



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el
área de prensado para la empresa Induce del Ecuador**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTORES:

**Danny Alexander Chanatasig Ayala
Joe Alexis Quimbita Tarco**

TUTOR:

Ing. M.Sc. Cristian Iván Eugenio Pilliza

Latacunga, Agosto 2024



LATACUNGA – ECUADOR

AGOSTO-2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chanatasig Ayala Danny Alexander, con número de cédula 050321744-0, Quimbita Tarco Joe Alexis, con número de cédula 055010838-5, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE PENSADO PARA LA EMPRESA INDUCE DEL ECUADOR”, siendo el Ing. Cristian Iván Eugenio Pilliza Mg., tutor del presente trabajo investigativo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, agosto del 2024

Chanatasig Ayala Danny Alexander

C.I. 050321744-0

Quimbita Tarco Joe Alexis

C.I. 055010838-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE PENSADO PARA LA EMPRESA INDUCE DEL ECUADOR”, de Chanatasig Ayala Danny Alexander; Quimbita Tarco Joe Alexis, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, agosto del 2024

Ing. Eugenio Pilliza Cristian Iván Mg.

C.I. 1723727473

TUTOR



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Chanatasig Ayala Danny Alexander; Quimbita Tarco Joe Alexis, con el título de Proyecto de Investigación: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE PENSADO PARA LA EMPRESA INDUCE DEL ECUADOR"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2024

Para constancia firman:

Ing. Diego Paul Monga Sánchez Mg.

CC: 0503569964

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda Mg.

CC: 0502574247

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Ángel Marcelo Tello Córdor

CC: 050151855

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por la salud, el conocimiento, la sabiduría y fuerzas para poder culminar este logro tan importante para mí, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas de su noble institución, a los docentes por impartir todos los conocimientos necesarios a lo largo de mi vida universitaria, y de manera especial al Ing. Cristian Eugenio quien me acompañó como tutor de esta tesis, con sus conocimientos, su paciencia para obtener un buen trabajo de titulación.

Danny Chanatasig

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi en impartir todos los conocimientos necesarios a lo largo de la carrera, y de manera especial agradezco a nuestro tutor Cristian Eugenio de tesis el cual supo guiarnos por caminos correctos para obtener un buen trabajo de titulación y no menos importante agradezco a mis amigos y familiares como son a mi amada esposa Sandy, a mi compadre Marco, a mis amigos Javier; Cristian, y mi cuñada Wendy por ayudarme con consejos valiosos para realizar un trabajo de la que me siento orgulloso.

Joe Quimbita

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de titulación de manera especial a mi hermosa madre quien me acompañó en buenas, en malas y peores, durante toda mi vida universitaria hasta la meta final al que tanto anhelaba que llegue, a mi amado padre que me cuida desde el cielo, como se lo prometí cuando inicie a estudiar, sacar en adelante y poner en alto su apellido, esto es por ti y lo logre. A mis hermanos Jeovanny; Jorge; Jackeline y Erik, por su apoyo y cariño incondicional durante toda esta etapa. A mis tíos Cesar y Myrian quienes se convirtieron en mis segundos padres, me abrieron las puertas de su casa apoyándome desde el primer momento que entre a sus vidas, con su bondad, ayuda y consejos brindados. A mis sobrinos por el cariño y amor que me tienen. A mis amigos que hice durante toda mi vida universitaria, de manera específica a mi mejor amigo de infancia Alex quien se ha convertido en un hermano para mí, quien día tras día me apoyo. Este triunfo se los dedico a todos ustedes.

Danny Chanatasig

DEDICATORIA

Mi trabajo de tesis dedico a mis padres y hermanas Freddy; Gloria; Paola; Heydy y mis abuelitos Melchor; Luzmila quienes me enseñaron el valor de superarme cada día con su cariño, paciencia, respeto, con buenos y malos momentos, pero siempre a mi lado. A mis suegros y cuñados Papucho; Judith; Luis; Wendy por apoyarme desde el primer momento que entre a sus vidas con su bondad, ayuda y consejos brindados. Y con mi corazón entero lo dedico a mi esposa Sandy, a mis hijas Adhalia; Aitana por ser el motivo y mi motor por el cual me esfuerzo cada día para brindarles lo mejor. Este logro les pertenece a ustedes los amo.

Joe Quimbita

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE PRENSADO PARA LA EMPRESA INDUCE DEL ECUADOR

Autor/es: Danny Alexander Chanatasig Ayala

Joe Alexis Quimbita Tarco

RESUMEN

La presente investigación tiene por objeto proponer un plan de mantenimiento para la empresa INDUCE DEL ECUADOR; esta empresa está dedicada a la fabricación de puertas metálicas y productos de hierro forjado, inició sus operaciones en enero del 2000, se encuentra localizada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, y cuenta con 19 empleados incluyendo el personal administrativo. La empresa enfrenta importantes desafíos relacionados con la maquinaria en el área de prensado. Actualmente, experimenta fallas en el sistema eléctrico, que a menudo involucran relés, contactores y cables eléctricos dañados o desgastados. Además, se han detectado problemas en el sistema hidráulico, como fugas en mangueras, válvulas y cilindros, debido al desgaste. Para solucionar estas inconsistencias, se propone desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, enfocado en las máquinas de alta criticidad con la ayuda de herramientas de estudio como son diagramas de flujo, entrevistas, encuestas, ordenes de trabajo, Check List, plan maestro de mantenimiento y la aplicación del software MaintainX.

Durante el proceso, se aplicó una serie de herramientas como la matriz AMEF para identificar los equipos críticos, los cálculos de criticidad mostraron que las prensas (1, 2 y 3) tienen alta criticidad y con un valor promedio de 60. Con ello se procedió con la gestión de un programa de mantenimiento preventivo, las cuales constan de actividades establecidas en las ordenes de trabajo que se deberán realizar en todo el año. Además, se aplicó el uso del software MaintainX las cuales ayudó a mejorar la gestión de mantenimiento, con la ayuda de un calendario virtual basado en el cronograma anual, las cuales serán notificadas al técnico o encargado tanto por el email como en la aplicación móvil. Finalmente, como resultado se ha logrado una notable mejora reduciendo el tiempo medio de mantenimiento de 88,15 min a 51 min, lo que representa una disminución del 42.14%.

Palabras clave: AMEF, Criticidad, Gestión de mantenimiento, MaintainX, Mantenimiento preventivo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

**THEME: PROPOSAL FOR A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN IN THE
PRESSING AREA FOR INDUCE OF ECUADOR COMPANY**

Authors: Danny Alexander Chanatasig Ayala

Joe Alexis Quimbita Tarco

ABSTRACT

The purpose of this research is to propose a maintenance plan for the company INDUCE OF ECUADOR; this company is dedicated to the manufacture of metal doors and wrought iron products. It began in January 2000. It is located in the province of Cotopaxi, Latacunga canton, and it has 19 employees, including the administrative staff. The company faces significant challenges related to machinery in the pressing area. Currently, they are experiencing electrical system failures, often involving damaged or worn relays, contactors, and electrical cables. In addition, problems have been detected in the hydraulic system, such as leaks in hoses, valves and cylinders, due to wear. To solve these inconsistencies, it is proposed to develop a preventive maintenance plan, focused on highly critical machines with the help of study tools such as flow charts, interviews, surveys, work orders, Check List, master maintenance plan and MaintainX software application. During the process, a series of tools were applied such as the FMEA matrix to identify critical equipment, the criticality calculations showed that the presses (1, 2 and 3) have high criticality and with an average value of 60. With this, the management of a preventive maintenance program was proceeded, which consists of activities established in the work orders that must be carried out throughout the year. In addition, the use of MaintainX software was applied, which helped improve maintenance management, with the help of a virtual calendar based on the annual schedule, which will be notified to the technician or manager both by email and in the mobile application. Finally, as a result, a notable improvement has been achieved, reducing the average maintenance time from 88,15 min to 51 min, which represents a decrease of 42.14%.

Keywords: FMEA, Criticality, Maintenance management, MaintainX, Preventive maintenance.

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1. EL PROBLEMA.....	3
2.1.1. Situación problemática	3
2.1.2. Formulación del problema.....	4
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.3. BENEFICIARIOS.....	4
2.4. JUSTIFICACIÓN	5
2.5. OBJETIVOS	6
2.5.1. General.....	6
2.5.2. Específicos.....	6
2.6. HIPÓTESIS Y SISTEMA DE TAREAS.....	6
2.6.1. HIPÓTESIS	6
2.6.2. SISTEMA DE TAREAS	7
2.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	9
3. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	10
3.1. REVISIÓN DE LITERATURA (ANTECEDENTES).....	10
3.2. MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL	18
3.2.1. Etapas para la fabricación de puertas en la empresa INDUCE DEL ECUADOR.....	18
3.2.2. Mantenimiento.....	26
3.2.3. Tipos de mantenimiento	27
3.2.4. Órdenes de trabajo (OT).....	27
3.2.5. Lineamientos para la creación de una OT	28
3.2.6. Diagrama de Ishikawa	28
3.2.7. Inventario.....	29

3.2.8.	Codificación.....	29
3.2.9.	Criticidad	29
3.2.10.	AMEF	31
3.2.11.	Aplicación del AMEF	32
3.2.12.	Paros no programados.....	33
3.2.13.	Check List	34
3.2.14.	Análisis de costos de mantenimiento.....	34
3.2.15.	Software de mantenimiento	35
4.	Metodología.....	35
4.1.	Tipo de investigación.....	35
4.2.	Técnicas aplicadas	35
4.2.1.	Observación.....	35
4.2.2.	Entrevista	36
4.2.3.	Encuesta.....	36
4.2.4.	Recolección de datos	36
4.2.5.	Análisis de documentación.....	36
4.3.	Instrumentos.....	36
4.3.1.	Diagrama de procesos.....	36
4.3.2.	Diagrama de Ishikawa	37
4.3.3.	Codificación de equipos	38
4.3.4.	Nivel de criticidad de la maquinaria.....	38
4.3.5.	Encuesta de criticidad.....	39
4.3.6.	Esclarecimiento de los modelos de mantenimiento.....	40
4.3.7.	Fichas técnicas.....	41
4.3.8.	Órdenes de trabajo (OT)	42
4.3.9.	Plan maestro de mantenimiento.....	43
5.	Análisis de resultados	43

5.1.	Análisis de la entrevista realizada al técnico de mantenimiento.....	43
5.2.	Mapeo de procesos y levantamiento de la asignación de distribución	44
5.2.1.	Caracterización general de la empresa	44
5.2.2.	Información de la empresa	45
5.2.3.	Plano del área.....	46
5.2.4.	Estructura organizativa.....	47
5.2.5.	Lista de equipos	47
5.2.6.	Fichas técnicas.....	49
5.2.7.	Inventario (Insumos y repuestos)	50
5.2.8.	Recorrido Orden de trabajo en Maintain X	51
5.2.9.	Registro de inspecciones diarias.....	52
5.2.10.	Órdenes de trabajo	55
5.2.11.	Costos de mantenimiento.....	57
5.2.12.	Tiempo medio de mantenimiento	57
5.3.	Evaluar el estado actual de las maquinarias.....	58
5.3.1.	Sistematización de equipos.....	58
5.3.2.	Encuesta de criticidad.....	59
5.3.3.	Estudio de criticidad de los equipos	60
5.3.4.	Modelo de mantenimiento de los equipos	60
5.3.5.	Determinar equipos críticos.....	61
5.3.6.	Priorizar fallas críticas	61
5.4.	Análisis AMEF	62
5.5.	Plan maestro de mantenimiento	87
5.5.1.	Programa de mantenimiento.....	87
5.6.	Software de mantenimiento	97
5.6.1.	Características generales del software de mantenimiento	97
5.6.2.	Software MaintainX	98

5.6.3.	Datos generados por el software.....	98
5.7.	Comprobación de Hipótesis.....	99
5.7.1.	Análisis de resultado.....	99
5.8.	Evaluación Técnico, Social, Ambiental Y/O Económica.....	100
5.8.1.	Impacto Técnico	100
5.8.2.	Impacto Social	100
5.8.3.	Impacto Ambiental	100
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	101
6.1.	Conclusiones.....	101
6.2.	Recomendaciones	101
7.	Referencias	102
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Planchas.....	18
Figura 3.2. Proceso prensado de planchas	18
Figura 3.3. Proceso doblado de planchas	19
Figura 3.4. Tubos lisos galvanizados.....	19
Figura 3.5. Proceso corte de tubos.....	20
Figura 3.6. Proceso armado de estructura.....	20
Figura 3.7. Proceso soldado de estructura	20
Figura 3.8. Coalición de planchas - estructura	21
Figura 3.9. Recepción de marcos.....	21
Figura 3.10. Proceso corte de planchas	22
Figura 3.11. Proceso doblado de marco	22
Figura 3.12. Proceso corte de marco	23
Figura 3.13. Proceso perforado de marco.....	23
Figura 3.14. Proceso armado de marco	23
Figura 3.15. Proceso soldado de marco.....	24
Figura 3.16. Mecanismo de ensamblaje completo de puerta.....	24
Figura 3.17. Proceso de desangrado	25
Figura 3.18. Proceso secado de puerta	25
Figura 3.19. Proceso pintado electroestático	25
Figura 3.20. Proceso secado en horno	26
Figura 3.21. Almacenamiento del producto	26
Figura 3.22. Matriz de criticidad [27].....	30
Figura 4.1. Modelo Diagrama de Ishikawa	37
Figura 4.2. Codificación de equipos [36]	38
Figura 4.3. Esquema de Modelos de Mantenimiento [36]	40
Figura 4.4. Modelo de Ficha Técnica	41
Figura 4.5. Modelo de Orden de Trabajo	42
Figura 4.6. Modelo del Plan Maestro de Mantenimiento	43
Figura 5.1. Plano del Área	46
Figura 5.2. Estructura Organizativa.....	47
Figura 5.3. Ficha Técnica - Prensa 1	49
Figura 5.4. Flujograma de Recorrido.....	52

Figura 5.5. Orden de Trabajo Prensa 1	56
Figura 5.6. Encuesta Criticidad Prensa 1	59
Figura 5.7. Muestreo Check List generado por el Software	98
Figura D.1. Modelo de Mantenimiento Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.2. Modelo de Mantenimiento Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.3. Modelo de Mantenimiento Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.4. Modelo de Mantenimiento Prensa 4	¡Error! Marcador no definido.
Figura E.5. Diagrama de Procesos de la Empresa INDUCE DEL ECUADOR	¡Error! Marcador no definido.
Figura E.6. Diagrama ISHIKAWA	¡Error! Marcador no definido.
Figura G.7. Ficha Técnica Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura G.8. Ficha Técnica Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.9. Orden de Trabajo Quincenal Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.10. Orden de Trabajo Mensual Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.11. Orden de trabajo Trimestral Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.12. Orden de trabajo Semestral Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.13. Orden de trabajo Anual Prensa 1	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.14. Orden de trabajo Semanal Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.15. Orden de trabajo Quincenal Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.16. Orden de trabajo Mensual Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.17. Orden de trabajo Trimestral Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.18. Orden de trabajo Semestral Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.19. Orden de trabajo Anual Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.20. Orden de trabajo Semanal Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.21. Orden de trabajo Quincenal Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.22. Orden de trabajo Mensual Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.23. Orden de trabajo Trimestral Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.24. Orden de trabajo Semestral Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura H.25. Orden de trabajo Anual Prensa 3	1
Figura I.26. Encuesta Criticidad Prensa 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura I.27. Encuesta Criticidad Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.
Figura I.28. Encuesta Criticidad Prensa	¡Error! Marcador no definido.
Figura J.0.29. Buscador en la Web	¡Error! Marcador no definido.
Figura J.30. Recorte de pantalla Sing Up	¡Error! Marcador no definido.

- Figura J.31. Recorte de Pantalla Crear Cuenta;Error! Marcador no definido.
- Figura J.32. Recorte de Pantalla Código;Error! Marcador no definido.
- Figura J.33. Recorte de Pantalla Configurar Organización;Error! Marcador no definido.
- Figura J.34. Recorte de Pantalla Agregar Información;Error! Marcador no definido.
- Figura J.35. Recorte de Pantalla Tipo de Membresía;Error! Marcador no definido.
- Figura J.36. Recorte de Pantalla Ingresar Datos de Pago;Error! Marcador no definido.
- Figura J.37. Recorte de Pantalla Configuración de uso para Notificaciones;Error! Marcador no definido.
- Figura J.38. Recorte de Pantalla Ajuste de Notificaciones.....;Error! Marcador no definido.
- Figura J.39. Recorte de Pantalla Invitar Usuarios;Error! Marcador no definido.
- Figura J.40. Recorte de Pantalla Opción Ordenes de Trabajo..;Error! Marcador no definido.
- Figura J.41. Recorte de Pantalla Nueva Orden de Trabajo;Error! Marcador no definido.
- Figura J.42. Recorte de Pantalla Configuración Parte 1;Error! Marcador no definido.
- Figura J.43. Recorte de Pantalla Configuración Parte 2;Error! Marcador no definido.
- Figura J.44. Recorte de Pantalla Configuración Parte 3;Error! Marcador no definido.
- Figura J.45. Recorte de Pantalla Configuración Parte 4;Error! Marcador no definido.
- Figura J.46. Recorte de Pantalla Orden de Trabajo Generada..;Error! Marcador no definido.
- Figura J.47. Recorte de Pantalla Comentarios;Error! Marcador no definido.
- Figura K.48. Informe Generado MaintainX;Error! Marcador no definido.
- Figura K.49. Calendario de Mantenimiento Mes de Septiembre;Error! Marcador no definido.
- Figura L.50. Manual técnico de los Equipos;Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios Directos e Indirectos	4
Tabla 2.2 Sistema de Tareas	7
Tabla 2.3 Cronograma de Actividades	9
Tabla 3.1. Principales investigaciones relacionadas con el estudio de un plan de mantenimiento preventivo	17
Tabla 3.2 Matriz de Criticidad.....	29
Tabla 4.1. Simbología utilizada para el Diagrama de procesos.....	37
Tabla 4.2 Descripción de la Fórmula de Consecuencia.....	38
Tabla 4.3 Modelo de la Encuesta de Criticidad.....	39
Tabla 5.1. Características Generales.....	44
Tabla 5.2. Información de la empresa	45
Tabla 5.3. Lista de Equipos Prensa 1.....	48
Tabla 5.4. Insumos.....	50
Tabla 5.5. Repuestos.....	50
Tabla 5.6. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 1	53
Tabla 5.7. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 2	54
Tabla 5.8. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 3	55
Tabla 5.9. Costos de Mantenimiento	57
Tabla 5.10. Tiempos de mantenimiento	58
Tabla 5.11. Codificación de equipos	59
Tabla 5.12. Cálculo de Criticidad.....	60
Tabla 5.13. Modelo de Mantenimiento	61
Tabla 5.14. Matriz AMEF	63
Tabla 5.15. Programa de mantenimiento.....	87
Tabla 5.16. Características Generales de Software MaintainX.....	97
Tabla 5.17. Características Versión Gratuita y Versión Essential.....	97
Tabla 5.18. Tiempos Medios de Mantenimiento (Antes y Después)	99
Tabla F.1. Lista de equipo Prensa 2.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla F.2. Lista de Equipos Prensa 3	¡Error! Marcador no definido.

1.INFORMACIÓN GENERAL

Título: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el área de prensado para la empresa Induce del Ecuador”

Fecha de inicio: Abril de 2024.

Fecha de finalización: Agosto de 2024.

Lugar de ejecución: Cotopaxi, Latacunga, vía a Mulalo, sector Tandalivi.

Facultad que Auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

“Optimización de los procesos productivos utilizando métodos y técnicas para el mejoramiento continuo en el sector productivo”

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto investigativo:

Ing. M.Sc. Cristian Iván Eugenio Pilliza

Autor del proyecto investigativo:

Danny Alexander Chanatasig Ayala

Autor del proyecto investigativo:

Joe Alexis Quimbita Tarco

Área de Conocimiento:

Campo amplio: (07) Ingeniería, Industria y Construcción.

Campo específico: (02) Ingeniería y producción.

Línea de investigación:

Gestión de la calidad y seguridad laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Administración y gestión de la producción.

2.INTRODUCCIÓN

INDUCE del Ecuador es una industria especializada en la elaboración de puertas metálicas y otro tipo de productos a nivel nacional, la empresa se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Aláquez, sector Tandalivi y sus instalaciones ocupan un espacio aproximado de 2.000m², la cual se dedica a la fabricación de productos con acabados en hierro, forjados, troquelados, puertas, en diversas especificaciones según los requisitos del cliente. La empresa comenzó sus actividades comerciales el 1 de enero del año 2000, cuenta con 19 empleados en el área de fabricación incluido el personal administrativo.

La importante inversión en la adquisición de repuestos, componentes o partes de maquinaria, de la mano de los elevados costos de mantenimiento de los repuestos y la mano de obra, ha llevado al personal de mantenimiento de diversas plantas industriales a enfocar sus esfuerzos en el mantenimiento preventivo de los equipos. La necesidad de mantener todos los componentes en buenas condiciones y cuidar el equipo es de vital importancia para que las plantas puedan mantenerse operativas, enfrentar la competencia y ofrecer un trabajo continuo y competitivo. Gracias a ello el personal técnico trabaja con mayor seguridad y satisfacción, de la mano de herramientas adecuadas y procedimientos de mantenimiento correctos. Esta práctica no solo permite predecir fallas, sino también realizar mejoras, optimizar la calidad de los repuestos, hacer ajustes y tolerancias precisas, y en último de los casos, disminuir las fallas que puedan presentar de los equipos.

La presente investigación estará conformada por tres partes, la primera de ellas estará fundamentada con la recolección de datos, métodos de estudio, matrices de criticidad entre otros. La segunda parte consistirá en analizar los fallos de las máquinas y equipos en el área de prensado, con la ayuda de fichas técnicas, ordenes de trabajos, Check List con la finalidad de elaborar un plan maestro de mantenimiento preventivo, de tal manera que los operadores posean una guía al ejecutar el mantenimiento preventivo. Y como tercera parte se elaborará un plan de Mantenimiento programado para los equipos críticos del área de prensado mediante el uso del software MaintainX para agilizar la gestión del mantenimiento, ya que esta herramienta optimiza las operaciones de mantenimiento y asegura el cumplimiento del proceso de mantenimiento, básicamente contribuye a la mejora general de la productividad y la vida útil de los equipos.

2.1. EL PROBLEMA

La empresa INDUCE en la actualidad tiene un déficit de control de mantenimiento en el área de prensado debido a que no posee ningún tipo de plan de mantenimiento estructurado. Debido a ello los problemas más críticos que se encuentran en la empresa son los paros no programados, que interrumpen el proceso de producción y generan pérdidas económicas significativas. La falta de un manual de mantenimiento y de herramientas adecuadas agrava esta situación, impidiendo al técnico realizar reparaciones eficientes. Al mismo tiempo, la falta de capacitaciones para el personal limita su capacidad para manejar y mantener la maquinaria correctamente. Los periodos excesivos de operación, junto con límites de presupuesto, aumentan el desgaste de los equipos, incrementando la tasa de probabilidad de fallos. La inexistencia de supervisión en el área de mantenimiento también contribuye a una gestión deficiente de los recursos y tareas, aumentando el riesgo de fallos inesperados. Debido a este entorno de trabajo sin supervisión y sin un plan de mantenimiento adecuado coloca a la empresa en una posición vulnerable, afectando su productividad y competitividad en el mercado.

2.1.1. Situación problemática

Durante la investigación de campo, se han identificado varias problemáticas que afectan el proceso de producción. Entre las más relevantes se encuentran las fallas en el sistema eléctrico, que a menudo involucran relés, contactores y cables eléctricos dañados o desgastados. Estas fallas pueden provocar cortocircuitos e interrupciones en la producción. Además, se han detectado problemas en el sistema hidráulico, como fugas en mangueras, válvulas y cilindros, debido al desgaste, daño o conexiones sueltas. Estas fugas ocasionan una disminución de la presión y resultan en paros no programados.

Aunque se realiza mantenimiento correctivo en estas áreas, se han reconocido varias desventajas, como el tiempo de inactividad prolongado y los mayores costos de mantenimiento a largo plazo. Por lo tanto, la empresa ha identificado la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo. Este plan tiene como objetivo alcanzar los objetivos establecidos y mejorar la eficiencia en todos los procesos productivos.

En resumen, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es crucial para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y asegurar la continuidad y seguridad de los procesos de producción. La empresa puede cuantificar y cualificar los beneficios obtenidos, asegurando una mejora continua y sostenible en todas sus operaciones.

2.1.2. Formulación del problema

La empresa INDUCE DEL ECUADOR no cuenta con un plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos críticos lo que genera paros no programados afectando la productividad y aumentado los costos de mantenimiento.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de Investigación: Área de prensado de la empresa Induce Del Ecuador.

Campo de acción: 3310.04 Ingeniería de Mantenimiento

La ingeniería de mantenimiento para el campo de estudio que se está realizando en esta investigación es la parte de la ingeniería dedicada al estudio y desarrollo de técnicas que faciliten o mejoren el mantenimiento de una instalación, que puede ser una planta industrial, un edificio, una infraestructura, etc. La gestión del mantenimiento de una instalación afecta a los cuatro objetivos básicos del mantenimiento, que son la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil y el coste de explotación a lo largo de toda su vida [1].

2.3. BENEFICIARIOS

La investigación a realizarse en la entidad, beneficiara tanto a trabajadores, como a clientes. A continuación, se encontrará la Tabla 2.1. de Beneficiarios.

Tabla 2.1. Beneficiarios Directos e Indirectos

BENEFICIARIOS	
Descripción	Cuantificación
DIRECTOS	
Gerente	1
Técnico de mantenimiento mecánico	1
Técnico de mantenimiento eléctrico	1
Trabajadores	14
Personal de soporte	2
Total	19
INDIRECTOS	
Proveedores	4
Clientes	80
Total	84
TOTAL, DE BENEFICIARIOS	103

2.4. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta investigación se lleva a cabo para solucionar la falta de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria del área de prensado. Actualmente, no existen datos o inventarios que faciliten el mantenimiento, lo cual provoca demoras en la obtención de suministros adecuados para las reparaciones. Esta situación dificulta la previsión de fallos, incrementando los costos de mano de obra y el tiempo de inactividad de la maquinaria.

El enfoque de este plan es implementar un mantenimiento preventivo para la maquinaria de prensado en la empresa INDUCE DEL ECUADOR. Esto beneficiará tanto al gerente como a los operadores, mejorando la fabricación de productos, reduciendo los costos de mantenimiento, aumentando la producción, evitando aplazamientos en las entregas y optimizando el rendimiento y la utilidad de las máquinas.

Para ello, se propone realizar inspecciones semanales y mensuales que permitan recolectar información sobre el funcionamiento de las máquinas y detectar posibles paros no programados. Los hallazgos se registrarán en fichas técnicas y se digitalizarán en el software MAINTAINX. Esto facilitará el acceso a datos esenciales para prevenir diversas dificultades, mejorando significativamente los procedimientos de mantenimiento según las características de cada prensa.

La metodología propuesta es una solución viable para abordar las deficiencias actuales de la empresa. Las actividades del plan de mantenimiento preventivo proporcionarán a los operarios el conocimiento necesario sobre el correcto uso de las prensas y equipos, evitando errores y paros no programados que puedan afectar los procesos productivos y prolongando la vida útil de las máquinas. Además, permitirá optimizar los recursos disponibles y reducir los tiempos de inactividad, así como los costos asociados al mantenimiento correctivo.

En resumen, este plan de mantenimiento preventivo contribuirá a optimizar los recursos disponibles, reducir los tiempos de inactividad, reducir los costos de mantenimiento, aumentar la vida útil de las máquinas, mejorar la seguridad y la calidad del trabajador.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del área de prensado de la empresa INDUCE DEL ECUADOR mediante la aplicación del software MaintainX para disminuir los tiempos de paros no programados.

2.5.2. Específicos

- Establecer el estado actual de la maquinaria en el área de prensado mediante el análisis de modo de efecto y falla (AMEF) y la matriz de criticidad para la identificación de los equipos críticos y las principales fallas y averías.
- Planificar las actividades de mantenimiento preventivo en los equipos críticos mediante las ordenes de trabajo, plan maestro de mantenimiento para la disminución del tiempo medio de mantenimiento.
- Elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos críticos del área de prensado mediante el uso del software MaintainX que permita mejorar el sistema de gestión de mantenimiento.

2.6. HIPÓTESIS Y SISTEMA DE TAREAS

2.6.1. HIPÓTESIS

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo permitirá disminuir fallos y paros no programados que puedan presentarse de manera inesperada en las prensas hidráulicas, reduciendo tiempos y costos de mantenimiento.

2.6.2. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.2 Sistema de Tareas

Objetivos Específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios o instrumentos
Establecer el estado actual de la maquinaria en el área de prensado mediante el análisis de modo de efecto y falla (AMEF) y la matriz de criticidad para la identificación de los equipos críticos y las principales fallas y averías.	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de información de los procesos productivos y equipos en el área de prensado. Identificación de problemas en el área de prensado. 	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo de procesos Manual técnico de los equipos Registros históricos de mantenimiento Entrevista al personal encargado del área de mantenimiento Diagrama Ishikawa 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento de Información Investigación de campo Bizagi Modeler Canva
	Identificación de los equipos en el área de prensado.	<ul style="list-style-type: none"> Plano del área Lista de equipos 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento de Información Investigación de campo.
	Elaboración de fichas Técnicas de la maquinaria y registro de inventario.	<ul style="list-style-type: none"> Fichas técnicas Inventarios (Insumos y repuestos) 	
	Desarrollo de la Matriz de Criticidad.	<ul style="list-style-type: none"> Matriz de Criticidad 	
Planificar las actividades de mantenimiento preventivo en los equipos críticos mediante los ordenes de trabajo, plan maestro de mantenimiento para reducir el	Elaboración del Check List para inspecciones diarias de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> Registro de Inspecciones diarias 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento de Información Investigación de campo.
	Elaboración de los Órdenes de trabajo de mantenimiento en los equipos críticos.	<ul style="list-style-type: none"> Órdenes de mantenimiento 	
	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de costo de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Tabla de costos de mantenimiento 	

<p>tiempo medio de mantenimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo del tiempo medio de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio de mantenimiento
	<p>Desarrollo del plan maestro de mantenimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tareas de mantenimiento • Establecer frecuencias de mantenimiento
<p>Elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos críticos del área de prensado mediante el uso del software MaintainX que permita mejorar el sistema de gestión de mantenimiento.</p>	<p>Registro de datos al software MaintainX.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de mantenimiento
	<p>Elaboración de un Manual de usuario del software MaintainX.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de usuario

3.FUNDAMENTACIÓN TEORICA

3.1. REVISIÓN DE LITERATURA (ANTECEDENTES)

Diaz A. (2015) en su proyecto **“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA FIABILIDAD OPERACIONAL Y REDUCCION DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA SAN FRANCISCO DE ASÍS LOGÍSTICA Y NEGOCIOS”**, en este proyecto se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la fiabilidad y reducir los costos de mantenimiento en San Francisco de Asís Logística & Negocios SAC. Se levantaron datos de información técnica, historial de fallas y servicios realizados para los equipos, y se analizaron los gastos por reparaciones de noviembre 2014 a julio 2015. Se calcularon indicadores de mantenimiento y se realizó un análisis de criticidad. Al implementar el plan de mantenimiento aumentó la disponibilidad de los equipos en un 3.9% y la confiabilidad en un 6.35%. Solo un equipo mostró alta criticidad, para el cual se tomaron medidas especiales. El plan incluye especificaciones técnicas para prolongar la vida útil de los equipos y hojas de control para un buen historial de fallas y reporte de costos [2].

Romero J. (2022) en su investigación **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INDSOL CIA. LTDA. SALCEDO - COTOPAXI”**, este proyecto está enfocado en elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la industria papelera INDSOL CIA. LTDA. El análisis se llevó a cabo recolectando manuales e instructivos de cada máquina para comprender sus componentes. Se aplicaron técnicas bibliográficas y herramientas como la matriz AMEF y de criticidad para determinar el nivel óptimo de prevención necesario para la maquinaria. Los resultados identificaron que la máquina cortadora tiene una mayor frecuencia de fallas en comparación con otras máquinas de la empresa. También observaron que la máquina jumbeira presenta un alto riesgo de fallas. Estos datos permitieron la creación de una tabulación de resultados y la codificación de equipos, facilitando la elaboración de fichas técnicas. La investigación utilizó métodos cualitativos para identificar fallas y averías, lo cual fue crucial para diseñar señales de inspección y proponer un plan maestro de mantenimiento. Además, se incorporó la plataforma MaintainX para digitalizar los activos de la industria. Esta herramienta notifica al gerente y al encargado de mantenimiento sobre cuándo y dónde realizar las tareas de mantenimiento, optimizando así el proceso. Este enfoque integral garantiza una gestión eficiente y preventiva de la maquinaria, mejorando la productividad y reduciendo el riesgo de fallas [3].

Chasiloa M. (2023) en su proyecto **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE MECANIZADO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MATRIZ”**, el proyecto realizado se basa en el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo basado en la investigación bibliográfica sobre máquinas herramientas y sus posibles fallas. Se implementó el mantenimiento basado en la confiabilidad (RMC) para identificar los tipos de fallas y calcular los índices de mantenimiento KPI, determinando así la frecuencia de fallas durante el trabajo. Las fichas técnicas de las máquinas en el área de mecanizado se completaron, y se calcularon los índices de mantenimiento KPI y de disponibilidad para verificar su funcionamiento. En la evaluación se encontró que el estado de las máquinas utilizando coeficientes específicos y se registraron las fallas por componente, el tiempo de parada y los tiempos de mantenimiento correctivo. La hoja de decisión se utilizó para determinar las soluciones a las fallas y establecer los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo. Y como último paso calcularon el costo de inversión del mantenimiento preventivo para un año. En si este enfoque integral permite una gestión eficiente y confiable de las máquinas herramientas, mejorando su disponibilidad y rendimiento en el laboratorio de mecanizado [4].

Morales C. (2018) en su proyecto **“DESARROLLAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA IMPRENTA “MORALES” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, este proyecto aborda el control y mantenimiento preventivo de la maquinaria en IMPRENTA "MORALES". La importancia de este se basa en detectar fallas tempranas para evitar paradas de emergencia y tiempos muertos, que afecta la producción de la empresa. Se realizó un inventario y se completaron fichas técnicas de la maquinaria. Se utilizó el análisis AMFE para identificar componentes propensos a fallos y se analizaron indicadores como TMBF, MTTR, la tasa de fallos, tiempo de operación, fiabilidad y disponibilidad. Se desarrolló un plan de mantenimiento apoyado en software libre, mejorando la eficiencia y reduciendo impactos financieros negativos [5].

Ballesteros S. (2023) en su investigación **“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA INGB&R PLAST EN LA CIUDAD DE AMBATO”**, este proyecto propuso un plan de mantenimiento preventivo para INGB&R PLAST en Ambato, teniendo como clave la falta de un sistema estructurado que ha causado y pérdidas de producción. Se codificó e inventarió la maquinaria, creando fichas técnicas y clasificándolas por sistemas. Se realizó un análisis de criticidad y una matriz AMFE para

identificar componentes propensos a fallos, desarrollando datos históricos y gamas de mantenimiento. El plan resultante incluye inspecciones, lubricación, ajustes, reemplazos y normas de seguridad para las actividades anuales de mantenimiento [6].

Solis J. (2023) en su caso de estudio **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL TECNICENTRO AUTOMOTRIZ SOLÍS”**, la empresa Tecnicentro Automotriz Solis adquirió nuevas máquinas y equipos, lo que generó la necesidad de un plan de mantenimiento basado en el análisis modal de fallos y efectos (AMFE). Se implementó un inventario de las máquinas, identificando las más usadas y propensas a fallar, como elevadores, una prensa hidráulica, un compresor de aire, un taladro de pedestal y una soldadora GMAW. Se elaboraron fichas técnicas y se calculó el estadístico de mantenimiento. Se generaron matrices AMFE y de criticidad para identificar fallos críticos. Por último, se diseñaron gamas de mantenimiento detalladas para asegurar el cumplimiento del plan preventivo anual por parte del técnico responsable [7].

Rosero A. (2022) en su proyecto **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 55000 PARA LA RECTIFICADORA M. NOBOA DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, en esta investigación la empresa Rectificadora M. Noboa no tiene un plan de mantenimiento preventivo. Este proyecto implementará uno para gestionar activos durante un año, utilizando la norma ISO 55000. Se realizaron fichas técnicas y un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) según la norma NTP:679 para identificar elementos críticos. Se llevó a cabo un análisis de criticidad y se desarrolló una lista de actividades de mantenimiento preventivo. Además, se crearon planillas de Excel para facilitar la gestión, mejorando la eficiencia y prolongando la vida útil de las máquinas [8].

Chicaiza C. (2021) en su investigación **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE INYECCIÓN DE LA EMPRESA SISTEMA DE ASIENTOS AMERICAN DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, este proyecto desarrolla un plan de mantenimiento preventivo para la empresa “SISTEMA DE ASIENTOS AMERICAN”. Se analizaron dos inyectoras mediante una matriz AMFE y de criticidad para identificar componentes críticos y actividades correctivas. Se detallaron tiempos de operación, reparación y paros para establecer la disponibilidad de las máquinas. Finalmente, se crearon gamas de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de las máquinas y asegurar los beneficios económicos de la empresa [9].

Montero D. (2014) en su estudio **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO CON LA UTILIZACIÓN DE UN SOFTWARE EN LA EMPRESA CEPOLFI INDUSTRIAL C.A”**, en CEPOLFI INDUSTRIAL C.A., se implementó un sistema de mantenimiento preventivo utilizando el software SGM Pro. Este sistema mejora la gestión y desempeño del mantenimiento a través de la planeación y programación de acciones necesarias. SGM Pro fue seleccionado por cumplir con el 90% de las funciones necesarias, facilitando la gestión de equipos, componentes, estrategias, talento humano y repuestos. Como punto importante también permite gestionar planes de mantenimiento, órdenes de trabajo, actividades semanales, informes de tareas y stock de repuestos. El sistema promueve el mejoramiento continuo de la empresa, recomendándose su aplicación, evaluación y control efectivos [10].

Freire F. (2019) en su investigación **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL PARA LAS INYECTORAS HORIZONTALES DE POLÍMEROS EN LA EMPRESA INGENIERÍA DISEÑO DE SUELAS”**, este trabajo técnico se enfocó en implementar un mantenimiento preventivo y predictivo para las inyectoras de polímeros en la empresa “Ingeniería Diseño de Suelas”, con el fin de reducir tiempos de corrección y evitar paros en la producción de suelas de zapatos. Se obtuvieron datos de actividades de mantenimiento previas y, mediante una matriz AMFE, se identificaron los componentes más propensos a fallos. Utilizando la distribución de WEIBULL, se realizó un análisis estadístico para calcular la confiabilidad de los datos con un 95% de veracidad. Esto permitió contemplar la condición de las máquinas y determinar las acciones preventivas necesarias.

Para el análisis se utilizaron las NTP 331 y NTP 679, y se establecieron gamas de mantenimiento preventivo mensual para llevar un control organizado y evitar paros innecesarios [11].

De la Cruz J. (2022) en su proyecto **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MEDIANTE EL MÉTODO TPM PARA EL AREA DE PRODUCCIÓN EN LAS SECCIONES DE INYECCION DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN C.L”**, este proyecto técnico se desarrolló para satisfacer las necesidades de la empresa “HALLEY CORPORACION C.L.”, mejorando las actividades de mantenimiento de las máquinas inyectoras de plástico que participan en la producción de diversos productos. EL campo de estudio que abarcaron fue en la fiabilidad para planificar las

actividades de mantenimiento. Utilizaron la norma NTP 679 para identificar posibles fallos en las diferentes partes de las máquinas y la norma NTP 331 para el análisis por el método de Weibull, determinando el tiempo de buen funcionamiento.

El resultado final del proyecto fue un plan de mantenimiento anual, distribuido en 6 periodos que detallan las actividades de mantenimiento preventivo para los distintos sistemas de las máquinas inyectoras de plástico, las cuales están en una etapa de mantenimiento inicial [12].

Ulloa E. (2022) en su estudio **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA UNE EN 16646:2015 PARA LA MAQUINARIA DE LA FÁBRICA “FORTECALZA NEW GENERATION”**, este proyecto de investigación se realizó para conocer la problemática en las máquinas industriales de la empresa “FORTECALZA NEW GENERATION”, que no posee una gestión adecuada de activos. Para solucionar esto, se utilizó la norma UNE EN 16646, que permite identificar deficiencias en el manejo de información y mantenimiento. La investigación adoptó un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo, para establecer un plan de mantenimiento preventivo. Se establecieron ocho deficiencias clave: falta de inventarios y codificación de máquinas, estadísticas, matriz AMFE, escalas de mantenimiento, misión, visión y objetivos del dispositivo de sostenimiento. Estas deficiencias fueron encontradas en el desarrollo del trabajo, contribuyendo al desarrollo empresarial y a la matriz productiva del país [13].

Lozada C. (2021) en su proyecto **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA EN LA EMPRESA KIA MOTORS S.A.”**, este proyecto se contempló la búsqueda de métodos para extender la vida útil y reducir paros no programados en componentes de máquinas, ha llevado al desarrollo de planes de mantenimiento útiles para la industria. Este proyecto comenzó con un análisis de las especificaciones técnicas y la situación actual de las máquinas, identificando sus componentes y determinando cuáles fallan con mayor frecuencia usando la matriz AMFE. Con ello se aplicaron los métodos matemáticos y gráficos de Weibull para cada máquina, utilizando datos estadísticos de fallas para calcular su fiabilidad. Por último, se crearon periodos de mantenimiento que especifican las fechas para realizar mantenimientos preventivos y predictivos, basándose en las notas técnicas de prevención NTP 331 y NTP 679 [14].

Carcelén M. (2023) en su investigación **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN FUPEL CIA.LTDA”**,

en el trabajo realizado en la Empresa FUPEL Cía. Ltda se basaron en diseñar un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de aumentar la eficiencia y productividad. Los datos obtenidos mostraron que la eficiencia de las máquinas era del 89% y su disponibilidad del 84,39%. Al mismo tiempo, se llevó a cabo un análisis del Tiempo Medio entre Fallos y el Tiempo Medio entre Reparaciones, revelando un tiempo de inactividad anual por fallos de 219 horas. El plan propuesto incluyó una frecuencia detallada de las acciones de mantenimiento, formatos para el análisis de fallos y desarrollo de fichas técnicas de los equipos. La implementación de este programa podría aumentar la producción anual en 36.340 empaques plásticos, al reducir el tiempo de inactividad de las máquinas que afecta directamente el ciclo de producción y el mantenimiento no programado [15].

Méndez B. y Mozo P. (2020) en su estudio **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA FLOTA VEHICULAR DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN OTAVALO”**, este estudio en el cantón Otavalo se abarcó en elaborar un plan de mantenimiento preventivo para su flota vehicular mediante un software. La flota, compuesta por 68 equipos, se encontraba en 47% buen estado, 49% regular y 4% malo. Su único plan de mantenimiento era los correctivos, dando como resultado la ineficiencia en la gestión. El software desarrollado incluye módulos para personal, planes de mantenimiento, flota vehicular y mantenimientos, y se complementó con un manual de usuario. Tras su implementación, los costos de mantenimiento se redujeron en un 9,02%, ahorrando \$6.200,31 [16].

Rojas J. (2019) en su investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE FILTRADO DE LA EMPRESA TALSA (FUNDO UPAO) PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD Y REDUCIR COSTOS DE OPERACIÓN”**, este presente trabajo desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la empresa FUNDO UPAO, abarcado en el sistema de filtrado de TALSA. En el presente, la empresa depende de mantenimientos correctivos, causando fallos no programados y pérdidas de tiempo. Se puso a prueba el proceso de mantenimiento actual y se propusieron soluciones específicas para cada máquina, incluyendo un inventario detallado y tarjetas de activo. Se identificaron componentes críticos como el motor eléctrico, bomba centrífuga, filtro de grava y filtro de anillos. El plan obtuvo un resultado en la reducción de costos operativos y un aumento en la productividad [17].

Ferrel E. (2016) en su estudio **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE TEJIDO DE LA FÁBRICA SAN CARLOS, LIMA 2016”**, La investigación “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Productividad en la línea de tejido de la Fábrica San Carlos, Lima 2016” busca mejorar la productividad mediante mantenimiento preventivo. Centrada en máquinas con funcionamiento deficiente, se usó SPSS V.23 para analizar datos y evaluar mejoras en operatividad. El plan aborda problemas de producción causados por paradas inesperadas y se compone de diagnóstico, documentación, planificación y ejecución. Resalta la importancia de rutinas de mantenimiento como herramienta esencial [18].

Rivera J. & Valderrama S. (2022) en su proyecto **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ACRECENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA EXCAVADORA HIDRÁULICA PC4000 KOMATSU DE LA COMPAÑÍA MINERA MISKI MAYO S.R.L., PIURA – 2021”**, en el presente plan su objetivo trascendental es establecer una técnica de sostenimiento preventivo gracias al cual se acrecenté la disponibilidad de la pala mecánica PC4000 KOMATSU en Compañía Minera Miski Mayo S.R.L. - 2021. La metodología fue cuantitativa, aplicado y no experimental, centrado en la excavadora hidráulica PC4000 KOMATSU de la compañía. Las pruebas deficiencias en el mantenimiento preventivo. La implementación del nuevo plan resultó en una eficiencia promedio del 85%, una disponibilidad promedio del 97.4%, y una fiabilidad promedio del 90.6% [19].

Huamancaja W. (2017) en su investigación **“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS GASIFICADAS EN CORPORACIÓN LINDLEY S.A., PUCUSANA 2017”**, la investigación busca demostrar cómo el mantenimiento preventivo incrementa la productividad. La metodología es cuantitativa y aplicada, con un diseño experimental, diagnosticando la producción durante 30 días pre y post mantenimiento. Los datos, analizados con SPSS 24, muestran que la productividad aumentó del 48.29% al 77.96% tras la implementación del mantenimiento preventivo, un incremento del 61.44% [20].

Tabla 3.1. Principales investigaciones relacionadas con el estudio de un plan de mantenimiento preventivo

Año	Autor(es)	Título	Tipo	Contribuciones
2015	Diaz A.	“Delineación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Aumentar La Fiabilidad Operacional Y Reducción De Costos De Mantenimiento De Los Equipos En La Empresa San Francisco De Asís Logística Y Negocios S.A.C”	Tesis de Grado	Información técnica, historial de fallas y servicios de equipos, y análisis de gastos por reparaciones
2018	Morales C.	“Desarrollar Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria De La Empresa Imprenta “Morales” De La Ciudad De Ambato”,	Tesis de Grado	Inventario, fichas técnicas y análisis AMFE.
2020	Mendéz B. y Mozo P.	“Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Mediante La Implementación De Un Software Para La Flota Vehicular Del Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Otavalo”	Tesis de Grado	Incorporación de un software, módulos para personal, planes de mantenimiento y un manual de usuario.
2022	Romero J.	“Diseño De Un Programa De Mantenimiento Preventivo Para Indsol Cia. Ltda. Salcedo - Cotopaxi”	Tesis de Grado	Recolección de manuales e instructivos de maquinaria, criticidad.
2023	Ballesteros S.	“Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Empresa Ingb&R Plast En La Ciudad De Ambato”	Tesis de Grado	Codificación de maquinaria.

3.2. MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

En el proceso de producción de puertas metálicas que realiza la empresa INDUCE DEL ECUADOR se encuentran cuatro tipos de etapas para obtener el producto final.

3.2.1. Etapas para la fabricación de puertas en la empresa INDUCE DEL ECUADOR

1. Etapa 1 (Planchas)

- **Recepción de materia prima**

El proceso comienza con la recepción de la materia prima en las instalaciones de INDUCE. Una vez recibida, la materia prima se traslada al área de prensado, donde se utiliza para la producción de puertas económicas. Las planchas de acero recubierto que se emplean en este proceso tienen dimensiones específicas: dos metros de alto por un metro de ancho y un espesor de 0,9 milímetros. Como se observa en la Figura 3.1.



Figura 3.1. Planchas

- **Prensado de planchas**

En este proceso, el primer paso es seleccionar el modelo solicitado por el cliente. Los modelos disponibles incluyen: hoja, agua, pupiada y trébol. Una vez elegido el modelo, se coloca el molde correspondiente en la prensa hidráulica. Luego, se posiciona la plancha de acero dentro de la prensa, como se aprecia en la Figura 3.2. asegurándose de que esté correctamente alineada. Posteriormente, se enciende la máquina para prensar la plancha y obtener el diseño solicitado.



Figura 3.2. Proceso prensado de planchas

- **Doblado de planchas**

Una vez que la plancha sale del área de prensado, se procede a doblar los lados laterales de la plancha para darle la forma final (Figura 3.3). Este paso es crucial para asegurar que las puertas tengan los bordes adecuados y que se ajusten perfectamente a sus marcos.



Figura 3.3. Proceso doblado de planchas

2. Etapa 2 (Estructura)

- **Recepción de materia prima**

El tratamiento da inicio con el arribo de la Materia Prima a las instalaciones de la empresa INDUCE, se lo coloca en el área de soldado para la producción de estructuras de puertas. Los caños llanos galvanizados de acero adherido con calidad s253 (st37) poseen descripciones de longitud de seis metros, con longitudes de 40x20x1,5(mm), como se puede observar en la Figura 3.4.



Figura 3.4. Tubos lisos galvanizados

- **Corte de tubos**

El proceso de corte de tubos, se siguen las dimensiones establecidas de 2 metros de alto y 1 metro de ancho. Después de medir y marcar las dimensiones, se procede a cortar los tubos. Posteriormente, se realizan cortes en los extremos de los tubos (Figura 3.5), a un ángulo de 45 grados para facilitar el ensamblaje.



Figura 3.5. Proceso corte de tubos

- **Armado de estructura**

Se procede a colocar los tubos en la matriz de armado, esta tiene las medidas ya establecidas de la composición de la hoja de la puerta, como se observa en la Figura 3.6., en caso de que se tuviera un error de dimensión, se corrige el error con pulir las puntas hasta que encajen en la matriz de armado.



Figura 3.6. Proceso armado de estructura

- **Soldado de estructura**

Parte fundamental, el cual consiste en la unión de los tubos que componen la distribución de la hoja de la puerta se realiza utilizando una soldadora MIG (Figura 3.7). La soldadura es continua y se aplica únicamente en las esquinas internas y externas de toda la distribución metálica.



Figura 3.7. Proceso soldado de estructura

- **Alianza de planchas con estructura**

Se acopla la plancha prensada con la estructura de la hoja de la puerta colocando la estructura sobre un tablero de armado. Se aplica silicona en el perímetro superior de la estructura metálica para asegurar un sellado adecuado. Luego, se instala la plancha prensada sobre la estructura, se asegura temporalmente con pinzas de presión y, finalmente, se suelda todo el contorno para formar la hoja de la puerta. En la Figura 3.8. se aprecia el trabajo realizado.



Figura 3.8. Coalición de planchas - estructura

3. Etapa 3 (Marcos)

- **Recibimiento de materia prima**

Se da inicio al tratamiento con el arribo de la Materia Prima a las instalaciones de la empresa INDUCE, el pedido se lo coloca en el área de cortado para la producción del marco de la puerta. Las planchas de acero recubierto poseen detalles de dos metros de alto por un metro de ancho con un volumen de 0,9 (Figura 3.9).



Figura 3.9. Recepción de marcos

- **Corte de planchas**

Colocar la plancha en la cortadora hidráulica, se enmarcan guías con rayador en la plancha con las medidas ya establecidas, por consiguiente, se cortan las planchas en pedazos de 2m de alto x 22 cm de ancho, como se observa en la (Figura 3.10).



Figura 3.10. Proceso corte de planchas

- **Doblado de marco**

Cada uno de los pedazos de la plancha son colocados uno por uno en la dobladora hidráulica (Figura 3.11), para posterior a ello realizar los dobleces que conforman el marco, todos los dobleces esta realizados en un ángulo de 90°.



Figura 3.11. Proceso doblado de marco

- **Corte de marco.**

Los pedazos doblados se los coloca en la mesa de la cortadora hidráulica, en donde se van a realizar los respectivos cortes. Para empezar a realizar la parte superior del marco, los pedazos son cortados a una longitud de 1 metro, con un corte de 45° en cada extremo. Para los laterales del marco, se realiza un corte único de 45° en uno de los extremos, como se aprecia en la Figura 3.12.



Figura 3.12. Proceso corte de marco

- **Perforado de marco.**

Se realiza el corte para los pedazos laterales del marco. Cuando las piezas se hayan cortado a la longitud solicitada, son colocados en la mesa de la máquina troqueladora (Figura 3.13). Posterior a ello se efectúan 5 perforaciones distribuidas a lo largo de cada pedazo, verificando que cada perforación se encuentre centrada en el ancho de cada pieza.



Figura 3.13. Proceso perforado de marco

- **Armado de marco.**

Durante el tratamiento de ensamblaje, los tubos son instalados en una matriz de armado que posee medidas precisas de la estructura de la hoja de la puerta (Figura 3.14). Si los tubos no encajan en la matriz, se enmienda el error limando las puntas hasta ser ensambladas asertivamente en la matriz de armado.



Figura 3.14. Proceso armado de marco

- **Soldado de marco.**

La implementación asertiva de este proceso es crucial, ya que conlleva la unión de los tubos mismos que conforman la estructura de la hoja de la puerta. Se efectúa utilizando una soldadora Mig, en donde el soldado es continuo y se concentra exclusivamente en las esquinas internas. Como se observa en la Figura 3.15.



Figura 3.15. Proceso soldado de marco

4. Etapa 4 (Armado)

- **Armado completo de la puerta**

Se integra el marco de la puerta con la hoja de la misma. Seguidamente para unir la puerta, se emplean tres bisagras de 2 pulgadas (Figura 3.16). Por último, se procede a colocar la aldaba y la cerradura en la puerta.



Figura 3.16. Mecanismo de ensamblaje completo de puerta.

- **Desengrasado**

La puerta se transportada a una tina con agua y desengrasante, lugar en el cual el particular hace uso de una escoba para descartar cualquier impureza o grasa aglutinada en el área. Como se observa en la Figura 3.17.



Figura 3.17. Proceso de desangrado

- **Secado de la puerta**

Se procede al secado total utilizando un soplete (Figura 3.18). Este paso es crucial ya que se lo realiza para asegurar que la superficie esté completamente seca antes de aplicar la pintura, ya que la presencia de grasa o agua podría provocar fallas y diferencias en el acabado final de la pintura.



Figura 3.18. Proceso secado de puerta

- **Pintado electrostático**

Se procede a trasladarla al área de pintura (Figura 3.19). En el lugar, se coloca sobre una banda transportadora que funciona manualmente con dos rodamientos, permitiendo al operario un mayor control y facilidad en el proceso de pintado, ya que la banda se desplaza de derecha a izquierda.



Figura 3.19. Proceso pintado electrostático

- **Secado en horno**

La puerta se trasladada mediante una banda transportadora hacia una cámara de secado. En dicha cámara, la puerta es curada a una temperatura de 180 grados Celsius, lo que certifica un recubrimiento uniforme de calidad y duradero. Como se observa en la Figura 3.20.



Figura 3.20. Proceso secado en horno

- **Almacenamiento**

La última etapa, la puerta se traslada al área de empaque, donde el operario la envuelve con plástico film de polietileno de 18 pulgadas (Figura 3.21). Este procedimiento asegura que la puerta no sufra daños ni tenga contacto con el exterior durante el transporte.



Figura 3.21. Almacenamiento del producto

3.2.2. Mantenimiento

Para una correcta definición de mantenimiento se ha dicho que son todas las actividades que deben ser desarrolladas en disposición lógica, con la intención de almacenar en condiciones óptimas de funcionamiento eficaz y económico los dispositivos de fabricación, instrumentales y demás propiedades físicas de las diferentes instalaciones de una empresa [21].

3.2.3. Tipos de mantenimiento

En el presente se sabe que existen diversos tipos de mantenimiento, entre los cuales se pueden distinguir el mantenimiento correctivo, preventivo, entre otros. A continuación, se presentan los tipos de mantenimientos más utilizados:

3.2.3.1. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es poco recomendable ya que según su definición es un sistema en el que se interviene a un dispositivo al presentar una falla funcional o sí se evidencia que va a suceder una avería mayor (falla permisible) [22].

3.2.3.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es mayormente recomendable puesto que es un sistema cuyo objetivo principal es prevenir fallas en un sistema productivo por medio de la ejecución de tareas básicas (observar, inspeccionar, calibrar, ajustar, cambiar, lubricar, reparar, etc.) a asiduidades predeterminadas, adaptadas a cada ciclo productivo específico [22].

3.2.3.3. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se centra en analizar los síntomas de fallos y prever cuándo podría ocurrir una falla en una máquina. Esto se logra midiendo y diagnosticando los cambios en las variables de operación de la máquina. Este mantenimiento es una etapa avanzada del mantenimiento preventivo. Incluye la realización de pruebas en componentes específicos de las máquinas, así como la medición de diversas variables de operación para complementar dichas pruebas [22].

3.2.4. Órdenes de trabajo (OT)

En si es un documento evidente que visualiza las diversas actividades ejecutadas por el área o departamento de mantenimiento, es una herramienta de registro básico para el mantenimiento del sistema y se lo realiza para conocer los problemas de mantenimiento, trabajos, proyectos y planes de mantenimiento.

Los datos que se registran en esta herramienta pueden ser los siguientes:

- Mantenimiento realizado (Mantenimiento preventivo, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento predictivo, etc.).
- Costos

- Tiempo de duración
- Actividades realizadas
- Fechas de elaboración
- Historial
- Tareas por ejecutar
- Averías o fallas
- Recursos humanos
- Herramientas usadas

La creación de un (OT) consta del uso correcto de varios campos para poder determinar los medios necesarios para poder aplicar las OT de una forma competente y positiva, adicional a esto poder ofrecer una información adecuada que permita realizar la gestión de mantenimiento estableciendo y variantes para poder chequearlo. [23]

3.2.5. Lineamientos para la creación de una OT

En una orden de trabajo se interpreta el trabajo realizado en uno o más productos. Las OT se basan de los siguientes medios:

- Líneas de disposición
- Detallan los puntos principales de manera concisa

El procedimiento para trazar una entrada de OT se compone de las siguientes actividades:

- Crear una OT
- Crear actividades
- Implementar líneas de recursos de material a la OT o a las actividades de la misma
- Implementar otras líneas de recursos a la OT o a las actividades de la misma

3.2.6. Diagrama de Ishikawa

El uso del diagrama de Ishikawa o diagrama de pescado, es una herramienta que identifica problemas de producción y les da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un proceso. También es conocido como diagrama de causa-efecto o de las 6 M [24].

3.2.7. Inventario

Un inventario es un registro donde se contemplan todos los bienes que pueda existir en una empresa, que puedan utilizarse para prestaciones, uso, consumo o venta. Debe ser un registro detallado en la que se incluyan, además de los bienes materiales, los derechos y obligaciones de una empresa [25].

3.2.8. Codificación

La codificación industrial se conoce al proceso que asigna un identificador único a cada equipo, producto, ítem o sistema dentro de una empresa. Este procedimiento puede ser implementado a una o varias áreas de la compañía, independientemente de la cantidad de equipos presentes. La codificación industrial no solo se refiere a equipos físicos tangibles, sino también a elementos intangibles como el software. Así también se pueden codificar zonas o áreas funcionales [26].

3.2.9. Criticidad

En una empresa no todos los equipos son tan influyentes como otros, por ello los recursos de la empresa como son limitados dan prioridad a los equipos más importantes, dejando con un pequeño porcentaje al resto de equipos para sus respectivos procedimientos de mantenimiento.

3.2.9.1. Matriz de criticidad

Tabla 3.2 Matriz de Criticidad

PROBABILIDAD	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA
	MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA
	BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA
		INSIGNIFICANTE	MODERADO	CATASTRÓFICO
		IMPACTO		

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

Figura 3.22. Matriz de criticidad [27]

Para obtener el resultado requerido se suma la frecuencia y la ponderación de consecuencia, según el número de fallos presentados en los equipos.

Valores referenciales de criticidad

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

3.2.9.2. Niveles de criticidad

- **Equipos importantes.** – Son los equipos que cuando fallan y tienen leves averías afectan la producción, a la calidad del producto, pero cuyas consecuencias son asumibles.
- **Equipos prescindibles.** – Son equipos que al fallar afecta mínimamente en el proceso de producción.
- **Equipos críticos.** – Es la maquinaria que hace paros indefinidos en la producción, afectando catastróficamente los resultados de la empresa [28].

3.2.9.3. Fórmula para el cálculo de la criticidad

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

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

- **Frecuencia de falla (FF):** número de veces que falla la máquina.
- **Impacto operacional (IO):** producción aproximada en porcentaje que se deja de obtener por mes.
- **Flexibilidad operacional (FO):** es la habilidad operacional de adaptarse a cambios inesperados.
- **Costos de mantenimiento (CM):** principales gastos de mantenimiento.
- **Impacto de medio ambiente (IMA) y seguridad (IS):** probabilidad de que ocurran daños en equipos e instalaciones, donde un operador sufra daños o puede suceder un daño ambiental.

3.2.10. AMEF

El AMEF, es un registro metódico y enfocado en las observaciones y consideraciones, basadas a la identificación y valoración de fallas permisibles de un producto o proceso, de la mano de la consecuencia que provocan éstas, con la finalidad de instaurar prioridades y solventar ejercicios que reduzcan las posibilidades de retroceso, y en contraste beneficiar la confiabilidad del producto o proceso [29].

Para una correcta aplicación de la AMEF se utiliza un análisis de modos y efectos por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de prioridad de riesgo (IRP)} = S \times O \times D \quad (3.3)$$

Gravedad o severidad (S): producto o grado de defectuosidad del proceso

Frecuencia (O): posibilidad de presentar un fallo ya sea durante el procedimiento de producción o en la utilidad concluida.

Detección (D): probabilidad de descubrir un fallo antes de que se produzca.

Identificación de fallas o defectos antes de que ocurran en la maquinaria

- Deficiencia de mantenimiento
- Diseño de la maquinaria defectuosa
- Defectos en la materia prima
- Defectos de montajes o instalaciones
- Mano de obra

- Método

3.2.11. Aplicación del AMEF

3.2.11.1. Etapas del AMEF

- **Determinar el objetivo y alcance del estudio**

Observar, analizar y contemplar todo el proceso, contar con toda la información de la línea de producción, materia prima, clientes, etc.

- **Conformar un grupo de trabajo multidisciplinario**

Debe estar conformado por personal que tengan experiencia, capacitaciones, y conocimiento que puedan aportar ya sea en producción y mantenimiento.

- **Determinar los modos de fallo**

Esto se logrará con la búsqueda de los datos históricos de lo que ha ocurrido anteriormente para analizar los fallos que pueden producirse.

- **Identificar los efectos y causas**

Por lo general cada modo de fallo que exista, también debe existir sus efectos y causas que puedan perjudicar a la empresa, daños a los trabajadores y problemas con la producción.

- **Evaluar los fallos**

Diagnosticar la gravedad de los fallos, en este caso puede ir de 1 a 10, siendo 1 el valor más insignificante y 10 el valor más alto.

- **Prioriza los fallos**

Establecer una ponderación de criticidad y saber por dónde iniciar (alto, medio, bajo).

- **Aplicar las medidas correctivas y preventivas**

Por cada fallo que exista se debe proponer depurar o reducir los fallos, ya sea en costo de mantenimiento, materia prima, entre otros.

- **Seguimiento de las medidas aplicadas**

En la matriz de evaluación de riesgos se diagnostica y se mide el riesgo excedente existente con el cálculo de índice de prioridad de riesgo, obteniendo evidencias que las medidas aplicadas tuvieron éxito.

3.2.12. Paros no programados

Para todo jefe de mantenimiento unos de los problemas que no quiere tener es el de los paros no programados ya que son todos los eventos imprevistos que obligan al operario detener un equipo o una máquina para resolver algún problema. Son muy importantes porque impactan aspectos como calidad o el proceso de producción, lo que afecta directamente la rentabilidad de las empresas [30].

Algunos de los paros más comunes que existen son:

- Crecimiento de gastos en repuestos y mano de obra de mantenimiento
- Falta de cumplimiento a los clientes
- Horas extras en el área de operatividad por culminar los pedidos
- Disminución de productividad por desánimo del personal
- Paro en la producción
- Afectaciones en materia prima y producto
- Falla de calidad
- Peligro de daño al medio ambiente

3.2.12.1. Afectaciones del paro no programado a la línea de producción

Las afectaciones en la línea de producción son puntos que perjudican a las empresas de diversas formas, ya que reducen la producción y provocan pérdidas financieras importantes.

Parada en la línea de producción: La producción en toda industria está a punto con la producción y el rendimiento operativo de sus equipos, si una de las plantas deja de procesar, toda la planta se ve afectada. Con el mantenimiento correctivo se visualiza mayor daño ya que al sustituir un componente presentaría para un futuro. Cuando la materia prima falla, se alterna la entrega de insumos como en el tiempo de entrega y la calidad del producto.

Almacenamiento: El inventario no solo está constituido por artículos finalizados, sino también de materias primas que componen la cadena productiva, si la empresa adquiere un alto volumen de materia prima se pierde dinero y espacio de almacenamiento.

Fabricación de productos defectuosos: Adquirir productos de mala calidad que no cumplan con las especificaciones de los clientes genera problemas al servicio al cliente, al igual que daños a la empresa y de igual forma la producción sin calidad genera pérdidas en producción [31].

3.2.13. Check List

Es una herramienta que será utilizada para especificaciones ya que son formatos creados para ejecutar actividades repetidas veces, inspeccionar la observancia de una lista de exigencias o recolectar datos proporcionadamente y de forma metodológica. Se utilizan para crear demostraciones sistemáticas de acciones o productos asegurándose de que el trabajador u operador siga adecuadamente los procedimientos establecidos [32].

3.2.14. Análisis de costos de mantenimiento

Estos costos de mantenimiento son gastos necesarios para conservar el activo fijo por mucho tiempo, estos costos pueden incluir las reparaciones, repuestos, servicios profesionales, inspecciones habituales y otros gastos que estén relacionados con el mantenimiento.

Para realizar un estudio de costos de mantenimiento se debe determinar lo siguiente:

- **Costo de reemplazo:** Se reemplaza un activo fijo si no se puede reparar para continuar con el mantenimiento, la ventaja de una pieza nueva consta en el costo de reemplazo.
- **Costo de enajenación:** Cuando el activo ya no es necesario se lo puede deshacer de él, los costos de preparación incluyen la eliminación definitiva de cualquier activo y gasto relacionado con el cumplimiento de la normativa medioambiental.
- **Costo de obtención de un activo:** Significativamente es al precio de compra inicial de un activo y puede comprender otros costos asociados a su adquisición, como el transporte o los impuestos.
- **Costos de mantenimiento:** Contiene todos los costos relacionados con el mantenimiento del trabajador como la mano de obra, materiales, piezas de repuestos y tiempo de inactividad [33].

3.2.14.1. Cálculo de costo de mantenimiento

Para el cumplimiento de este cálculo, la empresa debe contar con un sistema de gestión de mantenimiento, o algún otro método, que le permita registrar detalladamente información sobre los miembros del equipo de mantenimiento, cómo están distribuidos según su conocimiento técnico, y cuál es el costo estimado de la mano de obra de cada uno.

Por otro lado, se requiere un sistema eficiente para incorporar órdenes de trabajo, que permita registrar información como el tipo de mantenimiento asociado a la actividad a realizar, el costo

total de la mano de obra correspondiente, y la duración de la orden de trabajo desde su inicio hasta su finalización [34].

3.2.15. Software de mantenimiento

Este tipo de herramienta como es el software de mantenimiento nos ayudara significativamente en la gestión de mantenimiento ya que reúne datos de diferentes fuentes para predecir con precisión, posibles problemas de mantenimiento y fallos antes de que ocurran, informando sobre la probabilidad de fallos. De esta forma, se puede implementar estrategias proactivas basadas en información en lugar de las tan poco rentables estrategias reactivas.

El software de gestión de mantenimiento como es el MaintainX aumentará la vida útil de los activos y equipos, permitirá ahorrar tiempo y dinero, incrementará la productividad, entre otros beneficios [35].

4.METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

El estudio de este proyecto está orientado a una investigación de tipo descriptiva, con el objetivo de estudiar las diferentes características de una forma precisa y concreta, en este estudio no solo se enfoca en la recolección de datos, sino también en la información obtenida por el método de observación, entrevistas, métodos de estudios, encuestas que las cuales se realizaron al personal autorizado de la empresa, y así obteniendo información verídica del estado de las máquinas de prensado, permitiendo contemplar elementos y componentes fundamentales en el proceso, logrando establecer la planificación de un correcto mantenimiento que contribuirán a la disminución de paros no programados.

4.2. Técnicas aplicadas

4.2.1. Observación

Aplicando este método se pudo determinar que en el área de prensado existen 4 maquinarias que se encuentran operativas (prensas 1, 2, 3 y 4).

En la zona de prensado, la observación en campo ayuda a identificar componentes desgastados, en malas condiciones, realizar inspecciones diarias de mantenimiento, y detectar desviaciones de funcionamiento de las máquinas, ayudando así a evitar los paros no programados.

4.2.2. Entrevista

Se aplico la entrevista al técnico de mantenimiento, con qué frecuencia existen fallos, averías, descomposiciones y las rutinas diarias de mantenimiento, combinando sus respuestas con las observaciones realizadas anteriormente, se identificó problemas existentes dentro las maquinas.

Aplicado esta técnica se pudo constatar y verificar datos de fallos que existe en el área de prensado.

4.2.3. Encuesta

La información recolectada del encuestado será compilada y examinada para determinar la clase de mantenimiento que lleva a cabo la empresa.

La encuesta al personal de mantenimiento (solo cuentan con una sola persona), se llevó a cabo para obtener datos verídicos de fallos que ocurran con la maquinaria de esta área, y si el operador dispone de todos los recursos necesarios para esta gestión y evaluar la viabilidad de un plan de mantenimiento preventivo, tanto para la empresa como para el operador, con el objetivo de menorar los paros no programados de la maquinaria.

4.2.4. Recolección de datos

La encuesta realizada, se elaboró una matriz de criticidad para el área correspondiente. Como siguiente paso, se determinó información de cada máquina en estado de criticidad (prensa 1, 2, 3 y 4), lo que ayudó a obtener datos sobre el proceso productivo que se realiza.

4.2.5. Análisis de documentación

Se verificó los registros históricos de mantenimiento, los manuales de operación, para asegurar que coincidan con los mantenimientos realizados esto garantiza que la documentación sea precisa, real, exacta y útil.

Utilizando los manuales de las máquinas en estado crítico, se investigó cómo prevenir fallos o averías y cómo llevar a cabo correctamente el mantenimiento de dichas máquinas.

4.3. Instrumentos

4.3.1. Diagrama de procesos

El diagrama de procesos es una ilustración gráfica que nos muestra de forma concreta, rápida y secuencial las actividades que se realiza en la línea de producción, utilizando símbolos ya

determinados para su representación. El diagrama de procesos para la fabricación de puertas se refleja en la Tabla 4.1., y se creó basándose en las tareas previamente definidas dentro del proceso productivo.

Tabla 4.1. Simbología utilizada para el Diagrama de procesos

Símbolo	Significado	Función
○	Inicio/Fin	Es el inicio y el final de un proceso
→	Línea de flujo	Es la línea que sigue las actividades u operaciones
▭	Proceso	Implica las actividades de cualquier naturaleza.
◇	Decisión	Se determina una situación con Si o No

4.3.2. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta que a conocer las diferentes causas y efectos que tiene el proceso de prensado en la empresa, y así analizar que tipos de problemas son en los que se enfocará en el proyecto. A continuación, se presenta en la Figura 4.1 el modelo de diagrama que se utilizará.

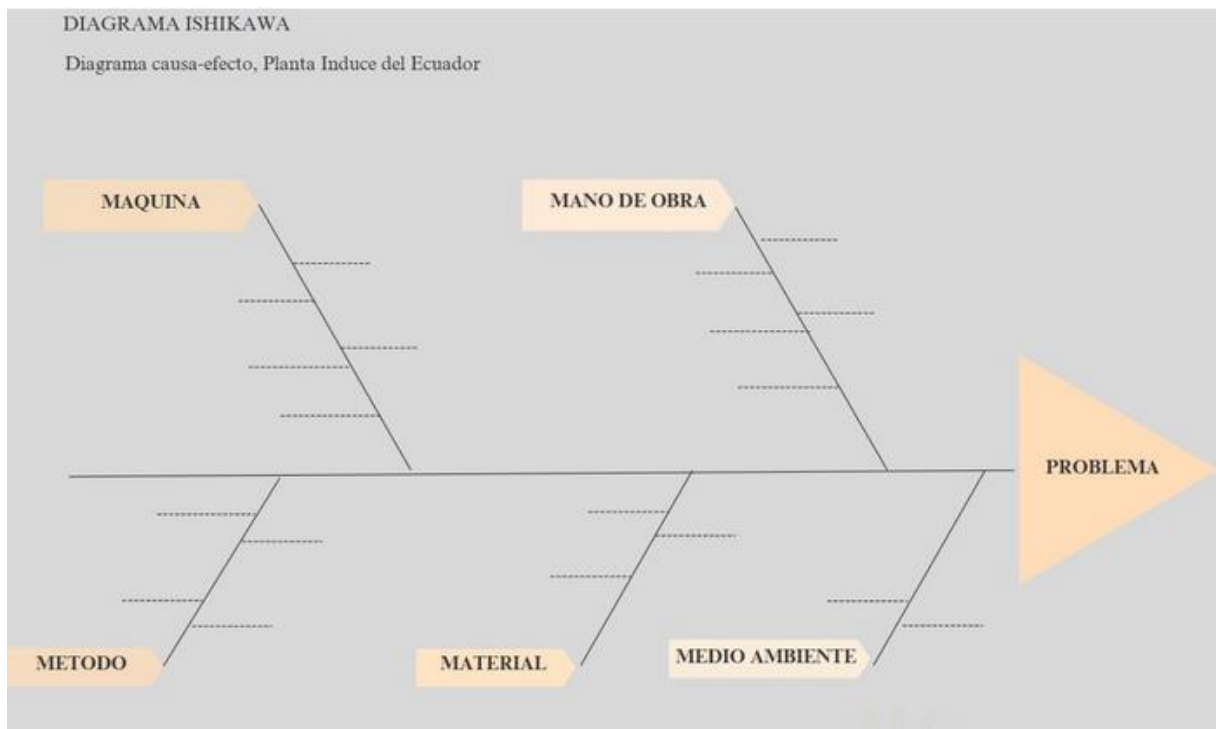


Figura 4.1. Modelo Diagrama de Ishikawa

4.3.3. Codificación de equipos

En la codificación de equipos, se determinan diferentes caracteres a cada uno para conocerlos y diferenciarlos de los demás. Este proceso de codificación se lleva a cabo utilizando tres elementos distintos que son:

- Dos caracteres numéricos que representa la redundancia de equipo
- Dos caracteres alfanuméricos que indican el área de la planta.
- Dos caracteres alfanuméricos que identifican el equipo. Se muestra en la Figura 4.2., el modelo de codificación a utilizar.

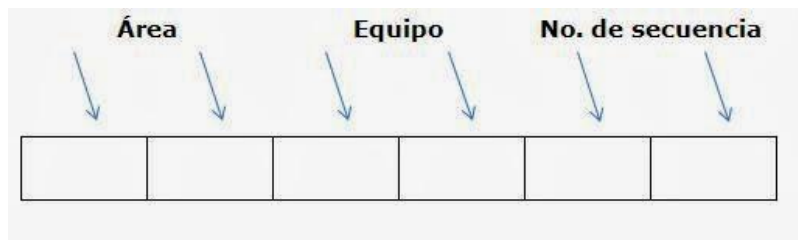


Figura 4.2. Codificación de equipos [36]

4.3.4. Nivel de criticidad de la maquinaria

El análisis del nivel de criticidad de la maquinaria permite diagnosticar y cuantificar su importancia, ordenándolas en alta, media y baja criticidad. Así que, es fundamental identificar las máquinas con un alto nivel de criticidad en la empresa. Para ello, se realizaron encuestas y entrevistas que establecen el nivel de criticidad de la maquinaria utilizando la siguiente ecuación (4.1) y (4.2). Además, se encuentra la Tabla 4.2., de la descripción de consecuencias:

$$Criticidad = FF \times Consecuencia \quad (4.1)$$

$$Consecuencia = IO + FO + CM + IMA + IS \quad (4.2)$$

Tabla 4.2 Descripción de la Fórmula de Consecuencia

IS	Impacto Seguridad
FO	Flexibilidad Operacional
IO	Impacto Operacional
IMA	Impacto al medio ambiente
CM	Costo de Mantenimiento
FF	Frecuencia De Fallas

4.3.5. Encuesta de criticidad

Tabla 4.3 Modelo de la Encuesta de Criticidad

		¿En el año con qué frecuencia se daña la máquina?		
		Ponderación		
Factor de Frecuencia (FF)	Frecuente, más de 3 eventos al año	X	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	
		¿Cuánto produce la maquina al mes?		
Factores de consecuencias	Impacto operacional (IO)		Ponderación	
	Perdidas mayores 75% producción mes	X	5	
	Perdidas 50% a 74% producción mes		4	
	Perdidas 25% a 49% producción mes		3	
	Perdidas 10% a 24% producción mes		2	
	Perdidas inferiores 10% producción mes		1	
	¿Existe repuestos en bodega?			
	Factor flexibilidad operacional (FO)		Ponderación	
	No hay en stock, tiempos reparación altos		5	
	Stock parcial, procedimiento reparación complejo		4	
	Stock parcial, proceso de reparación sencillo	X	3	
	Stock suficiente, procedimiento reparación complejo		2	
	Stock suficiente, tiempos reparación bajos		1	
	¿Qué costo genera, el elemento que se deteriora con mayor facilidad?			
	Costos de mantenimiento (CM)		Ponderación	
	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	X	2	
	Costos materiales inferior 200 USD		1	
	¿El manejo de los fluidos del equipo, tienen un tratamiento especial?			
	Impacto medio ambiente (IMA)		Ponderación	
Daños irreversibles en el ambiente		5		
Daños severos al ambiente		4		
Daños medios al ambiente		3		
Daños mínimos al ambiente		2		
Sin daño ambiental	X	1		

¿Los riesgos son altos en este equipo?			
Impacto seguridad (IS)		Ponderación	
Muerte o incapacidad			5
Incapacidad parcial o permanente			4
Daños o enfermedades severas			3
Daños leves en personas			2
Sin impacto en la seguridad		X	1

4.3.6. Esclarecimiento de los modelos de mantenimiento

Con los resultados del cálculo de criticidad, se determina el modelo de mantenimiento adecuado para cada prensa. Una vez realizado la identificación del nivel de criticidad, se realiza un análisis detallado para consolidar el modelo óptimo de mantenimiento a implementar. Los modelos de mantenimiento se encuentran en el **ANEXO D**.

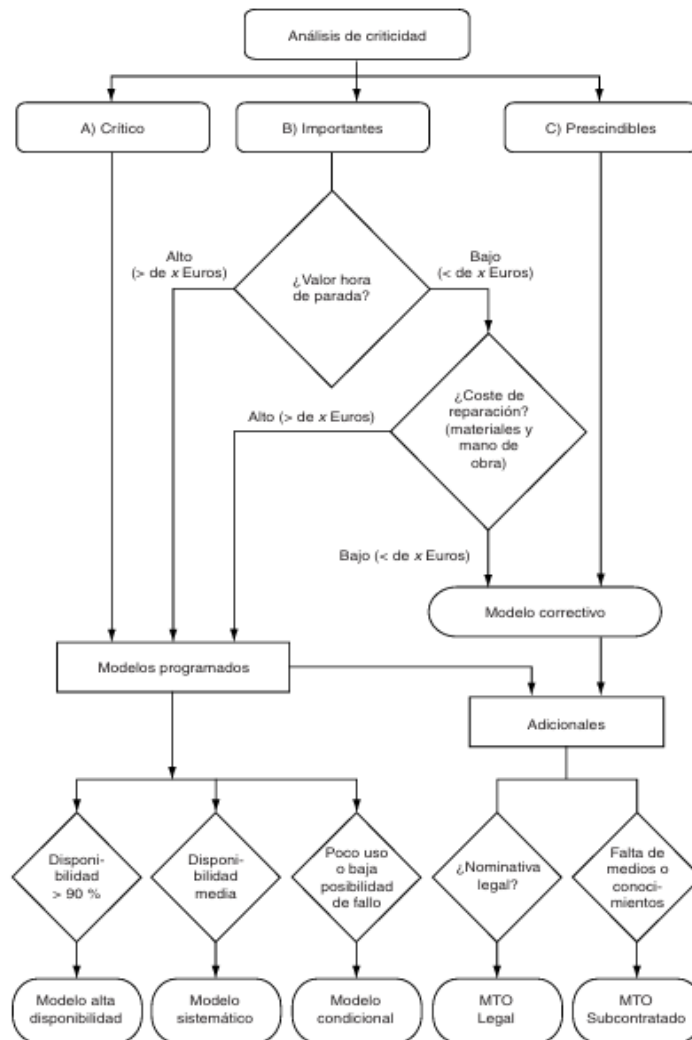


Figura 4.3. Esquema de Modelos de Mantenimiento [36]

4.3.7. Fichas técnicas

En este documento nos detalla la información más importante de cada máquina, incluyendo datos generales, especificaciones, características importantes y una foto del equipo. A continuación, se presenta un esquema de la ficha técnica que se utilizó (Figura 4.4).

FICHA TÉCNICA	
EQUIPO:	CODIGO:
DATOS DEL EQUIPO	
PROVEEDOR:	GRÁFICO DEL EQUIPO
DIRECCION:	
TELEFONO:	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES:	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	
SUBCONTRATOS NECESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN:	
CONSUMIBLES:	
REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA:	
HERRAMIENTAS ESPECIALES:	
FORMACION NECESARIA:	
SUBCONTRATOS:	

Figura 4.4. Modelo de Ficha Técnica

4.3.9. Plan maestro de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es una herramienta que facilitara la programación de las tareas de mantenimiento necesarias a lo largo del año. Esta matriz organiza el calendario para realizar mantenimientos en diferentes intervalos de tiempo: anual, semestral, trimestral, bimensual, mensual, quincenal y semanal. A continuación, se muestra el modelo del plan maestro de mantenimiento (Figura 4.6).

				PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO INDUCE DEL ECUADOR																																											
				PROGRAMACIÓN ANUAL																																											
Máquina	Item	Actividad	Frecuencia	Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero			Marzo										
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Figura 4.6. Modelo del Plan Maestro de Mantenimiento

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis de la entrevista realizada al técnico de mantenimiento

Durante la entrevista realizada al personal de mantenimiento de la empresa INDUCE, se obtuvieron los siguientes resultados:

La prensa #1, encargada de la fabricación de varilla troquelada y cubre ventanas, ha operado en la empresa aproximadamente 4 años. Esta prensa tiene una capacidad hidráulica de 100 psi, una altura de 3.5 metros, un ancho de 2 metros y tiene peso neto de 3.5 toneladas.

La prensa #2, destinada a la producción de paneles, lleva 7 años en la planta. Cuenta con altura de 6 metros, un ancho de 4 metros y tiene un peso neto de 10 toneladas, con una fuerza hidráulica de 3000 psi. Esta prensa posee 6 gatos hidráulicos, 2 motores un motor grande y un piloto, y descansa 1 día a la semana.

La prensa #3, se encuentra en operación en planta aproximadamente 12 años, también tiene una capacidad hidráulica de 3000 psi. Sus dimensiones incluyen una altura de 4 metros, un ancho de 2 metros y un peso neto de 5 toneladas, Se utiliza para la fabricación de paneles y tiene un programa de descanso de aproximadamente 3 días por semana. Esta prensa está equipada con un único gato hidráulico y dos motores un motor principal y un motor piloto.

La presa #4, con 7 años de servicio en la planta, presenta una altura de 5.5 metros, un ancho de 3 metros y tiene un peso neto de 7 toneladas, Su capacidad hidráulica es de 3000 psi, y se utiliza

también para la producción de paneles. Esta prensa tiene un programa de descanso cada 15 días y está equipada con 2 gatos hidráulicos y dos motores un motor principal y un motor auxiliar.

Todas estas prensas emplean tornillos y tuercas de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ pulgadas, utilizan aceite rojo de bomba para su funcionamiento. Es necesario realizar el reemplazo de relés y contactores cada 3 meses y llevar acabo un mantenimiento preventivo del sistema eléctrico. En términos de producción actual, las prensas 1 y 4 se encuentran generando 200 u/semana, mientras que la prensa 2 y 3 se encuentran produciendo 400 u/semana.

Además, se recolecto los tiempos de mantenimiento existente las cuales son: semanal no existe, quincenal 15 min, mensual 45 min, trimestral 90 min, semestral no existe, anual de 200 min, toda esta información se obtuvo a través de la entrevista. A continuación, se observará las características de cada prensa en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Características Generales

Características Generales					
Prensa	Tiempo en planta	Alto	Ancho	Peso	Psi
01PH01	4 años	3,5 metros	2 metros	3,5 T	100 psi
01PH02	7 años	6 metros	4 metros	10 T	3000 psi
01PH03	12 años	4 metros	2 metros	5 T	3000 psi
01PH04	7 años	5,5 metros	3 metros	7T	3000 psi

5.2. Mapeo de procesos y levantamiento de la asignación de distribución

5.2.1. Caracterización general de la empresa

El 1 de enero del año 2000, el Ing. Wilmer Culqui inició su trayectoria en el mundo empresarial con la misión de producir puerta metálicas y contenedores con la mejor calidad. Hoy en día, Wilmer Culqui y su industria se ha convertido en una de las empresas más importantes en la fabricación de puertas en la provincia de Cotopaxi.

La empresa se dedica al procesamiento de puertas metálicas, manejando la producción con los mejores materiales. Actualmente, cuenta con una línea de producción periódica para satisfacer las necesidades de los clientes.

5.2.2. Información de la empresa

Tabla 5.2. Información de la empresa

Razón Social	PUERTAS METÁLICAS
Nombre Comercial	PUERTAS INDUCE DEL ECUADOR
RUC	0501975254001
Dirección	Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Mulalo, Sector Tandalivi.
Teléfono	0993501771
Representante Legal	Ing. Wilmer Culqui
E - mail	inducedelecuador@yahoo.es

5.2.3. Plano del área

La empresa INDUCE DEL ECUADOR está conformada por diferentes áreas, en las cuales se encuentran distintos equipos que conforman la empresa como se puede identificar en la Figura 5.1.

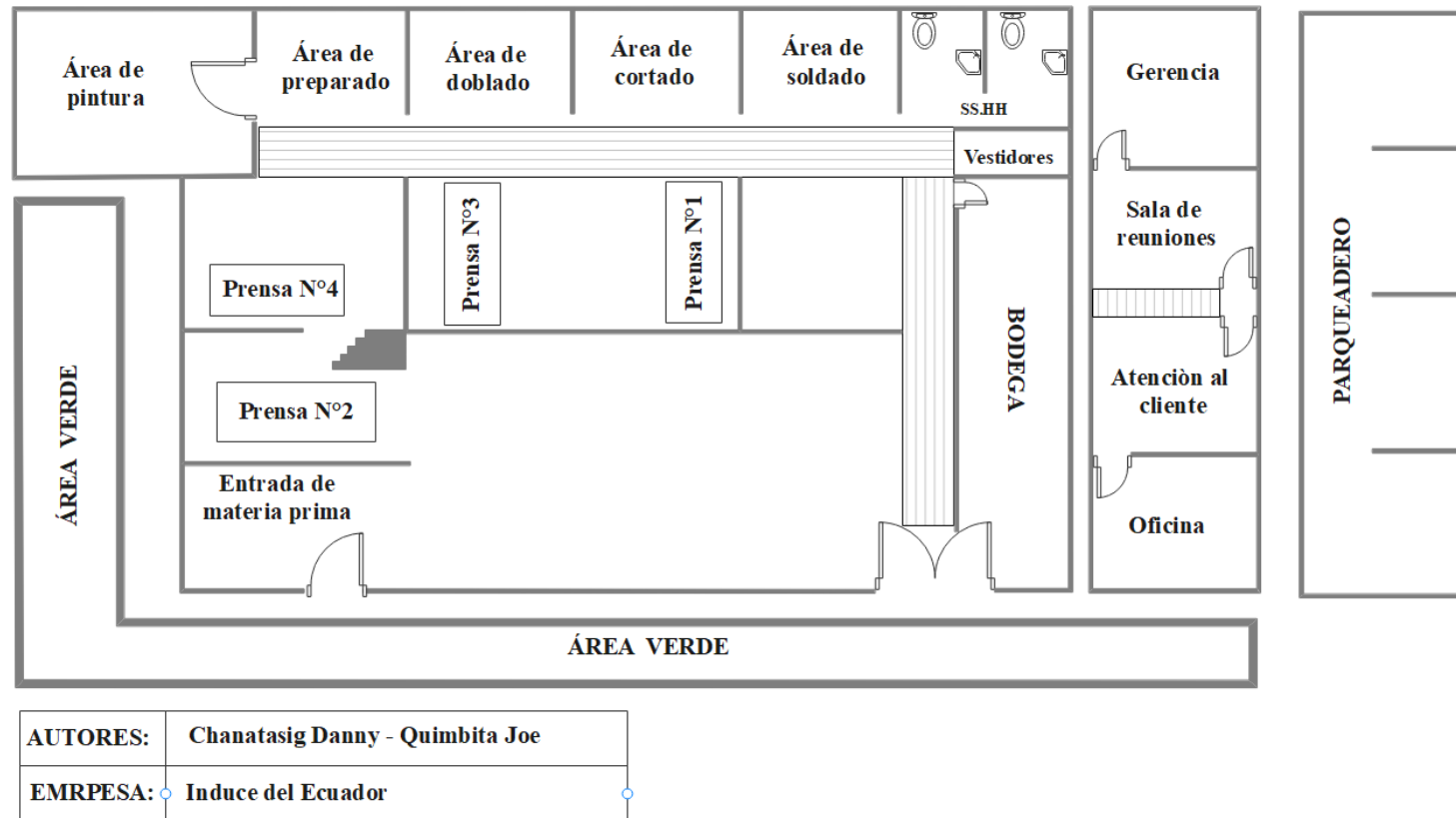


Figura 5.1. Plano del Área

5.2.4. Estructura organizativa

La estructura organizativa de INDUCE es jerárquica, determinando a cada miembro según la actividad que realice (Figura 5.2). Los diagramas están disponibles en el **ANEXO E**.

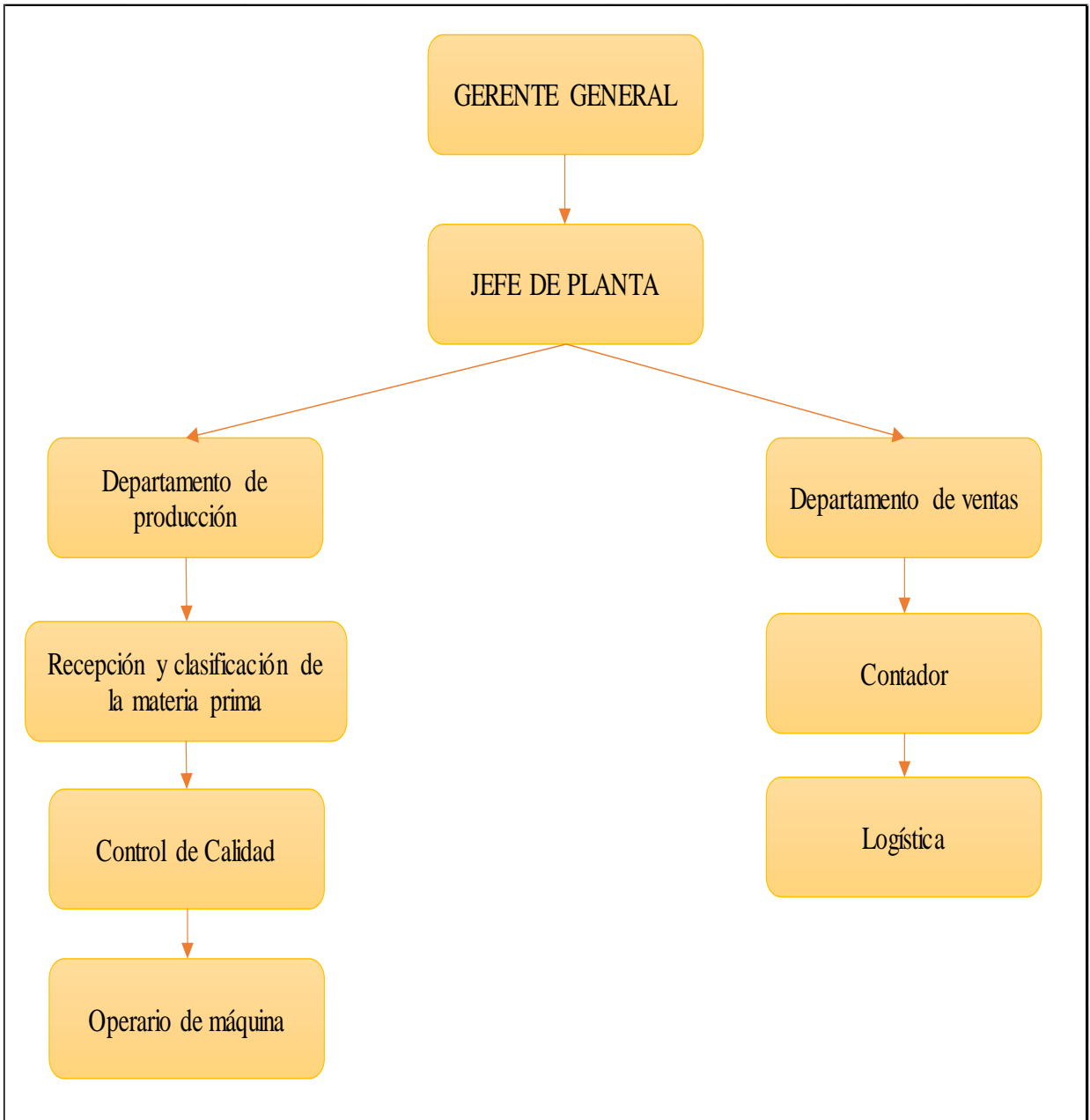


Figura 5.2. Estructura Organizativa

5.2.5. Lista de equipos

Se realizó el listado correspondiente en el área de prensado de la empresa INDUCE DEL ECUADOR, las cuales se las presentara en la Tabla 5.3. Los listados adicionales se encuentran en el **ANEXO F**.

Tabla 5.3. Lista de Equipos Prensa 1

PLANTA	AREA	EQUIPO	SISTEMAS	ELEMENTOS	COMPONENTES
INDUCE	PRENSADO	PRENSA 1	SISTEMA ELÉCTRICO	<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico • Cables • Conexiones • Botones de arranque • Relevadores de sobrecarga • Pulsador seta 	<ul style="list-style-type: none"> • Solenoide de arranque • Motor de arranque • Sensores • Baterías • Palanca • Fococelda • Arrancadores
			SISTEMA MECÁNICO	<ul style="list-style-type: none"> • Engranés • Cilindro • Soportes • Dados • Correas de transmisión 	<ul style="list-style-type: none"> • Pasador • Tornillos • Plataforma • Eje • Poleas
			SISTEMA HIDRÁULICO	<ul style="list-style-type: none"> • Motor hidráulico • Depósito de aceite • Manómetro analógico • Retenedores • Filtros • Pistones • Válvulas • Mangueras • Tuberías 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de presión • Electroválvula • Compuerta • Alimentador • Tanque de aceite • Válvula compresora
			SISTEMA DE POTENCIA	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Bomba hidráulica • Regulador de voltaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Estator • Ejes • Rodamientos • Rotor • Impulsor • Cilindro • Cable de alimentación
			SISTEMA DE CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> • Actuador • Controlador • Transductor 	<ul style="list-style-type: none"> • Set-point • Transmisor

5.2.6. Fichas técnicas

Se prepararon las fichas técnicas de los equipos de la empresa INDUCE DEL ECUADOR, las cuales incluirán los datos más significativos, como se observa en la Figura 5.3. Las fichas adicionales se encuentran en el ANEXO G.


FICHA TÉCNICA			
EQUIPO:	PRENSA #1	CODIGO:	PH01
DATOS DEL EQUIPO			
PROVEEDOR:	INDUCE DEL ECUADOR		
DIRECCION:	COTOPAXI, LATACUNGA, VIA MULALO, SECTOR TANDALIVI		
TELEFONO:	993501771		
DESCRIPCION DEL EQUIPO: Esta prensa se encarga de realizar productos tales como varilla troquelada, cubre ventanas, su capacidad de 100 psi permite con una precision clara, exacta y concisa, para tener un buen acabado.			
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:			
Altura total = 3,5 metros			
Ancho = 2 metros			
Peso Neto = 3,5 T			
			
CARACTERISTICAS TECNICAS			
Motor electrico trifasico			
Frecuencia=60Hz, Voltaje = 440V, Ruido= 60 db MAX			
Fuerza de presión= 100 psi			
MODELO DE MANTENIMIENTO		SUBCONTRATOS NECESARIOS	
CORRECTIVO		PREVENTIVO	
CONDICIONAL		CORRECTIVO	
SISTEMATICO		INSPECCIONES	
ALTA DISPONIBILIDAD		OVERHAUL	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN:		CONSUMIBLES:	
PERNOS MOTOR CONTACTORES BREAKER LUZ PILOTO PULSADORES		Aceite hidraulico rojo para bombas	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA:			
Se recomienda adquirir los elementos que tengan fallas frecuentemente.			
HERRAMIENTAS ESPECIALES:			
Hexagonales	Llaves inglesas		
Llaves milimetricas			
Torquímetros			
FORMACION NECESARIA:			
Capacitación al personal, entender los manuales, emplear metodos de mantenimiento.			
SUBCONTRATOS:			
Ingenieros mecanicos, Ingenieros industriales, Personal especialista con conocimientos sobre prensas hidraulicas.			

Figura 5.3. Ficha Técnica - Prensa 1

5.2.7. Inventario (Insumos y repuestos)

El inventario de insumos y repuestos es una herramienta fundamental que ayudara en la gestión en el área de prensado para las maquinas que requieran mantenimiento. A continuación, se presentará los inventarios de insumos y repuestos que se utilizan al año (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

Tabla 5.4. Insumos

TABLA INSUMOS				
INSUMOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Aceite hidráulico	Lubricante especializado para sistemas hidráulicos	1 unidad	\$ 860,00	\$ 860,00
Grasa	Engrasar tornillos, tuercas y demás componentes	12 unidades	\$ 8,50	\$ 102,00
Guaípe	Elemento para realizar limpieza de cada componente	1 unidad	\$ 25,00	\$ 25,00
Filtros hidráulicos	Filtración para sistemas hidráulicos	4 unidades	\$ 15,00	\$ 60,00
Lubricantes	Sustancia utilizada para lubricar superficies necesarias	4 unidades	\$ 21,75	\$ 87,00
Teflón	Para que no exista fugas internas	24 unidades	\$ 1,10	\$ 26,40

Tabla 5.5. Repuestos

TABLA REPUESTOS				
REPUESTO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Mangueras hidráulicas	Inspección visual por desgaste o fugas.	16 unidades	\$ 50,00	\$ 800,00
Relés	Abre y cierra el paso de corriente.	32 unidades	\$ 10,00	\$ 320,00
Contactores	Controla las corrientes elevadas en los procesos.	32 unidades	\$ 20,00	\$ 640,00
Tornillos/Pernos	Inspección y ajuste de los componentes.	80 unidades	\$ 0,50	\$ 40,00
Arandelas	Reemplazo si es necesario.	16 unidades	\$ 0,10	\$ 1,60

Pistón hidráulico	Revisión y mantenimiento completo.	8 unidades	\$ 300,00	\$ 2.400,00
Bomba hidráulica	Inspección y mantenimiento/reemplazo.	4 unidades	\$ 500,00	\$ 2.000,00
Amortiguadores	Reemplazo si es necesario.	8 unidades	\$ 40,00	\$ 320,00
Módulos eléctricos	Inspección y mantenimiento.	4 unidades	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Dispositivos de seguridad	Pruebas de seguridad	32 unidades	\$ 150,00	\$ 5.100,00
Tubos de conexión	Reemplazo de tubos deteriorados.	80 metros	\$ 10,00	\$ 800,00
Soportes y abrazaderas	Reemplazo si es necesario.	32 unidades	\$ 5,00	\$ 160,00
Cableado eléctrico	Inspección y reemplazo de cables dañados.	100 metros	\$ 2,00	\$ 200,00
Sensores de presión	Monitorean la presión del sistema	4 unidades	\$ 45,00	\$ 180,00

5.2.8. Recorrido Orden de trabajo en Maintain X

Incluye las etapas desde la creación de la orden de trabajo en la aplicación Maintain X, la asignación de recursos y el encargado, la ejecución de tareas de mantenimiento, hasta el seguimiento, recorrido y cierre de las ordenes de trabajo. Este proceso asegura una gestión eficiente y sistemática de las actividades de mantenimiento, optimizando el uso de recursos y garantizando con éxito la finalización de las tareas. A continuación, se presenta la Figura Flujograma del recorrido.

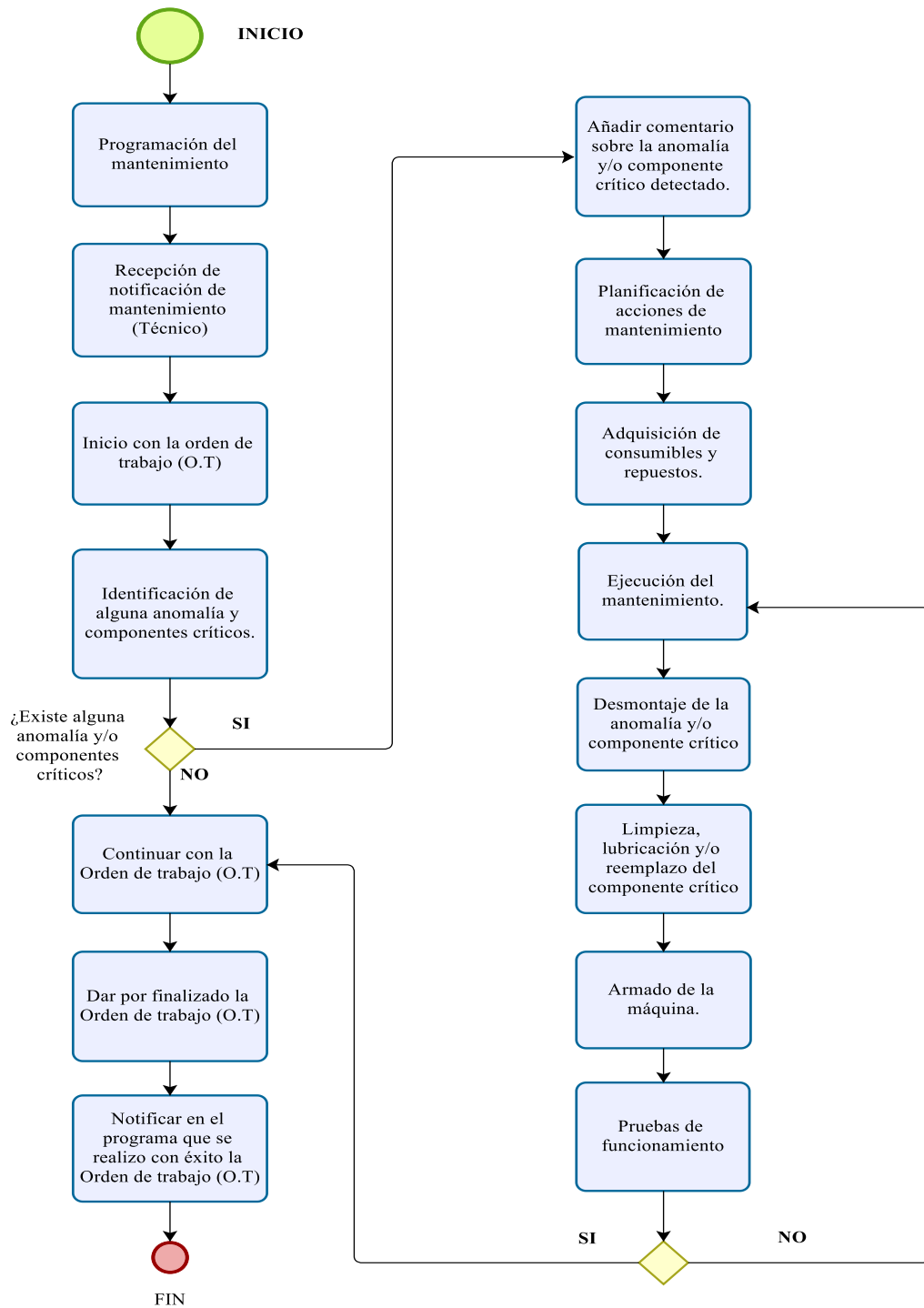


Figura 5.4. Flujograma de Recorrido

5.2.9. Registro de inspecciones diarias

El registro de inspecciones diarias ayudará a revisar las actividades que lleva a cabo el personal de mantenimiento para garantizar que la maquinaria opere correctamente, esto será registrado con el documento llamado CHECK LIST.

Tabla 5.6. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 1

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO					
N°	Prensa Hidráulica 01	SI	NO	N/A	Observaciones
1	La prensa se encuentra limpia				
2	Enchufes en buen estado				
3	Conexión puesta a tierra				
4	Cables en buen estado				
5	Limpieza de los filtros				
6	Estado de los tableros de control				
7	Pulsadores funcionando correctamente				
8	Cilindro hidráulico en buen estado				
9	El área de trabajo se encuentra en buen estado				
10	Motor en buen estado				
11	Las bombas se encuentran limpias				
12	Mangueras sin fisuras				
13	Se reviso la fuente de alimentación				
14	No existe corrosión				
15	No existe fugas				
16	La máquina no presenta golpes				

Tabla 5.7. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 2

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO					
N°	Prensa Hidráulica 02	SI	NO	N/A	Observaciones
1	La prensa se encuentra fuera de anomalías				
2	Las tuberías se encuentran en buen estado				
3	Las escaleras se encuentran fuera de algún elemento resbaladizo				
4	Existe derrame de líquidos				
5	El área se encuentra limpio				
6	Estado de los tableros de control				
7	Las planchas de hierro se encuentran completas				
8	Existe material sobra del día anterior de trabajo				
9	Existe conexiones sueltas				
10	Los manómetros se encuentran en buen estado				
11	Las mangueras tienen fugas de aceite				
12	No existe cables sueltos o rotos				
13	Se reviso la fuente de alimentación				
14	No existe desgaste de los componentes				
15	La iluminación del área es correcta				

Tabla 5.8. Registro de Inspecciones Diarias Prensa 3

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO					
N°	Prensa Hidráulica 03	SI	NO	N/A	Observaciones
1	Uso de EPP necesarios				
2	Las tuberías se encuentran en buen estado				
3	El área de la maquina se encuentra limpio				
4	Las luces piloto se encuentran en buen estado				
5	El sistema de seguridad si funciona correctamente				
6	El botón paro de emergencia funciona				
7	El producto se encuentra completo				
8	Se cuenta con el listado de pedidos				
9	Existe conexiones sueltas				
10	Los manómetros se encuentran en buen estado				
11	Las mangueras tienen fugas de aceite				
12	Se cuenta con herramientas básicas de limpieza				
13	Existe suciedad o anomalía en la máquina				
14	Presencia de humedad en los componentes				
15	La iluminación del área es correcta				

5.2.10. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo permiten al personal encargado de la maquinaria de prensado y gestionar las operaciones necesarias para realizar una serie de actividades y cumplir adecuadamente con el mantenimiento correspondiente (Figura 5.5). Las órdenes de trabajo faltantes se pueden ver en el **ANEXO H**.


		Código:	PH 01
		Versión:	
		Frecuencia:	Semanal
ORDEN DE TRABAJO			
Área:	Prensado		
Máquina:	Prensa Hidráulica 01		
Elemento:			
N° Trabajo	01		
Técnico operativo:	Francisco Cayambe		
Ítem			
Descripción de trabajo			
Inspecciones visuales	Revisar conexiones visibles		
	Revisar componentes visibles		
Herramientas			
Destornilladores			
EPP			
Inicio:	08:00 am	Fin:	08:05 am
Informativo			
	Nombre	Firma	Fecha
Aprobado			
Realizado			
Observaciones			

Figura 5.5. Orden de Trabajo Prensa 1

5.2.11. Costos de mantenimiento

Tabla 5.9. Costos de Mantenimiento

Costos de mantenimiento			
Materiales	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Mangueras	5	\$ 10	\$ 50
Aislantes	8	\$ 1,50	\$ 12
Guaípe	1	\$ 25	\$ 25
Cables	10	\$ 2,00	\$ 20,00
Relés	4	\$ 10,00	\$ 40,00
Micrómetro	1	\$ 89,99	\$ 89,99
Calipers	1	\$ 99,99	\$ 99,99
Sonómetro	1	\$ 24,99	\$ 24,99
Lubricantes	4	\$ 21,75	\$ 21,75

5.2.12. Tiempo medio de mantenimiento

El tiempo medio de mantenimiento es una medida utilizada para calcular el tiempo promedio que se necesita para dar mantenimiento o reparar un equipo y restaurarlo a su proceso productivo.

La fórmula para el cálculo medio de mantenimiento es:

$MTTR = \text{Tiempo total de reparación} / \text{Número de reparaciones}$	(5.1)
--	--------

Tabla 5.10. Tiempos de mantenimiento

Frecuencia	Tiempo
Semanal	-
Quincenal	16 min
Mensual	45 min
Trimestral	90 min
Semestral	-
Anual	200 min

1. Sumar el tiempo total de reparaciones

$$MTTR = 0 + 16 + 45 + 90 + 0 + 200 = 351 \text{ min}$$

2. Contar el número de reparaciones

4 reparaciones

3. Calcular MTTR

$$MTTR = 351 / 4$$

$$MTTR = 87,75 = 88,15 \text{ min}$$

5.3. Evaluar el estado actual de las maquinarias

5.3.1. Sistematización de equipos

Los códigos de los equipos se describen a continuación, especificando el área de la empresa en la que están ubicados. Cabe mencionar que la codificación de los equipos la creamos en este estudio, para una mayor claridad y fácil identificación. A continuación, se presentará la codificación de estos equipos en el área (Tabla 5.11).

Tabla 5.11. Codificación de equipos

CODIFICACION DE EQUIPOS			
Área	Nº Correlativo	Equipo	Código
Prensado	1	Prensa Hidráulica	01PH01
Prensado	2	Prensa Hidráulica	01PH02
Prensado	3	Prensa Hidráulica	01PH03
Prensado	4	Prensa Hidráulica	01PH04

5.3.2. Encuesta de criticidad

La encuesta de criticidad aplicada al encargado de mantenimiento de esta área permitirá conocer la frecuencia de fallos (FF), el impacto operacional (IO), el costo de mantenimiento (CM) y el impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH). Como se muestra en la figura, obtenemos las valoraciones correspondientes después de aplicar la encuesta al encargado de mantenimiento (Figura 5.6). Las encuestas faltantes se encuentran en el **ANEXO I**.

Prensa 01

¿EN EL AÑO CON QUE FRECUENCIA SE DAÑA LA MÁQUINA?

FACTOR DE FRECUENCIA (FF)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
FRECUENTE, MAS DE 3 EVENTOS AL AÑO	X	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

¿CUANTO PRODUCE LA MAQUINA AL MES?

IMPACTO OPERACIONAL (IO)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
PERDIDAS MAYORES 75% PRODUCCION MES	X	5
PERDIDAS 50% A 74% PRODUCCION MES		4
PERDIDAS 25% A 49% PRODUCCION MES		3
PERDIDAS 10% A 24% PRODUCCION MES		2
PERDIDAS INFERIORES 10% PRODUCCION MES		1

(EXISTE REPUESTOS EN BODEGA ?)

FACTOR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
NO EXISTE STOCK, TIEMPOS REPARACION ALTOS		5
STOCK PARCIAL, PROCEDIMIENTO REPARACION COMPLEJO		4
STOCK PARCIAL, PROCEDIMIENTO REPARACION SENCILLO	X	3
STOCK SUFICIENTE, PROCEDIMIENTO REPARACION COMPLEJO		2
STOCK SUFICIENTE, TIEMPOS REPARACION BAJOS		1

¿QUE COSTO GENERA EL ELEMENTO QUE SE DETERIORA CON MAYOR FRECUENCIA?

COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
COSTOS MATERIALES SUPERIOR 20000 USD		5
COSTOS MATERIALES SUPERIOR 10000 - 20000 USD		4
COSTOS MATERIALES SUPERIOR 3000 - 10000USD		3
COSTOS MATERIALES SUPERIOR 200 - 3000 USD	X	2
COSTOS MATERIALES INFERIOR 200 USD		1

EL MANEJO DE LOS FLUIDOS DEL EQUIPO, TIENEN UN TRATAMIENTO ESPECIAL?

IMPACTO MEDIO AMBIENTE (IMA)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
DAÑOS IRREVERSIBLES EN EL AMBIENTE		5
DAÑOS SEVEROS AL AMBIENTE		4
DAÑOS MEDIOS AL AMBIENTE		3
DAÑOS MINIMOS AL AMBIENTE		2
SIN DAÑO AMBIENTAL	X	1

LOS RIESGOS SON ALTOS EN ESTE EQUIPO ?

IMPACTO SEGURIDAD (IS)	DESCRIPCIÓN	PONDERACION
MUERTE O INCAPACIDAD		5
INCAPACIDAD PARCIAL O PERMANENTE		4
DAÑOS O ENFERMEDADES SEVERAS		3
DAÑOS LEVES EN PERSONAS		2
SIN IMPACTO EN LA SEGURIDAD	X	1

Nombre: Francisco Cayambir

Firma: [Firma]

Ci: 0503014524

[Stamp: Índice]

Figura 5.6. Encuesta Criticidad Prensa 1

5.3.3. Estudio de criticidad de los equipos

Para calcular la criticidad de la maquinaria en el área de prensado de la empresa INDUCE DEL ECUADOR, se han manejado las normativas internacionales ISO JA1011 y JA1012. Estas normativas permiten ponderar de manera eficiente diversos factores relevantes. Los factores considerados son:

- Frecuencia de fallas
- Impacto operacional
- Falla operacional
- Costo del mantenimiento
- Impacto al medio ambiente
- Impacto en la seguridad

Cada uno de estos factores se califica en una escala de 1 a 5. Estas calificaciones permiten contemplar los valores de criticidad para cada equipo, proporcionando una evaluación integral y detallada de los riesgos asociados a la operación y mantenimiento de la maquinaria. A continuación, se muestra la Tabla 5.12., del cálculo de criticidad.

Tabla 5.12. Cálculo de Criticidad

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IS	IMA	CO	CT	Criticidad
Prensa #1	5	5	3	2	1	1	12	60	ALTA
Prensa #2	5	5	1	2	1	1	10	50	ALTA
Prensa #3	5	5	5	2	1	1	14	70	ALTA
Prensa #4	4	3	5	2	1	1	12	48	MEDIA

5.3.4. Modelo de mantenimiento de los equipos

El modelo de mantenimiento de equipos se fundamentará en los resultados del análisis de criticidad y en los datos obtenidos durante la gestión de mantenimiento de cada equipo, lo que permite definir el proceso de mantenimiento adecuado.

- **Mantenimiento de alta disponibilidad:** Es el modelo más riguroso, utilizado para equipos que no pueden fallar bajo ninguna circunstancia.
- **Mantenimiento sistemático:** Esta dirección ayuda a minimizar significativamente la cantidad de fallos en los equipos de producción.
- **Mantenimiento condicional:** Es una condición exitosa de mantenimiento basado en condiciones reales, basándose principalmente en el estado actual de la máquina.
- **Mantenimiento correctivo:** Este es el tipo de mantenimiento base, que implica identificar y corregir errores o deficiencias cuando los equipos o maquinarias presentan fallas o averías. A continuación, se muestra la Tabla 5.13, de modelos de mantenimiento.

Tabla 5.13. Modelo de Mantenimiento

Código	Máquina	Criticidad	Alta Disponibilidad	Sistemático	Condicional	Correctivo
01PH01	Prensa #1	60	X			
01PH02	Prensa #2	50	X			
01PH03	Prensa #3	70	X			
01PH04	Prensa #4	48			X	

5.3.5. Determinar equipos críticos

A continuación, se identifican los equipos críticos que tienen mayor jerarquía y se gestiona su mantenimiento de manera conveniente, ya que son esenciales para el proceso. Si estos equipos fallan, se producirán paros no programados en la línea de producción. De tal manera que los equipos críticos son: Prensa (1, 2 y 3)

5.3.6. Priorizar fallas críticas

En este ítem, se utiliza la matriz AMEF (Análisis Modal de Fallas y Efectos). Esta herramienta se encarga de inspeccionar y analizar los posibles fallos futuros en los equipos críticos en el proceso de puertas metálicas en la empresa INDUCE, clasificándolos por su importancia. Con

esta clasificación, se crea una lista que permite priorizar los modos de fallos más comunes que deben ser corregidos, ya que impiden que el proceso de producción continúe de manera normal.

5.4. Análisis AMEF

5.4.1. Tablas Análisis Modo y Efecto de Falla (AMEF)

En esta matriz se encontrará las tareas, mejoras y procedimientos que se deberá utilizar en caso que exista un fallo en alguna de las tres prensas de la empresa (Tabla 5.14.).

Tabla 5.14. Matriz AMEF

Análisis matriz (AMEF)							
Sistemas	Tipo de fallo	Descripción de fallo	Descripción modo de fallo	Tareas de mantenimiento	Mejora	Procedimiento de operación	Procedimiento de mantenimiento
SISTEMA ELÉCTRICO	Funcional	Sobrecalentamiento	Mal diseño del sistema eléctrico	Verificar el sistema y/o esquema eléctrico de la prensa.		Asegurar que los dispositivos de protección, estén en buen estado	
			Aumento de la temperatura	Verificar el estado de los interruptores y los fusibles.	Instalar interruptores y fusibles de mayor calidad.	Seguir un procedimiento de apagado ordenado.	Apagar la prensa y dejar que se enfríe, antes de realizar el mantenimiento.
		Fallas de las protecciones	Contactos defectuosos	Verificar las conexiones eléctricas, que		Realizar pruebas regulares de las conexiones.	Visualizar los contactores en busca de daño y dar una

			se encuentren bien sujetas.			limpieza si es necesario.
		Exceso de cargas eléctricas	Verificar el exceso de carga eléctrica permitido que soporta la prensa.		No conectar equipos adicionales a la fuente de alimentación de la prensa.	Tomar medidas preventivas si esta se encuentra sobrecargada.
		Fugas de corriente	Utilizar un detector de fugas de tierra para identificar posibles fugas.		Evitar el uso de cables dañados, o en mal estado.	Identificar la fuga de corriente utilizando un detector o un relé diferencial
	Cortocircuitos	Empalmes defectuosos	Inspeccionar regularmente los empalmes y corregirlos.		No sobrecargar los circuitos eléctricos.	Cambiar los empalmes dañados o mal realizados.
		Filtración de humedad	Utilizar selladores o materiales aislantes.		Evitar la exposición de la prensa a la	Identificar los puntos de entrada de

					humedad y climas adversos.	humedad, inspecciones visuales.	
		Deterioro del aislante	Inspeccionar los aislantes, en busca de grietas, desgaste o daños.		Evitar el uso de la prensa con aislantes dañados.	Apagar la prensa, desconectar la fuente, antes de reemplazar los aislantes.	
	Técnico	Conexiones en mal estado	Conexiones que generan chispa	Realizar inspecciones periódicas de las conexiones eléctricas.	Mejora la seguridad y la eficiencia de las prensas hidráulicas.	Seguir un procedimiento específico para el manejo de la prensa.	Limpiar y lubricar las conexiones, para evitar acumulación de suciedad y oxido.
			Resistencia alta en los contactos	Detectar a través de inspecciones signos de resistencia alta.	Instalar contactos de mayor calidad	Durante el funcionamiento, detectar signos de	Considerar el reemplazo preventivo de los contactos.

						calentamiento o resistencia alta.	
			Tiempo límite de uso de aislantes	Detectar signos de desgaste, daño o envejecimiento en los aislantes.		Verificar signos de deterioro de los aislantes durante su funcionamiento.	Mantener un registro histórico de los reemplazos de los aislantes.
		Descomposición de los sensores	Degradación de los componentes electrónicos	Realizar pruebas de funcionamiento para verificar que operen correctamente.	Implementar medidas para contribuir la degradación.	Operar los componentes dentro de los límites indicados en el manual de usuario.	Establecer un mantenimiento preventivo, regular de los componentes.
			Daño en los cables de conexión	Realizar pruebas de continuidad para la verificación de cables.		Capacitar al personal sobre el cuidado de los cables dentro de las instalaciones.	Mantener un registro histórico de los reemplazos de cables.

			Interferencia electromagnética	Utilizar cables blindados para reducir la interferencia electromagnética.	Instalación de filtros de línea o de señal.	Utilizar gabinetes blindados, para proteger los equipos de las interferencias.	Capacitar al personal sobre como identificar y mitigar las interferencias.
	Falla de los controles		Conexiones sueltas	Apretar todas las conexiones sueltas, utilizando herramientas adecuadas.		Después de cada mantenimiento, asegurar que las conexiones estén ajustadas.	Establecer un programa de mantenimiento preventivo.
			Interfaces dañadas	Inspecciones periódicas para verificar que las interfaces funcionen correctamente.		Instruir al personal sobre como manipular las interfaces.	Establecer capacitaciones sobre el reemplazo de interfaces.
			Baterías desgastadas o defectuosas	Revisar regularmente las baterías para	Instalación de sistema de	Establecer un registro histórico, de la	Reemplazar las baterías desgastadas.

				detectar signos de desgaste o deterioro.	carga más eficiente.	duración de cada batería.	
SISTEMA MECÁNICO	Funcional	Cilindro hidráulico	Fugas internas	Realizar prueba de presión para verificar posibles fugas.		Evitar el desgaste de las mangueras de la maquina.	Reparar las fugas, que se detecten durante el funcionamiento de la máquina.
			Sellos desgastados	Verificar las fugas, donde posiblemente se puede estar dando por los sellos.		Atención total a cualquier fuga de líquido hidráulico, durante su funcionamiento.	Retirar los sellos desgastados, e instalar sellos de buena calidad.
			Pistones dañados	Detectar el daño o deterioro de los pistones, como grietas y deformaciones.		Evitar el uso excesivo de la máquina, para evitar el daño de los pistones.	Retirar los pistones dañados y reemplazarlos por pistones nuevos.

		La bomba no genera presión	Desgaste de engranajes	Verificar el desempeño de los engranajes		Estar revisando frecuentemente el cambio en el rendimiento de los engranajes.	Realizar el reemplazo de los engranajes de inmediato.
			Fallos en el motor	Realizar un mantenimiento preventivo del sistema hidráulico.	Instalar un sistema de monitoreo.	Verificar el nivel de aceite antes de poner en marcha la prensa.	Revisión regular del motor, la bomba y el sistema hidráulico.
			Problemas de cavitación	Mantener limpios los filtros, para evitar problemas de cavitación.	Instalar filtros de mayor calidad.	Operar la maquina a la velocidad y carga, limitada en el manual de usuario.	Reemplazar regularmente los componentes desgastados.
			Residuos en las mangueras	Inspección regular de las mangueras.	Instalar filtros adicionales.	Operar de manera correcta	Registros históricos de la

		Las válvulas no regulan el fluido correctamente				la máquina para evitar daños en las mangueras.	limpieza regular de las mangueras.
			Obstrucciones	Mantener válvulas limpias para evitar obstrucciones inesperadas.		Verificar regularmente las mangueras y filtros.	Reemplazar los filtros del sistema.
			Mecanismos internos dañados	Limpieza, lubricación y ajuste de mecanismos.		Añadir sistema de monitoreo continuo para detectar problemas.	Capacitar al personal.
	Técnico	Movimiento errático del pistón	Desgaste	Utilizar micrómetros y calipsos, para medir el desgaste.		Asegurar que la carga aplicada no exceda las especificaciones de la máquina.	Aplicar lubricantes específicos que se lee, en el manual de usuario.

			Exceso de acumulación de residuos	Utilizar solventes y limpiadores, aprobados por el sistema hidráulico.		Utilizar fluidos hidráulicos de alta calidad.	Realizar una limpieza completa del sistema hidráulico cada 12 meses (recomendado).
			Sellos dañados	Realizar análisis periódicos de fluido hidráulico para detectar partículas.		Desarrollar procedimientos operativos estándar SOP.	Utilizar kits de mantenimiento que incluyan sellos específicos recomendados en el manual.
		Desgaste de componentes estructurales	Exceso de vibración	Inspecciones diarias de los componentes bastidores, soportes y conexiones.	Instalar amortiguadores de vibraciones.	Asegurar que las cargas se encuentren balanceadas.	Realizar lubricación, ajustes y alineación preciso de los componentes.

		Exceso de uso	Inspección de los ciclos de uso		Limitar el máximo de ciclos de operación por día.	Reemplazo de los componentes desgastados.
		Mal uso de los componentes	Inspección del uso de los componentes		Limitar el mal uso de los componentes	Utilizar de manera correcta, cada componente
	La prensa muestra desgastes	Exceso de humedad	Inspecciones de corrosión, oxidación y control de humedad.	Instalar sensores de temperatura y humedad.	Asegurar que la maquina opere en un entorno controlado de humedad y temperatura.	Utilizar lubricantes que contengan inhibidores de corrosión.
		Ambiente inadecuado	Identificar factores como polvo, humedad, temperatura y químicos corrosión.		Verificar que la maquina opere dentro de los parámetros ambientales.	Reemplazar los filtros de aire y los componentes del sistema de ventilación.

			Mal uso de la prensa	Identificar uso incorrecto, sobrecarga, operación y manejo brusco.	Instalar protecciones y dispositivos de seguridad.	Proveer capacitación exhaustiva y continua al personal sobre el uso adecuado.	Revisar y calibrar los parámetros operativos, de la prensa.
SISTEMA HIDRÁULICO	Funcional	Válvulas tapadas	Falta de mantenimiento	Realizar el mantenimiento diario a los componentes que la componen.		Manejo adecuado, para evitar daños de la maquina.	Reemplazar regularmente los componentes desgastados.
			Suciedad almacenada	Implementar medidas específicas de limpieza y mantenimiento.	Instalar cubiertas o protectores.	Mantener el área de las válvulas lo más limpio posible.	Realizar limpieza profunda y completa de las válvulas.
			Filtros descompuestos	Realizar inspecciones		Implementar un sistema de monitoreo de	Reemplazar los filtros según las recomendaciones

			periódicas de los filtros.		presión para detectar obstrucciones.	escritas en el manual de usuario.
	Presión insuficiente	Problemas de bomba	Mejorar la eficiencia del sistema de filtración para evitar entrada de residuos.		Detectar problemas de forma temprana y tomar medidas preventivas.	Cambiar regularmente el aceite hidráulico para evitar acumulación de residuos.
		Tuberías obstruidas	Inspección regular de tuberías.	Instalar filtros de mayor calidad.	Establecer procedimientos claros para operar.	Realizar limpieza a fondo de las tuberías.
		Fugas dentro del sistema	Reparar cualquier fuga que fue detectada.		Realizar una operación cuidadosa.	Revisar las conexiones para asegurarse que están bien ajustadas y selladas.

		Contaminación de aceite	Suciedad en los envases	Revisar como se encuentra el estado de los envases del producto.		Detectar residuos, o componentes químicos en los envases.	Reemplazar el producto, contaminados con residuos en sus envases.
			Ingreso de líquidos no permitidos	Instalar filtros de alta eficiencia para evitar el ingreso de líquidos no permitidos.		Establecer procedimientos de emergencia, para detener el sistema y evitar daños.	Reparar cualquier fallo o daño que este permitiendo el ingreso de líquidos.
			Partículas metálicas en sus interiores	Actualizar filtros		Minimizar la generación de partículas.	Reemplazar los componentes que generan partículas con el paso del tiempo.
	Técnico	Ruidos anormales durante su operación	Falta de lubricación	Realizar análisis de regular de aceite lubricante.	Instalación de sistemas automáticos.	Identificar signos de falta de lubricación.	Reemplazar los componentes desgastados que

							generan ruidos anormales.
		Problemas de bombas	Instalar un programa de mantenimiento preventivo.	Instalar software.	Correcto funcionamiento de la bomba y como identificar los problemas.	Limpieza regular de la bomba.	
		Desgaste total de la prensa	Analizar los registros históricos de vibraciones para detectar la duración de la máquina.		Establecer protocolos de operación.	Mantener un registro detallado de las actividades realizadas para su mantenimiento.	
	Manómetro descompuesto	Exceso de presión	Realizar calibraciones periódicas del manómetro.		Mantenimiento de manómetros.	Revisar y ajustar la presión según las especificaciones escritas en el	

						manual de usuario.	
			Vibraciones o ruidos excedidos	Calcular el exceso de ruido en dB.	Instalar sensor de ruido.	No operar la maquina a velocidades excesivas.	Realizar mantenimiento de las bases, para que se acople en su base sin defectos.
			Altas temperaturas	Implementar un sistema de control de temperatura.	Instalar sensor de temperatura.	Realizar un monitoreo constante de la temperatura dentro del área.	Mantener un ambiente adecuado para operar la maquina.
		Fugas de aceite	Desgaste de sellos	Buscar fugas de aceite en los sellos y juntas.		Evitar operar la prensa a velocidades o presiones excesivas.	Reemplazo de sellos y juntas desgastadas.
			Conexiones en mal estado	Verificar y apretar las conexiones de		Visualizar las conexiones	Cambio de las conexiones

				forma regular.		antes de cada operación.	después de cada reparación realizada.
			Componentes rotos	Buscar componentes rotos o dañados.		Operar la prensa dentro de los límites velocidad y presión establecidos en el manual de usuario.	Sustitución del componente.
SISTEMA DE POTENCIA	Funcional	Problemas de bomba	Exceso de vibración	Verificar los anclajes de la bomba, y evitar vibraciones excesivas.		Operar la bomba dentro de los rangos establecidos.	Limpieza del sistema hidráulico para evitar obstrucciones.
			Exceso de ruido	Calcular el exceso de ruido producido en dB.		Operar la máquina de manera adecuada.	Reemplazar los componentes sensibles de ruido.

		Operatividad	Inspeccionar regularmente la bomba.		Operar la prensa de acuerdo las instrucciones del manual de usuario.	Trabajar de manera adecuada a la máquina, sin excederse.
	Corrosión en el impulsor	Fallos en el rodete	Aplicar recubrimientos anticorrosivos.		Monitorear la cálida del fluido hidráulico.	Limpieza y secado del impulsor.
		Presencia de contaminantes	Inspeccionar y limpiar el sistema de potencia.		Asegurar que la maquina se encuentre libre de contaminantes.	Limpieza detallada de los componentes críticos.
		Cambios repentinos de la presión	Asegurar que las válvulas de control de presión se encuentren en buen estado.	Instalar amortiguadores de presión.	Implementar procedimientos operativos, que aseguren los cambios graduales de presión.	Realizar revisiones y calibraciones periódicas.

	Sistema de potencia	Cortocircuito en el enchufe	Inspección regular del enchufe y cableado.	Instalar dispositivos de protección.	Revisión de todos los enchufes antes de la operación.	Realizar pruebas de continuidad y aislamiento de cables y conexiones.
		Contacto con otros cables	Mantener los cables organizados y separados, adecuadamente para evitar contactos.		Mantener el área de cableados libre de obstáculos.	Inspecciones y reparaciones de cables.
		Tornillos sueltos	Revisión y ajuste de tornillos	Instalar aranceles de seguridad.	Revisión de tornillos y conexiones antes de cada operación.	Evaluar y ajustar la frecuencia en los cambios de de operatividad.
	Técnico	Fallos en el ventilador	Tiempo de uso prolongado	Inspección regular de los ventiladores.	Instalar sensores de temperatura.	Asegurar que el ventilador opere en un

					ambiente adecuado.	del ventilador.
		Conexión de energía inestable	Inspeccionar regularmente el sistema eléctrico.		Realizar una verificación del sistema de alimentación eléctrica.	Mantenimiento necesario para asegurar del suministro de energía.
		Daños en el buje	Lubricación del buje.		Verificar el estado actual del buje, antes de cada operación.	Reemplazo de bujes, así como cualquier otro incidente.
	Motor eléctrico	Problema de bobinados	Reemplazo necesario de bobinados.		Asegurar que el motor opere dentro de los límites establecidos en el manual de usuario.	Desarrollar un plan de reparación o reemplazo de bobinados.
		Rodamientos desgastados	Asegura que los rodamientos se		Implementar un sistema de	Registro de fechas de retiro y

			encuentren correctamente lubricados.		arranque suave para reducir la carga en los rodamientos.	reemplazo de rodamientos.
		Falta de mantenimiento	Asegurar que el motor este correctamente lubricado.		Operar la prensa de acuerdo a las especificaciones del manual.	Limpiar regularmente el motor eléctrico.
	Motor de combustión interna	Pistones desgastados	Realizar una limpieza regular de los pistones.		Operar la maquina en temperaturas adecuadas.	Asegurarse que los pistones estén correctamente lubricados.
		Falta de lubricación	Verificar los niveles de lubricación.		Operar el motor a una temperatura adecuada.	Cambiar regularmente los filtros de aceite.
		Acumulación de residuos	Limpieza interna regular del motor.		Utilizar combustibles de buena calidad.	Limpiar regularmente los

							componentes del motor.
SISTEMA DE CONTROL	Funcional	Fallo en las válvulas de control	Obstrucciones en las válvulas	Limpieza regular de las válvulas.	Instalar filtros de protección.	Mantener el área de trabajo limpio y libre de contaminantes.	Mantenimiento realizado en las válvulas de control.
			Actuadores con fallas de válvulas	Programar el reemplazo de los actuadores de las válvulas de control.		Operación a temperatura y presión adecuada.	Lubricación y ajuste de los actuadores.
			Conexiones mal realizadas	Inspección visual de las conexiones.		Verificar todas las conexiones antes de operar la máquina.	Detectar problemas de conexión, suministro de energía.
		Sobre carga del sistema de control	Sobre carga eléctrica	Detectar desgaste, sobrecalentamiento o daños.		Distribuir equitativamente la carga eléctrica.	Mantener registro de los consumos de energía.

			Fallos en los circuitos	Verificar si la corriente está circulando, correctamente por los cables.		Establecer límites de carga para cada circuito.	Realizar un mantenimiento preventivo de los circuitos.
			Protecciones dañadas	Reemplazar de inmediato las protecciones dañadas.		Visualizar que las protecciones se encuentren en buen estado antes de su operación.	Realizar cambios repentinos de las protecciones.
		Fallos en el panel de control	Desgaste de componentes	Reemplazar los componentes desgastados o defectuosos en su totalidad.	Instalar componentes de mayor calidad.	Operar según las especificaciones del manual de usuario.	Limpieza regular de los tableros, evitar polvo, suciedad y humedad.
			Problemas de alimentación	Verificar la alimentación eléctrica, voltaje,		Evitar el uso de otros equipos de alto consumo eléctrico.	Registros de alimentación eléctrica.

				cortes de energía u otras circunstancias.			
			Fallos en la caja	Inspecciones visuales de la caja		Operar el panel de control, para evitar daños en la caja.	Reparar o reemplazar la caja si presenta daños.
	Técnico	Fallo en los actuadores	Problemas de conexión	Realizar mantenimiento en las conexiones.		Antes de operar la máquina, verificar que las conexiones estén correctamente conectadas.	Evitar problemas de fallo, con un adecuado registro de mantenimiento.
			Fallos en los motores	Detectar signos de desgaste, daños físicos y sobrecalentamiento.		Antes de operar la máquina, verificar que los motores se encuentren, en condiciones.	Registro de mantenimientos.

		Sistema de alimentación eléctrica muestra deterioros	Sobre carga eléctrica	Operar el actuado en exceso de los límites escritos en el manual de usuario	Asegurar que el actuador este correctamente instalado.	Limpiar el actuador y sus componentes.
			Componentes desgastados	Componentes desgastados o fuera de servicio debe ser reemplazados.	Operar de manera adecuada, evitar daños físicos.	Reemplazos oportunos de componentes.
			Conexión eléctrica con problemas	Evitar corrosiones y conexiones sueltas.	Verificar que las conexiones se encuentren correctamente conectadas.	Reparar las conexiones eléctricas.
			Interruptores	Inspecciones regulares de interruptores.	Considerar la instalación de mejor calidad.	Evitar fallos mayores del sistema de suministro eléctrico.

5.6. Software de mantenimiento

5.6.1. Características generales del software de mantenimiento

Tabla 5.16. Características Generales de Software MaintainX

CARACTERÍSTICAS	MaintainX
Aplicación para celular	SI
Inventario de piezas	SI
Ordenes de trabajo	SI
Versión gratuita	SI
Seguimiento de tiempo y costos	SI
Comunicación y grupos de trabajo	SI
Informes	SI

Tabla 5.17. Características Versión Gratuita y Versión Essential

VERSIÓN GRATUITA	VERSIÓN ESSENTIAL
CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS
Órdenes de trabajo ilimitadas	Órdenes de trabajo ilimitadas con imágenes adjuntas
Usuarios solicitantes ilimitados	Órdenes de trabajo repetidas ilimitadas
Mensajería en tiempo real	Mensajería en tiempo real
2 Órdenes de Trabajo con Procedimientos adjuntos	3 Órdenes de Trabajo con Procedimientos adjuntos
Comunicación y grupos de trabajo	Comunicación y grupos de trabajo
Acceso de 1 mes a análisis avanzado	Acceso de 3 meses a análisis avanzado
\$ 0	\$ 42.00

Con el análisis de las características del software MaintainX (Tabla 5.16.), se han identificado las principales funcionalidades que serán útiles para la implementación del cronograma de mantenimiento que se está buscando y así mismo se puede observar en la Tabla 5.17., las características por las que se adquirió la Versión Essential.

5.6.2. Software MaintainX

MaintainX es un software que digitaliza los procesos y órdenes de trabajo de mantenimiento. Diseñado para colaborar a las empresas y a la maquinaria de primera línea a conocer qué tareas deben realizarse y cómo llevarlas a cabo. En este sistema, es posible registrar cada orden de trabajo que necesita el área de prensado de la industria INDUCE., incluyendo su inventario, los costos de materiales, costos de mano de obra y proveedores de repuestos. Asimismo, cuenta con un servicio de notificación a los técnicos de mantenimiento registrados en la misma. En el **ANEXO K** se muestra el manual de usuario para su debido registro y utilización.

5.6.3. Datos generados por el software

Con la utilización del software MaintainX, se pueden gestionar todos los datos necesarios para un mantenimiento eficiente. Este software permitirá administrar las órdenes de trabajo, los activos de la empresa, su ubicación, y llevar un inventario detallado de cada máquina. También se pueden gestionar los proveedores y los costos del inventario. MaintainX incluye un chat en vivo y permite a los usuarios crear listas de verificación, procedimientos y registrar lecturas de medición. A continuación, se mostrará en la Figura 5.7., el muestreo generado por el check list diario, las figuras restantes se encontrarán en el **ANEXO L**.

Órdenes de Trabajo

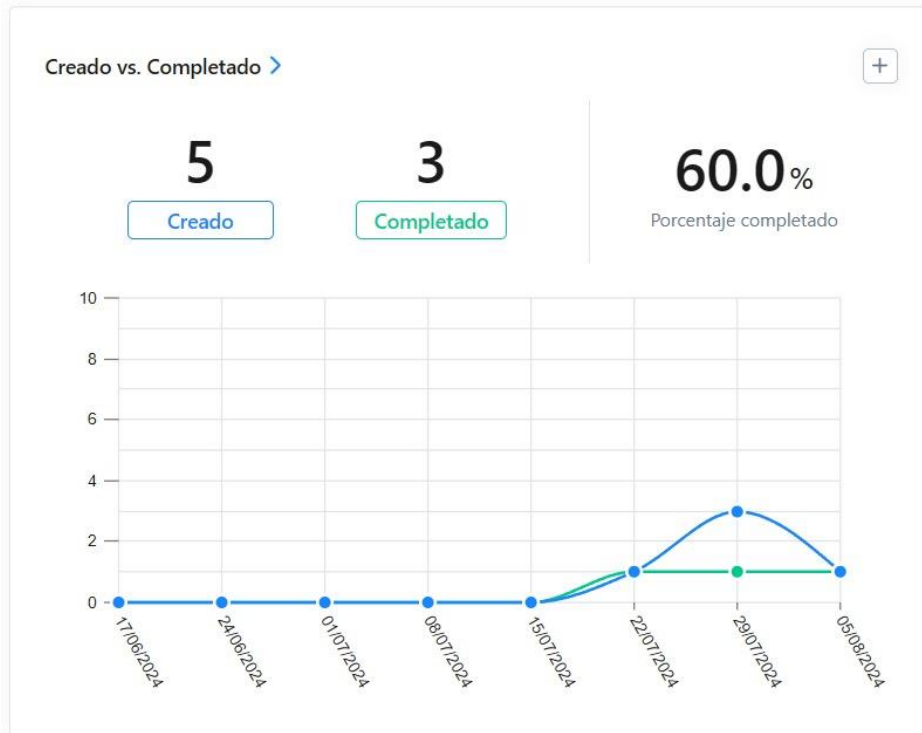


Figura 5.7. Muestreo Check List generado por el Software

5.7. Comprobación de Hipótesis

Respondiendo a los indicadores establecidos en la hipótesis se muestra una clara disminución de tiempo y costos de mantenimiento, como se observará en las Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Tiempos Medios de Mantenimiento (Antes y Después)

Antes			Después		
Frecuencia	Tiempo		Frecuencia	Tiempo	
Semanal	-	-	Semanal	5 min	
Quincenal	16 min	\$ 75	Quincenal	5 min	
Mensual	45 min	\$ 200	Mensual	30 min	
Trimestral	90 min	\$ 350	Trimestral	60 min	
Semestral	-	-	Semestral	90 min	
Anual	200 min	\$ 1000	Anual	120 min	
Total	351 min	\$ 1625	Total	310 min	\$ 1439
Tiempo medio de mantenimiento	88,15 min		Tiempo medio de mantenimiento	51 min	

1. Sumar el tiempo total de reparaciones

$$MTTR = 5 + 5 + 30 + 60 + 90 + 120 = 310 \text{ min}$$

2. Contar el número de reparaciones

6 reparaciones

3. Calcular MTTR

$$MTTR = 310 / 6$$

$$MTTR = 51 \text{ min}$$

5.7.1. Análisis de resultado

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo dará como resultado una reducción general de 37.15 minutos en el tiempo medio de mantenimiento, siendo una disminución del 42.14% dándonos un ahorro de \$186. Esto se ha logrado mediante la creación de órdenes de trabajo y

la optimización de los tiempos de mantenimiento en otras frecuencias. Este enfoque más preventivo mejorara la eficiencia en la realización de las tareas de mantenimiento, permitiendo la detección y corrección temprana de problemas, reduciendo así la necesidad de reparaciones y disminuyendo los tiempos de inactividad o paros no programados. Como resultado, se logrará una mejora de operatividad de las prensas hidráulicas, prolongando su vida útil y reduciendo los costos.

5.8. Evaluación Técnico, Social, Ambiental Y/O Económica

Después de presentar y desarrollar esta propuesta de proyecto investigativo, se procederá a realizar las evaluaciones pertinentes, que se orientarán en diversos aspectos que se detallarán a continuación.

5.8.1. Impacto Técnico

El proyecto tuvo un impacto técnico significativo al crear un plan de mantenimiento adecuado para la empresa INDUCE. Este plan permite gestionar el mantenimiento según las necesidades actuales, proporcionando al encargado de mantenimiento las actividades clave a desarrollar. Estas tareas serán organizadas y controladas con la ayuda del software MaintainX, lo que ayudará a reducir fallas y averías en el área de prensado, especialmente en los equipos críticos establecidos, promoviendo la mejora continua del proceso.

5.8.2. Impacto Social

Este proyecto investigativo tiene un impacto social positivo para la empresa y sus trabajadores, ya que ofrece diversos beneficios. Entre ellos se incluyen la disminución de los paros no programados por fallas, la reducción del tiempo medio de mantenimiento y la mejora de los resultados en el proceso productivo. Estos factores ayudaran a posicionar a la empresa tanto en el mercado local como en el nacional, lo que a su vez incrementa la satisfacción del cliente al cumplir con la calidad y los tiempos de entrega establecidos.

5.8.3. Impacto Ambiental

Al prevenir anomalías en los equipos, evitamos la generación de residuos que podrían causar daños a los mismos. Estas anomalías pueden manifestarse como fallos o averías. Además, el desperdicio o la suciedad pueden tener consecuencias negativas para la salud del trabajador.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- A partir del diagnóstico del estado actual de la maquinaria del área de prensado mediante la matriz de criticidad se determinó que las prensas (1, 2 y 3), tienen alta criticidad y con un valor promedio de 60, este valor le ubica dentro del rango de alta criticidad de 50 a 125, mientras que a partir del AMEF se determinó todos los procedimientos necesarios cuando exista un tipo de falla.
- La propuesta del plan de mantenimiento preventivo, a través de la planificación estratégica, información del plan maestro de mantenimiento, check list y la optimización de las órdenes de trabajo, ha demostrado ser altamente efectiva, reduciendo el tiempo medio de mantenimiento en 37,15 minutos, lo que representa una disminución del 42.14% con un ahorro de \$186. Esta mejora en la eficiencia del mantenimiento ha permitido una detección y corrección temprana de problemas, minimizando la necesidad de reparaciones y reduciendo los tiempos de inactividad no programados. Como resultado, se ha logrado una notable mejora en la operatividad de las prensas hidráulicas, con un incremento en su vida útil y una reducción significativa en los costos de mantenimiento.
- Con la aplicación del software MaintainX en la empresa INDUCE del Ecuador se ha mejorado el sistema de gestión de mantenimiento como una estrategia efectiva para optimizar los procesos de mantenimiento, reduciendo fallos y tiempos de inactividad. Este software mejora la eficiencia y efectividad del mantenimiento ya que facilita la coordinación con el encargado de mantenimiento con notificaciones virtuales para realizar la actividad, y así ofrecer una mayor transparencia y trazabilidad en la documentación de actividades. Además, de situar en una mejor posición de comercialización local y nacional a la empresa.

6.2. Recomendaciones

- Implementar rigurosamente el plan de mantenimiento preventivo con base en la información recopilada y la encuesta aplicada al encargado de mantenimiento. Este plan, diseñado específicamente para los equipos críticos, reducirá significativamente las fallas no programadas en el proceso de prensado. La correcta ejecución de este plan garantizará una mayor fiabilidad de la maquinaria, mejorando los procesos y generando beneficios tanto a corto, mediano y largo plazo.

- Continuar con la implementación y optimización del programa de mantenimiento MaintainX, enfocándose en la capacitación continua a los encargados de mantenimiento para maximizar el uso de todas las funcionalidades de la plataforma. Es importante realizar evaluaciones periódicas del desempeño del sistema y recopilar feedback de los usuarios para identificar áreas de mejora y posibles actualizaciones. Además, se sugiere adquirir una membresía más alta ya que se obtendrán más herramientas de trabajo. Finalmente, mantener un enfoque en la mejora continua con implementaciones de planes de mantenimientos para cada área de la empresa.

7.REFERENCIAS

- [1] BSG INSTITUTE, «LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO», 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/La-Ingenieria-del-Mantenimiento-74>
- [2] Diaz Medrano Andrés Stevens, «Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la fiabilidad operacional y reducción de costos de mantenimiento de los equipos en la empresa San Francisco De Asís Logística Y Negocios», 2015. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6215/diaz_ma.pdf?sequence=1&isAllow=y
- [3] Romero Pérez Joffre David, «diseño de un programa de mantenimiento preventivo para INDSOL CIA. Ltda. Salcedo - Cotopaxi», 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9562/1/PI-002272.pdf>
- [4] Chasiloa Chimbo Mario Javier, «Elaboración de un plan de mantenimiento para las máquinas herramientas del laboratorio de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi la Matriz», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11240/1/PI-002640.pdf>
- [5] Carlos Luis Morales Criollo, «Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa imprenta “MORALES” de la ciudad de Ambato», 2019. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29867/1/Tesis%20I.%20M.%20530%20-%20Morales%20Criollo%20Carlos%20Luis.pdf>
- [6] Steven Alfredo Ballesteros Guerrero, «Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa INGB&R PLAST en la ciudad de Ambato», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39297>
- [7] Jim Alexander Solis Galarza, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas en el Tecnicentro Automotriz Solís», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39338>

- [8] Anderson Yesid Rosero Melo, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la NORMA ISO 55000 para la rectificadora M. NOBOA de la ciudad de Ambato», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36090>
- [9] Cristian Israel Chicaiza Tipan, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el área de inyección de la empresa Sistema De Asientos AMERICAN de la ciudad de Ambato», 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33255>
- [10] Montero Ortiz Diego David, «Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo planificado con la utilización de un software en la empresa CEPOLFI INDUSTRIAL C.A», 2014. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3372/1/25T00229.pdf>
- [11] Fernando Isidro Freire Pérez, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de WEIBULL para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa Ingeniería Diseño De Suelas», 2019. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30012>
- [12] Jairo Wladimir De la Cruz Chamba, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo mediante el método TPM para el área de producción en las secciones de inyección de la empresa HALLEY CORPORACIÓN C.L.», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35603>
- [13] Edgar Eduardo Ulloa Supe, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en la gestión de activos, mediante la utilización de la NORMA UNE en 16646:2015 para la maquinaria de la fábrica “FORTECALZA NEW GENERATION”», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35216>
- [14] Carlos Rubén Lozada López, «Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para el área de enderezada y pintura en la EMPRESA KIA MOTORS S.A.», 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33597>
- [15] Carcelén Pabón Melany Denise, «Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la eficiencia y productividad en FUPEL CIA.LTDA.», 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15167/2/04%20IND%20462%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [16] Mendéz Garcés Bryan Alexander & Mozo Coronel Pedro Andrés, «Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo mediante la implementación de un software para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado del cantón Otavalo», 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10720>

- [17] Rojas Fernández José Luis, «Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de filtrado de la empresa TALSA (FUNDO UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación», 2019. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30301/rojas_fj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [18] Ferrel Huihua Edison, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la línea de tejido de la fábrica SAN CARLOS, LIMA 2016», 2016. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3386/Ferrel_HE-SD.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- [19] Rivera Abad Javier & Valderrama Auccacusi Sabino Alberto, «Plan de mantenimiento preventivo para acrecentar la disponibilidad de la excavadora hidráulica PC4000 KOMATSU de la compañía minera MISKI MAYO S.R.L., PIURA – 2021», 2022. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97623/Rivera_AJVderrama_ASASD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [20] Huamancaja Cárdenas Waldo, «Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la línea de embotellado de bebidas gasificadas en corporación LINDLEY S.A.», 2017. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21134>
- [21] Oliverio García Palencia, «El Mantenimiento General Administración de Empresas», 2006. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1297/RED70.pdf;jsessionid=41D8BCBAE997769ECD4ACFAD30C5A830?sequence=1>
- [22] Carlos Alberto Montilla Montaña, «Mantenimiento Industrial y su Administración», pp. 1-489, 2019, Accedido: 7 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288157713.pdf>
- [23] Infor, documentation, y inforcom, «Guía del usuario para Control de orden de trabajo (RMA y reparación en taller)», 2017.
- [24] Nancy Rodrigues, «Qué es el diagrama de Ishikawa, para que sirve, como crearlo», 02 de abril del 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- [25] Stefano Gasbarrino, «Qué es un inventario: concepto, tipos y ejemplos». Accedido: 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-inventario>
- [26] Concepción González, «¿Qué es la codificación de equipos en un sistema de mantenimiento»? Accedido: 28 de mayo de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://software.aeromarine.es/que-es-la-codificacion-de-equipos-en-un-sistema-de-mantenimiento/>

- [27] Abel Benjamín Humacata Castrillo, «Plan de inspección basado en matriz de criticidad y frecuencia de fallos para equipos en la producción de lácteos» Accedido: 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.univalle.edu/index.php/ciencias/article/view/973/975>
- [28] Santiago García Garrido, «Organización y gestión integral de mantenimiento - Santiago García Garrido - Google Libros». Accedido: 4 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLi-oMC&pg=PA13&dq=codificaci%C3%B3n+de+equipos+para+mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiF0pX78qn8AhUCRTABHbRcA3IQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q&f=false>
- [29] Primitivo Reyes Aguilar, «Análisis del modo y efecto de falla», 2007. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/308612935/Analisis-Del-Modo-y-Efecto-de-Falla>
- [30] Pérez Yair, «Cómo decirles adiós a los paros no programados en la industria». Accedido: 7 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/2705/como-decirle-adios-a-los-paros-no-programados-en-la-industria>
- [31] Zinetti Tamires, «Pérdida de producción». Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tractian.com/es/blog/como-identificar-las-7-principales-causas-de-perdida-de-produccion>
- [32] Rodrigo González González y Jorge Jimeno Bernal, «Check list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?». Accedido: 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.pdcachome.com/check-list/>
- [33] Gabriel Moraes, «Que son costos de mantenimiento y cómo reducir». Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.blog.auvo.com/latam/que-son-costos-de-mantenimiento>
- [34] Jean Rosales, «Costo Horas Hombre por tipo de mantenimiento (CHPM)», 31 de Julio. Accedido: 4 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.fractal.com/es/mantenipedia/que-es-el-costo-de-horas-hombre-por-tipo-de-mantenimiento>
- [35] Fractal One, «¿Qué es un software de mantenimiento?». Accedido: 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fractal.com/es/que-es-un-software-de-mantenimiento>.
- [36] Santiago García Garrido, «Organización y gestión integral de mantenimiento». Accedido: 2003. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>