



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

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO - COTOPAXI”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

**Autor:**

Romero Pérez Joffre David

**Tutor Académico:**

Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2022**



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



Ingeniería  
Industrial

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Joffre David Romero Pérez, declaro ser autor del presente proyecto de propuesta tecnológica: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO – COTOPAXI”**, siendo el Ing. Msc. Eugenio Pilliza Cristian Iván tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.

**Joffre David Romero Pérez**

**C.C. 055001729-7**



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO - COTOPAXI”**, del señor Romero Pérez Joffre David, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto tecnológico cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-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, agosto, 2022

**Ing. MSc. Eugenio Pilliza Cristian Iván**

**C.C. 172372747-3**



## 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 APLICADA por cuanto, el postulante: Romero Pérez Joffre David con C.I: 055001729-7 con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN INDSOL CIA – LTDA. SALCEDO – COTOPAXI”** 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, agosto del 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** MSc. Ángel Hidalgo

**CC:** 050325740-4

**Lector 2**

**Nombre:** MSc. Benjamín Chávez

**CC:** 171676037-4

**Lector 3**

**Nombre:** MSc. Josué Constante

**CC:** 050203456-4

**INDSOL CIA LTDA**  
Industria Papelera



Salcedo – Cotopaxi 20 de julio del 2022

Ing. Ximena Dolores Solís Rodríguez

**JEFE COMERCIAL DE INDSOL CIA. LTDA.**

**Presente.-**

Comunicamos que la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., apoya la realización del proyecto de tesis con el tema “DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA - LTDA. SALCEDO – COTOPAXI”, llevado a cabo por el estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Joffre David Romero Pérez, con número de cédula 055001729-7, en el periodo abril – agosto 2022.

Declaramos conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución de la investigación, quedando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo.

Sin otro particular, saludamos cordialmente a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi alma mater de la provincia.

Atentamente,

**Ing. Ximena Dolores Solís Rodríguez**

**JEFE COMERCIAL DE INDSOL CIA LTDA.**

v copia



## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi madre, que durante toda mi vida me ha demostrado que el trabajo duro y el esfuerzo realizado siempre tiene su recompensa, que no importa las circunstancias en la que uno se encuentre siempre hay que salir adelante y tener fe en lo que uno realmente desea.

Al Ingeniero Cristian Eugenio por brindarme sus conocimientos y el apoyo moral que me incentivó a seguir con la realización de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por el crecimiento personal que logró en mí y por los amplios conocimientos que obtuve a lo largo de estos años de estudio.

A María José por darme esa fuerza de seguir adelante en los momentos difíciles y a Javier por estar al pendiente y ayudarme en mis estudios.



## **DEDICATORIA**

Este proyecto de tesis se lo dedico principalmente a mi Abuelita Matilde que a pesar de que no nos vemos muy seguido ella siempre estuvo pendiente de mí y esperaba con ansias que llegue este momento de verme graduado.

A mis padres que siempre estuvieron en todo momento brindándome apoyo moral y demostrándome ese cariño que cada uno debe tener hacia los hijos.

A mis hermanos los cuales adoro con toda el alma, ellos son el complemento que se necesita para uno ser feliz en la vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 EL PROBLEMA .....	3
1.1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	5
1.2.1 Beneficiarios directos .....	5
1.2.2 Beneficiarios indirectos .....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
1.4 HIPÓTESIS .....	6
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 Objetivo general .....	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
1.6 SISTEMA DE TAREAS .....	8
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
2.1 MANTENIMIENTO.....	10
2.1.1 Mantenimiento industrial.....	10
2.1.2 Objetivos del mantenimiento industrial.....	10
2.1.3 Planificación de un mantenimiento industrial .....	11
2.2 INDICADORES .....	11
2.2.1 Criterio de confiabilidad.....	12
2.2.2 Criterio de disponibilidad .....	12
2.2.3 Criterio de mantenibilidad.....	13
2.2.4 Rendimiento operacional.....	14
2.3 COSTOS GENERALES Y DE MANTENIMIENTO .....	14
2.4 POLÍTICA GENERAL DEL MANTENIMIENTO .....	14
2.4.1 Mantenimiento preventivo.....	15
2.4.2 Tipos de mantenimiento preventivo .....	16
2.4.3 Fases para la aplicación de un mantenimiento preventivo .....	17
2.5 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	19
2.5.1 Análisis previo a la implantación .....	19
2.5.2 Ficha técnica.....	19
2.6 ANÁLISIS DE EQUIPOS .....	20
2.6.1 Lista de equipos.....	21

2.7	SISTEMA DE CODIFICACIÓN .....	22
2.7.1	Sistema de codificación de elementos .....	24
2.8	SISTEMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO (CMMS) .....	25
2.8.1	Importancia de implementar un Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS) .....	25
2.8.2	¿Por qué un sistema computarizado de mantenimiento CMMS? .....	26
2.8.3	Criterios de selección de un sistema computarizado de mantenimiento. ..	26
2.8.4	Estructura de un CMMS .....	26
2.9	ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	28
2.9.1	Criticidad en el ámbito de mantenimiento.....	31
2.9.2	Método del flujograma de análisis de criticidad (cualitativo) .....	31
2.9.3	Matriz de criticidad.....	32
2.10	ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF).....	32
2.10.1	Objetivos del AMEF.....	33
2.10.2	Criterios de calificación del AMEF.....	33
2.11	ANÁLISIS DE FALLAS .....	33
2.11.1	Clasificación de los fallos.....	34
2.11.2	Determinación de los modos de fallo .....	35
2.11.3	Causas comunes de falla.....	35
2.11.4	Plan maestro de Mantenimiento .....	37
2.11.5	Órdenes de trabajo.....	38
2.11.6	Diagrama de flujo de los procesos.....	38
2.12	HOJA-RESUMEN DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA.....	39
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	40
3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.2	MATERIALES.....	40
3.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40
3.4	INFORMACIÓN GENERAL DE LA COMPAÑÍA .....	40
3.4.1	Datos generales.....	40
3.4.2	Ubicación.....	41
3.5	INFORMACIÓN GENERAL DE LA MAQUINARIA .....	42
3.5.1	Servilletera de papel tejido .....	42
3.5.2	Máquina jumbera rebobinadora.....	43
3.5.3	Tubera-núcleo de papel .....	45
3.5.4	Máquina automática de sellado FQL 450 UN .....	46

3.5.5	Túnel de refracción (Horno BSN 4020C).....	48
3.5.6	Empacadora de servilletas de papel tissue.....	49
3.5.7	Máquina cortadora de tamaño jumbo .....	51
3.6	DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS .....	52
3.6.1	Proceso de fabricación de servilletas.....	52
3.6.2	Diagrama de recorrido de fabricación de servilletas .....	54
3.6.3	Proceso de fabricación de papel higiénico tamaño jumbo .....	54
3.6.4	Diagrama de recorrido de fabricación de papel higiénico tamaño jumbo .	55
3.6.5	Elementos que constituyen cada máquina .....	55
3.7	LAYOUT DE INDSOL CIA. LTDA.....	56
3.8	CÓDIGOS IMPLEMENTADOS EN INDSOL CIA. LTDA .....	57
3.9	FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS .....	58
3.10	DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS .....	58
3.10.1	Evaluación de criticidad de cada máquina de INDSOL CIA. LTDA.....	58
3.11	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARIA .....	59
3.11.1	Análisis de criticidad de la tubera (00TN01).....	59
3.11.2	Análisis de criticidad de la servilletera plegable (01SP01) .....	59
3.11.3	Análisis de criticidad de la empacadora (02ES01).....	59
3.11.4	Análisis de criticidad de la jumbera (03JR01).....	60
3.11.5	Análisis de criticidad de la cortadora (04CV01) .....	60
3.11.6	Análisis de criticidad del sellador de L (05SL01) .....	60
3.11.7	Análisis de criticidad del túnel refractor (05TR01).....	60
3.12	DETERMINACIÓN DEL AMEF DE LOS EQUIPOS .....	60
3.12.1	Evaluación del AMEF de cada máquina de INDSOL CIA. LTDA. ....	60
3.13	ANÁLISIS DEL AMEF DE LA MAQUINARIA .....	61
3.13.1	AMEF de la Tubera (00TN01).....	61
3.13.2	AMEF de la Jumbera (03JR01).....	62
3.13.3	AMEF de la Selladora de L (05SL01).....	63
3.13.4	AMEF del Túnel refractor (05TR01) .....	63
3.13.5	AMEF de la Empacadora (02ES01).....	63
3.13.6	AMEF de la Servilletera plegable (01SP01) .....	64
3.13.7	AMEF de la Cortadora (04CV01) .....	65
3.14	TABULACIÓN DE RESULTADOS DE CRITICIDAD Y AMEF DE LAS MÁQUINAS.....	65
3.15	RUTAS E INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO.....	65

3.15.1	Códigos de identificación de las rutas e inspecciones de mantenimiento .	65
3.15.2	Rutas e inspecciones diarias .....	66
3.15.3	Rutas e inspecciones mensuales .....	66
3.15.4	Rutas e inspecciones anuales.....	67
3.15.5	Herramientas y los materiales que deben estar en stock .....	67
3.15.6	Inventario mínimo de repuestos .....	68
3.16	RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA .....	68
3.16.1	Rendimiento operacional de la Jumbera.....	68
3.16.2	Rendimiento operacional de la cortadora .....	68
3.16.3	Rendimiento operacional de la servilletera .....	69
3.17	COSTES DE MANTENIMIENTO ESTIMADOS .....	69
3.18	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	70
3.19	SELECCIÓN DEL PROGRAMA .....	70
3.20	PROGRAMA DIGITAL MAINTAINX.....	71
3.21	ÓRDENES DE MANTENIMIENTO .....	71
3.22	DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA .....	71
3.23	CAPACITACIÓN AL PERSONAL .....	71
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
4.1	CONCLUSIONES .....	72
4.2	RECOMENDACIONES .....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS.....	78

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1: Beneficiarios directos por puesto de trabajo .....	5
Tabla 2.2: Sistema de tareas por cada objetivo específico .....	8
Tabla 2.3: Sistema de tareas por cada objetivo específico (continuación).....	9
Tabla 3.1: Tiempos transcurridos desde la falla de un activo y su inicio.....	13
Tabla 3.2: Lista indicativa de los niveles de mantenimiento .....	14
Tabla 3.3: Responsables y actividades que se realiza con una política de mantenimiento .....	15
Tabla 3.4: Códigos de los elementos de la familia .....	24
Tabla 3.5: Códigos de identificación de los sistemas.....	25
Tabla 3.6: Tablas utilizada habitualmente y campos relacionados .....	27
Tabla 3.7: Ponderación para el cálculo de criticidad.....	29
Tabla 3.8: Ponderación para el cálculo de criticidad (continuación) .....	30
Tabla 3.9: Clasificación de la gravedad de fallo según la repercusión en el cliente .....	36
Tabla 3.10: Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo .....	36
Tabla 3.11: Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo (continuación) .....	37
Tabla 3.12 Clasificación de detección del modo de fallo .....	37
Tabla 3.13: Matriz plan maestro de mantenimiento .....	38
Tabla 3.14 Simbología de un diagrama de flujo.....	39
Tabla 3.15: Hoja-Resumen de datos de mantenimiento .....	39
Tabla 4.1: Codificación por área en INDSOL.....	57
Tabla 4.2 Codificación de la maquinaria de INDSOL .....	57
Tabla 4.3 Estado de criticidad de las máquinas en INDSOL CIA. LTDA.....	58
Tabla 4.4: Estado de criticidad de las máquinas en INDSOL CIA. LTDA (continuación) .....	59
Tabla 4.5: Análisis de modo de fallas y efectos .....	61
Tabla 4.6: Codificación para generar las ordenes de trabajo.....	65
Tabla 4.7: Codificación para generar las ordenes de trabajo (continuación) .....	66
Tabla 4.8: Herramientas y materiales en stock.....	67
Tabla 4.9: Características de los programas previos a utilizar .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Ventajas, inconvenientes y aplicaciones del Mantenimiento Preventivo .....	16
Figura 3.2: Tipos de mantenimientos derivados del preventivo.....	16
Figura 3.3: Implementación del mantenimiento preventivo (MP) .....	18
Figura 3.4: Formato de una ficha técnica .....	20
Figura 3.5: Estructura arbórea de una lista de equipos en una planta industrial .....	21
Figura 3.6: Códigos para los equipos de la planta.....	23
Figura 3.7: Estructura de codificación de un elemento .....	24
Figura 3.8: Diagrama de flujo de la gestión de órdenes de trabajo .....	28
Figura 3.9: Modelo básico de criticidad .....	29
Figura 3.10: Modelo del flujograma de criticidad .....	31
Figura 3.11: Matriz de criticidad, normas SAE JA1011 y SAE JA1012 .....	32
Figura 3.12: resolución de un problema de fallas .....	34
Figura 3.13: Orden de trabajo de mantenimiento preventivo.....	38
Figura 4.1: Ubicación geográfica de INDSOL CIA. LTDA .....	42
Figura 4.2: Servilletera de papel tejido.....	43
Figura 4.3: Jumbera-Rebobinadora .....	44
Figura 4.4: Máquina tubera núcleo de papel .....	46
Figura 4.5: Sellador de L Modelo FQL 450 .....	47
Figura 4.6: Panel de operación sellador .....	47
Figura 4.7: Horno BSN 4020C.....	49
Figura 4.8: Empacadora de papel tissue .....	50
Figura 4.9: Panel de operación de empacadora .....	51
Figura 4.10: Máquina cortadora tamaño jumbo .....	52
Figura 4.11: Diagrama de recorrido proceso de servilletas .....	54
Figura 4.12: Diagrama de recorrido de fabricación papel tamaño jumbo .....	55
Figura 4.13: Layout de la empresa INDSOL CIA. LTDA .....	56

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (2.1) .....	12
Ecuación (2.2) .....	12
Ecuación (2.3) .....	12
Ecuación (2.4) .....	13
Ecuación (2.5) .....	14
Ecuación (2.6) .....	28
Ecuación (3.1) .....	68
Ecuación (3.2) .....	68
Ecuación (3.3) .....	69

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO – COTOPAXI.

**AUTOR:**

ROMERO PÉREZ JOFFRE DAVID

**RESUMEN**

El presente proyecto investigativo tiene como objetivo, el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para la industria papelera INDSOL CIA. LTDA. Para ello se realizó el análisis de equipos por niveles recolectando los manuales de cada máquina y sus instructivos y así poder conocer los componentes de cada uno de ellos. También se realizó una investigación descriptiva aplicando técnicas bibliográficas y herramientas que brindaron información como la matriz de AMEF y criticidad que ayudaron para conocer el nivel más alto de prevención que se debe tener sobre la maquinaria, la misma que representa en nuestra área de estudio, dándonos como resultado que la máquina cortadora tiene un factor de frecuencia mayor al de las demás máquinas situadas en la industria asimismo se utilizó la información para realizar una tabulación de resultados donde se muestra de manera general que la máquina jumbera tiene un grado alto de ocasionar alguna falla, igualmente sirvió para incluir una codificación a sus equipos y sus elementos de tal forma que se pudo realizar un formato para la elaboración de fichas técnicas.

Incluso para la realización de este proyecto se utilizó varios métodos de investigación entre ellos el método cualitativo que ayudo para observar las fallas o averías que la maquinaria puede tener y así poder realizar las rutas de inspecciones y proponer un plan maestro de mantenimiento.

Además de obtener toda esta información se incorporó MaintainX en la industria para tener digitalizado todos los activos que se encuentren en INDSOL CIA. LTDA., de igual manera que el programa está configurado para notificar al gerente y al encargado de mantenimiento cuando, como y en que parte de la máquina se debe realizar el mantenimiento.

**Palabras clave:** AMEF, criticidad, codificación, avería, MaintainX.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE**

**TITLE:** DESIGN OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM FOR INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO-COTOPAXI.

**AUTHOR:**

ROMERO PÉREZ JOFFRE DAVID

**ABSTRACT**

The objective of this research project is the development of a preventive maintenance program for the paper industry INDSOL CIA. LTDA. To this end, the analysis of equipment by levels was carried out by assembling the manuals of each machine and its instructions and consequently be able to identify the components of each of them. A descriptive investigation was also carried out by applying bibliographic techniques and tools delivered information such as the FEAM matrix and criticality that facilitated to recognize the highest level of prevention that should be taken on the machinery, the same that represents in our study area, giving us a result that the cutting machine has a higher frequency factor than the other machines located in the industry. As well the information was also used to implement a tabulation of results where it is shown in a general way that the circular knitting machine has a high degree of causing any failure, also helped to include a coding of its equipment and its elements in such a way that it was possible to make a format for the preparation of technical data sheets.

Several research methods were used in this project, including the qualitative method, which aided to detect the faults or breakdowns that the machinery may have and so be able to carry out the inspection routs and propose a master maintenance plan.

Additionally, to obtaining all this information MaintanX was integrated in the industry to have digitized all the assets that are in INDOSOL. CIA. LTDA, in the same way the program is configured to notify the manager and the maintenance manager when, how and in which part of the machine maintenance should be executed.

**Keywords:** FEAM, critically, coding, fault, MaintainX.



CENTRO  
DE IDIOMAS

## ***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 trabajo de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO – COTOPAXI”**, presentado por: **Romero Pérez Joffre David**, estudiante de la Carrera de: **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, septiembre del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Beltrán



CENTRO  
DE IDIOMAS

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 0502666514**

## INFORMACIÓN GENERAL

### Título del proyecto:

Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para INDSOL CIA. - LTDA. Salcedo – Cotopaxi.

**Fecha de inicio:** abril 2022.

**Fecha de finalización:** agosto 2022.

**Lugar de ejecución:** Cotopaxi – Salcedo – Rumipamba de las rosas.

**Facultad que auspicia:** CIYA (Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Industrial.

**Proyecto de investigación vinculado:** No aplica.

### Equipo de trabajo:

- **Tutor de titulación.**

- ✓ Eugenio Pilliza Cristian Iván.
- ✓ 0969631162.
- ✓ Correo institucional: [cristian.eugenio@utc.edu.ec](mailto:cristian.eugenio@utc.edu.ec)

- **Estudiante.**

- ✓ Romero Pérez Joffre David.
- ✓ 0984725100.
- ✓ Correo institucional: [joffre.romero7297@utc.edu.ec](mailto:joffre.romero7297@utc.edu.ec)

### Área de conocimiento:

07 – Ingeniería, Industria y Construcción.

2 – Industria y Producción.

### Línea de investigación:

Procesos Industriales.

### Sub líneas de investigación de la carrera:

Calidad, diseños de procesos productivos e ingeniería de métodos.

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene por objeto el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., empresa dedicada a la fabricación de papel higiénico de tamaño normal, papel higiénico tamaño jumbo y servilletas. La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Salcedo provincia de Cotopaxi, inició sus actividades comerciales en mayo del 2018 siendo la primera industria papelera del cantón, actualmente cuenta con 8 trabajadores de los cuales 5 son operarios, 1 ejerce funciones administrativas, 1 gerente general y 1 presidente de la compañía que se encarga de los procesos de planificación, gestión, calidad, organización, control y supervisión del personal en los diferentes puestos de trabajo.

La elaboración de los rollos de papel tamaño jumbo comienza con la función de 2 de sus 5 operarios receiptando rollos de papel higiénico de aproximadamente 2,20m de largo y un peso de ½ tonelada cada uno, adhesivos, polietileno, siendo esta la materia prima que luego es colocada en la máquina jumbera por sus 2 operarios en donde se realiza una conversión de tejidos, para luego cortar a medida en bastones siendo estos los núcleos del papel, para posteriormente llevar a la máquina cortadora, la cual realiza el proceso de corte del tamaño jumbo y a continuación los rollos de papel higiénico se trasladan por bandas transportadoras a las máquinas selladoras de L y máquina refractora o conocida también como horno para ser embaladas.

En la conversión de servilletas se inicia receiptando por 1 operario los 3 rollos de papel de 100cm de largo, cartón para la formación de los núcleos, adhesivos para el plegado, todo esto como materia prima, a continuación son colocados en las 3 máquinas servilleteras para el inicio del proceso que continúa por los rodillos de impresión de diseño, elemento de plegado y rodillos de acero inoxidable para la unión del papel, luego son cortados a medida y colocados por un operario a la máquina de sellado y estampado, finalmente son receiptados por el operario y embalados en pacas para terminar con el proceso.

Todas estas máquinas industriales deben funcionar en excelentes condiciones para la fabricación de dichos productos, por la cual el diseño de un programa de mantenimiento preventivo es de suma importancia en la industria INDSOL CIA. LTDA., la que permitirá realizar de manera eficaz y eficiente los procesos sin ninguna falla inesperada, reduciendo los tiempos de inactividad de producción y, eventualmente los costes de repuestos y mano de obra.

Como parte del análisis del proyecto fue necesario el levantamiento de información detallada de todas las máquinas que forman parte del proceso y de los activos de la industria INDSOL, el tipo de mantenimiento que realizan los operarios, las herramientas con las que cuentan y los equipos utilizados. La industria papelera al no contar con ningún tipo de mantenimiento hace que el análisis de la información sea sumiso y desde cero.

Las fichas técnicas son parte importante de este proyecto que ayudan a reunir los datos necesarios de la maquinaria para poder evaluar su rendimiento de producción.

En el desarrollo del proyecto se estudió diferentes programas de mantenimiento preventivo que existen disponibles en el mercado eligiendo el que mejor le convenga a la industria analizando sus costos de operación y la capacidad de ser adquirida.

Por lo tanto, se puede decir que el desarrollo del mantenimiento preventivo va de la mano con la historia del mismo ya que la historia del mantenimiento se puede dividir en cuatro generaciones: la primera se conoció como el mantenimiento correctivo cuando los trabajadores aplicaban esta acción luego de que la herramienta y/o máquina se averiaba esta generación se mantuvo hasta el año 1950. En el transcurso de 1950 hasta 1980 se da a lugar a la segunda generación, en esta época aparece el mantenimiento preventivo lo cual es aplicable en reparaciones programables, la tercera generación comenzó desde 1980 hasta el año 2000, señalada por la aplicación de mantenimiento predictivos que realiza un monitoreo de condición de la máquina. A partir del siglo XXI la cuarta generación hace que las empresas involucren un mantenimiento integral, productivo total centrado en riesgos, centrada en confiabilidad, gestión enfocada en la relación resultado/clientes, gestión del conocimiento y eficiencia energética [1].

## **1.1 EL PROBLEMA**

Dentro de los problemas principales en la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., se puede evidenciar los siguientes puntos:

- Paros de producción no planificado a causa de fallos mecánicos en la maquinaria.
- Falta de un programa de mantenimiento en la empresa.
- No cuenta con los manuales de operación de la maquinaria.
- Varios trabajadores realizan la misma actividad antes de comenzar a operar la maquinaria.
- No registra un histórico de mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados a la maquinaria.
- No cuenta con un stock de repuestos para dar mantenimiento.

El desconocimiento y la no aplicación de un programa de mantenimiento preventivo en la industria papelería INDSOL CIA. LTDA., hace que ésta invierta dinero en mano de obra diaria para que realicen un mantenimiento correctivo de las máquinas ocasionando pérdidas monetarias directas a la industria.

Según los objetivos del mantenimiento preventivo se pretende prever y anticiparse a los fallos utilizando para ello datos de los sistemas o subsistemas que incluyen en la operación de la maquinaria.

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad en el Ecuador varias empresas han implementado modelos de mantenimiento preventivo a sus equipos y maquinarias como son: Grupo Familia, Elite, Inpaecsa, Scott, que buscan reducir o eliminar los daños en los elementos y componentes mecánicos de la maquinaria que son de gran incidencia en la producción de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina, etc., para así poder prevenir pérdidas monetarias.

Estas empresas se han caracterizado por su alta productividad que generan anualmente gracias al mantenimiento preventivo que aprueban entregando productos de alta calidad, mejorando así su relación directa con el cliente, todo esto gracias a que cumplen con las normas establecidas.

Las empresas fabricantes de rollos de papel higiénico, servilletas, toallas de cocina como lo es INDSOL CIA. LTDA., cuentan con una variedad de máquinas industriales, las cuales son tres servilleteras, una tubera, un horno, una jumbera, dos selladoras; una de servilletas y otra de papel higiénico tamaño jumbo y una cortadora, entre ellas se encuentran estancadas una servilletera y la tubera esperando el cambio de repuesto provocando entregas tardías, productos defectuosos y disgusto en sus clientes al no poder cumplir con los requerimientos ofrecidos de calidad y servicio.

Las máquinas que están en funcionamiento para la producción del producto no cuentan con un manual propio y tampoco con un correcto mantenimiento las cuales son:

- 2 servilleteras, se encargan de transformar los bobinados de papel en cuadros de papel plegado y laminado.
- 2 selladoras y etiquetadoras son encargadas de enfundar, etiquetar y sellar las servilletas y el papel higiénico respectivamente que recorren por una cinta transportadora.
- 1 jumbera, carga ½ tonelada de papel bobinado virgen para luego pasar por el bastón generando unos rollos de papel.

- 1 cortadora, se ocupa de cortar los rollos de papel que salen de la jumbera para dimensionarlos al tamaño requerido por el personal.
- 1 tubera, cumple la función de elaborar los tubos de cartón.
- 1 horno, absorbe el aire del papel enfundado y sellado al vacío para que no haya ningún desperfecto.

Las mismas trabajan continuamente y así facilitan el trabajo de producción, por ende, si la maquinaria no sufre daños o averías su producción va a ser continua y sin ninguna no conformidad, pero en el caso de que surjan inconvenientes como: paros repentinos, daño eléctrico o baja productividad ocasionan retrasos en las entregas, además de generar una no aceptación del cliente debido a que sus productos no cumplen con la puntualidad y la calidad esperada.

En INDSOL CIA. LTDA., el mantenimiento preventivo es un tema no usado por el personal y por sus dueños haciendo que se desentiendan con la disponibilidad y fiabilidad de las máquinas; esto reduce considerablemente la vida útil de la máquina y el tiempo de trabajo ocasionando costos de mantenimiento y afectando la productividad de la máquina.

### 1.1.2 Formulación del problema

¿Qué incidencia tiene sobre la productividad de la maquinaria la falta de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa INDSOL CIA. LTDA., 2022?

## 1.2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

### 1.2.1 Beneficiarios directos

Tabla 1.1: Beneficiarios directos por puesto de trabajo

<b>CARGO QUE OCUPA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SEXO</b>
Presidente de la compañía	1	Femenino
Gerente general	1	Masculino
Operador	5	Masculino
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	

### **1.2.2 Beneficiarios indirectos**

La compañía INDSOL realiza sus entregas a 120 clientes fijos, ubicados en diferentes provincias del Ecuador entre ellas se encuentra Cotopaxi, originando comodidad y agrado entre sus clientes.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La investigación de este proyecto se realiza debido a la falta de un programa de mantenimiento que se le debe aplicar a la maquinaria y equipos de producción que existen en la planta, al igual que no existe un control de inventario de repuestos por lo que actualmente se encuentran las máquinas afectadas, esperando los repuestos adecuados para su reparación, se les hace difícil prever este tipo de daños ocasionando costos de mano de obra, inactividad en la maquinaria. Este proyecto está enfocado en el mantenimiento preventivo que la maquinaria de la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., debe implementar en sus instalaciones, beneficiando al dueño y operadores para una mejor elaboración en sus productos y minimizando los costes de mantenimiento, también la productividad y calidad en sus productos, evitando retrasos en las entregas y mejorando el rendimiento y la vida útil de las mismas

Es por eso que el presente proyecto de tesis es diseñar un programa de mantenimiento preventivo en sus instalaciones realizando inspecciones diarias, mensuales y anuales que ayudaran a acarrear información del funcionamiento como también de los posibles errores que muestren las máquinas, adquiriendo beneficios y reportes los cuales se registrará en fichas técnicas y estarán digitalmente en hojas Excel y en el programa digital facilitando la información necesaria que se deberá tener para prever cualquier ineficiencia de la máquina beneficiando el tratamiento que se debe realizar en las fechas establecidas según las características que se tenga de cada máquina.

La metodología planteada es una vía válida para resolver los problemas que tiene la industria ya que las actividades planteadas en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo proveerán conocimiento en los operarios sobre el correcto uso de la maquinaria y equipos evitando errores o paras que puedan entorpecer los procesos a realizar y así prolongar la vida útil de las máquinas.

### **1.4 HIPÓTESIS**

El diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la compañía INDSOL CIA. LTDA., mejorará el desempeño operacional de la maquinaria, su vida útil y su tiempo de

reparación adjuntando un inventario de repuestos que involucra directamente al personal de la compañía.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., Salcedo – Cotopaxi para el mejoramiento del rendimiento operacional de la maquinaria.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Identificar las características técnicas y de funcionamiento de las máquinas industriales que forman parte del proceso productivo para una caracterización detallada mediante el levantamiento de fichas técnicas.
- Evaluar la condición actual de la maquinaria mediante el análisis de criticidad y AMEF para la identificación de los principales fallos y los riesgos potenciales de la maquinaria que podrían afectar su funcionamiento.
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo mediante el uso del programa digital MaintainX que notifique a la empresa los días que la maquinaria necesite del mantenimiento en base al plan maestro de mantenimiento actual.

## 1.6 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1.2: Sistema de tareas por cada objetivo específico

Objetivos específicos	Actividades (Tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Identificar las características técnicas y de funcionamiento de las máquinas industriales que forman parte del proceso productivo para una caracterización detallada mediante el levantamiento de fichas técnicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de los procesos de fabricación que conllevan la elaboración del producto final.</li> <li>• Elaboración de un Layout de la empresa.</li> <li>• Recopilación de los manuales del fabricante de cada máquina.</li> <li>• Registro de datos técnicos de cada máquina</li> <li>• Elaboración de un archivo Excel con las fichas técnicas de cada máquina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información general de la industria y maquinaria.</li> <li>• Diagrama de recorrido del proceso productivo.</li> <li>• Manuales del fabricante.</li> <li>• Hojas de Excel con fichas técnicas de cada máquina.</li> <li>• Layout de la empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación.</li> <li>• Registros de datos.</li> <li>• Hojas de registro.</li> <li>• Cámara de video.</li> <li>• Cinta métrica.</li> </ul>
<p>Evaluar la condición actual de la maquinaria mediante el análisis de criticidad y AMEF para la identificación de los principales fallos y los riesgos potenciales de la maquinaria que podrían afectar su funcionamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de encuestas para revisar los mantenimientos previos.</li> <li>• Elaboración de formatos y evaluación de criticidad.</li> <li>• Elaboración de formatos y evaluación AMEF.</li> <li>• Tabulación de resultados.</li> <li>• Registro de inventario de repuestos disponibles para el mantenimiento.</li> <li>• Elaboración de órdenes de mantenimiento.</li> <li>• Propuesta del cronograma de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y discusión de los indicadores de criticidad y AMEF.</li> <li>• Rutas e inspecciones de mantenimiento.</li> <li>• Formato de orden de mantenimiento.</li> <li>• Inventario mínimo.</li> <li>• Cronograma de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas.</li> <li>• Hojas Excel.</li> <li>• Cámara fotográfica.</li> <li>• Computador.</li> </ul>

Tabla 1.3: Sistema de tareas por cada objetivo específico (continuación)

<p>Proponer un plan de mantenimiento preventivo mediante el uso del programa digital MaintainX que notifique a la empresa los días que la maquinaria necesite del mantenimiento en base al plan maestro de mantenimiento actual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de un archivo Excel adjuntando los registros obtenidos de la maquinaria.</li> <li>• Registro de los datos obtenidos para las alertas de mantenimiento preventivo realizadas por el programa digital MaintainX.</li> <li>• Capacitación al personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órdenes de mantenimiento en digital.</li> <li>• Datos concretos generados por el programa digital.</li> <li>• Hojas de asistencia a la capacitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de Excel.</li> <li>• Hojas de registro</li> <li>• Computador.</li> <li>• Programa.</li> <li>• Infocus</li> <li>• Check list.</li> </ul>
--	---	--	--

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 MANTENIMIENTO**

El significado de mantenimiento es una acción de conservar y restaurar, usando técnicas y tecnologías que aseguren el continuo funcionamiento de maquinaria productiva para mantener la confiabilidad y disponibilidad de los activos en las industrias de todo tipo [2].

#### **2.1.1 Mantenimiento industrial**

La definición de un mantenimiento industrial es tan amplia que dependería de diversos factores en lo que se puede encontrar el tipo de industria así como su tamaño, el tamaño de la empresa, las características que tiene la producción en una planta, pero para poder definir en términos generales se puede decir que las funciones básicas del mantenimiento industrial son el cumplimiento de todos los trabajos necesarios que están definidos para cada máquina y que estas cumplan con su función sin ningún problema.

#### **2.1.2 Objetivos del mantenimiento industrial**

En si el mantenimiento industrial hace referencia a la minimización de tiempos improductivos de la máquina y generalmente a costes en la producción.

Por tanto, los objetivos de un mantenimiento industrial en una industria pueden incluir las siguientes actividades:

- Mantener las máquinas y sistemas en condiciones óptimas, eficaces y seguras para el personal.
- Ejecutar un control del estado de las máquinas, así como su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para minimizar el número de daños imprevistos.
- Con los datos históricos disponibles realizar un presupuesto de los repuestos en el almacén necesarios.
- Participar en los proyectos de modificaciones de los equipos e instalaciones.
- Llevar a cabo aquellas actividades que implican la modificación o reparación de las máquinas o instalaciones.
- Revisión para una nueva instalación de los equipos.
- Asesorar a los jefes de producción.
- Vigilar por el correcto uso y distribución de energía.
- Realizar un seguimiento general de los costes de mantenimiento.
- Gestión de stock.
- Actividades de vigilancia sobre cada máquina.

- Gestionar los residuos y desechos.
- Proporcionar el adecuado equipamiento al personal de las instalaciones.

Las actividades presentadas anteriormente son fundamentales en un mantenimiento industrial para el buen funcionamiento de la empresa.

Esto implica que determinadas acciones queden mal definidas, en lo que suele llamarse terreno de nadie, o por el contrario, que existan superposiciones de responsabilidades, lo que puede ocasionar conflictos de autoridad [3].

### **2.1.3 Planificación de un mantenimiento industrial**

Las industrias requieren planificar un mantenimiento ya que no funcionan por casualidad y mucho menos con improvisaciones, por esto se debe planificar de forma organizada ya que incluye todas las actividades necesarias para programar y registrar las labores que realizan los equipos con el fin de mantener las instalaciones a un nivel tolerable en su funcionamiento [4].

## **2.2 INDICADORES**

Desde que el ser humano nace está sometido a mediciones. Medimos nuestra talla, nuestro peso, nuestra temperatura en fin las mediciones forman parte de nuestra vida, pasa lo mismo en las industrias. Debemos ser conscientes que solo se puede mejorar aquello que podamos medir, por tanto, en las empresas los responsables técnicos de mantenimiento que afronten un proceso de mejora debe plantearse la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora y cual va ser la forma de medir el éxito o fracaso de las nuevas medidas adoptadas [5].

A finales del siglo XIX Lord Kelvin Decía:

*“Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresar en números, puede decirse que sabes algo acerca de ello; pero, cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es muy deficiente y poco satisfactorio”*  
[5].

Los indicadores en la industria son muy importantes en los administradores de mantenimiento los utilizan para analizar las rutinas de trabajo, equipos de mantenimiento, procesos, rendimiento del personal.

En el mantenimiento es posible medir y analizar todo lo que genere números o valores, el asunto aquí es mostrar cuales son los indicadores de desempeño más significativos para no perder el tiempo con los que son poco destacados.

### 2.2.1 Criterio de confiabilidad

También se puede definir como la confianza en un dispositivo, máquina, componente o sistema que realiza la función establecida por el fabricante., durante un periodo de tiempo y bajo situaciones ya constituidas de operación [6].

#### 2.2.1.1 Confiabilidad operacional

Es la disposición de una instalación o sistema (constituidos por procesos, tecnología y gente) para cumplir su función dentro de sus límites operacionales. En un análisis de confiabilidad operacional hay que tener en cuenta 4 parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los mismos.

### 2.2.2 Criterio de disponibilidad

La disponibilidad es un objetivo principal del mantenimiento dando referencia a las máquinas, equipos mecánicos y electromecánicos que sufrieron mantenimiento den la confianza de realizar las funciones satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo que una máquina o equipo está listo para operar o producir (2.1), esto en sistemas que actúan continuamente en la industria [7].

$$Disponibilidad = \frac{Hrs. funcionamiento - Hrs. parada por min.}{Horas totales de funcionamiento} \quad (2.1)$$

#### 2.2.2.1 Tiempo medio entre fallas

También conocido por sus siglas MTBF (Mid Time Between Failure) [8], ayuda a conocer la frecuencia con la que suceden las averías en una máquina, se observa en la ecuación (2.2).

$$TMEF = \frac{Horas totales del periodo analizado}{Cantidad de averías} \quad (2.2)$$

#### 2.2.2.2 Tiempo medio para reparar

Son conocidas por sus siglas en ingles MTTR (Mid Time To Repair), Nos puede ayudar a comprender la importancia de las fallas que ocurren en equipos o máquinas, teniendo en cuenta el tiempo medio para resolver un problema que se encuentre, la ecuación (2.3) nos muestra como analizarlo.

$$TMPR = \frac{Cantidad de horas de paro por averías}{Cantidad de averías} \quad (2.3)$$

### 2.2.2.3 Disponibilidad por averías

Solamente se tiene recuento por averías y las paradas no programadas. Vinculando el tiempo medio entre las fallas y el tiempo medio para su reparación como muestra en la ecuación (2.4).

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{TMEF - TMPR}{TMEF} \quad (2.4)$$

### 2.2.3 Criterio de mantenibilidad

Se puede definir mantenibilidad como la probabilidad de que el equipo, la maquinaria o los sistemas pueden estar en condiciones óptimas de funcionamiento durante un período de tiempo específico mientras se realiza el mantenimiento que se especifica a continuación con los procedimientos prescritos, también se la puede definir como la probabilidad de restablecer las condiciones específicas de funcionamiento de un equipo, máquina o sistema en un tiempo determinado [9].

La mantenibilidad tiene relación con el tiempo medio de reparación (TMPR), suele representar el tiempo que transcurre entre la parada del dispositivo y el regreso a la ejecución como lo indica en la Tabla 2.1 [10].

Tabla 2.1: Tiempos transcurridos desde la falla de un activo y su inicio [10]

$t_0$	Instante en que se verifica la falla
1	Tiempo para la localización del defecto
2	Tiempo para el diagnóstico
3	Tiempo para el desmontaje (Acceso)
4	Tiempo para la remoción de la pieza
5	Tiempo de espera por repuestos (logístico)
6	Tiempo para la sustitución de piezas
7	Tiempo para el remontaje
8	Tiempo para ajustes y pruebas
$t_f$	Instante de retorno del equipo a la operación

Los equipos, máquinas y sistemas fallan y en ocasiones sus fallos son prejuicios considerables para el proceso de fabricación de un producto, análogamente cuando los sistemas han fallado estos deben ser reparados implicando el mantenimiento correctivo; más aún cuando se han

realizado ciertas actividades (mantenimiento preventivo) antes de que se produzca cualquier fallo con el fin de evitar consecuencias.

La mantenibilidad de un equipo, máquina o sistema es una medida de la facilidad (efectividad y eficiencia) con la que éste puede mantenerse; la facilidad se refiere tanto al tiempo, como la formación del personal y la disponibilidad de medios adecuados para realizar el mantenimiento. Cuanto más rápido, económico y sencillo sea mantener un equipo, máquina o sistema, más mantenible se dice que es.

#### 2.2.4 Rendimiento operacional

El rendimiento o eficiencia de la máquina se logra obtener de la división de la cantidad de piezas que produce en un turno de trabajo por la cantidad de piezas que se podrían haber producido en el horario laboral, véase en la ecuación (2.5). La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción o capacidad de la máquina que se encuentra en los detalles de cada maquinaria.

$$R. O. = \frac{\text{Cantidad de piezas producidas}}{\text{Cantidad de piezas que se podrían haber producido}} \quad (2.5)$$

### 2.3 COSTOS GENERALES Y DE MANTENIMIENTO

Los costos generales y de mantenimiento se refieren a los gastos en los que se incurre simplemente por poner en marcha un proyecto, el mantenimiento debe realizarse independientemente de la intensidad del trabajo de la maquinaria o equipo [11].

Tabla 2.2: Lista indicativa de los niveles de mantenimiento [11]

Edificios y estructuras de piedra, ladrillo o metal; canales primarios de agua; pozos; estanques de decantación de residuos	2-3%
Edificaciones más livianas de madera, maquinaria pesada (incluyendo tractores y camiones), canales secundarios de agua, estanques para peces	4-6%
Maquinaria liviana (incluyendo automóviles) y equipos en general	7-10%
Equipo electrónico y de laboratorio (computadoras, impresoras, equipo de pruebas etc.)	12-15%

### 2.4 POLÍTICA GENERAL DEL MANTENIMIENTO

Cada industria debe tener una política del mantenimiento, estableciendo directrices referentes al grado de mantenibilidad y reparabilidad que se desea para las diferentes áreas de la planta, en ciertas circunstancias de aplicación se desechará repuestos o módulos que no estén siendo parte de nada y solamente ocupen espacio en bodega y en otros casos se preferirá una mayor

capacidad de repuestos o módulos ya sea por parte de la industria o del operario. Cada política en el caso de desechar o reparar, tiene sus ventajas e inconvenientes y en cada caso debe ser analizado cual es el que más le conviene a la industria desde el punto de vista técnico, operativo y/o económico en la Tabla 2.3 se muestra los responsables para una política de mantenimiento.

Una mayor capacidad de reparación de piezas o dispositivos de un sistema puede alargar los tiempos de ejecución de tareas de mantenimiento, pero supone una dependencia menor de fuentes externa para suministros de repuestos [12].

Tabla 2.3: Responsables y actividades que se realiza con una política de mantenimiento

Responsable	Actividad
Gerente general / Administrativos	Asegura los recursos para el cumplimiento de los objetivos dentro de la política.
Jefe de mantenimiento	Aplica, evalúa la política y propone mejoras.
Operadores	Los empleados, contratistas, deben conocer y aplicar esta política.

#### 2.4.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se realiza según la experiencia del personal encargado, los cuales determinan los momentos adecuados para llevar a cabo tal procedimiento, en el caso de los fabricantes también lo pueden hacer de acuerdo a los manuales técnicos, mientras que las empresas lo pueden realizar con un análisis de ventajas y desventajas como muestra en la Figura 2.1. El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características [13]:

- Se efectúa cuando la máquina no está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la industria.
- Se realiza siguiendo un procedimiento previamente ya elaborado donde se muestra los pasos y las actividades a realizar con el fin de tener las herramientas y los repuestos ya a disposición.
- Se realiza teniendo ya en cuenta una fecha programada, además de un tiempo de inicio y final preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa y el área de mantenimiento.
- Está enfocado especialmente a equipos o máquinas ya específicos, aunque también se puede realizar esta actividad en general a todos los activos de la planta.

- Posibilita a los operarios tener detalles específicos de cada máquina, también brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de la maquinaria.
- La directiva cuenta con un presupuesto enfocado a este tipo de mantenimiento.

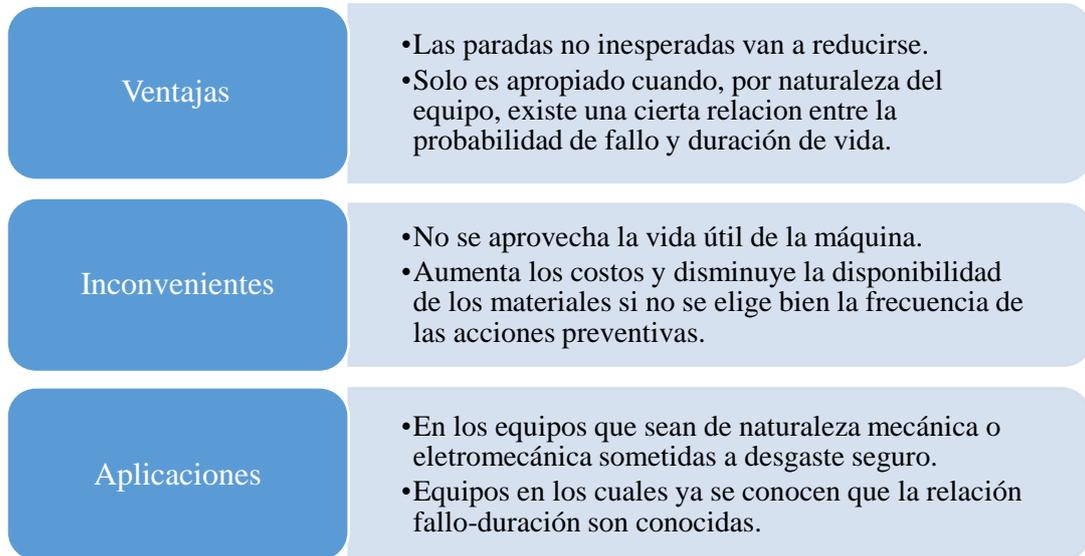


Figura 2.1: Ventajas, inconvenientes y aplicaciones del Mantenimiento Preventivo [13]

### 2.4.2 Tipos de mantenimiento preventivo

Para la realización de un mantenimiento preventivo se tiene que considerar el diseño de mantenimiento que se le va a brindar tomando en cuenta la planificación de la empresa y así poder elegir el tipo de mantenimiento preventivo que se le va a aplicar como se muestra en la Figura 3.2.

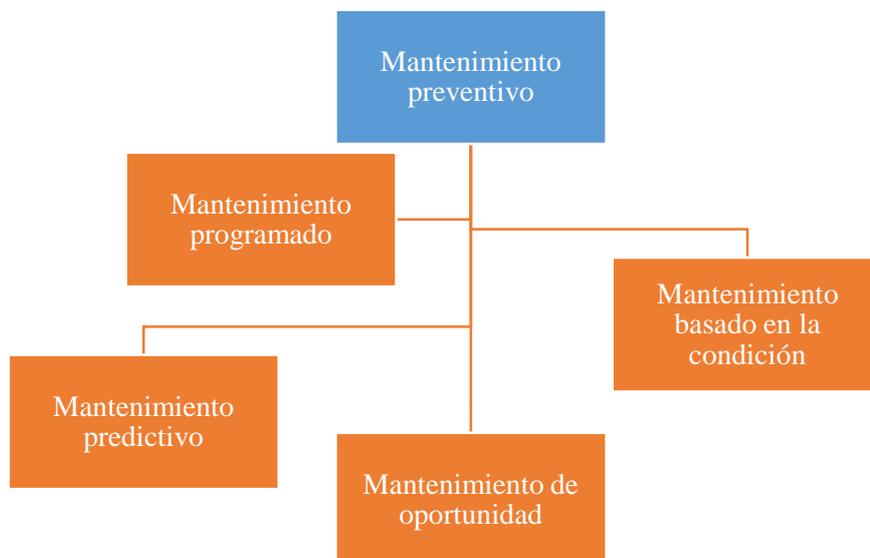


Figura 2.2: Tipos de mantenimientos derivados del preventivo

#### **2.4.2.1 Mantenimiento programado**

También conocido como mantenimiento basado en el tiempo, con respecto a las etapas de degradación del equipo, se realiza siguiendo un criterio de uso a intervalos de tiempos predefinidos, sin tomar en cuenta las condiciones de uso de la máquina. Este tipo de mantenimiento se utiliza cuando los equipos no requieren costes de cambios de piezas muy elevados.

#### **2.4.2.2 Mantenimiento basado en la condición**

Este método monitoriza la condición en tiempo real de una máquina comparando con otras máquinas y así determinar el tipo de mantenimiento se le puede aplicar.

#### **2.4.2.3 Mantenimiento predictivo**

A comparación de los demás métodos este es el más costoso porque se realiza a partir de estimaciones siguiendo análisis y evaluaciones de los criterios de la máquina, aparte que necesita herramientas sofisticadas.

#### **2.4.2.4 Mantenimiento de oportunidad**

Esto significa que los operarios o la empresa pueden realizar el mantenimiento en la maquinaria cuando los procesos han terminado o están en descanso evitando así cortes de producción.

### **2.4.3 Fases para la aplicación de un mantenimiento preventivo**

- La planificación: se establece las actividades que se va a realizar tomando en cuenta al personal los equipos y herramientas a utilizar, se toma en cuenta también el tiempo aproximado de trabajo.
- La programación: se establece el día, la hora y el lugar en donde se va a realizar las actividades anticipadamente planificadas.
- La ejecución: es el momento en el cual se realiza los trabajos definidos.
- El control: el jefe de mantenimiento verificará y hará valido los trabajos ejecutados por los operarios.

Tanto el área administrativa como el área de mantenimiento estará siempre pendiente de las acciones que se van a realizar en un mantenimiento preventivo para ver que se cumpla con lo planificado, en la Figura 2.3 se puede apreciar lo que se debe tener en cuenta para implementar un buen mantenimiento preventivo [1].

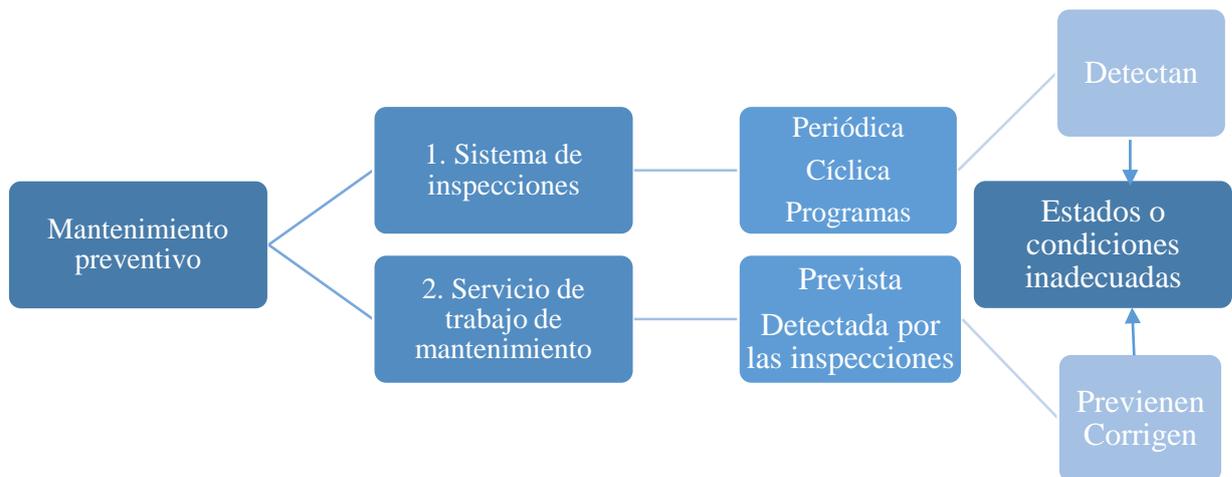


Figura 2.3: Implementación del mantenimiento preventivo (MP) [1]

#### 2.4.3.1 Principios básicos del mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge por la necesidad de prever interrupciones no deseadas, a diferencia del mantenimiento correctivo, el cambio de piezas o partes del sistema que pudieran causar averías se realiza con un cierto tiempo determinado.

Debido a que toda avería tiene carácter aleatorio y diferente, es muy improbable que las labores de mantenimiento preventivo ejecuten la sustitución de piezas o partes antes de que se produzca alguna avería. En este caso está claro que, para la planificación de actividades de mantenimiento preventivo, es necesario una correcta aplicación de criterios estadísticos para determinar los tiempos óptimos de intervención.

Habitualmente el mantenimiento preventivo interpreta una serie de actividades características [14]:

- Revisiones y limpiezas periódicas.
- Protección contra los agentes ambientales y conservación de los equipos.
- Control periódico de la lubricación.
- Restauración y cambio de las zonas del equipo determinadas como zonas débiles.
- Restauración y cambios planificados.

## **2.5 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **2.5.1 Análisis previo a la implantación**

Los beneficios que se puede obtener al implantar un mantenimiento preventivo se derivan en evitar pérdidas ya sea de producción, de desmontaje y monetarias. Al detectar los defectos o los problemas que una máquina o equipo estén propensos a sufrir mediante un mantenimiento, genera un poco de ahorro de dinero y tiempos muertos en la producción.

Para la implantación de un plan de mantenimiento preventivo se requiere de gran conocimiento y experiencias sobre la configuración y funcionamiento de cada máquina o equipo situado en la planta.

Es aconsejable iniciar por el desarrollo de una base de datos como son las fichas técnicas para cada máquina o equipo partícipe, en la que se puede incluir la siguiente información [3]:

- Detalles específicos de cada máquina o equipo.
- Datos descriptivos destacados de la máquina o equipo: limitaciones, tolerancias, materiales, etc.
- Sistemas auxiliares necesarios.
- Lista de averías esperadas.
- Magnitudes físicas y unidades de medida.
- Valoración referente de fiabilidad de elementos y probabilidades de ocurrencias de averías.
- Eventualidad de incluir otros parámetros de seguimiento servibles para el operador.
- Otras observaciones que complementen la información necesitada.

### **2.5.2 Ficha técnica**

Para la realización de un mantenimiento preventivo el uso de este formato como se observa en la Figura 2.4, es muy importante ya que aquí se encuentra la información básica para la descripción de una máquina o equipo en una sola página.

Desde los datos relacionados con su función en la empresa, nombre del fabricante, marca del equipo, las características principales del equipo como sus dimensiones, los voltajes con los que se trabaja entre otras [15].

Luego de la recolección de datos de cada máquina se unificaron para obtener una plantilla que contenga toda la información correcta y necesaria para distinguir a cada una de ella, véase en el (Anexo II).

<i>Nombre de la compañía</i>						<i>Logo de la compañía</i>	
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
Realizado por:		Fecha:			Versión		
Maquina - Equipo		Responsable					
Fabricante		Ubicación					
Modelo		N° de Maquinas					
Marca		Código					
<b>Dimensiones</b>							
Peso		Altura		Ancho		Largo	
<b>Datos Técnicos</b>							
Motor		Intensidad		Voltios		Potencia	
Función:				Foto de la Máquina - Equipo			
Características Generales:							
Mantenimiento Preventivo:							
Precauciones							
Datos de fabricante							

Figura 2.4: Formato de una ficha técnica

## 2.6 ANÁLISIS DE EQUIPOS

En una planta industrial que cuenta con algún tipo de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo, etc.) debe tener en consideración que cada máquina o equipo ocupa una posición distinta en los procesos productivos de la industria y contiene características propias que lo hacen diferentes a las demás, incluso de otros equipos similares.

Es necesario tener en cuenta el costo que ocasiona una parada de producción, su efecto en la seguridad, su coste de una reparación entre otras. Debemos estudiar cada uno de los equipos que constituyen la planta industrial con sus detalles, determinando cuál de las tareas son rentables y cuales no lo son. A la vez que se realiza este estudio, obtendremos una serie de información adicional [16]:

- Repuestos que se necesitan en stock en la planta industrial.

- Datos importantes para la elaboración del presupuesto anual de mantenimiento.
- Subcontratos necesarios con los fabricantes de algunos equipos.

### 2.6.1 Lista de equipos

Para realizar un análisis de los equipos que se encuentran en una planta industrial debe ser precisa y detallada realizando un inventario de los activos, una lista de este tipo no es más que una lista de datos, no es información. Si se requiere realizar una lista de activos realmente útil se debe expresar esta lista de una forma de estructura arbórea, en la que se muestren las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes [16].

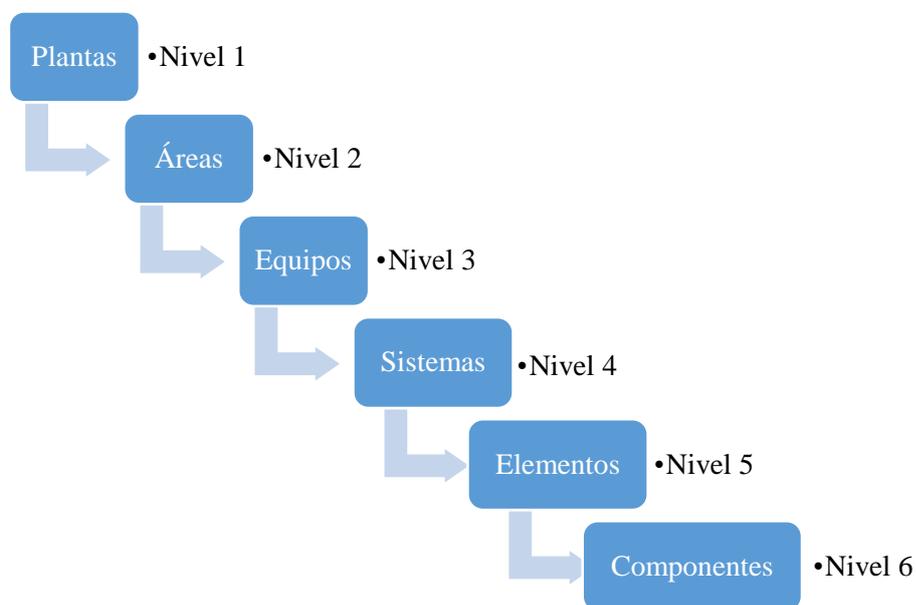


Figura 2.5: Estructura arbórea de una lista de equipos en una planta industrial [16]

Para la estructura de la Figura 2.5, se detalla los términos que se utiliza para mejor entendimiento:

- Planta: lugar de trabajo
- Área: zona de la planta que tiene una característica en común, similitud de equipos, líneas de producto
- Equipo: son los activos que forman parte del área de producción
- Sistema: grupo de elementos que forman parte de la función del equipo
- Elemento: cada una de las partes que integran un sistema
- Componentes: partes que se pueden subdividir de un elemento

## **2.7 SISTEMA DE CODIFICACIÓN**

La implementación de un mantenimiento preventivo en una empresa requiere de varias tareas previas para la implementación del mismo, en las cuales se encuentra la codificación de los equipos.

El sistema de codificación debe tener en cuenta las siguientes etapas que se presentan en detalle [17]:

- 1) El inventario.
- 2) La clasificación.
- 3) La codificación.

### **1) El inventario**

La selección de un modelo de los equipos o máquinas puede ser realizada de una manera total o parcial.

Para tener en cuenta un tipo de inventario que vayamos a seleccionar depende de varios factores. El mantenimiento que vayamos a aplicar es muy importante porque se relaciona con las políticas económicas de la empresa asimismo la función que cumple dentro de la línea de producción de la empresa.

#### **1.1) Inventario total**

Para realizar la actividad de un inventario total es necesario conocer los sistemas y equipos que se encuentran en la planta ya establecidas o precedente a ser instaladas. Con el inventario total se tiene la ventaja de que se puede planificar un mantenimiento preventivo en cualquier parte de la planta, también facilita la labor administrativa al disponerse los detalles completos de los activos y sistemas de la empresa.

#### **1.2) Inventario parcial**

La labor de un inventario parcial implica solo los equipos y maquinarias de una zona determinada o seleccionada para la elaboración de un mantenimiento programado, lo que quiere decir es que solamente se escogerá aquellas máquinas que se consideran indispensables para la elaboración de un producto. La ventaja que se obtiene con este tipo de inventario es que los costos son bajos con relación al tiempo y al personal [17].

### **2) La clasificación**

La clasificación forma parte previa a la codificación, aquí se realiza un plan que nos permita obtener, establecer y ordenar la información procedente del inventario.

Para un mejor control de costes y una mayor eficacia administrativa, se debe relacionar las mismas normas de clasificación del área de contabilidad que permitirá tener un control más riguroso de toda la información de los equipos o máquinas.

La clasificación debe ser diseñada de tal forma que involucre todas las máquinas, piezas y equipos registrados en el inventario, debe ser flexible de manera que en el futuro se pueda incorporar nueva maquinaria [17].

Criterios de clasificación:

Para la clasificación de los equipos o máquinas se acostumbra a emplear normas de características físicas o de funcionamiento.

**a) Zona**

La zona puede derivarse en los lugares en las que se realiza los procesos de producción.

**b) Clase o familia**

Cada zona de la empresa está constituida por maquinaria o equipos que se encuentran operando para la elaboración de un producto.

**c) Unidad**

Es la tercera clasificación importante de cada uno de los equipos, piezas o elementos existentes con el fin de que su futuro código los identifique apropiadamente.

**3) La codificación**

Significa asignar a las máquinas y equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas, accediendo a un control y conocimiento sobre la información técnica, centros de costo y las características generales [18].

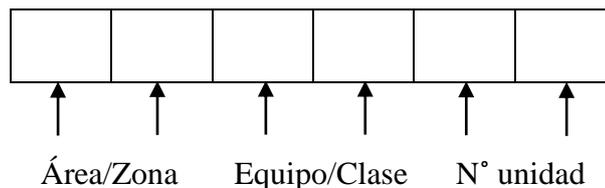


Figura 2.6: Códigos para los equipos de la planta

### 2.7.1 Sistema de codificación de elementos

El código de un elemento que forma parte de un equipo o máquina estaría formado por 17 caracteres ejemplo en la Figura 2.7, formado por la siguiente configuración [16]:

- Los 6 primeros identifican el equipo, tal y como se han detallado en la tabla 3.5.
- Un carácter más alfabético identificaría la familia a la que pertenece el elemento.
- Los tres caracteres siguientes identificarían el sistema.
- Los caracteres siguientes, que identificarían las características del elemento y aportarían un número correlativo.
- Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia (elementos duplicados).

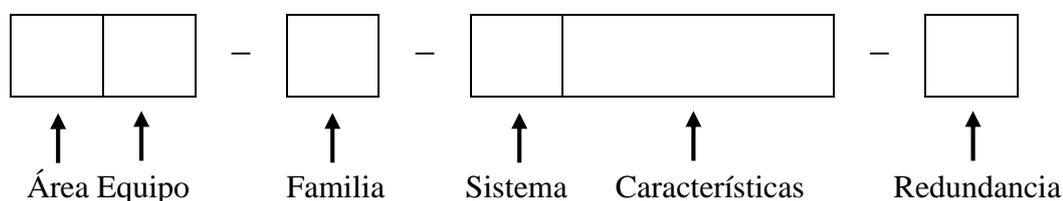


Figura 2.7: Estructura de codificación de un elemento

Las familias a las que puede pertenecer alguno de los elementos se muestran la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Códigos de los elementos de la familia [16]

TABLA DE IDENTIFICACION DE LA FAMILIA	
Código	Familia
Bo	Bomba mecánica
Mo	Motor mecánico
Va	Válvula
In	Instrumento mecánico
Co	Componente de cuadro eléctrico
El	Elemento eléctrico o electrónico
Pm	Pieza mecánica
Tu	Tubería regia
Fi	Filtro para el polvo
Nc	Cilindros o actuador neumáticos (No válvulas)
Hc	Cilindros o actuador hidráulicos

Mostrar la familia la que concierne el elemento nos permite hacer listados de válvulas, motores, bombas, etc., y así poder realizar una posible estandarización en stock.

El sistema que está compuesto cada máquina también se debe codificar y en la Tabla 2.5, se muestra las siglas que cada sistema debe tener para ser implementada.

Tabla 2.5: Códigos de identificación de los sistemas

<b>TABLA DE IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>Código</b>	<b>Sistema</b>
<b>SM</b>	Sistema mecánico
<b>SE</b>	Sistema eléctrico
<b>SG</b>	Sistema de engranaje
<b>SC</b>	Sistema de control
<b>SK</b>	Sistema de combustión
<b>SV</b>	Sistema de ventilación
<b>SS</b>	Sistema de seguridad
<b>SX</b>	Sistema de extracción

## **2.8 SISTEMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO (CMMS)**

Un sistema computarizado de mantenimiento también conocido como CMMS está constituido por campos, tablas y módulos que abarcan datos procedentes del departamento de ingeniería de mantenimiento.

Un sistema de este tipo permite el acceso, la manipulación y el análisis de datos elementales mediante interfaces fáciles de usar, también permite generar informes para ayudar a los responsables de mantenimiento que adopten decisiones adecuadas sobre los equipos. Aun así en la implementación y desarrollo de un CMMS se debe tener en cuenta múltiples factores, como los recursos disponibles y técnicos de la empresa, importantes a la hora de decidir si comprar un producto comercial, usar un software de código abierto o desarrollar un sistema propio [19].

### **2.8.1 Importancia de implementar un Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS)**

Mediante pasa el tiempo la tecnología sigue avanzando en todos los ámbitos empresariales e industriales, y en el mantenimiento hace referencia un papel muy importante, ayudando a la

dirección ejecutiva a ahorrar recurso estableciendo sistemas computarizados de mantenimiento (CMMS).

Los mantenimientos tienen que funcionar como ejes principales; no como algo desconocido o periférico de la empresa. Para lograr este nuevo rol tendrán que incorporar software basados en los objetivos que la empresa estipula, que pueden ser la recolección, filtración, almacenaje, y reportes sobre el equipo, los materiales, proveedores y costos [20].

### **2.8.2 ¿Por qué un sistema computarizado de mantenimiento CMMS?**

El deterioro de una pieza por falta de un mantenimiento puede implicar fallas que paralicen los sistemas de producción continua en algunos casos generando pérdidas monetarias para la industria.

El cambio de mantenimiento de emergencia a mantenimiento preventivo por CMMS permite prever las fallas antes de que ocurran eliminando hasta un 75% este problema [21].

### **2.8.3 Criterios de selección de un sistema computarizado de mantenimiento.**

A continuación, se mostrará algunas de las características que deben ser estudiadas al momento de la selección de un sistema CMMS [20]:

- Que el sistema, máquina o equipo opere en la plataforma que utilice la empresa.
- La empresa proveedora debe contar con presencia en el mercado y cuente con un área de soporte técnico.
- El sistema requerido debe involucrar todos los aspectos de mantenimiento, inventario, administración y compras.
- El sistema de ser de fácil utilidad para el personal encargado.
- El sistema de ser multi-moneda, para pagos de suscripción o de repuestos.
- Debe controlar el acceso a los usuarios.
- Que permita realizar modificación de acuerdo con las necesidades de la empresa y que tenga una gran rapidez cuando estén muy cargados de archivos.

### **2.8.4 Estructura de un CMMS**

El CMMS integra todos los servicios referentes a los equipos usados en una base de datos compuesta por tablas, módulos y pantallas.

#### **2.8.4.1 Campos y tablas**

El campo es un tipo de información que se le brinda a una máquina como la serie del mismo, las tablas son un conjunto de la ubicación en donde se puede ubicar a la máquina.

En la Tabla 2.6, se muestra como son utilizadas habitualmente y sus campos afiliados.

Tabla 2.6: Tablas utilizada habitualmente y campos relacionados [19]

<b>Tabla</b>	<b>Campos</b>
Tipo de equipo	Tipo de equipo, nivel de riesgo, personal a cargo
Modelo del equipo	Número de modelo, número de serie, lista de piezas
Fabricante/vendedor	Código y nombre del fabricante/vendedor, dirección física
Almacenes/repuestos	Nombre del almacén, nombre de piezas.
Personal	Nombre del empleado, puesto de trabajo, nivel de acceso.
Mantenimiento	Número de inventario, número de orden de trabajo, código de avería.

#### **2.8.4.2 Módulos**

Son un conjunto de tablas y pantallas de datos, como el módulo de inventario que se tenga en la industria los cuales pueden ser los tipos de equipos, información sobre los fabricantes y la ubicación de donde se encuentra el equipo.

#### **2.8.4.3 Módulo de mantenimiento**

El usuario tendrá más facilidad en el CMMS de gestionar de forma eficaz su calendario de mantenimiento, en la Figura 2.8, se muestra un posible esquema de integración del CMMS con un sistema de mantenimiento preventivo en la industria.

En un mantenimiento preventivo planificado con la información apropiada, el CMMS puede calcular cuando será preciso realizar el mantenimiento de un equipo y aconsejar qué piezas podrían ser necesarias requerir y cuando. Asimismo, el programa puede controlar el proceso de mantenimiento y registrar la fecha que se haya realizado, siendo indispensable lo siguiente [19]:

- Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo para los activos que forman parte de una producción.
- Calendario de inspección y mantenimiento preventivo de los equipos.
- Frecuencia de averías de los equipos.
- Evaluación del número de horas activas del equipo.

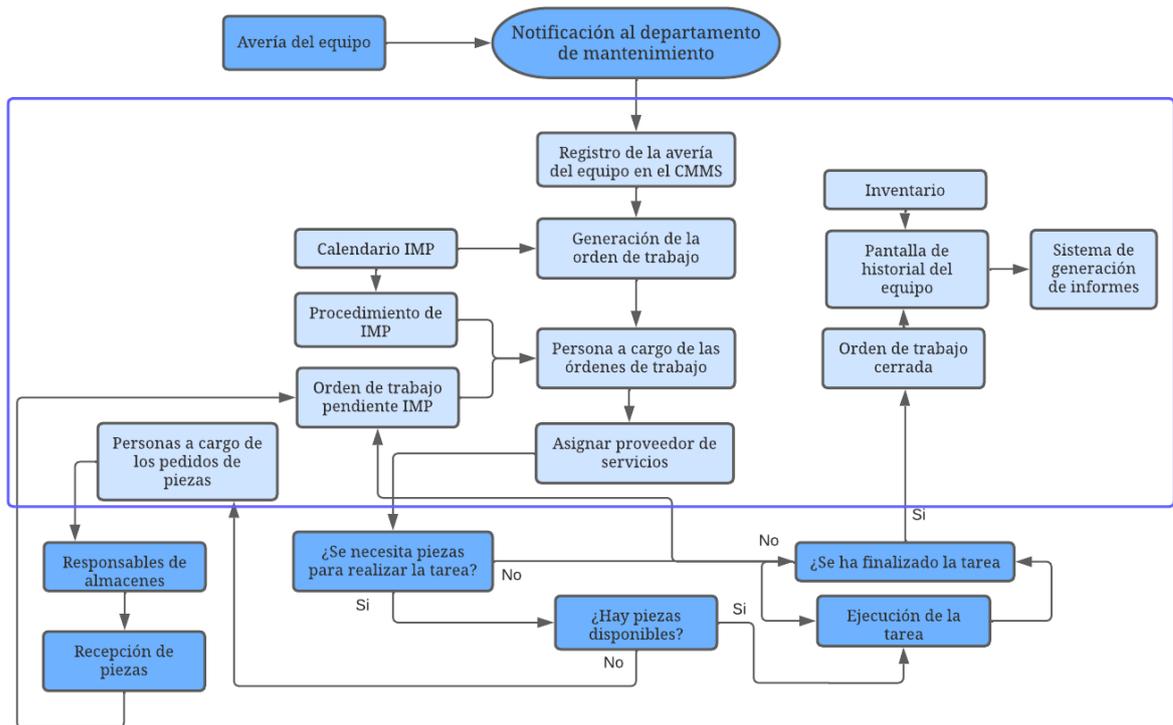


Figura 2.8: Diagrama de flujo de la gestión de órdenes de trabajo [19]

## 2.9 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una metodología que permite priorizar sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global para la toma de decisiones. Para la realización de un análisis de criticidad se debe: determinar un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un modo de evaluación para jerarquizar la selección de los equipos del análisis.

Desde un punto matemático la criticidad se puede expresar como [22]:

$$Criticidad = frecuencia * Consecuencia \quad (2.6)$$

Donde:

Frecuencia: Se refiere al número de fallas en el sistema o equipo.

Consecuencia: se refiere al impacto y flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en la seguridad y el medio ambiente.

Un análisis de criticidad se basa en normas fundamentales como son la seguridad, el ambiente, la producción, los costos (operacionales y de mantenimiento), tiempo promedio para reparar y la frecuencia de falla, con todos estos parámetros mostrados se puede presentar un modelo básico de criticidad mostrado en la Figura 2.9.



Figura 2.9: Modelo básico de criticidad [22]

Existe también la Tabla 2.7 basada en las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 que ayudan a dar una ponderación a los factores importantes que intervienen en un análisis de criticidad según todas las acciones que pueden tener una máquina.

Tabla 2.7: Ponderación para el cálculo de criticidad

FACTOR DE FRECUENCIA	
Descripción	
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 un evento en 5 años	1
FACTORES DE CONSECUENCIA	
Impacto operacional (IO)	
Pérdidas mayores 75% producción mes.	5
Pérdidas 50% a 74% producción al mes.	4

Tabla 2.8: Ponderación para el cálculo de criticidad (continuación)

Pérdidas 25% a 49% producción al mes.	3
Pérdidas 10% a 24% producción al mes.	2
Pérdidas inferiores 10% producción mes.	1
<b>Factor de flexibilidad operacional (FO)</b>	
No existe stock, tiempos de reparación altos.	5
Stock parcial, promedio de reparación complejo.	4
Stock parcial, promedio de reparación sencillo	3
Stock insuficiente, promedio de reparación complejo.	2
Stock suficiente, tiempos de reparación bajos.	1
<b>Costo de mantenimiento (CM)</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 inferiores 200 USD	1
<b>Impacto medio ambiente (IMA)</b>	
Daños irreversibles en el ambiente	5
Daños severos al ambiente	4
Daños medios al ambiente	3
Daños mínimos al ambiente	2
Sin daños ambiental	1
<b>Impacto seguridad (IS)</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

### 2.9.1 Criticidad en el ámbito de mantenimiento

Al tener ya establecido los dispositivos más importantes, lo que permite priorizar los programas de manera más eficiente y planes de mantenimiento, de igual forma se puede priorizar la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

### 2.9.2 Método del flujograma de análisis de criticidad (cualitativo)

En el método del flujograma se presenta una técnica que hace referencia a un análisis cualitativo sobre la jerarquía de equipos de producción como se observa en la Figura 2.10, para clasificar los equipos en tres categorías: A, B, C, para llegar a una clasificación de equipos final se debe realizar una serie de preguntas a los operarios directamente que nos brinde información de la importancia de cada equipo [23].

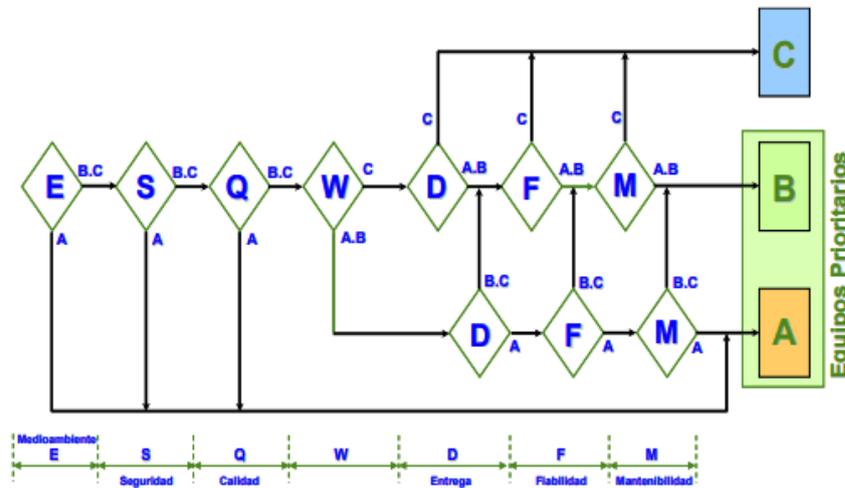


Figura 2.10: Modelo del flujograma de criticidad [23]

En si la letra E hace referencia al medioambiente, podría considerarse como categoría A si el daño de una máquina afecta a la zona en donde está ubicada la empresa, se le calificaría como B si el fallo solo afecta a los puestos de trabajo y C cuando el daño no ocasiona ningún afecto al medioambiente.

Por consiguiente, la letra S es de seguridad, si la máquina afectada ocasiona lesiones en los trabajadores que afecte su presencia en el trabajo se le asigna la letra A, si el fallo de la máquina provoca lesiones mínimas que no necesiten ausencia del trabajador se le aplica la letra B y si el fallo no provoca graves daños y el proceso continua se fija la letra C.

La calidad (Q), es parte importante en la industria así que el daño operacional de una máquina ocasiona que el producto terminado llegue en mal estado al consumidor final se le asigna la letra A, cuando el producto se muestra afectado, pero aún no ha salido de las instalaciones sería

una calificación B y si el daño de la máquina no afecta en nada al producto se le indica como letra C.

El tiempo de trabajo (W) tiene en relación cuando los equipos trabajan tres turnos al día y será de categoría A, si el equipo trabaja los dos turnos será de categoría B y si el equipo tiene programación para trabajar solo un turno se le asigna a la categoría C.

La entrega (D) es cuando un fallo en una máquina produce un paro en toda la industria y se le fija como categoría A, se le asigna la letra B cuando el equipo solo afecta a una parte de la producción y la letra C cuando no afecta en nada la producción del producto.

La fiabilidad (F) se relaciona con la frecuencia de fallo que puede existir en un equipo que no trabaja correctamente, si el equipo tiene una frecuencia de fallo menor a 5h se considera de categoría A, si la frecuencia de fallo es mayor de 5h y menor a 10h se considera como categoría B, pero si la frecuencia sobre pasa las 10h se utilizará la categoría C.

La mantenibilidad (M) es considerado como el tiempo mínimo para reparar algún fallo, si el equipo necesita más de 90 minutos para solucionar su fallo es categoría A, si el equipo requiere entre 45 y 90 minutos serian de categoría B y si el fallo del equipo se repara en menos de 45 minutos será categoría C.

### 2.9.3 Matriz de criticidad

La matriz de criticidad para la jerarquización de los modos de frecuencia y consecuencia se muestra en la Figura 2.11, al igual que el flujograma se toma los puntos de medio ambiente, personas, negocio, sin embargo, todas las matrices identificadas por colores con los mismos principios para las zonas de riesgo alto A, riesgo medio B, y riesgo bajo C.

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
	CONSECUENCIA (CO)																					

Figura 2.11: Matriz de criticidad, normas SAE JA1011 y SAE JA1012

### 2.10 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

El AMEF o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) es un instrumento que identifica los efectos y consecuencias de los modos de fallas de cada equipo, mediante la identificación de

los sistemas y factores que lo conforman, los ensambles, el diseño, los procesos, los elementos y materiales de fabricación.

Por el medio del análisis de fallas se puede detectar en forma preventiva, programada o anticipada cualquier irregularidad que pueda ocurrir en la funcionalidad del equipo. El AMEF se debe confrontar bajo el modelo de casualidad, el cual, establece algunos pasos que son el establecimiento del método apropiado, la construcción de los procesos de solución, configuración del caza fallas (GCF), con sus sistemáticas de tendencia, el planteamiento y la mejora del análisis en sí y por último la implementación de los controles [24].

### **2.10.1 Objetivos del AMEF**

Como objetivos principales que se tiene en el AMEF es reconocer y calcular los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y fabricación de un producto respecto a los criterios de disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad [25].

- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Definir los efectos de las fallas potenciales en los equipos.
- Identificar las operaciones que se podrían prevenir.
- Eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra una falla potencial.
- Documentar el proceso y evidenciar los fallos.

### **2.10.2 Criterios de calificación del AMEF**

El equipo de mantenimiento debe conocer los distintos criterios de evaluación de la severidad, la ocurrencia y la detección de la falla. Los tres puntos antes mencionados establecen, en conjunto, el número prioritario de riesgo (NPR), indicador que determina los modos de falla que necesitan mayor trabajo, se podría decir que el AMEF de diseño se enfoca únicamente en los modos de falla del producto y en sus efectos en el cliente [26].

## **2.11 ANÁLISIS DE FALLAS**

Un método de análisis de fallas tiene el objetivo de diagnosticar la causa del origen de ésta y fijar acciones correctivas para solucionar y prever algún problema.

Un análisis de falla solicita un claro entendimiento de lo que significa una falla, así como la diferencia entre indicadores, causas y consecuencias de la falla y acciones se puede considerar las siguientes definiciones como parte de un análisis de fallas [27]:

- Indicador: Señal que muestran la presencia de fallas.
- Causa: acción de produjo la falla.

- Mecanismo y consecuencia: método de ocurrencia de la falla, aclarando el origen donde se desarrolló y consecuencia que esta puede provocar.
- Acciones correctivas: acción de prevenir alguna falla.

Para un proceso de análisis se necesita de expertos de diferentes áreas dependiendo que tan complicado es el equipo que obtuvo o produjo el fallo, se debe contar de igual manera con un historial de fallas, en la Figura 3.12, se muestra una sinopsis de la relación que tiene el análisis de fallas en un proceso.



Figura 2.12: Resolución de un problema de fallas [27]

### 2.11.1 Clasificación de los fallos

Para poder clasificar los fallos se debe estudiar las consecuencias que tienen estos en un equipo. Según esas consecuencias se decide si el fallo pudo ser evitado (falla insostenible) o si se puede buscar alguna forma de suavizar sus efectos en la producción.

Para que estos en caso de que se produzcan sus efectos puedan ser mínimos, por tanto, existen dos categorías posibles [16]:

- Fallos a evitar.
- Fallos a amortiguar, suavizar.

Podemos aclarar que los fallos funcionales en equipos cuyo modelo es de Disponibilidad o Sistemático, deben ser evitados, por el contrario, los fallos técnicos en los mismos equipos no es indispensable que sean evitados sino más bien buscar la manera de amortiguar o evitar sus efectos [16].

### **2.11.2 Determinación de los modos de fallo**

Una vez que se haya señalado los fallos que se pueden presentar en un equipo, en su sistema funcional o de un elemento se debe estudiar los modos de fallo. Los modos de fallos se pueden determinar como una circunstancia que conducen a un fallo preciso. En un ejemplo de un fallo funcional ocasionado porque el sistema no lubrica, se pueden encontrar estos tipos de fallo [16]:

- El sistema no lubrica por no tener aceite en el depósito.
- El sistema no lubrica por obstrucción en un algún conducto.
- El sistema no lubrica porque la bomba de lubricación no funciona.
- El sistema no lubrica porque los filtros están obstruidos.

Se puede observar que cada fallo, funcional o técnico, se presenta de diferentes formas, es sustancial considerar todos los modos de fallo posible, y así se puede realizar un análisis completo y absoluto, identificando en una matriz.

### **2.11.3 Causas comunes de falla**

La importancia de realizar un análisis de falla es para determinar la causa raíz que se encuentran luego de realizar un examen sistemático de la pieza o componente dañado y usar la información para mejorar la confiabilidad del equipo, entre las causas más comunes se encuentran [28]:

- Mal uso o abuso de la máquina.
- Errores de montaje.
- Errores de fabricación.
- Mantenimiento inadecuado.
- Errores de diseño.
- Material inadecuado.
- Condiciones no previstas de operación.

La categoría de los índices de gravedad que se usan normalmente es del 1 al 10, esto depende de las consideraciones que se realice en la empresa porque en algunos casos se utiliza una calificación del 1 al 5 [29]. En la Tabla 2.9, se presenta los criterios que se deben considerar según la valoración propuesta en este proyecto.

Al realizar el análisis de fallas la empresa debe tener un criterio rígido al dar valor sobre cada una de las máquinas para que el resultado esperado sea el que mayor acierte al momento de tener alguna respuesta.

Tabla 2.9: Clasificación de la gravedad de fallo según la repercusión en el cliente [29]

<b>Gravedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No se espera que este fallo de baja importancia produzca algún efecto real sobre el objeto de estudio.	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas imperceptibles	Si existe fallo ocasionaría un ligero inconveniente para el cliente. Es posible que se note un pequeño deterioro de su rendimiento sin ser de mayor importancia.	2 – 3
Moderada Defectos de relativa importancia	Existe un deterioro observable en el rendimiento del sistema, por lo que puede causar insatisfacción en el cliente.	4 – 6
Alta	El fallo puede llegar a ser crítico e inutilizar el sistema. Con ello el cliente tendrá un mayor grado de insatisfacción.	7 – 8
Muy alta	Fallo potencial muy crítico que produzca afectación en la seguridad del producto o proceso. Si el caso es muy grave se le puntuará con un valor de 10.	9 – 10

Siempre que la gravedad sea superior a 4 y la detectabilidad mayor a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes.

Siguiendo los pasos también se debe determinar la frecuencia, la cual se define como la probabilidad de que cause un fallo que se estima potencial se lleve a cabo y produzca en efecto un modo de fallo.

La frecuencia de fallo puede ser cambiada de acuerdo al diseño del producto o proceso o mediante mejoras en el sistema de prevención o control, que son los encargados de identificar e impedir algún fallo [30]. En la Tabla 2.10 y Tabla 2.11, se presenta la valoración planteada para establecer la frecuencia de fallo en un proceso o equipo.

Tabla 2.10: Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo [30]

<b>Frecuencia</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy baja Improbable	Ningún error está asociado con procesos casi idénticos. Este no era el caso en el pasado, pero se supone que esto puede suceder.	1
Baja	Errores aislados en procesos similares o casi idénticos. Puede esperarse durante la operación del sistema, aunque es poco probable.	2 - 3

Tabla 2.11: Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo (continuación) [30]

Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previstos al actual. Existe la posibilidad de que aparezcan durante la vida del sistema.	4 - 5
Alta	El error ha ocurrido con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o procesos fallidos anteriores.	6 - 8
Muy alta	El fallo es casi inevitable. Existe una alta probabilidad de que el error aparezca con más frecuencia.	9 - 10

La Tabla 2.12 presenta los criterios que se deben considerar al momento de detectar el modo fallo, es considerable señalar que este factor a diferencia de los anteriores presenta su escala de valoración de manera inversa. Lo que se pretende decir es que si se busca disminuir los valores anteriores se debe incrementar el número de controles o modificar el diseño con el fin de mejorar la detección de cualquier fallo, aunque esto implique el incremento en los costes [30].

Tabla 2.12 Clasificación de detección del modo de fallo [30]

<b>Detectabilidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
Muy alta	El defecto es evidente.	1
Alta	El defecto es evidente y aunque se puede detectar fácilmente, podría no ser distinguido en primera instancia.	2 - 3
Mediana	Defecto detectable, aunque posiblemente no llegue al cliente.	4 - 6
Pequeña	Es difícil el defecto con procedimientos normales.	7 - 8
Improbable	Defecto no puede detectarse, pero el cliente posiblemente lo percibirá.	9 - 10

#### 2.11.4 Plan maestro de Mantenimiento

Básicamente un plan maestro de Mantenimiento es una matriz en donde se registra la frecuencia con la que se va a realizar un mantenimiento (diario, mensual, anual); a los equipos o maquinaria situadas en la industria, se debe detallar que actividades se van a realizar ya sea una limpieza total, lubricación en sus rodamientos, inspección de algún fallo, etc. Como ejemplo tenemos la Tabla 2.13 donde se detalla la información básica que esta debe contener.



diferentes tipos de formas para poder interpretarlas a través de dibujos, símbolos de ingeniería, como muestra la Tabla 2.14, [32].

Tabla 2.14 Simbología de un diagrama de flujo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Límites del proceso		Punto de decisión
	Operación		Dirección del flujo

## 2.12 HOJA-RESUMEN DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA

En una planta es adecuado elaborar una hoja-resumen con las máquinas más significativas que intervienen en los procesos, donde se registren datos más considerables contenidos en las fichas de equipos. Esto nos permitirá utilizar datos importantes de la planta de una forma más compacta, de modo que los operadores entiendan de manera clara los detalles de los equipos [16].

En las hojas-resumen deben constar los siguientes datos y como ejemplo se muestra en la Tabla 2.15.

- Código de la máquina.
- Nombre de la máquina.
- Nivel de criticidad.
- Modelo de mantenimiento preventivos a aplicar: programado (PROG), basado en la condición (CON), predictivo (PRE), de oportunidad (OPO).

Tabla 2.15: Hoja-Resumen de datos de mantenimiento

HOJA-RESUMEN DATOS DE MANTENIMIENTO									
			MODELO MANTENIMIENTO						
Código	Descripción	Crit.	Pro.	Con.	Pre.	Opo.	Formación necesaria	Repuesto crítico	Observaciones

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

#### **3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la investigación descriptiva y bibliográfica la cual nos posibilitó adquirir información detallada de la maquinaria utilizada en los procesos de producción de la empresa INDSOL CIA. LTDA., identificando los componentes, elementos, funciones y características elementales en base al rendimiento operacional de cada máquina, alcanzando hipótesis sobre tipos y modos de fallas que serán modificados con tareas y técnicas de mantenimiento, mientras que la investigación bibliográfica ayudó a corroborar los resultados esperados con los documentos relacionados al tema de investigación.

También se utiliza el método cualitativo con el fin de observar el tipo de fallas y averías que se producen en la maquinaria que no tiene un buen control en su mantenimiento y de esta forma profundizar la revisión de los elementos, componentes que forman parte de una máquina y puedan presentar averías. Así mismo se aplicó el método de campo realizando un control práctico-técnico en la maquinaria, en su funcionamiento y operatividad para determinar el nivel de rendimiento operacional de cada una de ellas por un control de unidades producidas, con visitas INSITU y recopilación de datos en fichas técnicas; por último se aplicó el método explicativo para concluir cuales son las causas de las averías y generar medidas de prevención gracias a la información obtenida en las inspecciones y estudio.

#### **3.2 MATERIALES**

- Computador.
- Cinta métrica.
- Cronómetro.
- Impresora.
- Cámara.
- Video Cámara.

#### **3.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **3.4 INFORMACIÓN GENERAL DE LA COMPAÑÍA**

##### **3.4.1 Datos generales**

La industria papelería INDSOL CIA. LTDA., inicio sus actividades en el año 2018, dedicada a la producción de servilletas, papel higiénico tamaño jumbo, papel higiénico tamaño normal. La industria cuenta con 8 trabajadores, encabezados por la presidenta Bertha Maricela Tonato Granda y su gerente general Diego Rubén Solís Rodríguez en el área gerencial y Ximena Solís

Rodríguez que ocupa el puesto de secretaria, esto como parte del área administrativa, en el área de producción cuenta con 5 operadores que trabajan en modalidad de servicios prestados. La industria distribuye sus productos en diferentes partes del Ecuador que son Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha y Chimborazo en la sierra, en el Guayas, Esmeraldas, Manabí, Santa Elena como parte de la costa y también en algunos cantones de la Amazonía, distribuyendo aproximadamente 200 toneladas de papel jumbo y 100 toneladas de servilletas al mes, convirtiéndose en una industria competitiva a nivel nacional, cuenta con 9 máquinas industriales que son parte directa del proceso: tres servilleteras, una jumbara, una tubera, dos selladoras, una cortadora y un horno. Las instalaciones cuentan con sus permisos respectivos de funcionamiento otorgados por la agencia nacional de regulación, control y vigilancia sanitaria (ARCSA) que con esfuerzo y dedicación lo pudieron obtener en el año 2021. El terreno en el que está ubicada no es propio lo arriendan, pero es de gran amplitud con zonas verdes y estacionamientos privados.

### **3.4.2 Ubicación**

La ubicación de la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., está ubicada de manera estratégica entre la Avenida Eloy Yerovi y los Molles a un lado de la Hostería Rumipamba de las Rosas, ciudad de San Miguel de Salcedo, con el fin de garantizar un ambiente seguro y fácil acceso a sus instalaciones.

El lugar donde está ubicada cuenta con los servicios básicos que son alcantarillados, luz, internet, amplio estacionamiento para el ingreso de camiones de materia prima de sus trabajadores y también clientes.

Las instalaciones están correctamente distribuidos para que el proceso de papel higiénico sea más rápido y no haya ningún problema con los operadores.

A continuación, en la Figura 3.1 podemos apreciar más precisamente la ubicación de sus instalaciones gracias a la herramienta web Google maps.



Figura 3.1: Ubicación geográfica de INDSOL CIA. LTDA

### 3.5 INFORMACIÓN GENERAL DE LA MAQUINARIA

#### 3.5.1 Servilletera de papel tejido

Esta máquina se usa principalmente para la producción de servilletas de papel tipo rectángulo o cuadrado plegado mediante compresión suave, cuenta con impresión en color y relieve de acuerdo a los parámetros que la industria desee. Esta máquina está montada con un sistema de tinta de impresión de agua de dos colores, puede imprimir varios logotipos o patrones, consta con características como relieve claro con una capacidad de producción de 0 a 1750 hojas/min.

Características:

- Tipo de procesamiento es plegadora de papel tissue.
- Garantía de los componentes principales es de 1 año.
- Año de la máquina 2020.
- Tiene una regulación de velocidad continua.
- Puede equiparse con un dispositivo de impresión a color, mediante impresión flexográfica.
- Control de panel mediante PLC.
- Conteo electrónico automático.
- Sistema de apagado automático de rotura de papel.

- Velocidad de producción rápida y bajo nivel de ruido.

Parámetros técnicos:

- Diámetro de la materia prima 1100mm.
- Sistema de control de frecuencia.
- Rodillo estampador: rollo de lana, acero inoxidable.
- Tipo de grabado personalizado.
- Voltaje 3 fases 380V 50Hz.
- Poder 4kW.
- Velocidad de producción 0-900 hojas/min.
- Tipo plegable V/N/M.
- Peso 1500kg.
- Tamaño de la máquina (L\*W\*H) 2950\*1320\*1500mm.



Figura 3.2: Servilletera de papel tejido

### 3.5.2 Máquina jumbera rebobinadora

La máquina para fabricar papel higiénico tamaño jumbo tiene una unidad de alimentación de núcleo, su materia prima para el funcionamiento es un tubo de rollo jumbo en cual rebobina el papel para realizar el estampado en las hojas, la máquina está controlada por un PLC, los operarios la operan a través de una pantalla táctil en un día puede producir 400 bastones.

Características:

- Estructura de tipo pared lo que le hace estable y sin ruido.

- La distancia de perforación es ajustable.
- Sistema de alimentación de núcleo automático.
- Garantía de 1 año.
- Año de la máquina es de 2020.
- Recorte automático de bordes.
- Rociado de pegamento y sellado sincrónico.
- Adopta una técnica de control programable PLC avanzada internacional para la operación de la interfaz hombre-máquina.
- Pantalla táctil.
- Cuchillas espirales de alta precisión.
- Sistema de elevación neumática.
- Correas planas de conducción ancha.

Parámetros técnicos:

- Diámetro del papel  $\phi$  1200mm.
- Diámetro interior del núcleo de papel  $\phi$  76mm.
- Velocidad de producción 150-280m/min.
- La tensión de 380V 50Hz.
- Presión de aire 0.5 Mps.
- Peso de la máquina 3000kg.
- Tamaño de la máquina (L\*W\*H) 6050\*2200\*1800mm.



Figura 3.3: Jumbera-Rebobinadora

### 3.5.3 Tubera-núcleo de papel

La máquina tubera en si lo que realiza es la fabricación de tubos de papel de cartón kraft, el concepto del diseño es simple, compacto y estable para su utilización en el producto terminado.

Características:

- Su estructura está hecha de una placa de acero gruesa y pesada como se observa en la Figura 3.4.
- La vibración es pequeña.
- Año de la máquina 2017.
- La transmisión principal es por cadena de baño de aceite de superficie de dientes duros.
- Alta velocidad y gran torque.
- El motor principal adopta un convertidor de frecuencia para la regulación de velocidad.
- Se adopta el sistema de control lógico programable PLC.
- Panel de operación.

Parámetros técnicos:

- Peso de 1,5 toneladas.
- Motor trifásico 380V - 3-50Hz.
- Tamaño de la máquina (L\*W\*H) 2,3\*1,6\*1,3m.
- Garantía de 2 años.
- Capacidad de producción de 90%.
- Diámetro del tubo 15-100mm.
- Espesor máximo del tubo 8mm.



Figura 3.4: Máquina tubera núcleo de papel

### 3.5.4 Máquina automática de sellado FQL 450 UN

La máquina de sellado automático modelo FQL 450, más conocida técnicamente como (POF Film Retráctil Máquina) Figura 3.5, es una máquina que empaqueta el papel higiénico según el tamaño deseado, las estira y las sella por conducción a gran velocidad.

Características:

- La apariencia de diseño de nudo de conformidad.
- Garantía de uso y sus equipos es de 1 año con asesoramiento por correo.
- Con panel de control mediante el sistema de programación de entrada, 12V DC, botón interruptor, pantalla digital.
- La transmisión usando 24V DC control de velocidad del motor mediante la tecnología de frecuencia de variable de ajuste de archivo de 0-9.
- La cinta transportadora se puede utilizar la correa de malla de alambre, la cadena de rodillo, correa de malla de teflón.
- Calentar con 600W - 220V de cuarzo de tubo de calefacción infrarrojo lejano.
- Control de temperatura con el sistema de control inteligente de la temperatura.
- El soporte puede ser desmontado y la altura del soporte puede ser ajustado.
- Año de la máquina es del 2021.

Parámetros técnicos:

- La tensión de 220V/50-60Hz.
- La alimentación 1,35 kW.
- Presión de aire 0,6 - 0,8 MPa.
- Capacidad 15-25 bolsas/min.
- Tamaño máximo de paquete  $L+H < 500\text{mm}$ .
- Tamaño máximo de paquete  $W+H < 300\text{mm}$ .
- Tamaño de corte de sellado  $550*450\text{mm}$ .
- Tamaño de la máquina (L\*W\*H)  $1650*800*1450\text{mm}$ .
- Peso de 300kg.



Figura 3.5: Sellador de L Modelo FQL 450

Panel de operación.

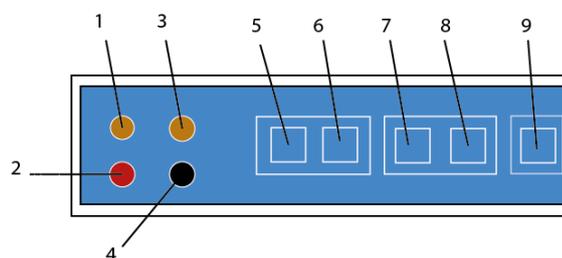


Figura 3.6: Panel de operación sellador

- 1) Fuente de alimentación.
- 2) Suministro general: interruptor de alimentación principal.

- 3) Indicador de selección.
- 4) Interruptor opcional.
- 5) Temperatura de sellado longitudinal.
- 6) Temperatura del sello transversal.
- 7) Tiempo de sellado.
- 8) Ajuste de longitud.
- 9) Registro de conteo.

### **3.5.5 Túnel de refracción (Horno BSN 4020C)**

El horno trabaja con los principios de flujo del calor con el aire y el de refracción, permitiendo que ingrese un producto por las bandas, y este “enchoja” el plástico para sellar al vacío impidiendo que el producto sufra algún desperfecto en su transporte a bodega y a su destino final, Figura 3.7.

Características:

- Consumo de energía reducido mediante aislamiento de doble capa.
- Cámara de calor incrustada inferior y sistema de ventilador.
- Garantía de un 1 año con asesoramiento por correo.
- Año de creación 2021.
- Calor perfectamente disipado en el interior a través de aletas y canales ajustables.
- Control de velocidad de transporte para optimizar la duración del tratamiento térmico.
- Enfriar automáticamente a 70°C antes de apagarlo.
- Equipado con ruedas y frenos, fácil de colocar en la instalación.
- Rodillos de transporte.

Parámetros técnicos

- La tensión 380V/50-60Hz.
- La alimentación 9kW.
- Tamaño del túnel (L\*W\*H) 1200\*400\*200mm.
- El tamaño del producto 350\*150mm.
- La velocidad de transporte 0-15m/min.
- Carga de transporte Max 20kg.
- Tamaño de la máquina (L\*W\*H) 1600\*560\*660mm.
- Peso de la máquina 80kg.



Figura 3.7: Horno BSN 4020C

### 3.5.6 Empacadora de servilletas de papel tissue

Esta máquina es parte de las máquinas empacadoras automáticas, presenta ventajas de configuración razonable, excelentes actuaciones, adopta el tipo de envoltura que la empresa necesita, sirve para el plegado y sellado de productos cuadrados (servilletas), tiene un sensor de color que actúa a gran velocidad que sella 18 paquetes de 75uds/min. Se puede controlar el tiempo continuo de conversión de frecuencia, cuenta con una pantalla táctil y un sistema PLC como se observa en la Figura 3.8.

Características:

- Año de funcionamiento 2017.
- Garantía por soporte técnico de 1.5 años.
- Adopta la unidad de alimentación de la compañía.
- Se puede conectar fácil a una línea de producción.
- Fococélula que comprueba el seguimiento del servomotor, para que haya un ahorro de material.
- Alta productividad, alta automatización.
- El rango de empaque es amplio para varios cambios de tamaño.

Parámetros técnicos:

- Velocidad de embalaje 25-50/60 paquetes/min.
- Tamaño de embalaje L (140-200mm), W (100-140mm), H (45-90mm).
- Potencia total 9,5kW.
- Potencia del motor principal 2,2kW.
- Potencia del servomotor de envío de film 0,75kW.
- Potencia de motor de alimentación media 0,75kW.
- Potencia motor del film 0,37kW.
- Potencia del motor de salida 0,37kW.
- Potencia total del calentador 4,6kW.
- Ruido  $\leq 78$ dB.
- Presión de aire 5-7kg/m<sup>2</sup>.
- Peso neto de la máquina 3000kg.
- Dimensiones (L\*W\*H) 3500\*6100\*1960mm.
- Fuente de alimentación 380V - 50Hz.
- Material del film de embalaje 0,04mm CPP, film de doble sellado térmico.



Figura 3.8: Empacadora de papel tissue

Panel de operación.



Figura 3.9: Panel de operación de empacadora

- Power botón de encendido, gire este botón para encender o apagar el interruptor de encendido.
- Start botón de inicio, presione este botón para iniciar la máquina según el programa establecido.
- Slow Down este botón desacelerar o detener, se presiona este botón para detener a la máquina después de un círculo en marca.
- Emergency Stop o parada de emergencia se presiona en caso de que exista alguna falla, gira este botón al sentido de las agujas del reloj.

### 3.5.7 Máquina cortadora de tamaño jumbo

Forma parte del proceso de corte de los bastones que salen de la máquina jumbara, en su trascurso que van saliendo los bastones ésta se encarga de cortar 15 rollos de 500gr c/u, su estructura es sencilla y bien formada para que no exista vibraciones como muestra la Figura 3.10, se le puede acoplar una mesa donde recorren los rollos al siguiente proceso.

Características:

- Se le puede acoplar una mesa para una producción continua.
- Su estructura hace que no tenga vibraciones.
- Garantía de sus partes es de 1 año.
- Se la armo en el año 2021.
- El principio de funcionamiento es fácil.
- La tensión de su cuchilla es maniobrable.
- No produce sonidos mayores a los 3dB.
- La estructura esta echa de metal.

Parámetros técnicos:

- Voltaje de 220V.
- Potencia del motor es de 3HP.
- Control por PLC.
- Tubos metálicos redondos para deslizar.
- Cuchilla de banda de 3,5cm diámetro.
- Rodamientos.
- Chumaceras.
- Resortes.
- Volante de ajuste.



Figura 3.10: Máquina cortadora tamaño jumbo

### 3.6 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

#### 3.6.1 Proceso de fabricación de servilletas

La empresa INDSOL CIA. LTDA., cumple con un proceso de fabricación de servilletas desde su entrada de insumos hasta su producto terminado, explicado a continuación y mostrado en un diagrama en la Figura 3.11.

- a) Teniendo a disposición la materia prima en el almacén de insumos para realizar las servilletas que son los bobinados de papel tissue de 500kg cada una.
- b) El bobinado es trasladado al área de plegado para su montaje en la máquina servilletera por dos operadores, los cuales deben verificar el buen estado del mismo y ajustar los pernos para que trabaje sin problemas.
- c) Una vez montado los bobinados, se procederá con el paso del papel por los diferentes polines de paso, cilindros gofradores, polines de paso, triángulos formadores, cilindros de acero, cilindros de acero perforados.
- d) Una vez pasado el papel tissue hasta los cilindros de acero perforados el operador pondrá la máquina en modo marcha y arrancará la máquina muy lentamente, el papel comenzará a salir de a poco por la bandeja donde estará en primera instancia la sierra central (tener mucho cuidado en esta parte del proceso ya que las sierras están bien afiladas y puede ocasionar algún corte), al acabar este proceso el operador verificará el buen corte de las sierras y su buen funcionamiento.
- e) Al finalizar con el corte de las servilletas 1 ayudante retira las servilletas de la bandeja para luego llevarlas hacia el área de empaçado y sellado en la cual se encuentra la máquina empaçadora donde colocará el papel en una cinta transportadora que arrastra el papel hacia la zona de formación de paquetes.
- f) El operador está en la obligación de revisar constantemente el producto a la salida de la empaçadora que este con un buen sellado de fondo, sellado lateral; si por alguna razón el paquete sale mal, se retira el empaque, se retira la funda y se vuelve a colocar en la zona cita transportadora (previa verificación y corrección del error).
- g) Los empaques en buenas condiciones serán empaquetados por 1 ayudante en una funda de plástico grande y hará el proceso de sellado manual.
- h) Por último, se transporta al almacén en el cual se apilan adecuadamente hasta su despacho.

### 3.6.2 Diagrama de recorrido de fabricación de servilletas

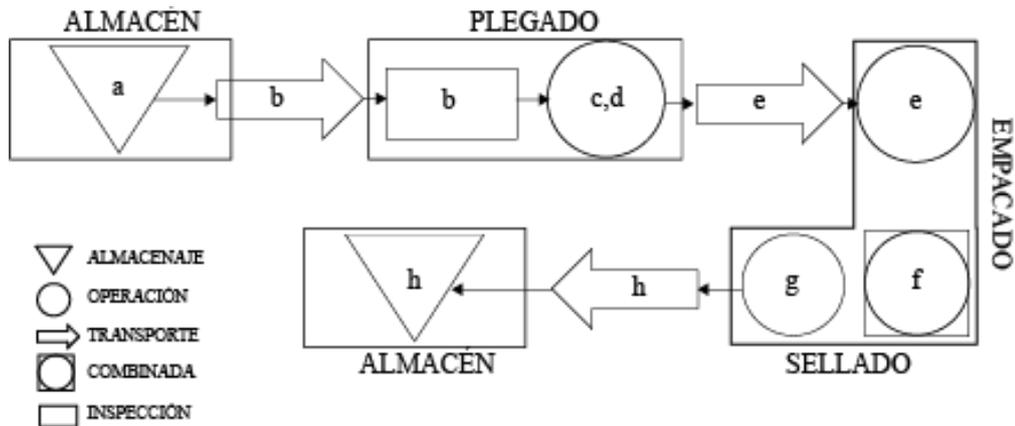


Figura 3.11: Diagrama de recorrido proceso de servilletas

### 3.6.3 Proceso de fabricación de papel higiénico tamaño jumbo

Al igual que en el proceso de servilletas, para la fabricación de papel higiénico tamaño jumbo, se necesita la misma materia prima, pero en diferente tamaño, el proceso se explica a continuación de igual manera en el diagrama de recorrido en la Figura 3.12.

- El bobinado de papel tissue debe estar en el almacén como parte fundamental del proceso.
- El bobinado es trasladado con un montacargas al pie de la máquina jumbera.
- Los operadores colocan el bobinado en el brazo de la jumbera, la ajustan correctamente y la máquina procede a alzar el material con ayuda de dos cilindros neumáticos. Un operario realiza el paso del papel por los diferentes polines de paso, cilindros gofradores, polines de paso, cilindros de paso, zonas donde el operador ya conoce, cilindros de aceros hueco, y cilindros del núcleo de papel.
- Una vez que el papel tissue haya pasado por todas estas zonas el operador debe dar marcha a la máquina jumbera que se iniciará de manera normal, el papel tissue comenzará a rebobinarse en el núcleo de papel (no introducir ningún objeto en esta etapa ya que el proceso de rebobinado es muy rápido y puede ocasionar algún desperfecto a la máquina o alguna lesión sobre el operador), cuando esta rebobinado completo pasa una cuchilla la cual le divide para que siga con el próximo rebobinado, el operador a cargo debe verificar que el proceso se hay completado correctamente y que no haya ningún error.
- El rebobinado en el núcleo del papel es trasladado por dos operarios al área de corte y colocada en la mesa de la máquina la cual cortará el papel en tamaño jumbo.

- f) Al terminar el corte del tamaño jumbo un ayudante dirige el papel hacia el área de sellado jumbo.
- g) En el área de sellado jumbo el papel recorre por una cinta transportadora en donde se le etiqueta y enfunda, el proceso continua por un horno (túnel refractor) lo cual deja un sellado preciso al papel.
- h) El operario verifica que no haya ninguna anomalía en caso contrario se le desenfunda y se vuelve a poner en la cinta.
- i) Un ayudante recoge el papel enfundado y lo empaca en fundas grandes para ser selladas y apiladas.
- j) Son transportadas al área de almacenaje.
- k) Aquí esperan hasta su traslado.

### 3.6.4 Diagrama de recorrido de fabricación de papel higiénico tamaño jumbo

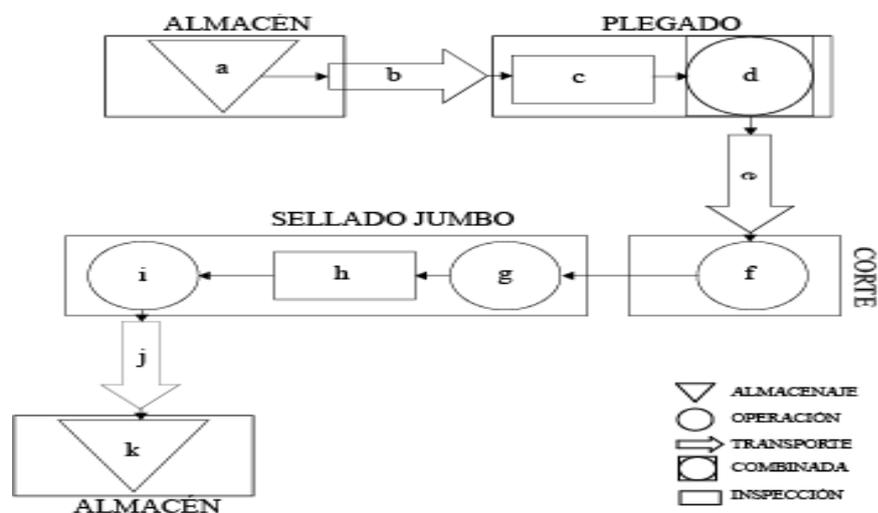


Figura 3.12: Diagrama de recorrido de fabricación papel tamaño jumbo

### 3.6.5 Elementos que constituyen cada máquina

Los componentes de una aplicación técnica que realizan una determinada función en los activos se designan como elementos de máquina, estos elementos de máquina pueden ser piezas individuales o grupos constructivos [33]:

La maquinaria situada en las instalaciones de la empresa INDSOL CIA. LTDA., es de suma importancia para el proceso productivo que se dedican, por tal razón se realiza una inspección minuciosa de cada elemento que conforma cada máquina, mírese en el (ANEXO I).

### 3.7 LAYOUT DE INDSOL CIA. LTDA.

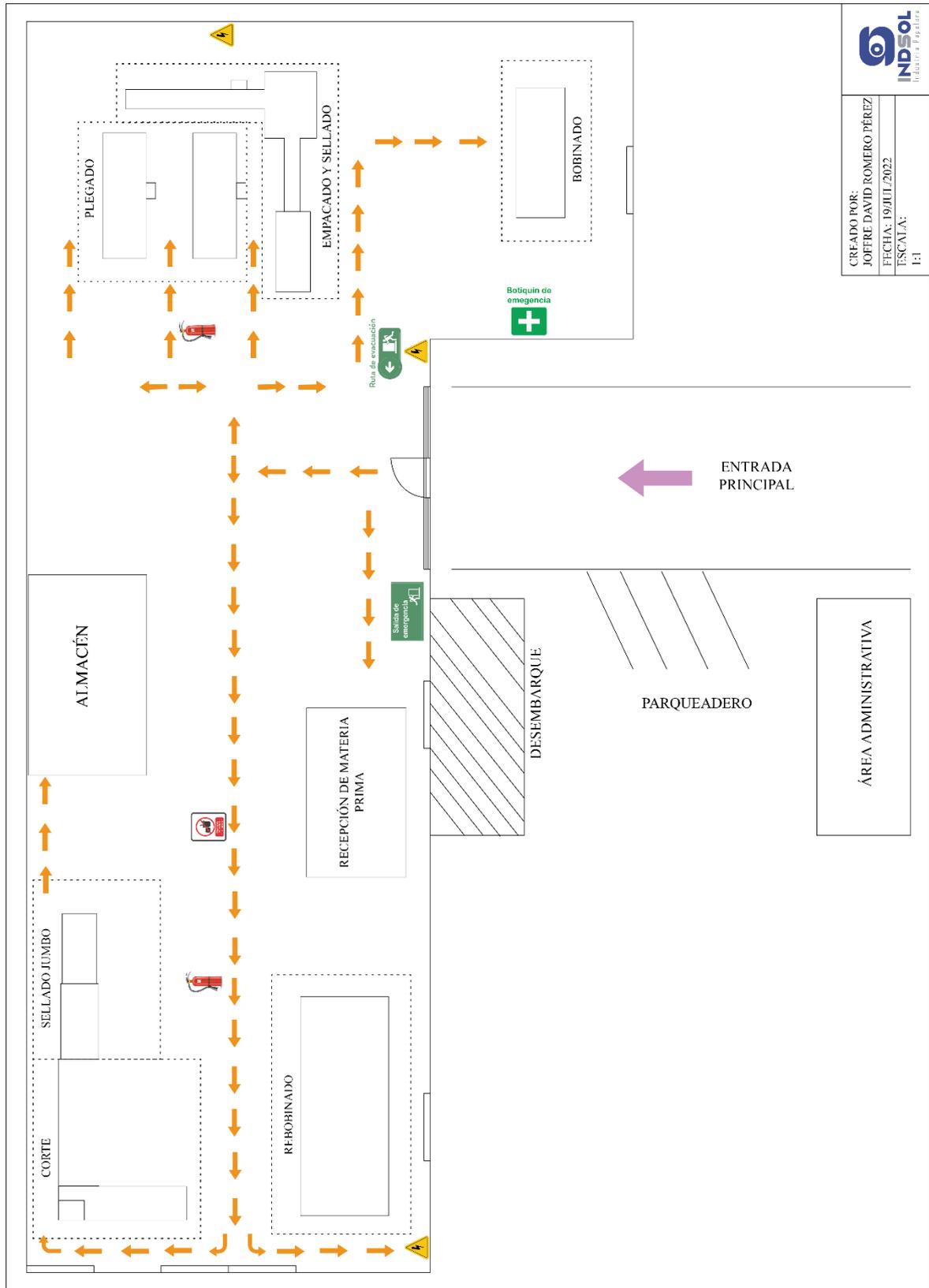


Figura 3.13: Layout de la empresa INDSOL CIA. LTDA

### 3.8 CÓDIGOS IMPLEMENTADOS EN INDSOL CIA. LTDA.

La industria papelera INDSOL CIA. LTDA., no cuenta con una codificación implementada en sus instalaciones para ninguna de sus máquinas por lo que es necesario incluir un código de cada máquina como se observa en la Tabla 3.1, para poder llevar adecuadamente un plan de mantenimiento preventivo y sea de mucha utilidad para la identificación de sus equipos.

Tabla 3.1: Codificación por área en INDSOL

Área/Zona	Clasificación
00	Bobinado
01	Plegado y corte
02	Empacado y sellado
03	Rebobinado
04	Corte
05	Sellado jumbo

La Tabla 3.2, muestra el código que se le ubicó a cada una de las áreas en las que la maquinaria se encuentra operando con sus nombres distintivos, brindando una distribución y codificación adecuada.

Tabla 3.2 Codificación de la maquinaria de INDSOL

Área	Código de equipo	N° de unidad	Tipo de equipo	Código completo
00	TN	01	Tubera – núcleo de papel	00TN01
01	SP	01	Servilletera Plegable	01SP01
01	SP	02	Servilletera Plegable	01SP02
01	SP	03	Servilletera Plegable	01SP03
02	ES	01	Empacadora de Servilletas	02ES01
03	JR	01	Jumbera - Rebobinadora	03JR01
04	CV	01	Cortadora con cuchilla vertical	04CV01
05	SL	01	Sellador de L	05SL01
05	TR	01	Túnel refractor	05TR01

### 3.9 FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

Mediante la investigación de campo se obtuvo información técnica detallada sobre los aspectos más relevantes de cada una de las máquinas instaladas en la industria INDSOL CIA. LTDA., se definió un modelo de ficha técnica adecuada para poder incorporar los datos necesarios e importantes.

Al exponer todos los ítems que debe contener una ficha técnica se unificó los datos en una matriz adecuada para cada máquina, véase en el (Anexo II).

### 3.10 DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

#### 3.10.1 Evaluación de criticidad de cada máquina de INDSOL CIA. LTDA.

Para la asignación de un análisis de criticidad en la maquinaria instalada en INDSOL CIA. LTDA., se basó en las consideraciones que presenta la tabla establecida por las normas SAE<sup>1</sup> JA1011 y SAE JA1012; donde se evalúa el factor frecuencia (FF) multiplicado por la consecuencia de la falla (CO), como se observó en la ecuación (2.6).

Basándose en la Tabla 2.7, y Figura 2.9, se desarrolló la tabla de criticidad de cada una de las máquinas en las que se especifica si son de alto riesgo (Crítico), riesgo medio (Importante) o riesgo bajo (Prescindible, sustituible), determinando mediante fórmulas la criticidad total (CT) de cada máquina que se da por la multiplicación entre el factor frecuencia (FF) con la consecuencia (CO) y esta última se obtiene mediante la suma del impacto operacional (IO), factor de flexibilidad operacional (FO), costos de mantenimiento (CM), impacto medio ambiental (IMA) y el impacto de seguridad (IS); gráficamente se puede encontrar en la Figura 2.10 que muestra un modelo del flujograma de criticidad.

Tabla 3.3 Estado de criticidad de las máquinas en INDSOL CIA. LTDA.

COD.	EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IS	IMA	CO	CT	CRITICIDAD
00TN01	Tubera – núcleo de papel	4	2	4	1	2	1	10	40	Importante
01SP01	Servilletera Plegable	3	2	3	1	1	1	8	24	Prescindible
01SP02	Servilletera Plegable	3	2	3	1	1	1	8	24	Prescindible
01SP03	Servilletera Plegable	3	2	3	1	1	1	8	24	Prescindible

<sup>1</sup> SAE. Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers) [40].

Tabla 3.4: Estado de criticidad de las máquinas en INDSOL CIA. LTDA (continuación)

02ES01	Empacadora, Servilletas	4	3	4	2	2	1	12	48	Importante
03JR01	Jumbera - Rebobinadora	4	4	3	2	2	1	12	48	Importante
04CV01	Cortadora con cuchilla vertical	5	3	3	1	2	1	10	50	Importante
05SL01	Sellador de L	3	4	4	2	1	1	12	36	Importante
05TR01	Túnel refractor	3	2	4	1	1	1	9	27	Prescindible

### 3.11 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARIA

De acuerdo con los resultados obtenidos vistos en la Tabla 3.3 se priorizan las necesidades de un equipo en específico que necesitan un mantenimiento preventivo para asegurar su confiabilidad en el proceso y tener un stock que soporte tal mantenimiento.

#### 3.11.1 Análisis de criticidad de la tubera (00TN01)

Según la criticidad obtenida anteriormente podemos decir que la tubera se encuentra en un nivel de criticidad de riesgo medio, lo que nos indica que tiene una probabilidad de tener de 1 a 3 eventos en un año con un stock parcial y una reparación compleja, sin embargo, los costos de sus materiales para reparación son inferiores a los \$200, aplicando un modelo de mantenimiento preventivo y teniendo un stock suficiente sus costos reducirían al igual que su factor de frecuencia.

#### 3.11.2 Análisis de criticidad de la servilletera plegable (01SP01)

Observando la Tabla 3.3 la servilletera tiene una probabilidad de que le ocurra algún desperfecto o 1 evento en 3 años, pero sí con un impacto operacional de pérdidas al mes entre el 10% a 24% de producción al mes por lo que si dejamos esperar que eso acontezca se vería pérdidas para la industria.

#### 3.11.3 Análisis de criticidad de la empacadora (02ES01)

La empacadora de servilletas tiene una flexibilidad operacional de reparación compleja que ocasiona pérdidas del 24% a 49% de producción al mes y sus costos de mantenimiento superan los \$200 por lo que su nivel de criticidad es importante y requiere de un modelo de mantenimiento preventivo.

#### **3.11.4 Análisis de criticidad de la jumbera (03JR01)**

La máquina jumbera tiene un factor de frecuencia probable de 1 a 3 eventos al año por tal caso su criticidad es importante en la industria papelera, si a la máquina le ocurre algún paro imprevisto la industria tendría por lo menos unas pérdidas de 50% a 74% producción al mes y su stock parcial hace que el costo de mantenimiento sea superior a los \$200.

#### **3.11.5 Análisis de criticidad de la cortadora (04CV01)**

La cortadora relacionada con el impacto de seguridad puede lograr ocasionar daños leves en el operador, sin daños al medio ambiente. A pesar de que cuenta con un stock parcial su costo de mantenimiento no supera los \$200 en donde hay que tener más consideración es las probabilidades que le ocurra algún daño son de más de 3 eventos al año, por tal razón su nivel de criticidad es importante en la industria.

#### **3.11.6 Análisis de criticidad del sellador de L (05SL01)**

El impacto operacional del sellador de L ocasiona pérdidas de 50% a 74% de producción al mes porque el tiempo de reparación del mismo es complejo y se necesita de especialistas certificados para brindar mantenimiento correctivo, ya que su factor de frecuencia es posible de 1 evento en 3 años.

#### **3.11.7 Análisis de criticidad del túnel refractor (05TR01)**

A pesar de tener un stock parcial y un tiempo de reparación complejo sus costos de materiales son inferiores a los \$200 sin impactos al medio ambiente y sin daños en la seguridad del operador, su criticidad es de bajo riesgo por lo que un correcto mantenimiento preventivo disminuiría sus costos y se tendría un stock suficiente para su arreglo.

### **3.12 DETERMINACIÓN DEL AMEF DE LOS EQUIPOS**

#### **3.12.1 Evaluación del AMEF de cada máquina de INDSOL CIA. LTDA.**

Cada máquina presenta un factor diferente de falla por lo que se recurrió a una encuesta (véase Anexo III), en el que se brindó información necesaria para evaluar y analizar el modo y efecto de fallas que cada máquina tiene o podría tener en el momento de comenzar el proceso, para esto existe una matriz en el cual se llena los campos de información necesaria como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Análisis de modo de fallas y efectos

INDSOL		ANÁLISIS DEMODO DEFALLAS Y EFECTOS (A.MEF)										INDSOL				
Nombre de proceso o Producto:		TIPO:			Realizado por:		Fecha AMEF:		Acciones recomendadas		Responsable		Acciones implementadas		NPR	
Encargado:		Jefe de área			X		20/6/2022									
Máquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	¿Cuál es el paso del proceso?	¿De que manera puede fallar dicho proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables?	severo para el cliente	¿Qué causa que el proceso falle?	¿Qué tan seguido sucede	¿Cuáles son los controles existentes preventivos?	¿Se puede detectar?		Para reducir la ocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					

Mediante la matriz (Tabla 3.5) se expone los campos que se debe llenar para el análisis de modo y efecto de fallas en las máquinas instaladas en la industria INDSOL CIA. LTDA., determinando el nivel de NPR (Número de Prioridad de Riesgo) que se obtiene mediante la multiplicación de la SEV (que tan severo es para el cliente) la OCU (que tan seguido ocurre las fallas) y la DET (si se puede detectar el fallo), el resultado puede ser entre 1 y 1000 de acuerdo a la caracterización de la industria que indica la prioridad que se le debe dar a cada falla para luego poder eliminarla. En el (Anexo IV), se muestra el NPR total de cada máquina.

### 3.13 ANÁLISIS DEL AMEF DE LA MAQUINARIA

#### 3.13.1 AMEF de la Tubera (00TN01)

Para la determinación del AMEF de la máquina tubera se evaluaron cinco procesos claves que intervienen en el proceso del producto final; el bobinado tiende a tener un seguro mecánico el cual puede trabarse provocando un modo de fallo potencial y ocasionando un retraso en la producción lo que implica que el producto terminado no llegue a tiempo al destino final colocándole una puntuación de 2 en la severidad de que el cliente note esta falla ocasionada en el proceso, la causa potencial que ocasiona esta falla se debe a la falta de pericia que el operador tiene al momento de colocar la materia prima en la máquina, no es tan ocurrente este tipo de falla por lo que se la da una calificación de 2 y se la puede detectar revisando minuciosamente brindado una puntuación de 3, con revisiones previas este fallo se puede detectar a tiempo. En total el número de prioridad de riesgo que se le da es de 12 NPR que es bajo según la puntuación implementada en este proyecto.

El proceso de fragancia del producto tiene un número de prioridad demasiado alto, en la puntuación dada es de 24 NPR que nos indica que este proceso es al que mayor preferencia de revisiones toca brindarle con inspecciones y mantenimiento en las electroválvulas.

La puntuación para el control y mando en la maquinaria es de 2NPR es cual es poco probable que falle por lo que no se muestra algún control de ocurrencia previo al proceso.

Al momento de evaluar la tensión y formación del tubo este puede presentar ruptura en sus rodillos provocando trabas y discontinuidad en el proceso se le brinda una calificación de 16NPR mostrando un nivel de interés medio para ser evaluado e inspeccionado más seguido.

El eje de recorrido es muy improbable que falle de una manera severa y esta sea notada por el cliente final por lo que las revisiones se la deben realizar diarias para retirar algún escombros y darle un mantenimiento cada mes de acuerdo con su puntuación de 6NPR.

### **3.13.2 AMEF de la Jumbera (03JR01)**

Los procesos importantes que la jumbera tiene al momento de fabricar el producto son seis; el corte de papel es muy notable en los clientes finales haciendo notar unos bordes de baja calidad por lo que es de 24NPR, su probabilidad de fallo es alta, al no contar con un mantenimiento previo sobre las cuchillas que pueden estar fracturadas se recomienda calibrar bien las cuchillas antes de poner en marcha la máquina.

Al momento de que el papel se desplace ocasiona una tensión alta entre el bobinado y los rodillos “bailarines” provocando una ruptura en el papel y consiguiente pérdidas de tiempo, para repentinamente y desperdicios de materia prima se le puntuó con una calificación de 27NPR por lo que la probabilidad de modo de fallo es alto, lo que nos dice que para la jumbera es el proceso en donde más prevención se debe tener, verificando los rodillos y la calidad del papel al momento de ser trasladado por los diferentes rodillos.

La velocidad del enrollado que ofrece la máquina puede ocasionar un papel cóncavo o telescópico siendo notable para el cliente, pero a diferencia de los demás procesos en la jumbera esto se puede corregir y no sucede a menudo por lo que su puntuación es de 12NPR con la verificación de funcionamiento y operarios capacitados el modo de fallo disminuye.

Al rebobinar el papel éste debe tener el tamaño y los metros correctos, si el contador electrónico falla los tamaños de papel higiénico jumbo van a ser irregulares y notables para el cliente final, aun así, este proceso solo puede fallar en un cambio de configuración en el panel de operación por lo que la puntuación es de 8NPR su modo de falla es baja y con notificaciones al momento de algún cambio sobre el panel de operación esta se puede detectar y eliminar.

La elevación del papel jumbo bobinado se da gracias al sistema de elevación neumática que la máquina tiene, si las válvulas se encuentran sucias o existen alguna retención de fluido de flujo ésta ocasionaría un retraso en la producción su puntuación es de 4NPR siendo muy baja al momento de que pueda ocurrir, las válvulas se desgastan probablemente en unos 5 años lo cual con verificar y limpiar el área donde se encuentran bastaría para que el fallo no ocurra.

Con la elevación del papel jumbo también interfiere las correas de transmisión planas que se encuentran en la parte inferior de la máquina, los residuos, si estas fallan habría un retraso en la producción y costos de mantenimiento altos se le puede detectar notando algún sonido extraño o vibraciones fuertes se le califica con 8NPR ya que con una limpieza e inspección de del polvo y suciedad acumulada en el área esta puede no ocurrir.

### **3.13.3 AMEF de la Selladora de L (05SL01)**

Luego que el papel higiénico tamaño jumbo este cortado al tamaño correcto este pasa por la cinta transportadora de la selladora, el modo de falla tiende a ser una lentitud en el transporte al sellado, pero su probabilidad de ocurrencia es muy baja con una puntuación de 4NPR bastaría con inspecciones diarias por el operador para eliminarla.

A posteriori se encuentra el sellado que tiene la calificación más alta en este proceso de la selladora con 18NPR ya que con un sellado incompleto éste va a ser notorio en los clientes generando desconformidades, para minimizar el modo de fallo se recomienda inspección visual diaria y una limpieza con paños limpios después de apagar el equipo.

El proceso de corte tiende a ser notorio para el cliente, pero la detección de esta es alta por lo que su NPR es de 6, con inspecciones diarias el modo de fallo podría desaparecer.

Al igual que el proceso de corte el etiquetado en el producto es visible para el cliente esto se da por el desgaste en sus cortes de sellos, no sucede repentinamente gracias a su detección alta y corrección en el operador, este proceso tiene una calificación de 3NPR.

### **3.13.4 AMEF del Túnel refractor (05TR01)**

La función principal del horno es sellar al vacío el producto que sale de la selladora por lo tanto no hay mucha complejidad en detectar los modos de fallos que se pueden dar, tanto así que su puntuación máxima es de 6NPR, si se cumplen con los controles adecuados se puede minimizar y hasta desaparecer el modo de fallo en este equipo.

### **3.13.5 AMEF de la Empacadora (02ES01)**

Al momento de colocar el producto en la banda transportadora esta puede tener paros repentinos y puede ocasionar retrasos en la producción ya sea por el desgaste o fallo en la banda transportadora o un corto circuito por desgastes en los cables, se puede detectar por lo que tiene una puntuación muy baja y con inspecciones visuales se puede eliminar.

El sellado del producto en esta máquina se hace difícil detectar por lo que la operación no está a simple vista del operador aumentando así su modo de falla, con detecciones y trabas del

producto su puntuación es de 12NPR que significa que tiene un nivel de modo de falla intermedio, se debe estar pendiente realizando una revisión previa al funcionamiento cada mes.

Luego del proceso de sellado la máquina se encarga de realizar un corte en las fundas para dividir las de tal forma que si las cuchillas no están bien afiladas o tienen tornillos mal ajustados sobre las cuchillas van a ocasionar un corte imperfecto sobre los paquetes y va a ser notorio para los clientes finales creando desconformidad. El modo de falla en este proceso es el más alto con una puntuación de 27NPR obligando a los operadores tener mayor cuidado en este paso, con desmontaje de la caja donde se encuentra las cuchillas y limpiar los escombros que se encuentran dentro y disminuir el modo de fallo.

Sellado lateral del paquete muestra indicios de quemado lo que ocurre cuando la temperatura de la máquina esta superior a los límites. Al ocurrir este modo de falla los clientes finales van a notar el desperfecto que tiene su producto y van a tener desconformidades, por lo general este fallo en el proceso se puede detectar y no sucede simultáneamente la cual se le da una calificación de 16NPR siendo un modo de falla intermedio el cual hay que estar pendiente con inspecciones visuales y desmontaje de la placa cada 6 meses para retiro de escombros.

El corte y el transporte del producto final tienen un NPR muy baja por lo que con su correcta intervención por el operario esta puede desaparecer.

### **3.13.6 AMEF de la Servilletera plegable (01SP01)**

Al colocar el rebobinado de papel sobre la máquina para que inicie con el proceso se encuentran unos seguros para que no se desenrolle el papel y se desperdicie la materia prima, estos son una cinta de cuero sostenida por un resorte, son accesibles y cualquier fallo se puede detectar por lo que se le da una calificación de 2 NPR.

El gofrado de papel y cortado del mismo tienden a ser notables por los clientes al mostrar el producto despegado o con cortes en el papel de baja calidad, no sucede a menudo y estos modos de fallas se les puede detectar y corregir su puntuación de NPR es de 12 y 16 respectivamente, con inspecciones y revisiones previas al funcionamiento se puede disminuir.

Para un producto terminado intacto el dobles de la hoja debe ser correcto y de esto depende de la rapidez de los cilindros huecos, siendo este el proceso con mayor probabilidad de modo de fallo con una puntuación de 24NPR, los operarios y el jefe de área debe tener mayor control en la inspección visual y auditiva de los cilindros, también contar con un engrase correcto en ambos cilindros huecos para minimizar las ocurrencias de fallo.

Cada paquete debe contener el mismo número de servilletas sin ningún error, las probabilidades que esto suceda según nuestra puntuación es de 2, porque las revisiones que se hacen en el panel de operación son continuas y realizadas por operadores especializados su puntuación total es 4NPR.

### 3.13.7 AMEF de la Cortadora (04CV01)

Los procesos que tiene la máquina cortadora son pocos pero igual de importantes que los demás ya que lo cortes que ésta realiza depende un producto de papel higiénico bien terminado, las cuchillas que la máquina tiene se puede visualizar fácilmente causando que los desgastes de las mismas se pueda observar fácilmente por el operador y si las mismas se encuentran desgastadas se debe cambiar, el modo de falla que puede suceder en la máquina es medio por lo cual son revisiones previas y bien realizadas las fallas se pueden eliminar.

## 3.14 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE CRITICIDAD Y AMEF DE LAS MÁQUINAS

Para conocer las máquinas que tienen mayor riesgo de presentar alguna falla y darles prioridad en un mantenimiento preventivo para que presten más fiabilidad en los procesos productivos se realizó una tabla de resultado juntando la criticidad de cada máquina y los modos de fallos que podrían tener, sumando estos dos datos que brinda los análisis presentados se identifica a las máquinas más vulnerables en la industria véase en el (Anexo IV.8).

## 3.15 RUTAS E INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO

### 3.15.1 Códigos de identificación de las rutas e inspecciones de mantenimiento

Para realizar una orden de trabajo de mantenimiento se es necesario llenar algunos campos que muestra la Figura 2.13, lo cual se encuentra la casilla “código de ruta”, se realizó una Tabla 3.6, con los códigos de identificación de rutas e inspecciones con sus respectivos alcances.

Tabla 3.6: Codificación para generar las ordenes de trabajo

ÁREA DE PRODUCCIÓN	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
RDIP	Rutina diaria de inspección de producción
IMTN	Inspección mensual de la Tubera – núcleo de papel
IMSP01	Inspección mensual de la Servilletera plegable
IMSP02	Inspección mensual de la Servilletera plegable

**Tabla 3.7:** Codificación para generar las ordenes de trabajo (continuación)

<b>IMSP03</b>	Inspección mensual de la Servilletera plegable
<b>IMES</b>	Inspección mensual de la Empacadora de servilletas
<b>IMJR</b>	Inspección mensual de la Jumbera rebobinadora
<b>IMCV</b>	Inspección mensual de la Cortadora con cuchilla vertical
<b>IMSL</b>	Inspección mensual del Sellador de L
<b>IMTR</b>	Inspección mensual del Túnel refractor
<b>IATN</b>	Inspección anual de la Tubera – núcleo de papel
<b>IASP01</b>	Inspección anual de la Servilletera plegable
<b>IASP02</b>	Inspección anual de la Servilletera plegable
<b>IASP03</b>	Inspección anual de la Servilletera plegable
<b>IAES</b>	Inspección anual de la Empacadora de servilletas
<b>IAJR</b>	Inspección anual de la Jumbera rebobinadora
<b>IACV</b>	Inspección anual de la Cortadora con cuchilla vertical
<b>IASL</b>	Inspección anual del Sellador de L
<b>IATR</b>	Inspección anual del Túnel refractor

Las ordenes de trabajo de cada máquina y la ruta e inspección de mantenimiento se encuentra en el (ANEXO V).

### **3.15.2 Rutas e inspecciones diarias**

Las rutas e inspecciones diarias en la maquinaria se adjuntan todas en una sola hoja de órdenes de trabajo especificando las tareas de inspección que se van a realizar antes del inicio del proceso productivo de la industria, véase en el (ANEXO V.1)

### **3.15.3 Rutas e inspecciones mensuales**

En cada orden de trabajo se detallará la inspección que se va a realizar en este caso IM, acompañado del código de la máquina a la cual se va a realizar la inspección en la Tabla 3.6, se encuentra los códigos adecuados de cada máquina y su inspección.

Véase en el (ANEXO VI) las hojas de ruta e inspección mensual de cada una de las máquinas instaladas en INDSOL CIA. LTDA.

### 3.15.4 Rutas e inspecciones anuales

Como dice el apartado 3.16.1, para las rutas anuales que se va a realizar para cada máquina se debe especificar en el encabezado el código de inspección que se va a realizar y el código de la máquina para que exista una revisión general de la misma al igual que una inspección mensual éstas se deben hacer para cada máquina véase en el (ANEXO VII).

### 3.15.5 Herramientas y los materiales que deben estar en stock

Como en toda empresa existe un stock para los reparos repentinos de la maquinaria se incluyó y generó uno que sea fundamental y óptimo de las herramientas y los materiales que INDSOL CIA LTDA debe tener para reparar algún daño de sus activos en la Tabla 3.8 se muestra los nombres, las marcas y las cantidades de cada una de estas.

Tabla 3.8: Herramientas y materiales en stock

<b>MATERIALES</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Grasa	Kendall L-47 Súper blu	4	lb
Aceite	3 en 1	300	ml
Cables AWG 6	General cables	10	m
Waípe	S/M	5	lb
Teípe	3M 301+	5	uds
Fundas negras	Estrella 76 x 91cm	5	uds
<b>HERRAMIENTAS</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Cinta métrica	STANDARD 30m	1	ud
Cinta métrica	STANDARD 7m	1	ud
Juego de alicates	STANLEY	1	ud
Taladro	DEWALT	1	ud
Juego de llaves	Genius Tools 3/8pulgadas	1	ud
Calibrador pie de rey	STANLEY	1	ud
Juego de destornilladores planos	BAHCO	1	ud
Juegos de destornilladores estrella	BAHCO	1	ud
Sopladora y aspiradora	STANLEY 600W	1	ud
Multímetro	XL83OL	1	ud

### 3.15.6 Inventario mínimo de repuestos

El inventario de repuestos es una lista detallada y ordenada de cada uno de los componentes que cada máquina tiene o necesita para mantener la continuidad operativa en la industria, en el (ANEXO VIII), se muestra el inventario mínimo que se realizó de cada una de las máquinas para ser aplicada en la industria papelera INDSOL CIA. LTDA.

## 3.16 RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA

### 3.16.1 Rendimiento operacional de la Jumbera

Tomando en cuenta que la maquinaria permanece prendida 8 horas al día se realiza una pequeña operación para conocer el rendimiento operacional que la máquina tiene y las personas de alta gerencia esperan.

$$\frac{1 \text{ ud}}{1,25 \text{ min}} = \frac{X \text{ uds}}{60 \text{ min}} \quad (3.1)$$

$$X \text{ ud/hr} \frac{60 \text{ min}}{1,25 \text{ min/ud}}$$

$$48 \text{ uds/hr}$$

$$384 \text{ uds/día}$$

Las características de la máquina dicen; que la capacidad de producción diaria es de 400 unidades, lo que aplicando la ecuación (2.5) nos da un rendimiento operacional de la jumbera de 96%.

### 3.16.2 Rendimiento operacional de la cortadora

La cortadora es la máquina que mayor factor frecuencia tiene según la Tabla 3.3 de criticidad lo que hace que su rendimiento operacional baje y no sea lo esperado por los operadores y alta gerencia se realiza la ecuación aplicada anteriormente y se obtiene lo siguiente:

$$\frac{1 \text{ ud}}{2,2 \text{ s}} = \frac{X \text{ uds}}{60 \text{ s}} \quad (3.2)$$

$$X \text{ uds/min} \frac{60 \text{ s}}{2,2 \text{ min/ud}}$$

$$27 \text{ uds/min}$$

$$11340 \text{ uds/día}$$

La máquina trabaja 7 horas al día por el mantenimiento que se le debe aplicar por su factor frecuencia alto y el rendimiento operacional que brinda el ingeniero que armó la maquina es de 12000 unidades al día lo que nos da un rendimiento operacional de 94,5%.

### 3.16.3 Rendimiento operacional de la servilletera

Para el cálculo del rendimiento operacional de la servilletera se trabaja con milisegundos por su velocidad de corte lo que nos dice que:

$$\frac{1 \text{ ud}}{35 \text{ ms}} = \frac{X \text{ uds}}{1000 \text{ ms}} \quad (3.3)$$

$$X \text{ uds/s} = \frac{1000 \text{ ms}}{35 \text{ ms/ud}}$$

$$28.7 \text{ uds/s}$$

$$822816 \text{ uds/día}$$

La cantidad de unidades producidas por minuto es de 1714,2 mientras que las características de la máquina dicen que su capacidad de producción es de 1750 hojas por minuto, calculando su rendimiento operacional nos da un total de 97,95%.

### 3.17 COSTES DE MANTENIMIENTO ESTIMADOS

Se realiza un estimado de costes de cada máquina para poder saber el costo total de mantenimiento que este incurre hacia la industria papelera INDSOL, esta estimación se basa en una lista indicativa de los niveles de mantenimiento para distintos tipos de inversión Tabla 2.2, la cual solo debe tomarse únicamente como guías y puede ser necesario ajustarlos según las circunstancias particulares.

- Jumbera

El mantenimiento anual de esta máquina se estima en un 7% anual y el costo inicial de la maquinaria fue de \$11.000 entonces podemos decir que el mantenimiento anual es de \$ 770.

- Cortadora

Se estima que el porcentaje anual de esta máquina es de 9% y su costo con todo y mano de obra fue de \$4.500, con esto se dice que el costo total de mantenimiento anual es de \$ 405.

- Servilletera

De igual forma el costo de la máquina fue de \$ 6.800 y se brinda un estimado del 5% anual lo que conlleva a un costo total anual de \$ 340.

- Empacadora

Su estimado en mantenimiento anual es de 2% y el precio que le costó a la empresa fue de \$ 15.050 lo que en el año el costo de mantenimiento es de \$ 301.

- Tubera

Esta máquina fue comprada de segunda mano lo que cusa que su estimación de mantenimiento sea del 7% y costo fue de \$ 10.800 de tal manera que se estima que el costo anual de mantenimiento sea de \$756.

- Horno y selladora

El horno y la selladora son las máquinas que su garantía sigue vigente por lo que su mantenimiento es brindado por la empresa Zhe jiang XinYuan Packing Machinery Co., Ltda sin generar aun costos a la empresa.

### 3.18 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

En el ANEXO IX, se muestra el plan maestro de mantenimiento de cada máquina aplicarse en el periodo de 2022 – 2023 en la industria INDSOL CIA. LTDA.

### 3.19 SELECCIÓN DEL PROGRAMA

Tabla 3.9: Características de los programas previos a utilizar

CARACTERISTICAS	iAuditor	MaintainX
Versión gratuita	SI	SI
Aplicación para celular	NO	SI
Inventario de piezas	NO	SI
Ordenes de trabajo	SI	SI
Precios Premium	\$ 19.00 mensual	\$ 29.00 mensual
Versión gratuita	SI	SI
Seguimiento de tiempo y costos	NO	SI
Comunicación y grupos de trabajo	NO	SI
Informes	NO	SI

Al realizar una comparación entre dos programas y analizar los ítems necesarios que la empresa necesita se hace una selección del programa MaintainX que a pesar de que su costo de una cuenta Premium es mayor a la de iAuditor, cuenta con una versión gratuita en la que se tiene indicadores como la creación de un inventario de partes, informes en tiempo real y un seguimiento de tiempo y costos brindando un beneficio a la empresa.

### **3.20 PROGRAMA DIGITAL MAINTAINX**

Es un software que ayuda a tener los procedimientos y órdenes de trabajo de mantenimiento digitalizado, está diseñado para ayudar a las empresas y a los equipos de primera línea a saber que se necesita hacer y cómo hacerlo, en él se puede registrar cada máquina de la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., con su respectivo inventario, los costos de los materiales, costos de mano de obra, los proveedores de los distintos repuestos, cuenta con servicio de alertas a los usuarios registrados para notificar las fechas, los horarios y los responsables para brindar el mantenimiento preventivo a los activos de la industria. En el (ANEXO X) se observa parte del programa digital

### **3.21 ÓRDENES DE MANTENIMIENTO**

Las órdenes de mantenimiento generadas por el programa digital muestran los detalles necesarios para realizar la actividad de mantenimiento que se le debe aplicar a la maquinaria, en el (ANEXO XI) se muestra la orden de trabajo de mantenimiento que brinda el programa digital.

### **3.22 DATOS GENERADOS POR EL PROGRAMA**

Gracias a MaintainX se puede tener todos los datos necesarios para un buen mantenimiento, en este programa se puede administrar las ordenes de trabajo, los activos que se encuentran en la empresa, la ubicación, un inventario para cada una de las máquinas, los proveedores, los costos del inventario, un chat en vivo, también los usuarios pueden crear listas de verificación, procedimientos y lecturas de medición. En el (ANEXO XII) se encuentra una captura de los reportes de tiempo vs costes que puede brindar el programa por cada orden de trabajo.

### **3.23 CAPACITACIÓN AL PERSONAL**

El día martes 16 de agosto se realizó la capacitación al personal que trabaja en el área de producción y mantenimiento en la industria INDSOL CIA. LTDA., la cual se dio a conocer los siguientes temas:

- Exposición de términos generales: se brindó la explicación de toda la información obtenida sobre la implementación de un mantenimiento preventivo en la industria

papelera, las ventajas que se tiene al codificar la maquinaria, la importancia de tener un mínimo de stock, el uso adecuado de los manuales, las rutas e inspecciones, también una breve explicación de los términos de criticidad y AMEF en la maquinaria.

- Guía del programa digital: se dio una pequeña introducción para la búsqueda y registro en el programa MaintainX, se indicó a los operarios de mantenimiento como registrar una máquina, el registro de stock de cada una de las partes, como elaborar y enviar una orden de trabajo de mantenimiento a los usuarios y también como interactuar en el programa mientras se realiza la acción preventiva.

Para la capacitación al personal realizada en la industria INDSOL CIA. LTDA., se realizó una hoja de asistencia y se tomó unas fotos de la misma para dar validez a lo expuesto, (ANEXO XIII).

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la identificación del funcionamiento y características técnicas de la maquinaria se obtuvo la información necesaria para la creación de las hojas técnicas, a partir de esto aplicar las tareas de mantenimiento preventivo a cada máquina que es parte del proceso productivo.
- Tras el análisis de criticidad realizada a cada una de las máquinas se consiguió conocer que entre toda la maquinaria la que mayor grado de criticidad tiene es la cortadora con grado de importancia de 50 y con un correcto mantenimiento preventivo de oportunidad puede disminuir a un grado prescindible.
- En virtud de la tabulación total de los resultados de AMEF y criticidad se concluye que se debe brindar mayor prioridad al mantenimiento, cuidado y uso de la máquina Jumbera la cual tiene un total de 131 en grado de importancia en los procesos productivos de la industria.
- Para terminar, es importante destacar el uso del programa digital MaintainX en la industria papelera INDSOL CIA. LTDA., ya que al probarlo con la máquina cortadora se pudo disminuir el tiempo de mantenimiento diario de 1 hora a 45 minutos gracias a la rápida interacción entre el jefe de mantenimiento y operador que tuvieron para solucionar una ruptura en la cuchilla subiendo su desempeño operacional al 100%.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar el inventario mínimo de repuestos que se propone para la solución rápida de daños y averías que puede tener la maquinaria durante un proceso productivo.
- Se recomienda emplear el plan maestro de mantenimiento de manera óptima de acuerdo a los parámetros señalados con respecto a cada máquina para alargar la vida útil y mejorar la productividad.
- Priorizar el uso del programa digital adoptando el uso Premium que permite el almacenamiento de información de la fábrica, mayor capacidad de número de máquinas, mayor interacción con usuarios también brinda órdenes de trabajo con estadísticas basados en la nube y lecturas de medición.
- Ejecutar capacitaciones periódicas a los operarios de las nuevas actualizaciones de los parámetros de mantenimiento y del programa con la finalidad de brindar un conocimiento más amplio en la operatividad, funcionamiento de las máquinas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. A. Pérez Rondón, Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial, Bucaramanga (Colombia): USTA, 2021.
- [2] J. A. Rodríguez Ramírez, Mantenimiento asistido por computadora, La Habana, Cuba: Cujae, 2003.
- [3] F. C. Gómez de León, Tecnología del mantenimiento, Murcia: Universidad de Murcia C/ Santo Cristo, 1 MURCIA, 1998.
- [4] E. A. Cansino Flores, Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Seguridad Industrial Para la Fábrica Minerosa. Tesis, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [5] F. J. Gonzáles Fernández, Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión., Madrid: Fundacion Confemetal FC , 2004.
- [6] J. R. Barusso Lafraia, Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade, Rio de janeiro: QualityMark, 2001.
- [7] A. K. Pinto, Administración Moderna del Mantenimiento, Brasil: Abraman, 2001.
- [8] O. Olofsson, Succeeding with 5s, Wallingford: WCM Consulting AB, 2015.
- [9] F. Monchy, A Funcao Manutencao, Sao Paulo: Durban LTDA, 1989.
- [10] D. H. Mesa Grajales, Y. Ortiz Sánchez y M. Pinzón, «La confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento,» *Scientia et Technica Año XII*, nº 30, pp. 155-158, 2006.
- [11] F. a. A. O. o. t. U. N. FAO, *Formulacion y empleo de perfiles de proyecto*, Roma, Italia: RuralInvest, 2005.
- [12] A. S. Rodriguez Candela, Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad - un enfoque sistemático, Madrid: Gráficas Muriel, 2000.
- [13] Camelo Ordaz, Carmen; García Cruz, Joaquín; Sousa Ginel, Elena, «Facilitadores de los procesos de compartir conocimiento y su influencia sobre la innovación,» *Cuadernos de economía y dirección de la empresa*, nº 42, pp. 113-150, 2010.

- [14] M. Fernández Cabanas, M. García Melero, G. Alonso Orcajo, J. M. Cano Rodríguez y J. Solares Sariego, Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas, Barcelona: Marcombo, S.A., 1998.
- [15] G. D. Betancourt Basallo y M. F. Trebilcock Castillo, Desarrollo e implementación del plan de mantenimiento para los equipos de la empresa Prodehogar Ltda., Bogotá: Fundación Universidad de América, 2018.
- [16] S. García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Madrid: Díaz de Santos, S.A., 2003.
- [17] A. Céspedes Ruiz, Principios de Mantenimiento, San José (Costa Rica): Universidad Estatal a Distancia, 1952.
- [18] E. M. Castro Alvarez, Proceso de Codificación de Equipos y Aplicación del Sistema SAP en la Gestión del Mantenimiento en Ampliación de la Planta Arauco Remanufactura Tres Pinos. Tesis, Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile, 2006.
- [19] O. M. d. I. Salud, «Sistema computarizado de gestión del mantenimiento,» Biblioteca de la OMS, Le Mont-sur-Lausanne, Suiza, 2012.
- [20] A. . R. Gutiérrez Rapalino y J. E. Martínez Arteaga, Metodología para la implementación de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS). Tesis, Cartagena de Indias: UTB, 2011.
- [21] T. Vallejo Restrepo, Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en CMMS. Tesis, Medellín: Institución Universitaria Pascual Bravo, 2015.
- [22] R. Huerta Mendoza, «El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional,» *Ingeniería mecánica*, vol. 4, n° S/N, pp. 13-19, 2000.
- [23] P. C. Parra Márquez y P. A. Crespo Márquez, Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos, Sevilla: Ingeman, 2018.
- [24] A. Mora Gutiérrez, MANTENIMIENTO, Planeación ejecución y control, Mexico D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009.

- [25] J. L. Chávez Altamirano, Gestión de Mantenimiento basado en el Análisis de modos y Efectos de fallas (AMEF) para Incrementar la disponibilidad de los equipos jumbo en consorcio minero horizonte SA. Tesis, Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018.
- [26] J. L. Arguelles Ojeda, Proyectos Seis Sigma. El camino a la excelencia operacional, Mexico DF: Editorial Reverté, 2012.
- [27] G. Barrientos Rios y M. Razeto Migliario, Análisis de fallas en equipos industriales., S/N: Departamento de Ingeniería Mecánica, 2014.
- [28] R. Yavarone, «La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial.,» *AADECA Revista*, vol. S/V, n° 11, pp. 27-28, 2019.
- [29] S. Rojas Lema, «Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE),» *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 8, n° 1, pp. 64-75, 2019.
- [30] Bestrantén Bellovi, Manuel; Orriols Ramos, Rosa M; Mata París, Carles,; «NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,» Instituto Nacional de Seguridad E Higiene en el Trabajo, Barcelona, España, 2004.
- [31] Fluke, «emaint,» eMaint by Fluke Corporation, S/M S/M 2022. [En línea]. Available: <https://www.emaint.com/es/works/what-is-a-work-order/>. [Último acceso: 19 Julio 2022].
- [32] L. M. Manene, «Los DIAGRAMAS DE FLUJO: su definición, objetivos, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones.,» *ACADEMIA*, vol. 22, pp. 09-18, 2011.
- [33] G. HAMBURG, «Diseño mecánico - Elementos de máquina - Sujetadores,» GUNT Geratebau GmbH, Germany, 2022.
- [34] L. F. Sexto, «Tipos de Mantenimiento ¿y cuales son?,» *Mantenimiento en Latinoamérica*, vol. 9, n° 4, pp. 15-17, Julio / Agosto 2017.
- [35] M. Begoña Lloria Aramburo; Fernando J. Peris Bonet, «Mecanismos de coordinación estructural, facilitadores y creación de conocimiento,» *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. XVI, n° 1, pp. 29-46, 2007.

- [36] F. J. Cárcel Carrasco, La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, Valencia, España: OmniaScience, 2014.
- [37] S. Nakajima, Introducción Al TPM (Mantenimiento Productivo Total), Corea - China: Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A, 1988 - 1989.
- [38] P. Rodó, «Número e,» *Economipedia*, 2021.
- [39] J. C. Ramirez Ortiz y H. F. Moreno, Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción X-TREME del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012. Tesis, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [40] «SERNAC. Servicio Nacional del Consumidor,» SERNAC, Jueves Octubre 2002. [En línea]. Available: <https://www.sernac.cl/portal/607/w3-article-1353.html>. [Último acceso: 25 06 2022].

**ANEXOS.**

ANEXO I. Elementos que constituyen cada máquina

Planta Nivel 1	Área/Zona Nivel 2	Equipo/Clase Nivel 3	Sistema Nivel 4	Elementos Nivel 5	Componentes Nivel 6
Industrial INDSOL CIA. LTDA.	Plegado y corte	Servilletera	Sistema eléctrico	Motor de cuchilla	Solenoide
					Placa de contacto
					Resortes
					Colector
					Inductores
					Engrane
				Conexión eléctrica	Bobina del estator
					Fusibles
					Puesta a tierra
					Cables de alimentación
					Contactores
					Enchufe
			Sistema mecánico	Recorrido del producto	Caja terminal
					Poleas
					Correas
					Cuchilla
					Volante calibrador
					Tubos gofradores
					Tubos de aceros
					Husillos
					Chumaceras
					Cadenas de transmisión
					Polines
Motor de Trasmisión	Triángulos formadores				
	Cilindros de aceros perforados				
	Estator				
	Placa de bornes				
	Rotor				
Ventilador					
Rodamiento					
Eje					

<b>Industrial INDSOL CIA. LTDA.</b>	<b>Empacado y sellado</b>	<b>Empacadora de servilletas</b>	<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Conexión eléctrica</b>	Bobinado
					Cojinete
					Contactores
					Enchufe
					Bornes
					Puesta a tierra
					Fusibles
					Caja terminal
					<b>Motor neumático</b>
				Palanca de cambios	
				Placa de freno	
				Armadura	
				Conmutador	
				Paleta	
				<b>Conexión eléctrica</b>	Brida de retención
			Brida de impulsión		
			Enchufe		
			Cableado		
			Contactores		
			Fusibles		
			<b>Sistema mecánico</b>	<b>Recorrido del producto</b>	Disipador de calor
					Cables de conexión del acelerador
					Bandas de transporte
					Cilindro neumático
					Chumaceras
					Cadenas dentadas
					Cadenas de transmisión
Sensores					
Rodillos de corte					
Engranajes					
Polines con engranajes a los lados					
Poleas					
<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Tablero de fuerza</b>	Engranajes			
		Polines con engranajes a los lados			
		Poleas			
		Engranajes			
		Cojinetes			
		Piñones			
<b>Tablero de fuerza</b>	Volante nivelador				
	Volante de ajuste				
	Resortes				
	Rodillos de acero planos				
	Rodillos de acero huecos				
	Cables trifásicos				
<b>Tablero de fuerza</b>	Breaker principal				
	Control				
	Contactores				
	Térmico de protección				
	Muletilla de seguridad				

<b>Industrial INDSOL CIA. LTDA.</b>	<b>Sellado Jumbo</b>	<b>Sellador de L + Túnel refractor</b>	<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Motor de entrada</b>	Bornera
					Eje del motor
					Cojinete
					Carcasa
					Aletas de refrigeración
					Bobinado
				<b>Conexión eléctrica</b>	Enchufe
					Cableado
					Fusibles
					Contactador
				<b>Motor de salida</b>	Bornera
					Eje del motor
			Cojinete		
			Carcasa		
			Aletas de refrigeración		
			Bobinado		
			<b>Conexión eléctrica</b>	Enchufe	
				Cableado	
				Fusibles	
				Contactador	
			<b>Sistema mecánico</b>	<b>Recorrido del producto</b>	Válvula de soplado
					Banda transportadora
					Volante de ajuste
					Volante de compuerta
Cilindro de aire					
Válvulas neumáticas					
Film retráctil					
Manija de embrague					
Eje circular					
Placa triangular					
Ojo fotoeléctrico					
Cuchillo de sellado					

<b>Industrial INDSOL CIA. LTDA.</b>	<b>Rebobinado</b>	<b>Jumbera</b>	<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Motor de transmisión</b>	Tapa de ventilación
					Caja de conexiones
					Rotor
					Base de sujeción
					Balero trasero
					Balero delantero
					Cuña
					Carcaza
				<b>Conexión eléctrica</b>	Enchufe
					Cableado
					Llave de seguridad ON-OFF
					Presostato
					Interruptor marcha-paro
					transformador
			<b>Sistema mecánico</b>	<b>Recorrido del producto</b>	Polines
					Bastones
					Cadenas de transmisión
					Bandas de transmisión
					Chumaceras de pared
					Chumaceras tipo arco
					Mangueras hidráulicas
					Husillos
					Engranés
					Sistema de monitoreo
					Cuchillos espirales de perforado con tornillo de alta precisión
					Cuchilla bisturí
<b>Levantamiento neumático</b>		Correas planas de conducción			
		Mangueras neumáticas			
		Racor			
		Pistón			
		Husillo			
		Válvula			

<b>Industrial INDSOL CIA. LTDA.</b>	<b>Bobinado</b>	<b>Tubera</b>	<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Motor trifásico</b>	Placa de bornes	
					Rotor	
					Rodamientos	
					Eje	
					Bobinado	
					Carcasa	
					Ventilador	
					Estator	
					Chavetero	
					Orificio de acometida	
					Capuchón tapa de ventilador	
					Bornera	
					<b>Conexión eléctrica</b>	Enchufe
						Cableado
			Interruptor			
			Fusible			
			Contacto			
			Transformador			
			Interruptor de restablecimiento del motor			
			<b>Sistema mecánico</b>	<b>Recorrido del producto</b>	Pistón	
					Correa	
					Ejes	
					Poleas	
					Filtro de aceite	
					Volante de ajuste	
					Mesa de corte	
					Chumaceras	
					Cilindro de desplazamiento	
					Cuchilla circular	
					Cilindros de acero	
					Cilindros huecos	
Rodamientos						
Poleas						
Volante de nivelación						
<b>Sistema eléctrico</b>	<b>Tablero eléctrico</b>	Tablero				
		Electroválvulas				
		Cableado				
		Breaker para riel rin				
		Contacto				
		Borneras				
		Fuente				
Canaletas						

<b>Industrial INDSOL CIA. LTDA.</b>	<b>Corte</b>	<b>Cortadora</b>	Sistema eléctrico	Motor eléctrico	Retenedor
					Platillo AS/B5
					Arandela
					Rodamiento AS
					Carcasa
					Ventilador
					Tapa caja de bornes
					Regleta de bornes
					Conexiones eléctricas
			Cableado		
			Fusibles		
			Puesto a tierra		
			Contactador		
			Sistema mecánico	Recorrido del producto	Rodamientos
					Tablero móvil
					Resortes
					Bandas de transmisión
					Poleas
					Cuchilla plana
Chumaceras					
Volante de ajuste					
Volante de nivelación					
Rodillo					

## ANEXO I.1. Codificación de elementos

## ANEXO I.1.1. Codificación de los elementos de la servilletera

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor de cuchilla	IN01SP01SEMC
Cableado y conexión	IN01SP01SECC
Recorrido del producto	IN01SP01SMRP

## ANEXO I.1.2. Codificación de los elementos de la empacadora de servilletas

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor de transmisión	IN02ES01SEMT
Conexión eléctrica	IN02ES01SECE
Motor neumático	IN02ES01SEMN
Conexión cableado	IN02ES01SECC
Recorrido del producto	IN02ES01SMRP
Tablero de fuerza	IN02ES01SETF

## ANEXO I.1.3. Codificación de los elementos del sellador de L + túnel refractor (horno)

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor de entrada	IN05SL01SEME
Conexión eléctrica	IN05SL01SECE
Motor de salida	IN05SL01SEMS
Conexión cableada	IN05SL01SECC
Recorrido del producto	IN05SL01SMRP

## ANEXO I.1.4. Codificación de los elementos de la jumbera

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor de transmisión	IN03JR01SEMT
Conexión eléctrica	IN03JR01SECE
Recorrido del producto	IN03JR01SMRP
Levantamiento hidráulico	IN03JR01SHLH

## ANEXO I.1.5. Codificación de la tubera

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor trifásico	IN00TN01SEMT
Conexión eléctrica	IN00TN01SECE
Recorrido del producto	IN00TN01SMRP

ANEXO I.1.6. Codificación de la cortadora

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Motor eléctrico	IN04CV01SEME
Conexión eléctrica	IN04CV01SECE
Recorrido del producto	IN04CV01SMRP

## ANEXO II. Fichas técnicas

## ANEXO II.1. Tubera

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez		<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001	
<b>Máquina - Equipo</b>	Tubera-núcleo de papel		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	DACOO (CHINA) MACHINERY		<b>Ubicación</b>	Bobinado			
<b>Modelo</b>	Lv-80B (FY-2150B)		<b>N° de Maquinas</b>	1			
<b>Marca</b>	DACOO		<b>Código</b>	00TN01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	1,5 ton	<b>Altura</b>	1,3 m	<b>Ancho</b>	1,6 m	<b>Largo</b>	2,3 m
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	380V-3-50Hz			<b>Voltios</b>	380V - 50Hz	<b>Potencia</b>	7,5 kW
<b>Función:</b> Esta máquina adopta encolado de doble tamaño para la creación de tubos de papel higiénico, de acuerdo a las dimensiones que se requiere				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
							
				<b>Características Generales:</b> Tubo de silicona PLC Tablero de control Alta velocidad gran torque Transmisión por cadena Estructura de acero diámetro del tubo 15-100mm espesor máximo del tubo 8mm			
				<b>Mantenimiento Preventivo:</b> Inspeccionar los tubos que estén bien engrasados, el volante de marcha debe estar nivelado con los rodillos de acero. Lubricar los engranajes que se encuentran debajo de los rodillos, limpiar y quitar los escombros que quedan después de cada operación			
<b>Precauciones</b>				Al comenzar la producción no utilizar ropa suelta cerca de la máquina			
<b>Datos de fabricante</b>				Se estableció en 1998 - Hebei, China			

## ANEXO II.2. Jumbera

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez	<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>		001	
<b>Máquina - Equipo</b>	Jumbera - Rebobinadora		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	Henan Fuyuan Machinery Manufacturing CO., Ltda.		<b>Ubicación</b>	Rebobinado			
<b>Modelo</b>	FYTR-1575		<b>N° de Maquinas</b>	1			
<b>Marca</b>	FUYUAN		<b>Código</b>	03JR01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	3000 kg	<b>Altura</b>	1,80 m	<b>Ancho</b>	2,20 m	<b>Largo</b>	6,05 m
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	AC380V 5 HP			<b>Voltios</b>	380V	<b>Potencia</b>	7,5 W
<b>Función:</b> Carga La bobina de 1/2 tonelada de papel simple, pasando por los rodillos giratorios que se desplaza hasta el eje de corte donde comienza a rebobinar el papel diseñado con mayor grosor de capa				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
<b>Características Generales:</b> Maquina de rebobinado de papel, papel de corte, sistema de alimentación automática, adopta avanzado PLC, cuenta con dos cilindros con labrado especial, dos cilindros mecánicos, Cadenas de transmisión, Volante de ajuste, 4 bandas de transmisión, Rodamientos, chumaceras 2 tubos de acero perforados							
<b>Precauciones</b>				Verificar que el papel este bien sujeto antes de iniciar el rebobinado			
<b>Datos de fabricante</b>				Año de fundación 2005, China - Henan			

ANEXO II.3. Sellado en L

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez		<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001	
<b>Máquina - Equipo</b>	Sellado en L		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	Zhe jiang XinYuan Packing Machinery Co., Ltda		<b>Ubicación</b>	Sellado Jumbo			
<b>Modelo</b>	FQL 450 UN		<b>N° de Maquinas</b>	1			
<b>Marca</b>	XINYUAN		<b>Código</b>	05SL01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	300kg	<b>Altura</b>	145cm	<b>Ancho</b>	80cm	<b>Largo</b>	165cm
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	220V			<b>Voltios</b>	220/50-60Hz	<b>Potencia</b>	1,35 kW
<b>Función:</b> Se utiliza para enfundar el papel tamaño jumbo que recorre por una cinta transportadora.				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
							
<b>Características Generales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volante de ajuste</li> <li>- Film retráctil</li> <li>- Varilla de fijación de fil retráctil</li> <li>- Manija de embrague del film.</li> <li>- eje circular</li> <li>- placa triangular de membrana sistólica.</li> <li>- Cinta transportadora</li> <li>- Ojo fotoeléctrico</li> <li>- Cuchillo de sellado</li> <li>- Motor de tracción</li> </ul>							
<b>Mantenimiento Preventivo:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Limpie cuidadosamente la sección de sellado con un paño suave, hágalo antes de que baje la temperatura del cortador de sellado si el cortador de sellado se limpia por debajo de 70C, puede dañar el revestimiento de teflón</li> <li>2) en el motor sedimento adherido al eje, la varilla, el manguito y la cadena, la rueda dentada, deben limpiarse regularmente y agregar aceite lubricante.</li> </ol>							
<b>Precauciones</b>				Después de encender el interruptor ajustar la temperatura adecuada, se recomienda una temperatura de 175°C			
<b>Datos de fabricante</b>				Año de fundación 2001, Wenzhou - China			

## ANEXO II.4. Horno refractor

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez	<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001		
<b>Máquina - Equipo</b>	Túnel de refracción (Horno)	<b>Responsable</b>	Mantenimiento				
<b>Fabricante</b>	Zhe jiang XinYuan Packing Machinery Co., Ltda	<b>Ubicación</b>	Sellado jumbo				
<b>Modelo</b>	BSN 4020C	<b>N° de Maquinas</b>	1				
<b>Marca</b>	XINYUAN	<b>Código</b>	05TR01				
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	80kg	<b>Altura</b>	66cm	<b>Ancho</b>	56cm	<b>Largo</b>	160cm
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	220V			<b>Voltios</b>	380V 50-60Hz	<b>Potencia</b>	9kW
<b>Función:</b> Empaquetado al vacío de plástico al papel con un film termoplástico que protege contra la suciedad y manipulaciones ajenas				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
<b>Características Generales:</b> Calienta con 600W-220V de cuarzo de tubo de calefacción infrarrojo. Una circulación de aire caliente con 220V - 60W. El soporte puede ser desmontado y la altura del soporte puede ser ajustado.							
<b>Mantenimiento Preventivo:</b> Una inspección mensual, desmontar el soporte y retirar cualquier escombros, revisión diaria del flujo del aire							
<b>Precauciones</b>				No introducir ningún objeto metálico dentro del túnel refractor, tampoco maniobrar el producto mientras está realizando su función. Dejar enfriar hasta 70°C antes de apagar.			
<b>Datos de fabricante</b>				Año de fundación 2001, Wenzhou - China			

ANEXO II.5. Empacadora de servilletas

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez		<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001	
<b>Máquina - Equipo</b>	Empacadora de servilletas de papel tissue		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	ACE MACHINERY CO., LIMITED.		<b>Ubicación</b>	Empacado y sellado			
<b>Modelo</b>	ACE-FSP		<b>N° de Maquinas</b>	1			
<b>Marca</b>	ACE MACHINERY		<b>Código</b>	02ES01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	3000 kg	<b>Altura</b>	1960mm	<b>Ancho</b>	6100mm	<b>Largo</b>	3500mm
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	380V			<b>Voltios</b>	AC 380V 50Hz	<b>Potencia</b>	9,5 kW
<p><b>Función:</b> Ingresa el papel ya cortado, luego es transportado hacia la empacadora la cual las enfunda y etiqueta según los diseños de la empresa.</p> <p><b>Características Generales:</b> Control programado PLC, Invertir para control de velocidad de frecuencia variable, Pantalla táctil para la operación, Equipado con sistema de lubricación automática, cintas transportadoras, correas de transmisión, engranajes</p> <p><b>Mantenimiento Preventivo:</b> Se debe configurar el intervalo de lubricación de la máquina y el tiempo de lubricación</p>				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
							
							
<b>Precauciones</b>				Al momento de iniciar el proceso, no manipular el tablero eléctrico que se encuentra atrás de la máquina			
<b>Datos de fabricante</b>				Copyright © 1992 -2019 ACE MACHINERY CO., LIMITED			

ANEXO II. 6. Servilletera

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez		<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001	
<b>Máquina - Equipo</b>	Servilletera de papel tejido		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	ACE MACHINERY CO., LIMITED.		<b>Ubicación</b>	Plegado			
<b>Modelo</b>	FY-N300		<b>N° de Maquinas</b>	3			
<b>Marca</b>	FUYUAN		<b>Código</b>	01SP01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	1500 kg	<b>Altura</b>	150cm	<b>Ancho</b>	132cm	<b>Largo</b>	295cm
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	220V			<b>Voltios</b>	220V380V	<b>Potencia</b>	15kW
<b>Función:</b> El papel bobinado ingresa por los rodillos los cuales lo planchan haciéndole plegable en relieve para tener una mayor resistencia al momento de ser cortado.				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
<b>Características Generales:</b> Garantía de 1 año, 6 cilindros de acero, 2 con labrado especial, 2 cilindros perforados, 1 plancha triangular, 1Cuchilla vertical, Control de frecuencia, tipo de grabado personalizado, conteo electrónico automático							
<b>Mantenimiento Preventivo:</b> cambio anual de los resortes y la cinta de cuero ubicados en el rebobinador Limpieza adecuada de los cilindros con labrado y cilindro hembra Verificar la presión entre los cilindros perforados para menor desgaste. Cambio de cuchillas cuando están no cumplan correctamente su función							
<b>Precauciones</b>				Al momento de iniciar el proceso revisar que no haya ningún objeto obstruyendo ninguno de los cilindros.			
<b>Datos de fabricante</b>				Año de fundación 2005, China - Henan			

## ANEXO II.7. Cortadora

<b>INDSOL COMPAÑÍA LTDA.</b>							
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA</b>							
<b>Realizado por:</b>	Joffre David Romero Pérez	<b>Fecha:</b>	27/5/2022	<b>Versión</b>	001		
<b>Máquina - Equipo</b>	Cortadora		<b>Responsable</b>	Mantenimiento			
<b>Fabricante</b>	Personal		<b>Ubicación</b>	Corte			
<b>Modelo</b>	S/N		<b>N° de Maquinas</b>	1			
<b>Marca</b>	S/N		<b>Código</b>	04CV01			
<b>Dimensiones</b>							
<b>Peso</b>	1000kg	<b>Altura</b>	2,23m	<b>Ancho</b>	1,2m	<b>Largo</b>	2,23m
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>	220V			<b>Voltios</b>	220V 50Hz	<b>Potencia</b>	5HP
<b>Función:</b> esta máquina funciona un mando PLC adoptado para que cumpla con la función de cortado de papel jumbo por cada bastón corta 24 rollos de 500gr c/u.				<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>			
<b>Características Generales:</b> 2 Tubos metálicos, rodamientos, chumaceras, Control PLC, Volante de ajuste, Resortes Cuchilla de banda							
<b>Mantenimiento Preventivo:</b> Las cuchillas deben estar perfectamente afiladas, realizar un cambio cada mes, según el tratamiento que se le brinde Revisar los resortes cada mes y cambiar estos si se nota algún desperfecto Cada semana se debe lubricar las chumaceras y el tubo de desplazamiento							
<b>Precauciones</b>				No introducir las manos en la zona de cortado			

ANEXO III. Encuesta



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI

ENCUESTA PARA DETERMINAR LOS TIPOS DE  
MANTENIMIENTO QUE SE HAN REALIZADO EN LA EMPRESA  
INDSOL CIA LTDA, PARA UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y  
AMEF E IMPLEMENTACION DE UN CMMS



Ingeniería  
Industrial

- La industria cuenta con un plan de mantenimiento?  
SI  NO
- La industria cuenta con personal de mantenimiento especializado?  
SI  NO
- Cada cuanto tiempo realiza mantenimiento a la maquinaria?  
DIARIA  Mensual  ANUAL
- De un valor porcentual de rendimiento de cada máquina, según su producción esperada.

- Servilletera 75%
- Empacadora de servilletas 75%
- Sellador de L 100%
- Jumbera 100%
- Tubera 100%
- Cortadora 100%

- Con que frecuencia ocurre alguna falla en la maquinaria (Frecuente "+ de 3 al año", Probable "1-3 al año", Posible "1 en 3 años", Improbable "1 en 5 años", Sumamente improbable "-1 en 5 años"). De cada máquina 10% < 200

Notas

	FRECUENTE	IMPROBABLE	SIN DAÑOS
Servilletera	FRECUENTE		
Empacadora S	POSIBLE		
Sellador d L	POSIBLE		
Jumbera	FRECUENTE		
Tubera	IMPROBABLE		
Cortadora	FRECUENTE		

- En el transcurso de algún proceso productivo se ha detectado alguna falla de parte de la maquinaria? Explique qué máquina y que tipo de falla  
SI  NO

CONTADORA SE DESIGUALA, CUANDO ALGUNA CUCHILLA SE ROMPE, LA SELLADORA SE TRABA CON ETIQUETA MAL CENTRADA.

- Luego de alguna falla, si ésta sucedió, hubo algún efecto sobre el producto? Explique cuál.

PERDIDA EN COSTOS DE PRODUCCION.  
PRODUCTO DAÑADO Y SALE COMO DESPERDICIO O PRODUCTO DE SEGUNDA MENOR COSTO.

- Desearía que en su industria haya un cronograma de mantenimiento para la maquinaria?  
SI  NO

- Desearía que la industria implemente un programa de mantenimiento preventivo?  
SI  NO

- Impacto operacional (Perdidas mayores 75% producción mes, 50% a 74%, 25% a 49%, 10% a 24%, inferiores 10%)

- Costo de mantenimiento (> \$20000, > \$10000-20000, > \$3000-10000, > \$200-3000, < \$200)

- Impacto ambiental (Daños irreversibles, daños severos, daños medios, daños mínimos, sin daños)

- Impacto seguridad (Muerte o incapacidad, incapacidad parcial, daños o enfermedades severas, daños leves en personas, sin impacto en la seguridad)

ANEXO IV. Análisis del modo falla de cada máquina.

ANEXO IV.1. AMEF de la tubera

		ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS Y EFECTOS (A.MEF)														
Nombre de proceso o Producto:		TIPO:					Realizado por:		Joffre David Romero Pérez			Página:		1		
Encargado:		Jefe de área					Fecha AMEF:		20/6/2022			Revisión:				
Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	¿Cuál es el paso del proceso?	¿De que manera puede fallar dicho proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables?	severo para el cliente	¿Qué causa que el proceso falle?	¿Qué tan seguido sucede	¿Cuáles son los controles existentes preventivos?	¿Se puede detectar?		Para reducir la ocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					
00TN01	Bobinado	El seguro mecánico, se trabé.	Un retraso en la producción	2	Falta de pericia del operador, molde imperfectos	2	Inspeccion simultanea con la operación	3	#	Establecer una revisión previa de control en el seguro mecánico	Operador					
	Fragancia	La electroválvula no se active	Productos no perfumados	3	Falta de limpieza, orden y estandarización	4	Inspeccion del operario	2	#	Procedimiento de chequeo para el elemento de	Operador					
	Control y mando	Incapacidad del operador	Averías y posibles retrasos en la producción	2	Desconocimiento del funcionamiento	1	Capacitaciones al personal	1	2	Revisiones del manual de operación	Jefe de área					
	Tensión y formacion del tubo	Ruptura de rodillos	Trabas y discontinuidad en el proceso	4	Desgaste en los ejes	2	Lubricacion cada 15 dias	2	#	lubricación con el aceite adecuado	Operador					
	Eje de recorrido	El freno embrague se atasque	El eje de desplazamiento se rompa	1	Falata de limpieza y engrase en las cremalleras	2	realizar una limpieza, retiro de escombros	3	6	Revisión antes de poner en marcha el equipo	Operador					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO IV.2. AMEF de la jumbera

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la cocurrencia de la causa	<i>¿Quién es el responsable?</i>					
03JR01	Corte de papel	Cuchilla a presión tiende a fracturarse	Los bordes de corte son de baja calidad	4	Presion considerable sobre el rodillo	3	revisiones previas a la operación	2	24	Calibrar bien las cuchillas antes de poner en marcha	Operador					
	Control de tensión	El papel se corte en el proceso	Perdida de tiempo, paras repentinas y desperdicio de MP	3	Descuadre de los rodillos "bailarines"	3	Verificación del papel y examinar los rodillos	3	27	No estirar el papel demasiado, y comprobar que los rodillos se	Operador					
	Velocidad del enrollado	Papel concavo o telescópico	Desperdicio de materia prima y producto terminado deficiente	3	Mala configuracion en el panel de operatividad	2	Verificación de funcionaiento por el jefe de área	2	12	Charlas de uso adecuado del panel de operación	Jefe de área					
	Contador de metros, enrollador	Diferenciacion de tamaño en el producto final	Desconformidad en el cliente	4	Cambios en el panel de operatividad	1	Notificar los cambios que se realiza al panel de operación	2	8	Seleccionar un responsable capacitado para la configuracion del	Jefe de área					
	Sistema elevacion neumática	El rollo de papel no puede ser ubicado	Retraso en la producción	1	Valvulas sucias, retención de caudal del fluido	2	Revisiones diarias	2	4	Limpieza profunda en las valvulas cada 15 dias	Operador					

ANEXO IV.3. AMEF de la selladora

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la cocurrencia de la causa	<i>¿Quién es el responsable?</i>					
05SL01	Transporte del producto	Lentitud en el proceso de transporte	Proceso de sellado lento y defectuoso	2	Desgaste en la cinta transportadora	1	Inspección visual diaria	2	4	Controlar el tiempo de funcionamiento y durabilidad de la cinta	Jefe de área					
	Proceso de sellado	Sellado incompleto	Disgusto en los clientes	3	Revestimiento del teflon	3	Inspección visual diaria	2	18	Limpiar con un paño suave despues que la máquina se enfríe	Operador					
	Cortador del producto	Cortes desperfectos	Perdida de MP y reparos inoportunos	3	Altas temperaturas	2	Inspección visual diaria	1	6	Controlar el flujo de temperatura a la adecuada de 175°C	Operador					
	Etiqueta de productos	Algunos productos no pueden salir completos	Desconformidad en el producto terminado y cliente final	3	Desgaste del cortador de sellos	1	Revisiones diarias del cortador	1	3	Revisión cada 15 días de los cortadores	Operador					

ANEXO IV.4. AMEF del horno (túnel refractor)

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la ocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					
05TR01	Sellado al vacío	Fundas rotas	Desperdicio de MP y desconfomidad en los clientes	3	Temperaturas demasiado altas	1	Inspecciones visuales	2	6	Capacitaciones al personal del uso adecuado	Jefe de área					
	Sellado al vacío	Fundas mal enfundadas	Repetición del proceso, aumentando los tiempos de producción	1	Rotura o daño en los tubos de calefacción infrarojo	2	Inspección visual y auditiva	3	6	Desmontaje del soporte para previa revision cada mes	Operador					
	Sellado al vacío	Recalentamiento de la máquina	Para de la producción	1	Algun objeto metálico dentro del túnel refractor	2	Inspección visual	1	2	Charlas sobre la importancia de mantener alejados objetos	Jefe de área					

ANEXO IV.5. AMEF de la cortadora

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la ocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					
04CV01	Corte de papel jumbo	Cuchillas con desgaste	Los cortes del papel son de baja calidad	4	Cuchillas reafiladas y no nuevas	2	Revisiones periodicas e inspección visual	1	8	Verificar y cambiar las cuchillas si éstas estan desafiladas	Operador					
	Corte de papel jumbo	Movimiento de cuchillas trabado	Un retraso en la producción	1	Estorbos, polvos en el motor	1	revisiones previas a la operación	1	1	Limpiar adecuadamente el área en donde se encuentra el motor	Operador					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO IV.6. AMEF de la empacadora

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la cocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					
02ES01	Transporte del producto	Detención por momentos en el momento de transportar	Atrasos en las entregas y paros de producción	2	desgaste en las correas de transporte y falta de lubricación	2	Revisión previa al funcionamiento	1	4	Cambio de correas una vez cada año	Operador					
	Transporte del producto	Apagado de la maquina imprevisto	Costos de mantenimiento elevados	1	Corto circuito o cables desgastados en el cuadro eléctrico	1	Inspección superficial	3	3	Desmontaje del tablero y revisión cada mes	Operador					
	Sellado del producto	Producto trabado en las piezas de conducción	Detención de la producción	2	Tornillos mal ajustados a la placa plegable de empuje	2	Inspección visual y auditiva	3	12	Revisión previa al funcionamiento cada mes	Operador					
	Corte de la funda empacadora	Empaquetado defectuoso	Desconformidad de los clientes	3	Desgaste en las cuchillas y tornillos mal ajustados	3	Revisión y limpieza con soplador	3	27	No usar soplador, desmontar la placa y verificar las cuchillas	Operador					
	Sellado Lateral	Papel muestra indicios de quemado	Desconformidad en los clientes	4	Temperatura del sellado sobrepasa lo normal	2	Inspección visual	2	16	Desmontar la placa, revisión cada 6 meses	Operador					
	Sellado final	Desperfectos en el sellado	Desconformidad en los clientes	3	La temperatura no es adecuada para el sellado	1	Control en el panel	2	6	Charlas de uso adecuado del panel de operación	Jefe de área					
	Corte al producto final	Cortes imperfectos	Perdida de materia prima	1	Falta de pericia del operador	1	Inspección antes de la puesta en marcha	2	2	Calibrar bien el mando de la caladora	Operador					
	Transporte del producto	Detención de toda la operación	Atrasos en las entregas y paros de producción	1	Desgaste en sus engranajes	2	lubricación semanal	1	2	Verificar el estado de los engranajes y según eso determinar los momentos adecuados de lubricación	Operador					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO IV.7. AMEF de la servilletera

Maquina Código	Pasos clave del proceso	Modos de falla potenciales	Efectos de fallas potenciales	SEV	Causas potenciales	OCU	Controles de ocurrencia	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
	<i>¿Cuál es el paso del proceso?</i>	<i>¿De que manera puede fallar dicho proceso?</i>	<i>¿Cuál es el impacto de las variables?</i>	<i>severo para el cliente</i>	<i>¿Qué causa que el proceso falle?</i>	<i>¿Qué tan seguido sucede</i>	<i>¿Cuáles son los controles existentes preventivos?</i>	<i>¿Se puede detectar?</i>		Para reducir la ocurrencia de la causa	¿Quién es el responsable?					
01SP01	Rebobinado del papel	Desenrolla sin control la bobina de papel	Perdida de materia prima	1	Resorte dañado con la cinta de cuero desgastada	2	Revisión previa antes de la operación	1	2	Cambio de resorte y cinta de cuero 1 vez al año	Operador					
	Gofrado de papel	Papel sin diseño requerido	Disgusto en los clientes, costo de mano de obra	3	Mal tratamiento a los rodillos y demasiada presión entre ellos	2	Inspección visual	2	12	Indicaciones previas, revisión de la presión de los rodillos, limpieza entre	Operador					
	Cortado de Papel	Cuchillas con desgaste	Los cortes del papel son de baja calidad	4	mala regulacion entre las cuchillas y la mesa	2	Revisión previa al funcionamiento	2	16	Controlar la regulación correcta y la cuchilla afilada	Operador					
	Dobles de la hoja de papel	Lentitud en la velocidad de los cilindros	El papel se encuentre despegado	4	Estorbos en los cilindros huecos	2	Inspección visual y auditiva	3	24	Limpiar alrededor de los cilindros y lubricar sus engranajes	Operador					
	Contador de número de servilletas	Indeterminación del número de unidades en un paquete	Perdidas monetarias y desconformidad con el cliente	2	Desconfiguración en el conteo electrónico automático	2	Revisión del panel de operación	1	4	Capacitaciones al personal del uso adecuado	Jefe de área					

## ANEXO IV.8. Tabulación de datos de Criticidad y AMEF

<b>CODIGO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CT</b>	<b>NPR</b>	<b>TOTAL</b>
<b>00TN01</b>	Tubera - núcleo de papel	40	12	100
			24	
			2	
			16	
			6	
<b>01SP01</b>	Servilletera plegable	24	2	82
			12	
			16	
			24	
			4	
<b>02ES01</b>	Empacadora, Servilletas	44	4	116
			3	
			12	
			27	
			16	
			6	
			2	
			2	
<b>03JR01</b>	Jumbera - rebobinadora	48	24	131
			27	
			12	
			8	
			4	
			8	
<b>04CV01</b>	Cortadora con cuchilla vertical	50	8	59
			1	
<b>05SL01</b>	Sellador de L	36	4	67
			18	
			6	
<b>05TR01</b>	Túnel refractor	27	6	41
			6	
			2	

## ANEXO V. Órdenes de trabajo, rutas e inspecciones.

## ANEXO V.1. Rutas Diarias.

ÓRDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:		Responsable de bodega:	Código ruta: RDIP		
Equipo o Instalación: Inspección General Diaria		Tipo de solicitud: <b>NORMAL</b> URGENTE	Solicitud de trabajo No.		
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Soplado Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		<b>TIPO ORDEN DE TRABAJO</b> <b>NORMAL</b> URGENTE		<b>FIRMA DEL OPERARIO:</b>	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		<b>CONDICIÓN DE PARADA</b> CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN <b>SIN PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN</b>			
		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b> CORRECTIVO <b>PREVENTIVO</b> MECÁNICO ELÉCTRICO			
				<b>DATA DE INICIO</b>	
				FECHA: HORA:	
				<b>DATA DE TERMINACIÓN</b>	
				FECHA: HORA:	
<b>MATERIALES</b>		<b>CODIGO DE MATERIALES</b>			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
<b>EQUIPO</b>		<b>TAREAS DE INSPECCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	
<b>SERVILLETERA</b>		Revisar la configuración del panel			
		Inspeccionar los rodillos			
		Retirar cualquier escombros del rodillo			
		Revisar que la cuchilla este bien ajustada			
<b>JUMBERA REBOBINADORA</b>		Revisar el sistema de elevación neumática			
		Revisar el filo de las cuchillas espirales			
		Revisar la tensión de la correa plana			
		Ajustar la presión de aire a 0.5 Mps			
		Inspeccionar el rociado de pegamento			
		Inspección visual del cableado eléctrico			
		Limpieza de las válvulas de control direccional			
		Revisar cualquier ruido o vibración extraño			

<b>TUBERA NÚCLEO DE PAPEL</b>	Revisar la transmisión de cadena	
	Comprobar el funcionamiento de los pulsadores	
	Limpieza de la mesa de trabajo	
	Limpieza del interruptor de emergencia	
	Comprobar ausencia de vibraciones extrañas	
	Revisar el volante de ajuste	
	Verificar la configuración del panel	
<b>SELLADORA</b>	Revisar la circulación de aire	
	Comprobar la presión de aire de 0,6 - 0,8Mps	
	Limpiar la cinta transportadora	
	Limpiar la sección de sellado con un paño	
	Limpiar la rueda dentada	
	Revisar los tornillos	
	Limpiar el motor adherido al eje	
	Revisar el cortador de sellos	
	Desmontar el soporte y sacar cualquier escombros	
	Retire los pañuelos de papel u otros objetos del film	
	Limpiar el botón de la superficie con un paño suave	
	Limpiar la fotocélula	
	Limpiar los restos en los canales de entrada y salida	
	Comprobar que el tanque de agua del suministro de aire drene automáticamente	
	Comprobar si la caja de lubricación tiene aceite	
Revisar que haya aceite en todas las partes de la máquina		
<b>HORNO DE REFRACCIÓN</b>	Inspeccionar el ventilador	
	Verificar la velocidad de transporte	
	Revisar que las ruedas estén frenadas	
	Inspección visual de los rodillos	
	Retirar cualquier objeto > 20kg	
	Comprobar ausencia de sonidos extraños	
<b>EMPACADORA DE SERVILLETAS</b>	Inspeccionar el servomotor	
	Revisar la presión de aire	
	Comprobar que el ruido no supere los 78dB	
	Revisar el motor del film	
	Revisar el motor de salida	
	Revisar la potencia del motor de alimentación	
	Comprobar el pulsador de emergencia	
	Revisar el tamaño del empaque	
<b>CORTADORA</b>	Revisar las chumaceras	
	Inspeccionar los rodamientos	
	Verificar el filo de la cuchilla vertical	
	Revisar los resortes	
	Verificar el buen funcionamiento del PLC	
	Revisar el volante de ajuste	
	Engrasar los tubos metálicos	
<b>OBSERVACIONES:</b>		

ANEXO VI. Rutas de inspección mensual

ANEXO VI.1. Tubera

<b>ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
<b>Responsable:</b>	<b>Responsable de bodega:</b>	<b>Código ruta:</b> IMTN			
<b>Equipo o Instalación:</b> Inspección General Diaria	<b>Tipo de solicitud:</b> NORMAL URGENTE	<b>Solicitud de trabajo No.</b>		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b>  Originan orden de trabajo de mantenimiento.  SI:                      NO:	
<b>PARTE</b>	<b>ANOMALÍA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>		
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Soplado Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		<b>TIPO ORDEN DE TRABAJO</b>		<b>FIRMA DEL OPERARIO:</b>	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		<b>CONDICIÓN DE PARADA</b> CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b> CORRECTIVO PREVENTIVO MECÁNICO ELÉCTRICO		FECHA:                      HORA:	
		<b>DATA DE TERMINACIÓN</b> FECHA:                      HORA:			
<b>MATERIALES</b>		<b>CODIGO DE MATERIALES</b>			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
<b>EQUIPO</b>		<b>TAREAS DE INSPECCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	
<b>TUBERA</b>		Afilar la cuchilla de corte			
		Colocar el lubricante en los rodamientos			
		Verificar las correas de las poleas			
		Cambiar el resorte de compresión			
		Revisar las mangueras neumáticas			
		Revisar los racores que estén bien conectados			
<b>OBSERVACIONES:</b>					

ANEXO VI.2. Jumbera

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IMJR			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:		Solicitud de trabajo No.		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI:                      NO:
Inspección General Diaria	NORMAL URGENTE				
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite LGMT2 Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		TIPO DE MANTENIMIENTO		DATA DE INICIO	
		CORRECTIVO                      PREVENTIVO MECÁNICO                      ELÉCTRICO		FECHA:	HORA:
				DATA DE TERMINACIÓN	
		FECHA:	HORA:		
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>JUMBERA</b>		Verificar el sensor inductivo			
		Comprobar que las mangueras neumáticas estén bien conectadas			
		Colocar lubricante a las chumaceras de brida			
		Colocar lubricante a las chumaceras de pared			
		Revisar ningún desperfecto en la cadena de transmisión de potencia			
		Colocar lubricante en las poleas			
		Revisar las correas planas			
		Limpiar el ventilador del tablero			
Constatar que los racores estén bien conectados					
OBSERVACIONES:					

ANEXO VI.3. Selladora en L

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IMSL				
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:		Solicitud de trabajo No.	<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento.		
Inspección General Diaria	NORMAL URGENTE					SI:                      NO:
PART E	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN			
HERRAMIENTAS			EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores			Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas			NORMAL                      URGENTE			
			CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN		DATA DE INICIO	
			TIPO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PREVENTIVO MECÁNICO ELÉCTRICO		FECHA:	HORA:
					DATA DE TERMINACIÓN	
					FECHA:	HORA:
MATERIALES			CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza						
EQUIPO			TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>SELLADOR en L</b>			Retirar y limpiar los escombros del cilindro de aire			
			Verificar las conexiones de las mangueras neumáticas			
			Ajustar la válvula deslizante de mano			
			Inspeccionar que los racores estén bien conectados			
			Engrasar los cojinetes de las juntas			
			Limpiar los escombros y pelusas cerca del motor			
			Limpiar la banda de transporte con paño húmedo			
			Limpiar el cortador de sellado después que baje de 70C			
			Cambiar la cinta de silicio			
OBSERVACIONES:						

ANEXO VI.4. Horno (túnel refractor)

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IMTR			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:		Solicitud de trabajo No.		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento.  SI:                      NO:
Inspección General Diaria	NORMAL	URGENTE			
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA			
		CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
		SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		TIPO DE MANTENIMIENTO		FECHA:	HORA:
		CORRECTIVO	PREVENTIVO	DATA DE TERMINACIÓN	
		MECÁNICO	ELÉCTRICO	FECHA:	HORA:
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>HORNO (TUNEL REFRACTOR)</b>					
		Limpiar los escombros en el ventilador			
		Lubricar los rodillos			
		Revisar el cableado			
		Verificar que no haya ningún ruido extraño			
		Verificar que no haya ninguna vibración			
OBSERVACIONES:					

ANEXO VI.5. Empacadora

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IMES			
Equipo o Instalación: Inspección General Diaria	Tipo de solicitud: NORMAL URGENTE		Solicitud de trabajo No.		
DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN				Originan orden de trabajo de mantenimiento.	
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA			
		CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
MATERIALES		TIPO DE MANTENIMIENTO		DATA DE INICIO	
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza		CORRECTIVO PREVENTIVO		FECHA:	HORA:
		MECÁNICO ELÉCTRICO		DATA DE TERMINACIÓN	
				FECHA:	HORA:
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
EMPACADORA		Lubricar todos los rodamientos			
		Lubricar la cadena y el engranaje de la unidad motriz			
		Comprobar la correa y la cadena de transmisión que no estén flojas			
		Comprobar que los tornillos no estén sueltos			
		Comprobar las piezas del circuito de aire			
		Revisar las conexiones de las mangueras neumáticas			
		Ajustar los racores			
		Limpiar el área del sensor inductivo			
		Lubricar las chumaceras de brida			
		Lubricar las chumaceras tipo pared			
		Lubricar los cojinetes de los lados			
		Verificar la conexión del casquillo			
OBSERVACIONES:					

ANEXO VI.6. Servilleteras

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IMSP			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:	Solicitud de trabajo No.		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI:                      NO:	
Inspección General Diaria	NORMAL URGENTE				
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
		SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		TIPO DE MANTENIMIENTO		FECHA:	HORA:
		CORRECTIVO	PREVENTIVO	DATA DE TERMINACIÓN	
		MECÁNICO	ELÉCTRICO	FECHA:	HORA:
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO	TAREAS DE INSPECCIÓN			RESULTADO	
SERVILLETERA	Cambiar los resortes de compresión				
	Verificar que la cinta de cuero no esté desgastada				
	Revisar las cadenas de transmisión de potencia				
	Inspeccionar que los racores estén bien conectados				
	lubricar las chumaceras diseño de collar				
	Verificar que la simbra este en buenas condiciones				
	Verificar el desgaste de las correas de transmisión				
	Cambiar la cuchilla de banda				
Comprobar el desgaste de las piedras de afilar					
OBSERVACIONES:					

ANEXO VI.7. Cortadora

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
Responsable:		Responsable de bodega:	Código ruta: IMCV			
Equipo o Instalación: Inspección General Diaria		Tipo de solicitud: NORMAL URGENTE		Solicitud de trabajo No.		
DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI: NO:						
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN			
HERRAMIENTAS			EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores			Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas			NORMAL URGENTE			
			CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
			SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
			TIPO DE MANTENIMIENTO			
			CORRECTIVO PREVENTIVO		DATA DE INICIO	
			MECÁNICO ELÉCTRICO		FECHA:	HORA:
					DATA DE TERMINACIÓN	
					FECHA:	HORA:
MATERIALES			CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes,						
Waype, Grasa,						
Thinner, Escoba,						
Materiales de limpieza						
EQUIPO			TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
CORTADORA			Revisar los cables de conexión al PLC			
			Verificar que los resortes aun estén en buen estado			
			Lubricar las chumaceras			
			Lubricar las Poleas			
			Verificar el desgaste de las correas planas			
			Cambiar la cuchilla de banda			
OBSERVACIONES:						

ANEXO VII. Inspecciones anuales

ANEXO VII.1. Tubera

<b>ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
<b>Responsable:</b>	<b>Responsable de bodega:</b>	<b>Código ruta:</b> IATN			
<b>Equipo o Instalación:</b> Inspección General Diaria	<b>Tipo de solicitud:</b> NORMAL URGENTE		<b>Solicitud de trabajo No.</b>	<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento.  SI:                      NO:	
<b>PARTE</b>	<b>ANOMALÍA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>		
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite neumático y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		<b>TIPO ORDEN DE TRABAJO</b> NORMAL URGENTE		<b>FIRMA DEL OPERARIO:</b>	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		<b>CONDICIÓN DE PARADA</b> CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b> CORRECTIVO PREVENTIVO MECÁNICO ELÉCTRICO		<b>DATA DE INICIO</b>	
				FECHA:	HORA:
				<b>DATA DE TERMINACIÓN</b>	
				FECHA:	HORA:
<b>MATERIALES</b>		<b>CODIGO DE MATERIALES</b>			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
<b>EQUIPO</b>		<b>TAREAS DE INSPECCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	
<b>TUBERA</b>		Cambiar la cuchilla de corte			
		Verificar si los rodamientos no estén desgastados, si no cambiarlos			
		Cambiar los resortes de compresión			
		Limpiar el tablero de conexiones eléctricas			
		Cambiar las mangueras neumáticas			
		verificar los racores y cambiarlos			
<b>OBSERVACIONES:</b>					

ANEXO VII.2. Jumbera

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:		Responsable de bodega:	Código ruta: IAJR		
Equipo o Instalación: Inspección General Diaria		Tipo de solicitud: NORMAL URGENTE	Solicitud de trabajo No.		
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidraulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>		<b>TIPO ORDEN DE TRABAJO</b>		<b>FIRMA DEL OPERARIO:</b>	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE		<b>DATA DE INICIO</b>	
		<b>CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN</b>			
		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>		FECHA:	
<b>MATERIALES</b>		CORRECTIVO                      PREVENTIVO		<b>DATA DE TERMINACIÓN</b>	
		MECÁNICO                      ELÉCTRICO		FECHA:	
<b>MATERIALES</b>		<b>CODIGO DE MATERIALES</b>			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
<b>EQUIPO</b>		<b>TAREAS DE INSPECCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	
<b>JUMBERA</b>		Cambiar el sensor inductivo			
		Verificar el funcionamiento de las chumaceras de brida, si no cambiarlas			
		Verificar el funcionamiento de las chumaceras de pared, si no cambiarlas			
		Revisar la cadena de potencia, si se ve algún desperfecto o algún un sonido extraño cambiarlo			
		Verificar las poleas que no tenga ningún sonido extraño			
		Cambiar las correas planas de las poleas			
		Comprobar que el ventilador funcione correctamente sin ningún sonido ni vibración por lo contrario cambiarlo			
		Cambiar las mangueras neumáticas			
		Comprobar las conexiones de los racores o si no cambiarlos			
<b>OBSERVACIONES:</b>					

ANEXO VII.3. Selladora en L

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
<b>Responsable:</b>		<b>Responsable de bodega:</b>				<b>Código ruta:</b> IASL
<b>Equipo o Instalación:</b> Inspección General Diaria		<b>Tipo de solicitud:</b> NORMAL URGENTE		<b>Solicitud de trabajo No.</b>		
<b>PARTE</b>	<b>ANOMALÍA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>			
<b>HERRAMIENTAS</b>			<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores			Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
<b>RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>			<b>TIPO ORDEN DE TRABAJO</b>		<b>FIRMA DEL OPERARIO:</b>	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas			NORMAL URGENTE			
			<b>CONDICIÓN DE PARADA</b> CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
			SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
			<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>			
			CORRECTIVO PREVENTIVO		<b>DATA DE INICIO</b>	
			MECÁNICO ELÉCTRICO		FECHA:	HORA:
					<b>DATA DE TERMINACIÓN</b>	
					FECHA:	HORA:
<b>MATERIALES</b>			<b>CODIGO DE MATERIALES</b>			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza						
<b>EQUIPO</b>			<b>TAREAS DE INSPECCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	
<b>SELLADOR en L</b>			Sacar el cilindro de aire aparte y limpiarlo profundamente			
			Cambiar las mangueras neumáticas			
			Limpiar profundamente la válvula deslizante de mano			
			Comprobar las conexiones de los racores o si no cambiarlos			
			Verificar que los cojinetes estén en correcto funcionamiento si no cambiarlos			
			Desconectar el motor y limpiarlo			
			Comprobar que la banda de transporte no esté desgastada, si no cambiarla			
			Cambiar el cortador de sellado			
Cambiar la cinta de silicio						
<b>OBSERVACIONES:</b>						

ANEXO VII.4. Horno (túnel refractor)

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IATR			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:		Solicitud de trabajo No.		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI:                      NO:
Inspección General Diaria	NORMAL	URGENTE			
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
		SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		TIPO DE MANTENIMIENTO		FECHA:	HORA:
		CORRECTIVO	PREVENTIVO	DATA DE TERMINACIÓN	
		MECÁNICO	ELÉCTRICO	FECHA:	HORA:
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>HORNO (TUNEL REFRACTOR)</b>		Limpiar los escombros en el ventilador, si se encuentra algún sonido extraño cambiarlo			
		Verificar si los rodillos se encuentran en buen estado o cambiarlos			
		Revisar el cableado, si hay desgaste cambiarlo			
		Verificar que no haya ningún ruido extraño			
		Verificar que no haya ninguna vibración			
OBSERVACIONES:					

ANEXO VII.5. Empacadora

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IAES			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:		Solicitud de trabajo No.	<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI:                      NO:	
Inspección General Diaria	NORMAL URGENTE				
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN			
		SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN		DATA DE INICIO	
		TIPO DE MANTENIMIENTO		FECHA:	HORA:
		CORRECTIVO                      PREVENTIVO	DATA DE TERMINACIÓN		
		MECÁNICO                      ELÉCTRICO	FECHA:	HORA:	
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>EMPACADORA</b>		Lubricar todos los rodamientos			
		Verificar que la cadena este en buen funcionamiento y el engranaje de la unidad motriz			
		Ajustar la correa y la cadena y verificar que no estén desgastadas			
		Ajustar los tornillos de la caja de transmisión			
		Comprobar las piezas del circuito de aire			
		Revisar los cables eléctricos si están desgastados cambiarlos			
		Cambiar las mangueras neumáticas			
		Ajustar los racores y verificar que estén funcionando correctamente			
		Cambiar el sensor inductivo			
		Lubricar las chumaceras de brida e inspeccionar que no haya ningún sonido extraño o cambiarlas			
		Lubricar las chumaceras tipo pared			
		Lubricar los cojinetes de los lados			
		Verificar la conexión del casquillo, si no hay una buena conexión cambiarlo			

ANEXO VII.6. Servilletera

ÓRDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:	Responsable de bodega:	Código ruta: IASP			
Equipo o Instalación:	Tipo de solicitud:	Solicitud de trabajo No.		<b>DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</b> Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI:                      NO:	
Inspección General Diaria	NORMAL URGENTE				
<b>PARTE</b>	<b>ANOMALÍA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>		
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN			
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores		Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro			
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS		TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:	
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas		NORMAL                      URGENTE			
		CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
		TIPO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO                      PREVENTIVO MECÁNICO                      ELÉCTRICO		FECHA:	HORA:
				DATA DE INICIO	
				DATA DE TERMINACIÓN	
				FECHA:	HORA:
MATERIALES		CODIGO DE MATERIALES			
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO		TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO	
<b>SERVILLETERA</b>		Cambiar los resortes de compresión			
		Cambiar la cinta de cuero			
		Revisar las cadenas de transmisión de potencia. Si se encuentra algún sonido extraño cambiarlas			
		Cambiar los racores por el desgaste			
		lubricar las chumaceras diseño de collar, si existe algún sonido extraño cambiarlas			
		Cambiar las simbras			
		Cambiar las correas de transmisión			
		Cambiar la cuchilla de banda			
Cambiar las piedras de afilar					
OBSERVACIONES:					

ANEXO VII.7. Cortadora

ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Responsable:		Responsable de bodega:	Código ruta: IACV		
Equipo o Instalación: Inspección General Diaria		Tipo de solicitud: NORMAL URGENTE		Solicitud de trabajo No.	
DEPARTAMENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Originan orden de trabajo de mantenimiento. SI: NO:					
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN		
HERRAMIENTAS			EQUIPOS DE PROTECCIÓN		
Engrasadora manual (Mannesmann M470) Aceite hidráulico y lubricación Caja de llaves de apriete Llaves hexagonales Desarmadores			Guantes de cuero Gafas de protección Tapones auditivos Zapatos punta de acero Mascarilla con filtro		
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			TIPO ORDEN DE TRABAJO		FIRMA DEL OPERARIO:
Cortes en las manos Golpes y contusiones Riesgo eléctrico Quemaduras Proyección de partículas en los ojos Caída de piezas Posturas forzadas			NORMAL URGENTE CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN		
			TIPO DE MANTENIMIENTO		DATA DE INICIO
			CORRECTIVO PREVENTIVO		FECHA: HORA:
			MECÁNICO ELÉCTRICO		DATA DE TERMINACIÓN
					FECHA: HORA:
MATERIALES			CODIGO DE MATERIALES		
Aceites, Lubricantes, Waype, Grasa, Thinner, Escoba, Materiales de limpieza					
EQUIPO			TAREAS DE INSPECCIÓN		RESULTADO
CORTADORA			Revisar los cables de conexión al PLC, cambiarlos si existe algún desgaste		
			Cambiar los resortes de la mesa de trabajo		
			Lubricar las chumaceras, si existe algún sonido extraño cambiarlas		
			Lubricar las Poleas y verificar que no existan algún sonido extraño		
			Cambiar las correas planas		
			Cambiar la cuchilla de banda		
OBSERVACIONES:					

## ANEXO VIII. Stock Mínimo de repuestos

<b>REPUESTOS</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>
<b>Tubera</b>	Penetrante WD-40	MANSUERA	1 gal	\$ 33.03
	Cuchilla de corte	HRC40-90	2	\$ 15.50
	Aceite neumático y de lubricación; 20W-50	KENDALL	1 gal	\$ 30.69
	Polea para correa tipo A (D.I:1.7mm, D.E:8.5mm)	KGD	1	\$ 6.18
	Correas planas (Ancho 20mm)	PROVECUADOR	2	\$ 2.50
	Resorte de compresión (Paso constante, D: 0.8mm, A:10cm)	La casa de los resortes	2	\$ 5.00
	Mangueras neumáticas de mediana presión #8	SERVIMANGUERAS	2m	\$ 13.40
	Contactador 3 polos (40AMP, 220V)	SIEMENS	1	\$ 90.00
	Racores neumáticos rápido roscado QSM-M3-3-1	FESTO	4	\$ 3.00
<b>Jumbera</b>	Racores neumáticos rápido roscado QS-1/2-16	FESTO	4	\$ 3.00
	Racores unión en T QST-6	FESTO	5	\$ 2.50
	Sensor inductivo tipo M12	TURK	2	\$ 60.00
	Mangueras neumáticas de mediana presión #8	SERVIMANGUERAS	2m	\$ 13.40
	Chumaceras brida PH207	RODASEROS	2	\$11.35
	Chumaceras P208	RODASEROS	2	\$ 10.00
	Chumaceras KFP P206	RODASEROS	2	\$10.60
	Chumaceras LKG PA205	RODASEROS	2	\$15.25
	Chumaceras FL 205	RODASEROS	2	\$10.00
	Chumaceras LKG PH208	RODASEROS	2	\$ 13.50
	Aceite neumático y de lubricación; 20W-50	KENDALL	1 gal	\$ 30.69
	Cadena de transmisión de potencia	TROCETTI	1	\$ 36.28
Polea para correa 3 ranuras	BOWER	1	\$ 18.25	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Correas planas tipo A60	PROVECUADOR	3	\$ 3.75
	Correas planas (Ancho 20cm – 6mm espesor)	PROVECUADOR	2	\$ 2.50
	Ventilador para tablero eléctrico con filtro (FK9922)	INSELEC	1	\$ 29.41
<b>Selladora en L</b>	Racores neumáticos rápidos roscados en L QSLV-G1/8-8-1	FESTO	4	\$ 3.00
	Racores unión en T QSMT-2	FESTO	2	\$ 2.50
	Racores rápidos acodados QSML-6	FESTO	6	\$ 3.00
	Cilindro de aire del cortador de sellos SC50x100S	GERCASA	1	\$ 12.28
	Mangueras neumáticas de mediana presión espiral de PA	SERVIMANGUERAS	2m	\$ 13.40
	Válvula deslizante de mano HSV-15 ½"	WALFRONT	1	\$ 4.89
	Racor rápido acodado QSML-6-100	AISER	2	\$ 3.00
	Cojinete de la junta de la rótula SA10T/K	-	1	\$ 6.81
	Cojinete de la junta de la rótula SA16T/K	-	1	\$ 6.81
	Pulling motor 4RK40GN-C/4 GN-15K	-	1	\$ 38.00
	Recycle motor 4RK40GN-C/4GN-20-K	-	1	\$ 27.55
	Banda sincrónica corta 169L-10	MOLINARO	1	\$ 9.69
	Banda sincrónica larga 300L-10	-	1	\$ 13.29

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Aceite neumático y de lubricación; 20W-50	KENDALL	1 gal	\$ 30.69
	Cortador de sellado corto 470	-	1	\$ 15.25
	Cortador de sellado largo 570	-	1	\$22.00
<b>Túnel refractor</b>	Cinta de silicio 1200mm	DISPROTEC	1	\$ 2.40
	Ventilador de refrigeración de carcasa F2E-320B	LEIPOLE	1	\$ 24.59
	Mangueras neumáticas PU	SERVIMANGUERAS	2m	\$ 6.80
<b>Empacadora</b>	Racor unión en T reductora unilateral	MECESA	2	\$ 2.50
	Racor TEE	FESTO	2	\$ 3.15
	Correas lineales dentadas TPU	GATES	2	\$ 5.29
	Sensor Inductivo M30	INSELEC	1	\$ 27.77
	Cadena de transmisión de potencia 32B1	TROCETTI	1	\$ 36.28
	Chumaceras de pared UCFL2	RODASEROS	2	\$ 6.30
	Chumaceras tipo brida cuadrada UCFG2	RODASEROS	2	\$ 6.30
	Cojinetes SA8T/K	-	2	\$ 7.00
	Aceite neumático y de lubricación; 20W-50	KENDALL	1 Gal	\$ 30.69
	Casquillo enchufable QSH-10	FESTO	2	\$ 2.89

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Resortes de compresión (Paso constante de 5cm de largo)	La casa de los resortes	2	\$ 3.75
<b>Servilletera</b>	Cinta de cuero (2.5 ancho)	-	1m	\$ -
	Cadenas de transmisión de potencia REXNORD	TROCETI	1	\$ 36.28
	Racores rectos aeR M5-4	FESTO	2	\$ 1.25
	Chumacera UCP 205-16	RODASEROS	2	\$ 4.25
	Simbra (Resorte galvanizado)	-	6	\$ 0.80
	Correas de transmisión dentadas (4mm ancho)	GATES	1	\$ 5.29
	Cuchilla de banda fleje 0061 x 40	VOESTALPINE	4	\$ 19.30
	Piedra de afilar redonda tipo 6 copa recta	NORTON	1	\$ 24.99
<b>Cortadora</b>	Resortes de compresión (Paso constante 15cm de largo)	La casa de los resortes	2	\$ 5.00
	Cable de conexión para motores con trenzado de cobre	ELECTROCABLES	10m	\$ 0.70
	Bandas de transmisión plana tipo a A60	MOLINARO	2	\$ 2.30
	Rodamientos 38mm	BOWER	2	\$ 3.80
	Aceite neumático y de lubricación; 20W-50	KENDALL	1 Gal	\$ 30.69
	Cuchilla fleje 0061 x 40	VOESTALPINE	2	\$ 19.30





































ANEXO X. Programa MAINTAINX



- Ordenes de Trabajo
- Reportes
- Solicitudes
- Equipos
- Mensajes
- Categorías
- Inventario de Partes
- Librería de Procedimi...
- Medidores
- Locaciones
- Grupos / Usuarios
- Proveedores
- Contactar a MaintainX
- David Romero Pérez >
- Configuración

## Ordenes de Trabajo

Filtros
Asignado a
Fecha de vencimiento
Locación
Prioridad
Completa

+ Nueva Orden de Trabajo

Mis filtros

Pendientes
Completas

Ordenar por: Última actualización: Más recientes primero



Mantenimiento preventivo mensual

Completado por David Romero Pérez

Completa

#1

Media

### Mantenimiento preventivo mensual

Comentarios
Editar
⋮

Estado (Haz clic para actualizar)

🔒  
Abierta

⏸  
En espera

🔄  
En curso

✓  
Completa

[Copiar enlace](#)

Fecha de vencimiento	Prioridad	Orden de Trabajo ID
04/08/2022	● Media	#1

Users Assigned

 David Romero Pérez
 Ximena Solís

Descripción

Limpiar el área de trabajo, lubricar las chumaceras, los rodamientos, ajustar los tornillos, revisar el cableado del tablero, afilar la cuchilla de corte, verificar el desgaste en las correas de las poleas, cambiar el resorte de compresión si lo requiere, revisar los racores que estén bien conectados, revisar los cables y la conexión al contactor



ANEXO XI. Orden de mantenimiento digital

Mantenimiento preventivo mensual#1



**ESTADO**  
Abierto

**PRIORIDAD**  
Media

**FECHA DE VENCIMIENTO**  
04/08/2022

**DESCRIPCIÓN**  
Limpiar el área de trabajo, lubricar las chumaceras, los rodamientos, ajustar los tornillos, revisar el cableado del tablero, afilar la cuchilla de corte, verificar el desgaste en las correas de las poleas, cambiar el resorte de compresión si lo requiere, revisar los racores que estén bien conectados, revisar los cables y la conexión al contactor

**ASIGNADOS**  
David Romero Pérez, Ximena Solís

**CATEGORÍAS**  
Electrical, Inspection, Mechanical

**IMÁGENES**  


**LOCACIÓN**  
Ecuador, Cotopaxi, Salcedo, Rumipamba de las rosas  
Avenida Eloy Yeroivi - Los molles

**EQUIPO**  
Padre: General Tubera

**PROVEEDORES**  
CASTROL

## Mantenimiento preventivo mensual

#1

**Seguimiento de tiempos y costes**

## 📦 PARTES UTILIZADAS

Resorte de compresión ..... 1 unidad x \$2.50

**Total de Parte costes** ..... **\$2.50**

## 🕒 ENTRADAS DE TIEMPO.

David Romero Pérez ..... 1h 30m 0s x \$2.00

**Tiempo total de duración** ..... **1h 30m 0s****Costes de tiempo totales** ..... **\$3.00****Total de costes de Orden de Trabajo** ..... **\$5.50**

## ☰ PROCEDIMIENTO

**Mantenimiento Tubera (9 campos)**

Equipos de protección personal:

- Guantes de cuero
- Gafas de protección
- Tapones auditivos
- Zapatos punta de acero
- Mascarilla con filtro

Tener listo los materiales de trabajo:

- Aceite lubricante
- Waype
- Grasa
- Thinner
- Escoba
- Soplador
- llave de tuercas
  
- Desconectar la máquina
  
- Soplar en todas las partes de la maquinaria
  
- Con el waype limpiar la estructura

Mantenimiento preventivo mensual

#1

- Engrasar las chumaceras y las partes que se unen a ella
- Comprobar que las mangueras neumáticas estén bien conectadas
- Revisar el desgaste de las correas planas
- Limpiar el ventilador del tablero

🕒 INFORMACIÓN DE ORDEN DE TRABAJO

Creado por: David Romero Pérez el 03/08/2022, 16:46

Última actualización el 03/08/2022, 16:46

🕒 HISTORIAL DE ORDEN DE TRABAJO

David Romero Pérez ha creado la orden de trabajo 03/08/2022, 16:46

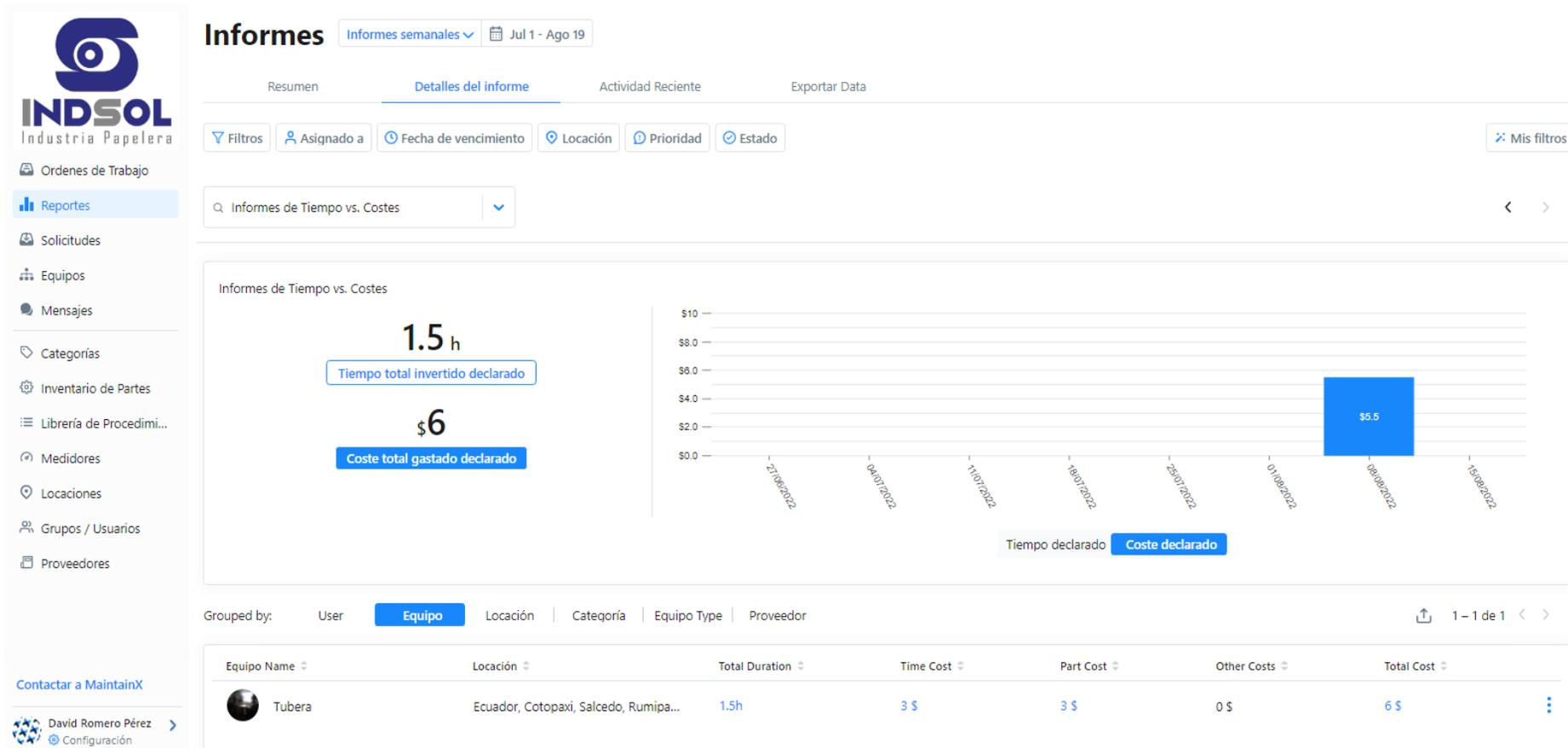
David Romero Pérez logged 1h 30m 00s of Inspection time. 03/08/2022, 16:48

David Romero Pérez logged time and was assigned to this work order. 03/08/2022, 16:48

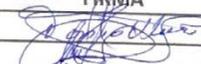
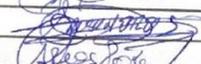
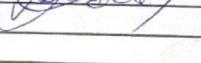
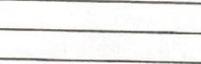
\_\_\_\_\_  
Firmado por

\_\_\_\_\_  
Fecha

ANEXO XII. Reportes generados por el programa, tiempo vs costes



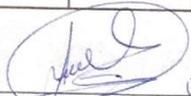
ANEXO XIII. Hojas de asistencia

 <b>Ingeniería Industrial</b>		<h1>HOJA DE ASISTENCIA</h1>					
TEMÁTICA		Capacitación sobre el conocimiento del tema de tesis y uso del programa digital MAINTAINX					
NOMBRE DE LA ENTIDAD		INDSOL CIA. LTDA.					
DIRECCIÓN		Avenida Eloy Yerovi y los Molles					
FECHA DE CAPACITACIÓN		15/08/2022					
NOMBRE	OCUPACIÓN	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	CÉDULA	FIRMA		
Ing. Víctor Torres	Jefe Mantenimiento	06:00 PM	06:00 PM	0502178569			
ING. RUBEN SOLIS	GERENTE	17:00	18:00	050267297-5			
Jairo Hernandez	Operaria	17:00 PM	18:00 PM	050252356-6			
Alfonso Jara	Ventas	17:00	18:00	1209305328			

Capacitador:

  
 Joffre David Romero Pérez  
 055001729-7

Representante de la industria

  
 Ing. Ximena Dolores Solís Rodríguez  
 0503059909

ANEXO XIV. Capacitación a los trabajadores

