad comprobando el peso que registra la pantalla				
	Limpieza de la estructura del transporte, eliminando residuos de polvo y grasa				
	Verificar que la estructura no tenga puntos rotos o desprendidos				
	Controlar que la banda transportadora no tenga cortes ni agujeros				
	Limpiar los rodillos del transporte, eliminar las partículas de papel que se impregnan				
	Verificar que todos los rodillos giren libremente				
	Revisar el estado de los ejes de los rodillos de transferencia (goma) que no estén cabeceando				
	Controlar el funcionamiento del paro de emergencia, encender la banda y detenerla usando el paro de emergencia				
	Verificar el correcto encendido del motor				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR PL 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>	
Pulper hidráulico vertical	Limpieza de la estructura del pulper (maquina, escalera, plataforma, mesa y barandas), retirar residuos de polvo y suciedades				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Verificar que en la estructura no existan puntos rotos ni flojos, el tanque no debe tener fisuras en las uniones soldadas, ni en la compuerta		
	Controlar en el tambor de transmisión, bajo la olla, no presente fugas de agua, ni tenga ruidos extraños		
	Verificar que no existan fugas de agua por válvulas, ni en las uniones o empates		
	Realizar purga del FRL y controlar el nivel de aceite		
	Verificar que el manómetro indique la presión adecuada		
	Verificar que no exista fugas de aire por los accesorios neumáticos y ver que las electroválvulas giren sin atascos		
	Limpieza parte externa del motor		
	Retirar cuerpos extraños del fondo del pulper		
	Colocar grasa SKF en sus puntos de lubricación		
	Verificar temperatura del motor		
	Verificar el correcto encendido del motor		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR ZA 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
			Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Zaranda Vibratoria	Limpieza de la estructura, no de ben haber residuos de polvo o manchas de pulpa o de grasa		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Verificar que no existan fisuras o puntos rotos en la estructura y en la rejilla de la zaranda, revisar el estado de la pintura		
	Verificar que los resortes estén en buen estado y no rotos		
	Realizar limpieza externa del motor		
	Limpieza de la línea de agua		
	Revisar que no existan fugas de agua por válvulas ni uniones		
	Realizar limpieza del FRL, y realizar purga y chequear nivel de aceite		
	Limpieza de las electroválvulas y verificar su accionamiento (debe girar sin atascos)		
	Verificar el correcto encendido del motor		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR RF 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
			Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Refinador	Limpieza al contorno del refinador, libre de pulpa derramada y residuos húmedos		
	Limpieza externa de la carcasa refinadora		
	Limpieza e inspección de la carcasa del motor		
	Limpieza e inspección del estado de la caja reductora		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Verificar que no existan fugas de pulpa o de aceite		
	Verificar que la guarda de seguridad se encuentre en buen estado		
	Verificar que el volante de la compuerta gire libremente sin obstrucciones		
	Revisar que las tuberías no tengan puntos fisurados, o fugas en las uniones y válvulas		
	Verificar el correcto encendido del motor		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P1 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
			Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 1 (5%)	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames		
	Limpieza externa del tablero eléctrico		
	Limpieza e inspección en buen estado de la bomba		
	Limpieza e inspección del estado de la caja reductora		
	Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa		
	Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa		
	Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Verificar fugas por empaquetadura en la bomba		
	Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R. L		
	Verificar el correcto encendido del motor		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P2 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
			Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 2 (2%)	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames		
	Limpieza externa del tablero eléctrico		
	Limpieza e inspección en buen estado de la bomba		
	Limpieza e inspección del estado de la caja reductora		
	Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa		
	Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa		
	Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas		
	Verificar fugas por empaquetadura en la bomba		
	Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R. L		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Verificar el correcto encendido del motor			
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P3 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
				Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 3 (1%)	Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames			
	Limpieza externa del tablero eléctrico			
	Limpieza e inspección en buen estado de la bomba			
	Limpieza e inspección del estado de la caja reductora			
	Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa			
	Limpieza e inspección de las electroválvulas en las tuberías de la pulpa			
	Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas			
	Verificar fugas por empaquetadura en la bomba			
	Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R. L			
	Verificar el correcto encendido del motor			
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR FO 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
				Diaria

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	RANGO NORMAL
Formadora	Verificar presión de transferencia (Válvula principal formadora) min 30 psi/ máx. 40 psi		
	Verificar presión de soplado (Brazo de formadora) min 60 psi/ máx. 70 psi		
	Verificar la posición de las duchas bajas		
	Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura		
	Cilindros hidráulicos, revisar guías y anillos de ejes limpios		
	Freno neumático, revisar que ejerzan la presión adecuada para que impulse el freno (Presión 50 psi)		
	Unidades de mantenimiento, verificar presión de ingreso y salida, nivel de aceite DT 25		
	Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura		
	Moldes de presión, verificar su correcta alineación y que no estén tapadas las perforaciones		
	Moldes de formación, verificar alineación y revisar que las mallas no estén rotas o dañadas		
	Conexión neumática, revisar mangueras, uniones, válvulas		
Formadora	Revisión de desperdicios para generar orden de paro y limpieza		
	Revisión de que no exista en las válvulas de agua fugas, ni desperfectos en las manijas		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Revisar que no haya grietas fugas en la manguera de succión		
	Revisar el desgaste y verificar la medida de los rodillos de las guías de duraron		
	Revisar que no haya desgastes en las aristas, sonidos de fricción en los engranes		
	Revisión del perno de la compuerta del ventilador del proces7862110544460 o		
	Las presiones y temperaturas de operación deben ser normales. (Si no lo son determinar las causas)		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR CS 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>
			Diaria
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Cámara de secado	Zona intermedia, revisar los topes guías de parrillas inferior y superior		
	Revisar que las bandejas no estén desperfectos y con todos sus pernos		
	Revisar que no haya fugas de aceite		
	Revisar distancias de contrapesos posteriores de derecha a izquierda		
	Revisar que no haya cubetas caídas		
	Revisar que la presión del quemador no este desvinculado		
	Verificar que la manguera de alimentación GLP estén bien ajustados		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CÓDIGO RUTA:	EM EP 03	FRECUENCIA:	Diaria
EQUIPO	DESCRIPCIÓN		RESULTADO	RANGO NORMAL	
Empacadora	Limpieza de estructura prensa neumática (eliminar residuos de polvo y manchas)				
	Revisar que la estructura de la mesa no tenga puntos flojos (tornillería), rotos o desoldados)				
	Controlar el buen estado de la pintura, (no debe haber óxidos)				
	Limpieza del sistema neumático (F.R.L, válvulas neumáticas y pistones), eliminando rastros de polvo)				
	Revisar que en el sistema neumático no existan fugas en ningún elemento, (empaques, racores, mangueras)				
	Mantener limpio el piso del área de empaçado				
	Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón				
	Lubricar la base por donde se desliza la prensa				
<b>OBSERVACIÓN:</b>					

**RESPONSABLES**

Entregado por:		Recibido por:	
<b>Firma</b>		<b>Firma</b>	
<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>	

Magas mensuales de mantenimiento de la empresa PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL.

 <b>PULPAMOL</b>	<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>RUTA O GAMA DE MANTENIMIENTO</b>	 <b>PULPAMOL</b>
--	--	--

<b>OPERARIO:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FINAL:</b>	

<b>HERRAMIENTAS:</b>		<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b>	
Desarmadores	Estetoscopio	Prensa de banco	Overol Respirador 3M
Llaves de ajuste	Llaves de filtro		Ref. 6200
Juego de destornilladores	Lámpara		Orejas o tapones
Alicate	MIG-MAG		Guantes
Lima	Tensiómetro		Calzado de seguridad
Tornillos	Juego de Machos y terrajas.		Mascarilla facial o anti polvo
			Careta para soldar
<b>RIESGO DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS:</b>		<b>MATERIALES:</b>	
Revisar las fichas técnicas de los equipos Uso de los equipos de protección Conocer las normas para utilizar correctamente el equipo Detener o apagar el equipo para realizar la limpieza respectiva Verificar si el tipo de aceite/lubricante que se va a colocar es el correcto para el equipo		Instrumentos de limpieza Lubricante/aceite Guaípe	

<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>RA BT 01</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Banda Transportadora	Retirar la basura que se acumula en las chumaceras de los rodillos de goma			

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Engrasar los puntos lubricables que se encuentran en las chumaceras		
	Controlar la tensión de la banda transportadora, de ser necesario ajustarla más (se debe ajustar por igual los templadores).		
	Quitar la guarda de seguridad, comprobar la holgura de la cadena		
	Con el equipo apagado realizar limpieza de piñones y catalina aplicando WD-40		
	Engrasar la superficie de deslizamiento		
	Lubricar cadena con aceite para cadenas, colocar la guarda de seguridad al terminar		
	Verificar que no existan ruidos extraños, usando el estetoscopio		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR PL 02</b>
		<b>FRECUENCIA:</b>	Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Pulper hidráulico vertical	Limpieza de la línea de agua, línea de aire, limpieza externa de electroválvulas y del FRL.		
	Verificar que las bandas estén correctamente tensadas y no con demasiada holgura		
	Controlar en el tambor de transmisión, bajo la olla, no presente fugas de agua, ni tenga ruidos extraños		
	Presionar el paro de emergencia para ingresar a la cámara y revisar el desgaste de las cuchillas y los alabes laterales		
	Controlar que la rejilla este bien asentada en la base y que no tenga puntos rotos, flojos o desoldados		
	Cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricables para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo		
	Revisar que los filtros estén en buen estado		
	Verificar la tensión de las bandas usando el tensiómetro		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricables para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo		
	Revisar que los filtros estén en buen estado		
	Verificar la tensión de las bandas usando el tensiómetro		
	Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio		
	Chequear el estado de las bandas, no deben estar reventadas, ni partidas ni deshilándose		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR ZA 02</b>
		<b>FRECUENCIA:</b>	Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Zaranda Vibratoria	Colocar grasa EP en los puntos lubricables y limpiar el exceso		
	Verificar que el love joy no este roto y bien ajustado en los extremos		
	En la unidad de tratamiento de aire FRL cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricable para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo		
	Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio		
	Colocar grasa en los resortes		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR RF 02</b>
		<b>FRECUENCIA:</b>	Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Refinador	Revisar el desgaste de los discos abrasivos de la bomba		
	Verificar fugas por empaquetadura		
	Colocar grasa EP en puntos de lubricación		
	Comprobar nivel de aceite y el estado en la caja reductora		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Levantar guarda de seguridad y chequear que el matrimonio no tenga desgaste ni juegos en su movimiento		
	Revisar que no exista fuga de pulpa por el lado de la trenza stopa de la bomba		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P1 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 1 (5%)	Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.		
	Realizar purga del vaso filtrante		
	Ruidos extraños motor		
	Comprobar nivel de aceite		
	Control de temperatura		
	Verificar fugas por empaquetadura		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P2 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 2 (2%)	Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.		
	Realizar purga del vaso filtrante		
	Ruidos extraños motor		
	Comprobar nivel de aceite		
	Control de temperatura		
	Verificar fugas por empaquetadura		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P3 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 3 (1%)	Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.		
	Realizar purga del vaso filtrante		
	Ruidos extraños motor		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Comprobar nivel de aceite		
	Control de temperatura		
	Verificar fugas por empaquetadura		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR FO 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Formadora	Revisar que se mantenga lubricada las chumaceras, limpieza de tuercas y esparrago del brazo impulsor		
	Engrasar las superficies de deslizamiento		
	Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste		
	Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura		
	Verificar que el dispositivo de accionamiento funcione correctamente		
	Temperatura chumacera		
	Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos		
	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR CS 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Cámara de secado	Revisar niveles de aceite en la caja reductora		
	Verificar que las bandas motrices no estén fisuradas		
	Engrasar las superficies de rotación		
	Guardas en buen estado del motor		
	Control de temperatura del motor		
	Ruidos extraños motor		
	Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos		
	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente		
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>EM EP 03</b>	<b>FRECUENCIA:</b> Mensual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	RANGO NORMAL
Empacadora	Verificar que los pistones estén limpios		
	Verificar que no existan golpes al finalizar la carrera (regular el freno en caso de existir golpes) en los pistones		
	Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón		
	Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón		
	Chequear que el vástago no tenga rastros de rozamientos, ni que esté torcido		
	Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste		
	Control de temperatura del motor		
	Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos		
	Verificar si el control de velocidades funciona correctamente		
<b>OBSERVACIÓN:</b>			

**RESPONSABLES**

<b>Entregado por:</b>	<b>Recibido por:</b>
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>
<b>Nombre:</b>	<b>Nombre:</b>

Magas anuales de mantenimiento de la empresa PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL.

 <b>PULPAMOL</b>	<b>PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL</b> <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b> <b>RUTA O GAMA DE MANTENIMIENTO</b>	 <b>PULPAMOL</b>
--	--	--

<b>OPERARIO:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>HORA INICIO:</b>		<b>HORA FINAL:</b>	

<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b>
Desarmadores Llaves de ajuste Alicates Amperímetro Destornilladores	Overol Orejeras o tapones Guantes Calzado de seguridad Mascarilla facial o anti polvo
<b>RIESGO DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS:</b>	<b>MATERIALES:</b>
Revisar las fichas técnicas de los equipos Uso de los equipos de protección Conocer las normas para utilizar correctamente el equipo Detener o apagar el equipo para realizar la limpieza respectiva	Instrumentos de limpieza      Enchufes Cable eléctrico                  Rodamientos Tubos Interruptores

<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>RA BT 01</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Banda Transportadora	Revisar los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten				
	Limpieza de canales de deslizamiento y tornillos				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR PL 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Pulper hidráulico vertical	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR ZA 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Zaranda Vibratoria	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR RF 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Refinador	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P1 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 1 (5%)	Cambiar tubos desgastados				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P2 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 2 (2%)	Cambiar tubos desgastados				
	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos				
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR P3 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Piscina No. 3 (1%)	Cambiar tubos desgastados				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR FO 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Formadora	Revise los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten			
	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina			
	Verificar la posición de las duchas bajas			
	Cambio de los rodamientos periódicamente			
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>PR CS 02</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Cámara de secado	Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos			
<b>RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>CÓDIGO RUTA:</b>	<b>EM EP 03</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	Anual
<b>EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	<b>RANGO NORMAL</b>
Empacadora	Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina			
	Cambio de los rodamientos			
<b>OBSERVACIÓN:</b>				

**RESPONSABLES**

<b>Entregado por:</b>	<b>Recibido por:</b>
<b>Firma</b>	<b>Firma</b>
<b>Nombre:</b>	<b>Nombre:</b>

**ANEXO XII:** Procedimiento de realización de rutas y gamas de mantenimiento programado aplicando la metodología RCM para los equipos de la línea de producción.

**1. Objeto:**

El presente procedimiento se aplica en la planta Pulpa Moldeada S.A “PULPAMOL”, ubicada en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Tanicuchi, Kilómetro 1 Cajón Veracruz y Secundaria, Camino Santa Ana Toacaso, para la ejecución del mantenimiento RCM de los equipos de la línea de producción de cubetas para huevos.

**2. Alcance:**

Queda dentro del alcance de este procedimiento, la banda transportadora para el transporte de materia prima hacia el Pulper para empezar el proceso de desfibrado, pulper consta de cuchillas y aspas para desfibrar la materia prima y mezclar con el agua y otros aditivos químicos para obtener la pasta., zaranda vibratoria permite filtrar la pulpa de elementos contaminantes (plásticos, objetos metálicos) que no pueden ser desfibrados por la naturaleza del material, refinador muele la pulpa de papel para que las fibras del producto puedan entrelazarse mejor, piscinas (1,2,3) almacena la pulpa donde se encuentra instalado un agitador el cual permite mejorar la viscosidad del material., formadora cuenta con un sistema de vacío que succiona y forma las cubetas para huevos de acuerdo las especificaciones requeridas, la cámara de secado está conformada por 3 niveles y 6 subniveles a diferentes temperaturas y empacadora cumple la función de receptor y formar paquetes de 100 unidades cada uno.

**3. Documentos de referencia**

Análisis de equipo por niveles

Codificación de equipos

Codificación de elementos

Nivel de criticidad

Fichas técnicas

Determinación de fallo, modo de fallos y estudio de medidas preventivas

Planificación de tareas de mantenimiento mediante rutas y gamas

Esquema de procedimientos

Procedimiento de realización de rutas y gama

#### **4. Responsabilidades**

Será responsabilidad del jefe de mantenimiento de la planta será conocer y manipular el contenido del presente y participar en su implantación. El supervisor de mantenimiento tomara las decisiones adecuadas para resolver los problemas que pudieron presentarse durante su aplicación.

El presente procedimiento tiene como personas responsables el personal encargado de realizar los trabajos adecuadamente, siguiendo las instrucciones y notificar las posibles anomalías. Tendrá también cierto grado de responsabilidad el personal que opere en los equipos, debido a que tienen contacto permanente y serán quienes ayuden a verificar el funcionamiento correcto.

#### **5. Requisitos de seguridad**

##### **5.1 General:**

Es de aplicación la normativa legal vigente, así como los siguientes documentos:

- a. Plan de prevención
- b. Decreto ejecutivo 2393

##### **5.2 Instrucciones de seguridad**

El operario debe usar los elementos de protección personal de forma permanente mientras se encuentre expuesto al riesgo, siendo de su responsabilidad mantenerlo en perfecto estado de funcionamiento, cuando los elementos de protección se encuentren en mal estado o con fallas, deberá comunicarlo de inmediato a su jefe directo, si en alguna oportunidad se detecta que el operario habiendo recibido el EPP no está haciendo uso de este, se notificará al jefe inmediato para que se tome los correctivos pertinentes.

Los cuidados a tener con cada uno de los EPP son los siguientes:

- Usar guantes al momento de manipular los objetos de los equipos
- No quitar o desactivar los componentes de seguridad de los equipos
- Mantener un orden y limpieza en el área de trabajo adecuada
- En caso de presentarse alguna duda del uso de equipo, consultar con el jefe de mantenimiento y el personal capacitado

#### **6. Desarrollo**

## 6.1 Mantenimiento diario

### **Herramientas y medios:**

- Caja de herramientas
- Alicates
- Lima
- Tornillos
- Estetoscopio
- Llaves de filtro
- Lámpara
- MIG-MAG
- Tensiómetro
- Juego de machos y terrajas
- Prensa de banco

### **Materiales:**

- Instrumentos de limpieza
- Lubricantes
- Grasa
- Guaipe

### **RUTAS DIARIAS DE LOS EQUIPOS:**

Los operarios deben cumplir con las siguientes actividades diarias con el objeto de reducir paros inesperados en la producción y reducir el tiempo de mantenimiento.

- **Banda transportadora**
  1. Limpieza de la plataforma de la balanza, verificar su operatividad comprobando el peso que registra la pantalla
  2. Limpieza de la estructura del transporte, eliminando residuos de polvo y grasa
  3. Verificar que la estructura no tenga puntos rotos o desprendidos
  4. Controlar que la banda transportadora no tenga cortes ni agujeros
  5. Limpiar los rodillos del transporte, eliminar las partículas de papel que se impregnan
  6. Verificar que todos los rodillos giren libremente

7. Revisar el estado de los ejes de los rodillos de transferencia (goma) que no estén cabeceando
  8. Controlar el funcionamiento del paro de emergencia, encender la banda y detenerla usando el paro de emergencia
  9. Verificar el correcto encendido del motor
- **Pulper hidráulico vertical**
    1. Limpieza de la estructura del pulper (maquina, escalera, plataforma, mesa y barandas), retirar residuos de polvo y suciedades
    2. Verificar que en la estructura no existan puntos rotos ni flojos, el tanque no debe tener fisuras en las uniones soldadas, ni en la compuerta
    3. Verificar que no existan fugas de agua por válvulas, ni en las uniones o empates
    4. Verificar que el manómetro indique la presión adecuada
    5. Verificar que no exista fugas de aire por los accesorios neumáticos y ver que las electroválvulas giren sin atascos
    6. Retirar cuerpos extraños del fondo del pulper
    7. Colocar grasa SKF en sus puntos de lubricación
    8. Verificar temperatura del motor
    9. Verificar el correcto encendido del motor
  - **Zaranda Vibratoria**
    1. Limpieza de la estructura, no debe haber residuos de polvo o manchas de pulpa o de grasa
    2. Verificar que no existan fisuras o puntos rotos en la estructura y en la rejilla de la zaranda, revisar el estado de la pintura
    3. Realizar limpieza externa del motor
    4. Limpieza de la línea de agua
    5. Revisar que no existan fugas de agua por válvulas ni uniones
    6. Realizar limpieza del FRL, y realizar purga y chequear nivel de aceite
    7. Limpieza de las electroválvulas y verificar su accionamiento (debe girar sin atascos)
    8. Verificar el correcto encendido del motor
  - **Refinador**
    1. Limpieza al contorno del refinador, libre de pulpa derramada y residuos húmedos
    2. Limpieza externa de la carcasa refinadora
    3. Limpieza e inspección de la carcasa del motor

4. Limpieza e inspección del estado de la caja reductora
  5. Verificar que no existan fugas de pulpa o de aceite
  6. Verificar que la guarda de seguridad se encuentre en buen estado
  7. Verificar que el volante de la compuerta gire libremente sin obstrucciones
  8. Revisar que las tuberías no tengan puntos fisurados, o fugas en las uniones y válvulas
- **Piscina No. 1 (5%)**
    1. Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames
    2. Limpieza externa del tablero eléctrico
    3. Limpieza e inspección en buen estado de la bomba
    4. Limpieza e inspección del estado de la caja reductora
    5. Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa
    6. Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas
    7. Verificar fugas por empaquetadura en la bomba
    8. Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L
    9. Verificar el correcto encendido del motor
  - **Piscina No. 2 (2%)**
    1. Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames
    2. Limpieza externa del tablero eléctrico
    3. Limpieza e inspección en buen estado de la bomba
    4. Limpieza e inspección del estado de la caja reductora
    5. Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa
    6. Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas
    7. Verificar fugas por empaquetadura en la bomba
    8. Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L
    9. Verificar el correcto encendido del motor
  - **Piscina No. 3 (1%)**
    1. Limpieza de piso y bordes, libre de manchas, obstrucciones y derrames
    2. Limpieza externa del tablero eléctrico
    3. Limpieza e inspección en buen estado de la bomba
    4. Limpieza e inspección del estado de la caja reductora

5. Limpieza e inspección del funcionamiento de las válvulas y tuberías de la pulpa
  6. Desmontaje y limpieza de los pies de válvulas que se encuentran en las tinas
  7. Verificar fugas por empaquetadura en la bomba
  8. Realizar limpieza externa y verificar el estado de la unidad de tratamiento de aire F.R.L
  9. Verificar el correcto encendido del motor
- **Formadora**
    1. Verificar presión de transferencia (Válvula principal formadora) min 30 psi/ max 40 psi
    2. Verificar presión de soplado (Brazo de formadora) min 60 psi/ max 70 psi
    3. Verificar la posición de las duchas bajas
    4. Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura
    5. Cilindros hidráulicos, revisar guías y anillos de ejes limpios
    6. Freno neumático, revisar que ejerzan la presión adecuada para que impulse el freno (Presión 50 psi)
    7. Unidades de mantenimiento, verificar presión de ingreso y salida, nivel de aceite DT 25
    8. Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura
    9. Moldes de presión, verificar su correcta alineación y que no estén tapadas las perforaciones
    10. Moldes de formación, verificar alineación y revisar que las mallas no estén rotas o dañadas
    11. Conexión neumática, revisar mangueras, uniones, válvulas
    12. Revisión de desperdicios para generar orden de paro y limpieza
    13. Revisión de que no exista en las válvulas de agua fugas, ni desperfectos en las manijas
    14. Revisar que no haya grietas fugas en la manguera de succión
    15. Revisar el desgaste y verificar la medida de los rodillos de las guías de duraron
    16. Revisar que no haya desgastes en las aristas, sonidos de fricción en los engranes
    17. Revisión del perno de la compuerta del ventilador del proceso
    18. Las presiones y temperaturas de operación deben ser normales. (Si no lo son determinar las causas)
  - **Cámara de secado**

1. Zona intermedia, revisar los topes guías de parrillas inferior y superior
  2. Revisar que las bandejas no estén desperfectos y con todos sus pernos
  3. Revisar que no haya fugas de aceite
  4. Revisar distancias de contrapesos posteriores de derecha a izquierda
  5. Revisar que no haya cubetas caídas
  6. Revisar que la presión del quemador no este desvinculado
  7. Verificar que la manguera de alimentación GLP estén bien ajustados
- **Empacadora**
    1. Limpieza de estructura prensa neumática (eliminar residuos de polvo y manchas)
    2. Revisar que la estructura de la mesa no tenga puntos flojos (tornillería), rotos o desoldados)
    3. Controlar el buen estado de la pintura, (no debe haber óxidos)
    4. Limpieza del sistema neumático (F.R.L, válvulas neumáticas y pistones), eliminando rastros de polvo)
    5. Revisar que en el sistema neumático no existan fugas en ningún elemento, (empaques, racores, mangueras)
    6. Mantener limpio el piso del área de empaçado
    7. Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón
    8. Lubricar la base por donde se desliza la prensa

## **RUTAS MENSUALES DE LOS EQUIPOS**

Los operarios deben cumplir con las siguientes actividades mensuales con el objeto de reducir paros inesperados en la producción y reducir el tiempo de mantenimiento.

- **Banda transportadora**
  1. Retirar la basura que se acumula en las chumaceras de los rodillos de goma
  2. Engrasar los puntos lubricables que se encuentran en las chumaceras
  3. Controlar la tensión de la banda transportadora, de ser necesario ajustarla más (se debe ajustar por igual los templadores)
  4. Quitar la guarda de seguridad, comprobar la holgura de la cadena
  5. Con el equipo apagado realizar limpieza de piñones y catalina aplicando WD-40
  6. Engrasar la superficie de deslizamiento
  7. Lubricar cadena con aceite para cadenas, colocar la guarda de seguridad al terminar
- **Pulper hidráulico vertical**

1. Limpieza de la línea de agua, línea de aire, limpieza externa de electroválvulas y del FRL
  2. Verificar que las bandas estén correctamente tensadas y no con demasiada holgura
  3. Controlar en el tambor de transmisión, bajo la olla, no presente fugas de agua, ni tenga ruidos extraños
  4. Presionar el paro de emergencia para ingresar a la cámara y revisar el desgaste de las cuchillas y los alabes laterales
  5. Controlar que la rejilla este bien asentada en la base y que no tenga puntos rotos, flojos o desoldados
  6. Cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricables para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo
  7. Revisar que los filtros estén en buen estado
  8. Verificar la tensión de las bandas usando el tensiómetro
  9. Cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricables para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo
  10. Verificar la tensión de las bandas usando el tensiómetro
  11. Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio
  12. Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio
  13. Chequear el estado de las bandas, no deben estar reventadas, ni partidas ni deshilándose
- **Zaranda Vibratoria**
    1. Colocar grasa EP en los puntos lubricables y limpiar el exceso
    2. Verificar que el love joy no este roto y bien ajustado en los extremos
    3. En la unidad de tratamiento de aire FRL cerrar la línea de aire, luego retirar el vaso filtrante y lubricable para realizar limpieza interna, colocar aceite en el vaso lubricante luego de limpiarlo
    4. Inspeccionar algún ruido extraño usando el estetoscopio
    5. Colocar grasa en los resortes
  - **Refinador**
    1. Revisar el desgaste de los discos abrasivos de la bomba
    2. Verificar fugas por empaquetadura
    3. Colocar grasa EP en puntos de lubricación
    4. Comprobar nivel de aceite y el estado en la caja reductora

5. Levantar guarda de seguridad y chequear que el matrimonio no tenga desgaste ni juegos en su movimiento
  6. Revisar que no exista fuga de pulpa por el lado de la prensa stopa de la bomba
- **Piscina No. 1 (5%)**
    1. Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.
    2. Realizar purga del vaso filtrante
    3. Ruidos extraños motor
    4. Comprobar nivel de aceite
    5. Control de temperatura
    6. Verificar fugas por empaquetadura
  - **Piscina No. 2 (2%)**
    1. Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.
    2. Realizar purga del vaso filtrante
    3. Ruidos extraños motor
    4. Comprobar nivel de aceite
    5. Control de temperatura
    6. Verificar fugas por empaquetadura
  - **Piscina No. 3 (1%)**
    1. Verificar el funcionamiento del manómetro de la unidad de mantenimiento F.R.L.
    2. Realizar purga del vaso filtrante
    3. Ruidos extraños motor
    4. Comprobar nivel de aceite
    5. Control de temperatura
    6. Verificar fugas por empaquetadura
  - **Formadora**
    1. Revisar que se mantenga lubricada las chumaceras, limpieza de tuercas y esparrago del brazo impulsor
    2. Engrasar las superficies de deslizamiento
    3. Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste
    4. Motor reductor, verificar bandas matrices, niveles de aceite, temperatura
    5. Verificar que el dispositivo de accionamiento funcione correctamente
    6. Temperatura chumacera
    7. Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos

8. Verificar si el control de velocidades funciona correctamente
- **Cámara de secado**
    1. Revisar niveles de aceite en la caja reductora
    2. Verificar que las bandas motrices no estén fisuradas
    3. Engrasar las superficies de rotación
    4. Guardar en buen estado del motor
    5. Control de temperatura del motor
    6. Ruidos extraños motor
    7. Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos
    8. Verificar si el control de velocidades funciona correctamente
  - **Empacadora**
    1. Verificar que los pistones estén limpios
    2. Verificar que no existan golpes al finalizar la carrera (regular el freno en caso de existir golpes) en los pistones
    3. Revisar que no exista fugas de aire en el cuerpo del cilindro del pistón
    4. Chequear que el vástago no tenga rastros de rozamientos, ni que esté torcido
    5. Revisar los pernos y reparar para cambio o ajuste
    6. Control de temperatura del motor
    7. Verificar las conexiones eléctricas y cables expuestos
    8. Verificar si el control de velocidades funciona correctamente

## **RUTAS ANUALES DE LOS EQUIPOS**

Los operarios deben cumplir con las siguientes actividades con el objeto de reducir paros inesperados en la producción y reducir el tiempo de mantenimiento.

- **Banda Transportadora**
  1. Revisar los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten
  2. Limpieza de canales de deslizamiento y tornillos
  3. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Pulper hidráulico vertical**
  1. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Zaranda Vibratoria**
  1. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos

- **Refinador**
  1. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Piscina No. 1 (5%)**
  1. Cambiar tubos desgastados
  2. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Piscina No. 2 (2%)**
  1. Cambiar tubos desgastados
  2. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Piscina No. 3 (1%)**
  1. Cambiar tubos desgastados
  2. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Formadora**
  1. Revise los cables eléctricos, enchufes e interruptores al menos una vez al año para evitar que se aflojen o se desgasten
  2. Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina
  3. Verificar la posición de las duchas bajas
  4. Cambio de los rodamientos periódicamente
- **Cámara de secado**
  1. Sustituir los cables que ya cumplieron su tiempo de uso o rotos
- **Empacadora**
  1. Reset de la parte eléctrica en caso de un incorrecto encendido de la máquina
  2. Cambio de los rodamientos
- **7. Averías, defectos o anomalías encontradas al realizar las gamas de mantenimiento**

Si durante la ejecución de las tareas de mantenimiento RCM, tanto diario, mensual y anual se evidencia que los datos tomados se evidencia datos fuera de los rangos normales, se acudirá al **ANEXO VIII** “Determinación de medidas preventivas para los equipos”.

## **8. Registro**

Como resultado de los trabajos elaborados se almacenará de manera periódica las rutas y gamas de mantenimiento diario, mensuales y anuales del área de recepción y almacenaje de materia prima, área de producción y área de empaque.

**Rutas diarias (Área de recepción y almacenaje de materia prima)**

- RA BT 01

**Rutas diarias (Área de producción)**

- PR PL 02
- PR ZA 02
- PR RF 02
- PR P1 02
- PR P2 02
- PR P3 02
- PR FO 02
- PR CS 02

**Gama mensual (Área de empaque)**

- EM EP 03

**Gama mensual (Área de recepción y almacenaje de materia prima)**

- RA BT 01

**Gama mensual (Área de producción)**

- PR PL 02
- PR ZA 02
- PR RF 02
- PR P1 02
- PR P2 02
- PR P3 02
- PR FO 02
- PR CS 02

**Gama mensual (Área de empaque)**

- EM EP 03

**Gama anual (Área de recepción y almacenaje de materia prima)**

- RA BT 01

**Gama anual (Área de producción)**

- PR PL 02
- PR ZA 02
- PR RF 02
- PR P1 02
- PR P2 02
- PR P3 02
- PR FO 02
- PR CS 02

**Gama anual (Área de empaque)**

- EM EP 03

**9. Anexos**

<b>ÁREA DE RECEPCIÓN Y ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA</b>			
<b>Código</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Descripción</b>
RA BT 01		1,0	Ruta diaria de la banda transportadora
RA BT 01		1,0	Gama mensual de la banda transportadora
RA BT 01		1,0	Gama anual de la banda transportadora

<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>Código</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Descripción</b>
PR PL 02		1,0	Ruta diaria del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02		1,0	Ruta diaria de la zaranda vibratoria
PR RF 02		1,0	Ruta diaria del refinador
PR P1 02		1,0	Ruta diaria de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02		1,0	Ruta diaria de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02		1,0	Ruta diaria de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02		1,0	Ruta diaria de la formadora

PR CS 02		1,0	Ruta diaria de la cámara de secado
PR PL 02		1,0	Gama mensual del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02		1,0	Gama mensual de la zaranda vibratoria
PR RF 02		1,0	Gama mensual del refinador
PR P1 02		1,0	Gama mensual de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02		1,0	Gama mensual de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02		1,0	Gama mensual de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02		1,0	Gama mensual de la formadora
PR CS 02		1,0	Gama mensual de la cámara de secado
PR PL 02		1,0	Gama anual del pulper hidráulico vertical
PR ZA 02		1,0	Gama anual de la zaranda vibratoria
PR RF 02		1,0	Gama anual del refinador
PR P1 02		1,0	Gama anual de la piscina No. 1 (5%)
PR P2 02		1,0	Gama anual de la piscina No. 2 (2%)
PR P3 02		1,0	Gama anual de la piscina No. 3 (1%)
PR FO 02		1,0	Gama anual de la formadora
PR CS 02		1,0	Gama anual de la cámara de secado

<b>ÁREA DE EMPAQUE</b>			
<b>Código</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Descripción</b>
EM EP 03		1,0	Ruta diaria de la empacadora
EM EP 03		1,0	Gama mensual de la empacadora
EM EP 03		1,0	Gama anual de la empacadora

**ANEXO XIII:** Plan maestro de mantenimiento para ejecutarse en la empresa Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL.

 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PULPA MOLDEADA S.A. PULPAMOL 		PROGRAMACIÓN																																																										
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre														
DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4												
Equipos que forman parte de la línea de producción																																																												
Banda transportadora	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A							
Pulper hidráulico vertical	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A			
Zaranda vibratoria	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A			
Refinador	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A			
Piscina No. 1 (5%)	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A			
	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				A			



