

Diseño De Un Sistema De Gestión De Mantenimiento Basado En La Gestión Del
Riesgo Para Empresas Metalmecánicas

Felix Daniel Vargas Gutierrez
Holman Orlando Vargas Salazar

Universidad Santo Tomas
Facultad De Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Tunja, Boyacá
2023

Diseño De Un Sistema De Gestión De Mantenimiento Basado En La Gestión Del
Riesgo Para Empresas Metalmecánicas

Felix Daniel Vargas Gutierrez
Holman Orlando Vargas Salazar

Trabajo de grado académico

Profesor Carlos Alberto León Medina
Ingeniero Mecánico
Profesor Nelson Iván Villamizar Cruz
Ingeniero Mecánico

Universidad Santo Tomas
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Tunja, Boyacá
2023

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, Boyacá (15/12/2023)

DEDICATORIA

A nuestros padres, a quienes les debemos un agradecimiento infinito por su constante respaldo y cariño a lo largo de este desafiante pero satisfactorio trayecto académico. Su entrega y dedicación han sido la luz que ha iluminado cada fase de nuestra existencia.

A nuestros docentes, guías y compañeros de clase, quienes han compartido sus saberes, vivencias y amistad. Cada interacción ha contribuido al desarrollo de nuestro crecimiento personal y profesional, y estamos agradecidos por la oportunidad de aprender de individuos tan hábiles y comprometidos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que desempeñaron un papel significativo en la culminación de este proyecto de grado académico.

En primer lugar, agradezco a nuestra familia por su constante respaldo, comprensión y paciencia a lo largo de nuestra trayectoria académica. Su apoyo incondicional ha sido nuestra principal fuente de fortaleza y motivación.

A nuestros profesores y mentores, les damos las gracias por compartir su sabiduría, orientación y experiencia. Cada lección y consejo ha sido inestimable para nuestro crecimiento tanto profesional como personal.

A todos nuestros amigos y compañeros de clase, les agradecemos las sesiones de estudio conjunto, los intercambios de ideas y el respaldo mutuo que hemos brindado a lo largo de esta travesía académica.

Además, quiero expresar mi gratitud a la Universidad Santo Tomas por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Este proyecto no habría sido factible sin la colaboración y apoyo de cada individuo mencionado. A todos ustedes, les estamos agradecidos de todo corazón.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. PRELIMINARES	14
1.1 Planteamiento Del Problema.....	14
1.1.1 Definición Del Problema	14
1.2 Justificación	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Generalidades	17
1.4.1 ¿Qué Dice La Norma Iso 31000?	17
1.4.2 Marco de gestión de riesgo	17
1.4.3 Proceso de gestión de riesgos	17
1.4.4 ¿Por Qué Optar Por La Implementación De La Norma Iso 31000 A Través De Un Software Especializado?	20
1.4.5 ¿En Qué Consiste La Gestión De Riesgos?	21
1.4.6 Gestión De Riesgos Con Base A La Norma Iso 31000	22
1.4.7 Beneficios Derivados De La Adopción De Un Sistema De Gestión De Riesgos	22
1.4.8 Análisis del riesgo	23
1.4.9 Comunicación y consulta.....	24
1.4.10 Análisis crítico	25
1.4.11 Tratamiento del riesgo.....	25
1.4.12 Monitoreo	26
1.4.13 ¿Qué Dice El Análisis Dofa/Dafo/Foda Para Riesgos?	26
1.4.14 Integración De La Matriz Foda, Ciclo Phva Y Iso 31000 En La Gestión De Riesgos.....	27

1.4.15 Mantenimiento basado en gestión del riesgo	30
1.4.16 ¿Qué es el mantenimiento basado en la gestión del riesgo?	30
2. ESTADO DEL ARTE.....	57
2.1 Marco Referencial.....	57
2.1.1 Marco Histórico	57
2.1.2 Marco Teórico	59
2.1.3 Marco Conceptual	60
2.1.4 Marco Legal.....	62
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.1 Materiales	63
3.2 Metodología.....	63
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	65
4.1 Entrevistas.....	68
4.2 Análisis De Riesgos En Procesos Metalmecánicos Con El Modelo PHVA...74	
4.3 Análisis De La Matriz DOFA Orientado A La Gestión Del Riesgo.76	
4.3.1 Identificación de riesgos en el proceso de fabricación de componentes metálicos en empresas metalmecánicas.....	87
4.4 Análisis Documental.89	
4.4.1 Diseño y formulación de un sistema de gestión de riesgos basados en los lineamientos establecidos por la norma NTC- ISO 31000 versión 2011 para la empresa SIMMA LTDA.....	89
4.4.2 Gestión de riesgos por procesos en la EMPRESA COLOMBIANA DE FIBRAS S.A.S de la industria manufacturera (estudio de caso).....	91
4.4.3 Metodología para involucrar la administración del riesgo en la identificación y diseño de procesos en un sistema de gestión de calidad.	92
4.5 Observaciones.....	93
5. CONCLUSIONES	95
6. RECOMENDACIONES	97
7. BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS.....	105

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Etapas del proceso de gestión de riesgos.....	17
Tabla 2. Elementos de una matriz FODA.....	26
Tabla 3. Comparación entre RCM y el MBGR.....	31
Tabla 5. Análisis DOFA para herramientas.	77
Tabla 6. Análisis DOFA para máquinas herramientas.....	80
Tabla 7. Análisis DOFA para infraestructura	83
Tabla 8. Matriz de riesgos en mantenimiento.....	88

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Análisis de riesgos en procesos.....	20
Figura 2. Matriz de riesgos o mapa de calor	24
Figura 3. Manejo del riesgo.....	25
Figura 4. Pasos metodológicos para la propuesta	66
Figura 5. Matriz evaluar riesgos en mantenimiento.....	67
Figura 6. Mapa de calor para evaluar riesgos	68
Figura 7. Evidencia de máquinas usadas en las empresas metalmecánicas	73

Glosario

RIESGO: el riesgo se caracteriza por la conjunción de la posibilidad de que ocurra un acontecimiento y las repercusiones desfavorables asociadas. Sus componentes fundamentales incluyen la amenaza y la vulnerabilidad.

MANTENIMIENTO: el mantenimiento constituye el proceso mediante el cual se cuida un bien específico con el fin de prevenir que el transcurso del tiempo, el uso o modificaciones en las circunstancias externas lo perjudiquen. Este concepto es aplicable en diversos ámbitos, abarcando tanto bienes tangibles como viviendas, obras de arte, vehículos, como activos virtuales, por ejemplo, programas informáticos, conjuntos de programas o sistemas. Por lo general, el mantenimiento es llevado a cabo por expertos en la materia.

EMPRESA METALMECANICA: la industria metalmecánica abarca una variedad de actividades manufactureras que emplean, en diferentes grados, productos de la siderurgia y metales no ferrosos a lo largo de toda su cadena de producción. Al mismo tiempo, esta industria engloba la fabricación de una amplia gama de productos esenciales para el desarrollo de otras actividades económicas. De esta manera, se integra en diversas cadenas de valor y sectores productivos al proporcionar insumos y bienes finales destinados tanto a la producción como al consumo y la inversión.

Resumen

Esta investigación se enfoca en el diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en la gestión del riesgo, específicamente adaptado a las particularidades de las empresas metalmecánicas. En el contexto de la complejidad operativa de esta industria, se busca establecer un enfoque integral que no solo asegure la confiabilidad y disponibilidad de los activos, sino que también optimice los recursos y minimice los riesgos asociados a las actividades de mantenimiento.

El proyecto se estructuró en diversas fases, iniciando con un análisis exhaustivo de la literatura existente sobre gestión del riesgo y mantenimiento industrial. Posteriormente, se llevó a cabo un estudio detallado de las características específicas de las empresas metalmecánicas para identificar los riesgos más relevantes. Con base en esta evaluación, se diseñó un sistema que incorpore metodologías de gestión del riesgo en todas las etapas del ciclo de vida del mantenimiento, desde la planificación hasta la ejecución y el monitoreo del desempeño.

Se sugiere que los resultados de esta investigación contribuirán de manera significativa al ámbito del mantenimiento industrial, proporcionando a las empresas metalmecánicas una herramienta práctica y eficaz para gestionar sus actividades de mantenimiento de manera más efectiva y segura, mejorando así su competitividad en el mercado global.

Palabras Clave: Gestión de activos, riesgo, mantenimiento, evaluación de riesgos, mejora continua.

Abstract

This research focuses on the design of a Maintenance Management System based on risk management, specifically adapted to the particularities of metal-mechanical companies. In the context of the operational complexity of this industry, it seeks to establish a comprehensive approach that not only ensures the reliability and availability of assets, but also optimizes resources and minimizes the risks associated with maintenance activities.

The project was structured in several phases, starting with an exhaustive analysis of the existing literature on risk management and industrial maintenance. Subsequently, a detailed study of the specific characteristics of metalworking companies was carried out to identify the most relevant risks. Based on this assessment, a system was designed to incorporate risk management methodologies in all stages of the maintenance life cycle, from planning to execution and performance monitoring.

It is suggested that the results of this research will contribute significantly to the field of industrial maintenance, providing metalworking companies with a practical and efficient tool to manage their maintenance activities more effectively and safely, thus improving their competitiveness in the global market.

Keywords: Asset management, risk, maintenance, risk assessment, continuous improvement.

INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica, reconocida por su complejidad y dinamismo, enfrenta constantes desafíos en el ámbito del mantenimiento industrial. La eficiencia operativa y la maximización de la disponibilidad de activos son cruciales para mantener la competitividad en el entorno empresarial globalizado actual. En este contexto, la gestión del mantenimiento juega un papel esencial, no solo para prolongar la vida útil de los equipos, sino también para garantizar la seguridad operacional y optimizar costos.

Este trabajo de investigación se concentra en el desarrollo de un Sistema de Gestión de Mantenimiento fundamentado en la gestión del riesgo, específicamente diseñado para satisfacer las necesidades de las empresas metalmecánicas. La gestión del riesgo en el mantenimiento ofrece un enfoque proactivo que posibilita la identificación, evaluación y mitigación de los posibles riesgos asociados a las operaciones de mantenimiento, reduciendo así las interrupciones no planificadas y mejorando la confiabilidad de los activos.

El propósito principal de este trabajo de grado académico es proporcionar una herramienta integral que integre los principios de gestión del riesgo en el ámbito del mantenimiento industrial para empresas metalmecánicas. Se abordarán aspectos clave, como la identificación y evaluación de riesgos, la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, y la mejora continua mediante el análisis de desempeño.

1. PRELIMINARES

1.1 Planteamiento Del Problema

1.1.1 Definición Del Problema

Las empresas metalmecánicas son vitales en la economía industrial, fabricando componentes esenciales para diversas industrias. A medida que la complejidad de los activos aumenta, se necesita optimizar el mantenimiento para garantizar confiabilidad y eficiencia. Aunque hay avances tecnológicos, muchas empresas siguen usando enfoques tradicionales, lo que causa costos altos y problemas. Se cuestiona cómo un enfoque de mantenimiento basado en riesgos podría resolver esto y mejorar las operaciones en el sector metalmecánico.

La gestión de riesgos es valiosa para identificar y mitigar amenazas en diferentes sectores. Sin embargo, en empresas metalmecánicas, aplicarla al mantenimiento tiene desafíos. La complejidad de los equipos y la diversidad de operaciones dificultan identificar riesgos y evaluar impactos. La falta de conciencia y capacitación limita su adopción. Se necesita investigar cómo adaptar y aplicar eficientemente la gestión de riesgos en estas empresas, considerando sus características y desafíos.

Implementar un enfoque de mantenimiento basado en gestión de riesgos en empresas metalmecánicas implica un cambio profundo en las decisiones de mantenimiento. Sin embargo, la resistencia al cambio, la falta de experiencia y la inversión en nuevas tecnologías son desafíos a abordar para una transición exitosa. La falta de estudios específicos sobre la aplicación de gestión de riesgos en activos metalmecánicos destaca la importancia de esta investigación. Se busca explorar

cómo este enfoque puede superar barreras y ofrecer beneficios en confiabilidad y eficiencia en el sector metalmecánico.

1.2 Justificación

En un entorno industrial dinámico y desafiante, las empresas metalmecánicas necesitan mejorar su eficiencia y competitividad. Su papel en la producción y suministro es vital para sectores como construcción y automoción. Sin embargo, la falta de enfoque estratégico en el mantenimiento puede causar altos costos, tiempos de inactividad y baja calidad. La gestión de riesgos en el mantenimiento podría ayudar a prevenir problemas, optimizar recursos y contribuir a la sostenibilidad y el crecimiento a largo plazo de estas empresas clave en la cadena de producción.

La gestión de riesgos ha demostrado su eficacia en varios sectores, pero su adaptación y éxito en la industria metalmecánica enfrenta desafíos únicos, como la diversidad de operaciones y la necesidad de altos estándares de calidad y seguridad. Esta investigación busca llenar ese vacío proporcionando claros conocimientos sobre cómo implementar y aprovechar un enfoque de mantenimiento basado en la gestión de riesgos en empresas metalmecánicas. Al abordar estos aspectos clave, la investigación podría influir positivamente en la toma de decisiones de gestión, fomentando prácticas de mantenimiento más eficientes y orientadas al futuro en el sector. Si este proyecto se realiza, lo que se va a mejorar en la empresa que lo aplique es todo su entorno, ya que se va a implementar la mejora continua y las fallas al ser evaluadas, toman la importancia que merecen para que no afecte los procesos.

En el entorno empresarial actual, caracterizado por su creciente complejidad y competitividad, la administración de riesgos se ha convertido en un elemento esencial para el logro y la continuidad del éxito de cualquier entidad. La norma ISO

31000, elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), ofrece un marco de referencia completo para llevar a cabo una gestión de riesgos efectiva y eficiente en cualquier tipo de organización. En este capítulo, nos adentraremos en los aspectos fundamentales de la norma ISO 31000, explorando su definición, propósito y los beneficios que puede aportar a tu empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer el diseño de la metodología de mantenimiento basado en la gestión del riesgo para empresas metalmecánicas.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar los antecedentes y establecer las alternativas metodológicas para un sistema de gestión de riesgo en mantenimiento.
2. Diseñar el sistema de gestión de riesgos en mantenimiento para empresas metalmecánicas basados en las normas ISO.
3. Establecer un plan de implementación de la metodología de mantenimiento basado en la gestión del riesgo para empresas metalmecánicas.

1.4 Generalidades

1.4.1 ¿Qué Dice La Norma Iso 31000?

La norma ISO 31000¹, publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en noviembre de 2009 y actualizada en 2018, sirve como guía global para que las organizaciones implementen sistemas de gestión de riesgos efectivos. Este estándar proporciona directrices y principios que permiten a las empresas gestionar sus riesgos de manera eficaz, asegurando la alineación con sus objetivos.

Con enfoque en la operatividad, gobernanza y confianza, la norma ISO 31000 ofrece recomendaciones y prácticas óptimas para la gestión de riesgos, incluyendo aspectos relacionados con la seguridad laboral. Su aplicación no se limita a un sector específico, ya que brinda estrategias para tomar decisiones, operar y administrar riesgos adaptados a diversos contextos y escenarios empresariales.

1.4.2 Marco de gestión de riesgo

1.4.3 Proceso de gestión de riesgos

La norma ISO 31000² presenta un proceso detallado de gestión de riesgos compuesto por diversas etapas (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Etapas del proceso de gestión de riesgos

Etapa	Descripción
-------	-------------

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo. Principios y directrices, NTC-ISO 31000. Bogotá D.C.: El Instituto. 2011. 26 p.

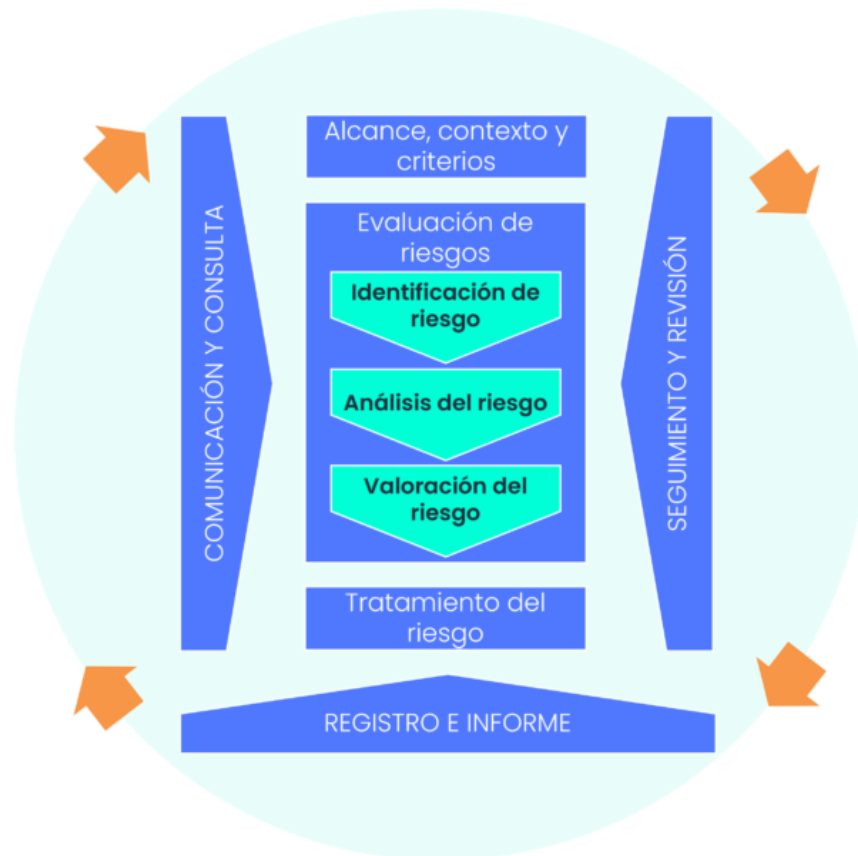
² Ibid. p. 10

Generalidades	▪ Establecimiento de los principios y marco para la gestión de riesgos. ▪ Definición de roles y responsabilidades de las partes involucradas.
Comunicación y consulta	▪ Desarrollo de un enfoque para la comunicación y consulta en apoyo a la gestión de riesgos. ▪ Intercambio de información relevante con las partes interesadas y recopilación de sus comentarios. ▪ Garantía de que la comunicación y consulta sean oportunas y efectivas.
Alcance, contexto y criterios	▪ Delimitación del alcance del proceso de gestión de riesgos. ▪ Comprensión del entorno interno y externo de la organización. ▪ Establecimiento de criterios para evaluar y comparar los riesgos.
Evaluación del riesgo	▪ Identificación de riesgos relevantes para la organización. ▪ Valoración de la probabilidad e impacto potencial de los riesgos. ▪ Análisis de la interrelación entre riesgos y su posible acumulación. ▪ Priorización de riesgos y creación de bases para decisiones informadas.
Tratamiento del riesgo	▪ Desarrollo e implementación de estrategias para abordar los riesgos identificados.

	▪ Selección de las opciones más apropiadas para manejar los riesgos. ▪ Establecimiento de controles y medidas para reducir la probabilidad e impacto de los riesgos. ▪ Monitoreo y revisión continua de las estrategias de tratamiento.
Seguimiento y revisión	▪ Establecimiento de un proceso de seguimiento para supervisar la implementación de estrategias de gestión de riesgos. ▪ Evaluación periódica del desempeño del proceso de gestión de riesgos y su efectividad en relación con los objetivos. ▪ Revisiones regulares para ajustar y mejorar el proceso según los cambios internos y externos.
Registro o informe	▪ Mantenimiento de registros pertinentes sobre riesgos, acciones y resultados. ▪ Generación de informes sobre el estado de los riesgos y las actividades de gestión. ▪ Comunicación clara y efectiva de los resultados a las partes interesadas. ▪ El proceso de gestión de riesgos es continuo, iterativo y adaptable a las necesidades y el contexto organizacional, buscando mejorar la identificación, evaluación y tratamiento de los riesgos de forma constante.

De manera similar, en la Figura 2 se esquematiza el análisis de riesgos en los procesos.

Figura 1. Análisis de riesgos en procesos



Fuente: *GlobalSuite Solutivos*.

1.4.4 ¿Por Qué Optar Por La Implementación De La Norma Iso 31000 A Través De Un Software Especializado?

La implementación de la norma ISO 31000 mediante el uso de una solución especializada no solo optimiza la gestión de riesgos, sino que también impulsa el éxito y el crecimiento empresarial. Aquí hay razones para adoptar un software de gestión de riesgos al aplicar la norma ISO 31000:

- **Automatización del proceso:** Un software especializado automatiza tareas manuales como recopilación de datos, evaluación de riesgos y generación de informes.
- **Mayor eficiencia:** La automatización agiliza los procesos, reduciendo el tiempo y los recursos requeridos para gestionar los riesgos.
- **Decisiones fundamentadas:** Centraliza información actualizada para permitir decisiones informadas que favorezcan el éxito y la sostenibilidad empresarial.
- **Mejora de la reputación:** Demuestra el compromiso con la excelencia y el cumplimiento normativo, lo que refuerza la imagen de marca.
- **Colaboración mejorada:** Facilita la comunicación entre departamentos, fomentando un enfoque colaborativo en la gestión de riesgos.
- **Integración con otros sistemas:** Puede integrarse con sistemas de gestión de proyectos o calidad, permitiendo una gestión más completa de los riesgos.

Utilizar un software para implementar la norma ISO 31000 mejora la gestión de riesgos, lo que impacta positivamente en las decisiones y el logro de objetivos organizacionales.

1.4.5 ¿En Qué Consiste La Gestión De Riesgos?

La gestión de riesgos implica la identificación y control de los riesgos a los que se enfrenta una organización. Además, evalúa la efectividad de los controles existentes y desarrolla planes de acción para mitigar, aprovechar o, en caso de imposibilidad de prevención, reducir las pérdidas derivadas de esos riesgos.

A menudo, estas amenazas pueden también generar valor, ya que las empresas establecen estrategias para equilibrar el crecimiento y la rentabilidad con los riesgos asociados, buscando un balance adecuado entre estos objetivos.

Aunque los líderes y directores suelen dirigir la gestión de riesgos, es fundamental que toda la organización participe en este proceso, fomentando así una cultura de riesgos en la entidad.

1.4.6 Gestión De Riesgos Con Base A La Norma Iso 31000

La norma ISO 31000³ define la gestión de riesgos como las actividades destinadas a monitorear y controlar los riesgos que enfrentan las empresas. Dentro de este proceso, la cuantificación juega un papel crucial, y para ello, se consideran dos conceptos fundamentales:

- **Consecuencia:** se refiere a los eventos que impactan el logro de los objetivos y que surgen como resultado de otros eventos. Esta consideración incluye la evaluación de las relaciones causa-efecto.
- **Probabilidad:** se trata de la posibilidad de que ocurra un evento. En este aspecto, se reconoce que estos eventos pueden surgir a partir de las decisiones tomadas dentro de la organización. La probabilidad generalmente se clasifica en cinco escalas: raro, probable, improbable, posible y muy frecuente.

1.4.7 Beneficios Derivados De La Adopción De Un Sistema De Gestión De Riesgos

A continuación, se enlistan los principales beneficios que surgen a partir de la adopción de un sistema de gestión de riesgo:

- Aumenta la posibilidad de lograr los objetivos planteados.
- Promueve una gestión proactiva en la identificación y tratamiento de riesgos.
- Desarrolla una conciencia sobre la importancia de identificar y abordar los riesgos.

³ Ibid. p.1

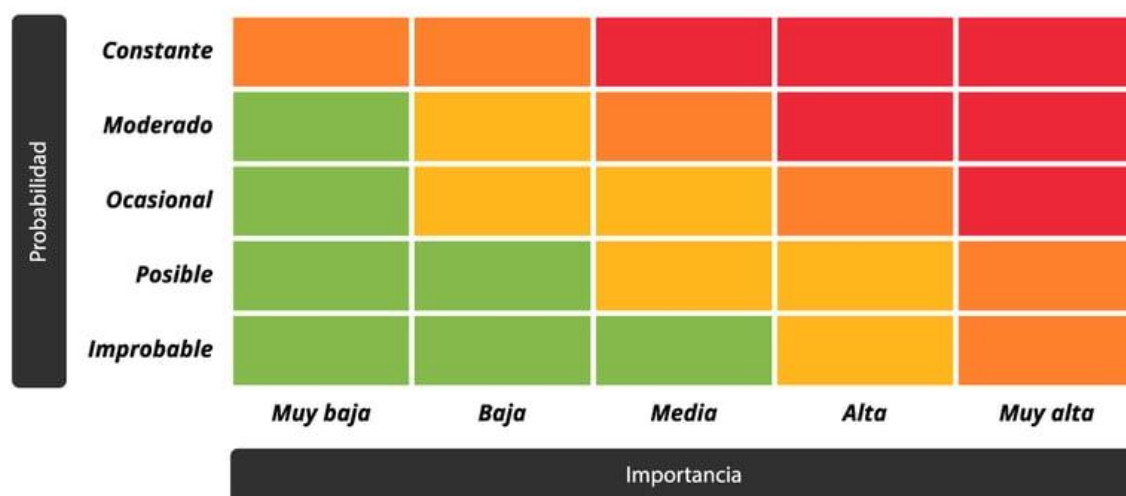
- Detecta de manera oportuna los riesgos a los que se expone la empresa.
- Garantiza el cumplimiento de requisitos legales, normativas y estándares internacionales.
- Mejora la calidad de los informes, tanto obligatorios como voluntarios.
- Mejora el gobierno corporativo y la transparencia.
- Incrementa la confianza y credibilidad de las partes interesadas.
- Minimiza pérdidas y protege los recursos empresariales.
- Establece una base sólida para la toma de decisiones y la planificación estratégica.
- Asigna y utiliza de manera eficaz los recursos para el tratamiento de riesgos.
- Mejora la eficacia y eficiencia operativa.
- Mejora el desempeño en salud, seguridad y protección ambiental.
- Refuerza la prevención de pérdidas y la gestión de incidentes.
- Fomenta el aprendizaje, la flexibilidad y una cultura organizacional sólida.
- Mejora los controles internos.
- Añade valor a la organización.
- Maneja de manera adecuada la incertidumbre.
- Facilita la adaptabilidad al cambio.
- Crea y preserva el valor empresarial, logrando metas y mejorando el rendimiento.

1.4.8 Análisis del riesgo

Después de identificar y registrar los riesgos, se procede a evaluar su escala y definir las acciones de control pertinentes para comprender su posible impacto. Generalmente, se utiliza una escala para determinar el nivel de impacto, donde se consideran variables como: limitado, bajo, moderado, alto y significativo.

Esta evaluación permite la creación de un mapa de riesgos, el cual actúa como una guía para priorizar y clasificar los riesgos en una escala del uno al diez, donde el diez representa el riesgo más alto y el uno, el más bajo. Además, se identifica el área responsable y se establece un plan de acción correspondiente.

Figura 2. Matriz de riesgos o mapa de calor



Fuente: Tomada de fundamentos de la gestión de riesgo de Incontec.

1.4.9 Comunicación y consulta

Se pretende recabar datos mediante distintos canales con el fin de divulgar los hallazgos que cada área ha detectado durante la ejecución del sistema de gestión de riesgos. Además, se busca difundir esta información para compartir los conocimientos adquiridos y los resultados obtenidos a lo largo del proceso de implementación del sistema.

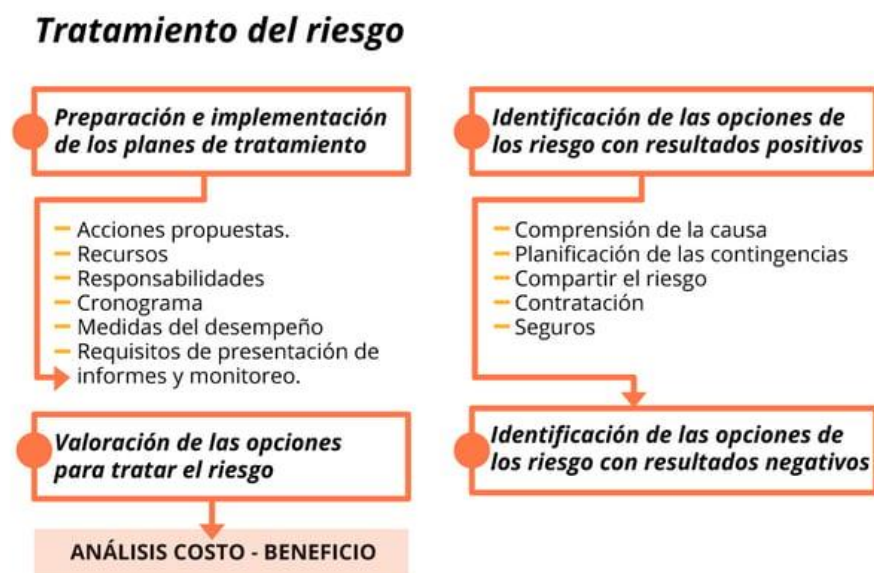
1.4.10 Análisis crítico

Se refiere a la evaluación del sistema de gestión de riesgos en desarrollo. Este análisis tiene como objetivo destacar los aspectos positivos logrados hasta el momento y trabajar en la mejora de aquellas áreas que pueden no estar siendo tan efectivas dentro del sistema implementado. Esta evaluación permite identificar los puntos fuertes y áreas de oportunidad para realizar ajustes o mejoras necesarias.

1.4.11 Tratamiento del riesgo

En la Figura 5, se esquematiza la etapa de tratamiento del riesgo.

Figura 3. Manejo del riesgo



Fuente: Tomada de fundamentos de la gestión de riesgo de Incontec.

1.4.12 Monitoreo

Periódicamente se deben hacer revisiones para saber si los planes de acción que se han implementado en cada uno de los riesgos son los correctos, esto ayudará a entender si la tarea se está haciendo bien y se están logrando resultados positivos o si, por el contrario, se debe mejorar y en algunos casos cambiar porque como hemos dicho, la gestión de riesgos es un proceso dinámico y se debe retroalimentar de acuerdo con los cambios que se van presentando tanto externa como internamente.

1.4.13 ¿Qué Dice El Análisis Dofa/Dafo/Foda Para Riesgos?

Es una herramienta estratégica que combina los elementos tradicionales del análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) con un enfoque específico en la gestión de riesgos. Esta metodología busca identificar y evaluar los riesgos asociados a las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de una organización, permitiendo así una comprensión más profunda de los posibles impactos y la formulación de estrategias de gestión de riesgos efectivas.

Por lo tanto, permite a la organización no solo comprender sus aspectos internos y externos, sino también evaluar cómo los riesgos pueden afectar su capacidad para capitalizar fortalezas, aprovechar oportunidades, abordar debilidades y mitigar amenazas. Este enfoque integral facilita la formulación de estrategias de gestión de riesgos que refuerzan la resiliencia y sostenibilidad de la organización en un entorno dinámico.

En la Tabla 2, se proporciona una descripción de cada elemento de la matriz FODA orientada hacia el riesgo:

Tabla 2. Elementos de una matriz FODA

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
▪ Se identifican las fortalezas internas de la organización que pueden ofrecer ventajas competitivas. ▪ Enfoque en evaluar los riesgos asociados a estas fortalezas, como la dependencia de proveedores específicos o la vulnerabilidad ante cambios en la regulación.	▪ Se analizan las oportunidades externas que la organización puede aprovechar para su crecimiento. ▪ Se consideran los riesgos asociados a la explotación de estas oportunidades, como posibles cambios en las condiciones del mercado o competencia intensificada.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
▪ Se exploran las debilidades internas de la organización que podrían representar desafíos. ▪ Se evalúan los riesgos inherentes a estas debilidades, como la exposición a crisis internas o la falta de diversificación.	▪ Se examinan las amenazas externas que podrían impactar negativamente a la organización. ▪ Se analizan los riesgos asociados a estas amenazas, como la susceptibilidad a eventos catastróficos o cambios en la demanda del mercado.

Fuente: Elaboración propia.

1.4.14 Integración De La Matriz Foda, Ciclo Phva Y Iso 31000 En La Gestión De Riesgos

La integración de la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y la norma ISO 31000

en la gestión de riesgos proporciona un marco holístico y robusto que combina la estrategia empresarial con las mejores prácticas reconocidas internacionalmente. En ese sentido, se connotan los siguientes aspectos:

- **Contexto y Evaluación Inicial (ISO 31000):** la norma ISO 31000 establece la importancia de comprender el contexto organizativo. La matriz FODA proporciona una evaluación integral del entorno interno y externo, informando la identificación de riesgos iniciales.
- **Planificación Estratégica (FODA y PHVA):** la matriz FODA ayuda a identificar fortalezas y oportunidades estratégicas, mientras que el ciclo PHVA facilita la planificación y ejecución de estrategias de gestión de riesgos basadas en esos elementos.
- **Identificación y Evaluación de Riesgos (ISO 31000):** la norma ISO 31000 enfatiza la importancia de la identificación y evaluación sistemática de riesgos. La matriz FODA y el ciclo PHVA contribuyen a esta fase al proporcionar un análisis estructurado de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.
- **Implementación de Estrategias (PHVA):** el ciclo PHVA asegura la implementación efectiva de estrategias de gestión de riesgos derivadas de la matriz FODA. Se ejecutan acciones planificadas para capitalizar fortalezas y oportunidades, y abordar debilidades y amenazas.
- **Monitoreo Continuo (PHVA e ISO 31000):** la verificación continua del ciclo PHVA y el monitoreo recomendado por la ISO 31000 garantizan que las estrategias estén en línea con los objetivos y se ajusten según sea necesario.
- **Mejora Continua y Adaptabilidad (PHVA e ISO 31000):** la norma ISO 31000 destaca la mejora continua. El ciclo PHVA, al incorporar la matriz FODA, facilita una mejora continua sostenible y la adaptabilidad a cambios en el entorno operativo y en la matriz FODA.
- **Enfoque Basado en Contexto (ISO 31000):** la ISO 31000 fomenta un enfoque basado en el contexto. La matriz FODA y el ciclo PHVA permiten

una adaptación específica del enfoque de gestión de riesgos según el contexto y los objetivos de la organización.

- **Integración de Resultados (FODA y PHVA):** la matriz FODA y el ciclo PHVA se integran para analizar resultados, aprender de experiencias pasadas y ajustar estrategias, asegurando una mejora continua y sostenible.
- **Cumplimiento Normativo (ISO 31000):** la ISO 31000 establece un marco para el cumplimiento normativo. La integración con la matriz FODA y el ciclo PHVA asegura que las estrategias de gestión de riesgos también estén alineadas con los objetivos y requisitos normativos.

En esa misma línea, se identifican los siguientes beneficios derivados de la integración:

- **Sinergia en la Identificación de Riesgos:** La integración proporciona una visión sinérgica y holística en la identificación y evaluación de riesgos.
- **Efectividad en la Implementación:** Facilita una implementación efectiva de estrategias alineadas con los objetivos organizativos.
- **Adaptabilidad y Resiliencia:** La integración fortalece la adaptabilidad y resiliencia de la organización frente a cambios internos y externos.
- **Cumplimiento Normativo y Mejora Continua:** Garantiza el cumplimiento normativo mientras se impulsa la mejora continua basada en resultados y aprendizaje continuo.
- **Gestión Estratégica de Riesgos:** Facilita la gestión estratégica de riesgos al alinear los esfuerzos de gestión de riesgos con la dirección estratégica de la organización.

La integración de la matriz FODA, el ciclo PHVA y la norma ISO 31000 establece un enfoque completo y sinérgico para la gestión de riesgos, impulsando la eficacia, la adaptabilidad y la mejora continua en el entorno empresarial.

1.4.15 Mantenimiento basado en gestión del riesgo

El enfoque del mantenimiento basado en la gestión del riesgo se ha vuelto esencial en la actualidad para asegurar que equipos, infraestructuras y sistemas operen de manera eficiente y segura en diversos sectores industriales. En un entorno donde las operaciones son cada vez más complejas y la dependencia de la tecnología es creciente, la gestión del riesgo se ha convertido en una estrategia crucial para minimizar interrupciones costosas y potencialmente peligrosas.

En este escrito, profundizaremos en cómo esta aproximación transforma la manera en que las organizaciones abordan la conservación de sus activos, y cómo esta metodología se erige como un pilar fundamental para la sostenibilidad y la competitividad en el panorama empresarial actual. Analizaremos las estrategias clave, las herramientas y los beneficios vinculados a esta disciplina, además de examinar ejemplos y casos prácticos que ejemplifican su implementación en situaciones reales.

En última instancia, entenderemos por qué el mantenimiento basado en la gestión del riesgo no solo es pertinente, sino también esencial en la gestión de activos y operaciones en la época contemporánea.

1.4.16 ¿Qué es el mantenimiento basado en la gestión del riesgo?

El Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR), constituye una poderosa y estratégica metodología que ha ganado prominencia en una amplia gama de industrias. Su principal propósito radica en la optimización de las estrategias de mantenimiento aplicadas a equipos, instalaciones y sistemas, con un enfoque central en la maximización de la confiabilidad y la disponibilidad operativa. Sin embargo, su alcance va más allá de estos beneficios primarios, ya que busca

concomitantemente reducir los costos operativos y minimizar los riesgos inherentes a las operaciones industriales.

Hay que tener en cuenta la comparación entre RCM y el mantenimiento basado en gestión del riesgo, a continuación se muestra un cuadro comparativo donde se denotan los conceptos y las diferencias, así, la persona que aplicaría el modelo planteado, podrá saber cuál tipo de mantenimiento es el mejor a aplicar según el contexto que se presente (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Comparación entre RCM y el MBGR

RCM (<i>Reliability Centred Maintenance</i>)	Mantenimiento basado en el riesgo
El enfoque de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) es una técnica utilizada para detectar las cuestiones que afectan la eficiencia de un sistema. En un principio, se lleva a cabo un análisis de las fallas con el fin de medir la confiabilidad de un activo. Posteriormente, se investiga de manera sistemática cómo cada fallo afecta el rendimiento, las razones detrás de su aparición, las implicaciones que conlleva y las posibles medidas de prevención o predicción.	El enfoque de mantenimiento centrado en el riesgo, como su nombre sugiere, da preferencia a los activos en función de su nivel de riesgo asociado. Comienza mediante una evaluación del riesgo, que se basa en la probabilidad de falla y las posibles repercusiones de dichos fallos. Estos dos factores se combinan en una matriz de criticidad para determinar cuáles activos representan un mayor riesgo.

Fuente: elaboración propia.

Considerando lo anterior, sus principales diferencias se fundamentan en:

- Orden de importancia.

El enfoque de mantenimiento basado en el riesgo otorga importancia al factor de riesgo, mientras que el mantenimiento centrado en la fiabilidad se enfoca en la funcionalidad. Aunque "riesgo" y "productividad" pueden superponerse, no son idénticos. La disminución del riesgo conduce a un aumento en la confiabilidad, pero lo contrario no es necesariamente cierto. Un activo puede mejorar su desempeño sin eliminar posibles peligros.

Tomemos como ejemplo un acondicionador de aire: es posible modificarlo para aumentar su confiabilidad, pero esto no necesariamente reduce los riesgos asociados. De manera similar, cambiar un compresor de aire en un activo probablemente mejore su rendimiento, pero el riesgo inherente, como una posible fuga, permanece inalterado. Por lo tanto, como estamos comenzando a comprender, la Gestión basada en el riesgo (GbR) y la Gestión centrada en la fiabilidad (GCR) no siempre asignan prioridad a los mismos equipos.

- El punto de inicio

Estas distintas prioridades implican que el punto de partida de cada enfoque también es diferente. El enfoque de la Gestión basada en el riesgo (RbM) implica una evaluación completa de todos los activos, seguida de la determinación de su prioridad. Se aborda gradualmente a los activos menos críticos, similar a la estrategia de una campaña de vacunación. Cuando hay un suministro limitado de vacunas y grupos de mayor riesgo, la distribución se inicia con estos grupos y, si hay más vacunas disponibles posteriormente, otros grupos pueden acceder a ellas.

Por otro lado, el enfoque de la Gestión centrada en la fiabilidad (RCM) parte de un conjunto más reducido de activos, centrándose en aquellos cuya función es

absolutamente esencial y cuyo fallo detendría la producción, lo que lo hace especialmente popular en fábricas y plantas. En la analogía de la campaña de vacunación, en lugar de enfocarse en grupos de riesgo inicialmente, se prioriza la protección de personas clave, como el presidente o el monarca.

Es importante destacar que ambos enfoques considerarían importante proteger a los trabajadores de la salud, ya sea porque enfrentan un mayor riesgo en su trabajo (en el caso de RbM) o porque son activos esenciales (en el caso de RCM). Además, se reconoce que las medidas preventivas, como las vacunas, no son incompatibles con las técnicas de Monitoreo de Condición (pruebas, creación de una "burbuja" alrededor de los activos estratégicos, etc.). Los gestores toman decisiones sobre qué enfoque funciona mejor para cada situación.

- Enfoque estratégico en comparación con enfoque sistemático.

El enfoque de mantenimiento basado en el riesgo se considera una elección estratégica. Cuando se enfrenta a recursos limitados para el mantenimiento y las reparaciones, se opta por abordar primero los riesgos más significativos. En contraste, el mantenimiento centrado en la fiabilidad no se trata de una decisión de "esto o aquello". Los responsables de instalaciones y mantenimiento no adoptan el RCM únicamente debido a restricciones de recursos, sino también porque buscan mejorar la eficiencia de sus plantas.

Se lleva a cabo una evaluación sistemática para determinar el mejor enfoque de mantenimiento para preservar la funcionalidad de cada activo. Se plantean preguntas como si se debe realizar un monitoreo constante de su estado, inspecciones periódicas o esperar a que ocurra una falla. Este proceso implica una serie de 7 preguntas formuladas de manera consistente, lo que denota un enfoque metódico.

Aquí es donde comienzan las similitudes. Para decidir los métodos óptimos para mantener el funcionamiento, los expertos en fiabilidad examinan los fallos de los equipos, la matriz de criticidad y las piezas requeridas. Cabe destacar que la matriz de criticidad también juega un papel importante en el proceso de toma de decisiones en el mantenimiento basado en el riesgo (RbM).

Entonces, ¿cuál de las dos opciones es superior? No existe una opción superior a la otra. Las decisiones basadas en el riesgo se consideran estratégicas, mientras que las decisiones centradas en la fiabilidad son tácticas y tienen como objetivo maximizar la confiabilidad de los activos y cumplir con los objetivos empresariales. La elección entre una u otra depende de factores como la disponibilidad de recursos, la cartera de activos en cuestión y los objetivos de la empresa.

En cualquier caso, es fundamental examinar el historial y los registros de los activos antes de tomar medidas. Puede programar una demostración para descubrir cómo organizar los registros de mantenimiento, supervisar los indicadores clave de rendimiento (KPI) y mejorar sus operaciones utilizando un Sistema de Gestión de Mantenimiento (IMMP, por sus siglas en inglés)⁴.

Continuando con la temática, este enfoque avanzado y meticuloso hacia el mantenimiento no es una mera ocurrencia; su concepción se arraiga en la industria aeroespacial, donde surgió como respuesta a la necesidad de garantizar niveles óptimos de seguridad y funcionamiento de equipos críticos. A medida que la tecnología evolucionó y las demandas de confiabilidad se volvieron esenciales en diversos sectores, la metodología del MBGR encontró su camino hacia múltiples industrias. Desde la manufactura hasta la energía, pasando por el transporte y más

⁴ INFRASPEAK. Reliability Centered Maintenance vs Risk-Based Maintenance [Sitio web]. (2021, junio 16). Disponible en: <https://blog.infraspeak.com/reliability-centred-maintenance-vs-risk-based-maintenance/>

allá, el MBGR ha tejido una red de aplicaciones que abarca verticales industriales variadas.

El núcleo del MBGR yace en la comprensión profunda de las funciones esenciales de los equipos y sistemas. Al analizar detenidamente los modos de fallo potenciales, la metodología busca identificar escenarios en los cuales los componentes puedan degradarse o fallar, lo que podría tener ramificaciones significativas para la operatividad, la seguridad y el medio ambiente. Al evaluar las consecuencias de estos posibles fallos, desde el impacto operativo hasta los efectos en la calidad del producto y más allá, se forja una comprensión holística de los riesgos asociados.

A través de esta rigurosa evaluación, el MBGR permite una toma de decisiones informada y basada en datos. No se trata simplemente de aplicar un enfoque "un tamaño para todos", sino de seleccionar y adaptar estrategias de mantenimiento específicas para cada situación. Estas estrategias pueden abarcar desde el mantenimiento preventivo, diseñado para evitar fallos antes de que ocurran, hasta el mantenimiento predictivo, que emplea tecnologías como el monitoreo en tiempo real para anticipar necesidades de mantenimiento.

Además de su enfoque en la confiabilidad y la disponibilidad, el MBGR también es un aliado en la gestión eficiente de recursos. Evita la sobreutilización de recursos en actividades de mantenimiento innecesarias y, en su lugar, canaliza los recursos hacia áreas donde se necesitan más. Esta optimización no solo conduce a una reducción de costos a largo plazo, sino que también contribuye a un uso más responsable de los recursos, alineándose con prácticas sostenibles.

En el corazón del Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR) late una filosofía que trasciende la mera acción de mantenimiento, adoptando un enfoque holístico y estratégico que redefine la gestión de activos. Este enfoque se destaca por su capacidad de identificar y priorizar tareas de mantenimiento con una precisión

y una previsión que van más allá de los paradigmas tradicionales. Si bien los enfoques convencionales a menudo gravitan en torno a estrategias de tiempo predefinido o la ejecución de tareas mecánicas programadas, el MBGR emerge como un faro de ingenio al abrazar una visión más completa y contextualizada.

Al sumergirse en la maraña compleja de los riesgos potenciales y las secuelas de los fallos, el MBGR trasciende los enfoques tradicionales y se adentra en el tejido mismo de los equipos y sistemas. La búsqueda por una comprensión íntima de los procesos y las funciones actúa como el andamiaje de esta metodología, permitiendo una conexión empática con la esencia misma de lo que impulsa a estos componentes industriales. Esta inmersión profunda no solo es un acto de introspección industrial, sino que también es un medio para el fin último de adaptar estrategias de mantenimiento a las realidades concretas y las necesidades inherentes de los equipos.

A medida que el MBGR rastrea la cadena de posibles eventos de fallo, su enfoque no se limita a las inevitables variaciones en el tiempo. En cambio, se abraza una comprensión más sofisticada, considerando una gama de factores que podrían desencadenar un fallo, desde la fatiga de materiales hasta las condiciones operativas variables. Al hacerlo, desafía la noción de que el tiempo es el único indicador digno de consideración y abraza un paradigma más adaptable, que contempla la verdadera naturaleza dinámica de la maquinaria industrial.

Este enfoque profundo y penetrante tiene ramificaciones significativas para la eficiencia y la rentabilidad. Al no estar atado a un calendario fijo o a tareas de rutina, el MBGR permite una asignación de recursos más precisa y justificada. Se evita la dispersión de esfuerzos y recursos en mantenimientos preventivos que pueden resultar innecesarios y se focaliza la atención en áreas que realmente necesitan atención. En última instancia, esto conduce a una optimización tanto de los costos operativos como de la utilización de los recursos.

Como un enfoque que abraza el conocimiento profundo y la inteligencia derivada de la comprensión de procesos, el MBGR se erige como un faro en un mar de incertidumbre. Donde los enfoques tradicionales pueden carecer de agudeza en medio de la complejidad industrial, el MBGR brilla como un faro de estrategia fundada en datos, adaptación precisa y mitigación de riesgos basada en la comprensión profunda. Su influencia no solo radica en la excelencia operativa y la confiabilidad mejorada, sino también en su capacidad para desafiar y enriquecer la mentalidad del mantenimiento industrial, llevándola de la monotonía a la maestría.

Algunos conceptos clave relacionados con el Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo son:

- **Análisis Funcional**

El proceso del Análisis Funcional, como uno de los pilares fundamentales en la metodología del Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR), se revela como una intrincada danza de discernimiento y revelación. Este paso inicial no solo marca el comienzo de un proceso meticuloso, sino que también sienta las bases para una toma de decisiones informada y precisa en la gestión de activos.

A través del Análisis Funcional, se desentrañan las capas aparentemente insondables que conforman la esencia de un equipo o sistema. Es como desarmar un reloj intrincado para comprender cómo cada engranaje, resorte y mecanismo se entrelazan en un ballet preciso para cumplir un propósito mayor. Desde los componentes más notables hasta los detalles más sutiles, el Análisis Funcional busca capturar la esencia misma de la contribución de ese equipo o sistema al logro de los objetivos operativos.

No es solo una mera recopilación de funciones, sino un ejercicio de comprensión profunda. Se trata de explorar cómo cada función se conecta con las otras, cómo se sincronizan para formar una sinfonía de operación eficiente y confiable. Cada

función no es solo una pieza aislada en un rompecabezas; es un componente vital en un ecosistema de rendimiento coordinado. El Análisis Funcional es, por tanto, una inmersión en el alma de la maquinaria industrial.

La distinción clave radica en que este análisis no es una mera formalidad, sino un precursor esencial para decisiones informadas. Al comprender las funciones esenciales en profundidad, se construye un mapa mental de la importancia de cada componente y su interdependencia. Este mapa se convierte en una brújula que guía las elecciones en la planificación de mantenimiento. No se trata solo de qué partes necesitan atención, sino de cómo esas partes afectan todo el sistema. Es una visión que trasciende el presente y se adentra en un futuro de operación continua y optimizada.

Este paso, aunque puede parecer minucioso, desempeña un papel crucial en la identificación de puntos de fragilidad y áreas de enfoque prioritario. Cada función, cada elemento, se somete a un escrutinio en busca de su potencial para generar fallos y interrupciones. No es simplemente una exploración superficial; es una exploración de causa y efecto que prepara el terreno para decisiones fundamentadas.

En esencia, el Análisis Funcional no es solo un proceso, sino una odisea en el entendimiento. Es un acto de reverencia hacia la maquinaria que impulsa la operación industrial. Es una plataforma que conecta las piezas del rompecabezas de un equipo o sistema y las traduce en un lenguaje de eficiencia y confiabilidad. Desde la última tuerca hasta la función más crucial, este análisis allana el camino para un Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo informado y enfocado en la excelencia.

- **Identificación de Modos de Falla**

Históricamente, en las plantas químicas, se solían seguir planes de mantenimiento para los equipos basados en las recomendaciones de los fabricantes, calendarios fijos, políticas internas o incluso solo se aplicaba mantenimiento correctivo, es decir, se reparaba solo cuando algo fallaba. Sin embargo, el objetivo principal de cualquier gestión de mantenimiento siempre ha sido mantener los equipos o activos en su mejor estado de disponibilidad y confiabilidad para asegurar una producción continua. A pesar de esto, surge la pregunta: ¿Están realmente enfocados adecuadamente los esfuerzos de mantenimiento?

En la actualidad, la planificación del mantenimiento está evolucionando para incorporar criterios de riesgo y confiabilidad. Esto significa que, además de asegurar que las acciones de mantenimiento impacten positivamente en el rendimiento de los activos, también se busca reducir, evaluar y controlar el riesgo, administrando de manera efectiva la seguridad. Para lograr esto, se emplea un análisis de riesgo utilizando la metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA o AMFEC). El objetivo es identificar los modos de falla que representan el mayor riesgo y luego seleccionar la mejor estrategia de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o incluso acciones complementarias.

El proceso FMECA o AMFEC comprende varias etapas, que incluyen definir la intención de diseño, analizar la función, identificar los modos de falla, evaluar los efectos de dichas fallas, jerarquizar el riesgo y ofrecer recomendaciones. La aplicación de esta metodología en una planta endulzadora de gas se ilustra en este trabajo, centrándose particularmente en la etapa crítica de la planificación.

El FMECA o AMFEC permite identificar los modos de falla de alto riesgo, considerando los impactos en la producción, la instalación y la seguridad del personal. Los modos de falla de menor riesgo se abordan de manera más genérica.

Esto facilita la identificación de áreas donde el mantenimiento puede tener un mayor impacto en la seguridad y confiabilidad de la instalación. Además, este enfoque optimiza los recursos, ya que la planificación del mantenimiento se basa en los modos de falla en lugar de centrarse en equipos específicos.

La incorporación de criterios de riesgo y confiabilidad en la planificación del mantenimiento es una tendencia global que requiere un cambio en la concepción tradicional del proceso de planificación. El empleo de metodologías como el FMECA o AMFEC busca mejorar la calidad de los planes de mantenimiento, lo que a su vez se traduce en mejores programas de mantenimiento y, en última instancia, en un mejor rendimiento de los activos y una mayor seguridad. Aunque enfrenta resistencia debido a la tradición, esta evolución en la planificación del mantenimiento es esencial para el éxito en la gestión de activos en la actualidad.⁵

- **Análisis de Consecuencias**

El desarrollo de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) ha introducido una estrategia de mantenimiento que considera tanto los efectos de las fallas en la planta como su impacto en las partes interesadas. Aunque el RCM también requiere un análisis exhaustivo de las causas de las fallas, va más allá al analizar detenidamente las consecuencias de los eventos de falla identificados. Su objetivo principal es gestionar estas consecuencias, evitando o reduciendo sus efectos negativos.

Dado el análisis adicional necesario para llevar a cabo el RCM, se hace necesario clasificar y calificar los efectos de las fallas en distintas categorías. La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), a través de la norma SAE JA1011, formaliza la

⁵ AGUILAR-OTERO, José R. *et al.* Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. En: Revista Científica Tecnología, Ciencia, Educación, 2010, vol. 25, no 1, p. 15-26. [En Línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>

categorización de las posibles consecuencias de los modos de falla. Estas consecuencias se pueden dividir en función de su impacto en los objetivos de la organización en cuatro categorías principales: ocultas, relacionadas con la seguridad y el medio ambiente, relacionadas con la operación y no relacionadas con la operación.

- **Tipos de consecuencias de fallas**

Cada modo de falla conlleva sus propias consecuencias, incluso cuando se trata de modos de falla que aún no se han detectado. Las consecuencias que permanecen ocultas se deben a que la fuente detrás de estas consecuencias también se encuentra oculta. Estas consecuencias se derivan de fallas que no son evidentes ni para los trabajadores a cargo ni para sus respectivos equipos. Debido a que el evento de falla se mantiene en secreto y es prácticamente desconocido para el equipo, las consecuencias de la falla pueden abarcar aspectos relacionados con la seguridad, el medio ambiente, la operatividad o la no operatividad. La mayoría de estas fallas se originan en dispositivos de protección que no funcionan según lo planeado. Es crucial identificar y evaluar los riesgos asociados con los dispositivos de protección instalados que no garantizan una operación sin fallas en ciertas condiciones.

Ahora, las preocupaciones relacionadas con la seguridad y la preservación del entorno se encuentran estrechamente vinculadas. En esta categoría se agrupan los incidentes de falla que afectan la seguridad de los trabajadores de la organización o de cualquier otra parte interesada, así como aquellos eventos adversos de falla que representan una amenaza para el medio ambiente. Ejemplos típicos de este tipo de consecuencias incluyen incidentes catastróficos que pueden resultar en lesiones físicas o la alteración de áreas geográficas protegidas.

Por otro lado, se distinguen las categorías operacional y no operativas, las cuales únicamente implican repercusiones económicas para la organización. Primero, los efectos de falla con consecuencias operativas impactan directamente en la producción de la planta. Los ejemplos típicos que se incluyen en esta categoría son cuando los eventos de falla afectan negativamente la producción de la planta, la seguridad de la materia prima, la calidad del producto y la capacidad de producción, etc. Estos tipos de consecuencias podrían generar pérdidas monetarias para la organización como resultado de una capacidad de producción reducida.

Segundo, las consecuencias relacionadas con la no operatividad surgen como resultado de eventos de falla que, aunque no tengan un impacto inmediato en la producción de la planta, aún pueden generar gastos adicionales para la organización. Estas consecuencias generalmente se manifiestan en forma de costos asociados con la reparación o el reemplazo de equipos, especialmente cuando estos costos exceden el valor de las pérdidas de producción que se pueden experimentar.

Debido a la variedad de consecuencias de fallas y la aparente superposición entre las categorías, determinar cuál es la más adecuada puede ser un desafío. En caso de que la situación se vuelva confusa, puede ser útil dar un paso atrás y recordar el propósito principal de este ejercicio, que es identificar una categoría que facilite la evaluación del rendimiento de la metodología RCM. El objetivo es seleccionar el tipo que mejor describa las consecuencias de la falla, lo que guiará las estrategias para llevar a cabo las actividades de RCM.

El orden en el que se presentan los tipos mencionados anteriormente puede servir como una guía para identificar la consecuencia de la falla más apropiada. En primer lugar, se debe determinar si algún evento de falla está relacionado con causas ocultas, como podría ser el caso de un dispositivo de protección. Si es así, se debe considerar la consecuencia de falla oculta. A continuación, se debe evaluar si existe

exposición de los trabajadores o partes interesadas a peligros físicos o psicológicos, o si el evento de falla podría causar daños al medio ambiente o violar las regulaciones ambientales. En cualquiera de estos casos, se debe considerar la consecuencia de falla ambiental/de seguridad.

Si en este punto aún no se ha categorizado el evento de falla, se debe analizar su impacto económico en la empresa, prestando atención a los detalles específicos de los costos incurridos. Si la mayoría de los costos están relacionados principalmente con pérdidas en las operaciones o la producción, entonces la consecuencia de la falla se clasifica como operativa. Por otro lado, si los costos se deben principalmente a reparaciones u otras causas, la consecuencia de la falla se clasifica como no operativa.

- **Análisis de Riesgos**

En la etapa trascendental del Análisis de Riesgos, se lleva a cabo una proyección valiente y cuantitativa hacia el futuro potencial de los equipos y sistemas industriales. No es simplemente una lectura de las estrellas, sino un ejercicio riguroso de datos y lógica que busca iluminar las intersecciones entre la probabilidad y las implicaciones de un posible fallo.

El corazón de esta fase es la cuantificación de la probabilidad. Cada modo de fallo se convierte en un rompecabezas matemático, una ecuación en la que cada variable y factor contribuye a la formación del resultado final. ¿Qué tan probable es que ocurra un fallo específico? Esta pregunta se convierte en una brújula que guía las decisiones, permitiendo una priorización informada y estratégica.

Sin embargo, la probabilidad solo es la mitad de la ecuación. En la intersección entre la probabilidad y las consecuencias se forja el riesgo, ese concepto etéreo que ronda en los márgenes de la operación. La evaluación de las consecuencias

previamente consideradas se entrelaza con las probabilidades cuantificadas, generando una matriz de posibles resultados. Esta matriz no es solo un espejo en el cual se refleja la incertidumbre, sino una herramienta para definirla y comprenderla.

Es en este espacio entre la probabilidad y las consecuencias que nace el concepto del riesgo asociado. Cada nodo en la matriz representa una combinación única de factores, una ventana a un posible futuro. La ponderación de estos posibles futuros es una danza delicada entre la certeza y la incertidumbre, una búsqueda por entender qué amenazas son más inminentes y cuáles podrían tener un impacto más duradero.

El Análisis de Riesgos es una odisea en el equilibrio. No es solo una cuestión de asignar números a posibles escenarios; es una reflexión profunda sobre las implicaciones de esos números. Es un intento por iluminar la sombra de lo desconocido, pintando un retrato de futuros potenciales y el nivel de incertidumbre que los acompaña.

En última instancia, esta fase es un faro en la oscuridad de la toma de decisiones. No se trata solo de etiquetar los posibles riesgos, sino de forjar una comprensión genuina de cómo los riesgos se conectan con la operación industrial. No es solo una etapa aislada, sino una piedra angular en la construcción de estrategias de mantenimiento informadas y la protección contra futuros no deseados. En este mar de probabilidades y consecuencias, el Análisis de Riesgos es un faro de claridad que guía el camino hacia decisiones fundadas y una gestión de activos robusta.

- **Selección de Estrategias de Mantenimiento**

La etapa crucial de la Selección de Estrategias de Mantenimiento se desarrolla como un proceso de destilación, donde se tamizan las múltiples opciones y se forja una ruta hacia la confiabilidad operativa y la gestión eficiente de activos. No es

simplemente un juego de azar, sino un ejercicio lógico que fusiona las lecciones aprendidas del análisis de riesgos con una comprensión profunda de las necesidades del equipo y la estrategia operativa.

El análisis de riesgos es la piedra angular sobre la cual se erige esta fase. Cada matriz de probabilidad y consecuencia es una mina de oro de información, una guía que señala las áreas de mayor preocupación y las amenazas que podrían socavar la integridad operativa. Al unir este conocimiento con un entendimiento intrínseco de las funciones y operación del equipo, se forja el camino para la elección informada de estrategias de mantenimiento.

La elección no es simplemente un juego de favoritismo; es una respuesta ponderada a las complejidades de cada modo de fallo. El mantenimiento preventivo puede emerger como una solución, programando intervenciones regulares para evitar que los fallos se materialicen. El mantenimiento predictivo, por otro lado, puede aprovechar tecnologías de monitoreo y análisis de datos para anticipar necesidades de mantenimiento antes de que ocurra un fallo.

El mantenimiento correctivo, aunque a menudo visto como último recurso, no se descarta por completo. Se reconoce como una opción que puede ser apropiada en ciertos contextos, especialmente cuando los riesgos y las consecuencias no son graves y los costos de reparación no superan los beneficios de intervención temprana.

No obstante, la joya en la corona de la Selección de Estrategias de Mantenimiento es la decisión de no intervenir. En ocasiones, los análisis de riesgos revelan que un fallo potencial no es lo suficientemente significativo como para justificar acciones de mantenimiento. Aquí, se rompe con la noción convencional de "siempre hay que hacer algo". La toma de decisiones se eleva a un plano más alto, basándose en una

comprensión aguda de cuándo la intervención puede ser más perjudicial que beneficiosa.

Esta fase, en última instancia, no es solo una elección mecánica de estrategias. Es una sinfonía de datos, conocimiento y visión estratégica. Es el acto final en la transformación de la teoría en acción, donde el análisis cobra vida en forma de intervenciones planificadas y decisiones tácticas.

Ciertamente, la Selección de Estrategias de Mantenimiento es un río que fluye entre el análisis y la aplicación, una vía para navegar a través de los riesgos y aprovechar las oportunidades. No se trata solo de optimizar la confiabilidad, sino de dar forma al destino operativo a través de decisiones informadas y estrategias adaptativas. Es la manifestación concreta de la inteligencia de datos y la perspicacia humana en la gestión de activos, marcando el camino hacia la excelencia en la operación industrial.

La implementación de programas de mantenimiento no es una tarea sencilla, sino que implica un compromiso significativo por parte de las organizaciones. Esto se debe a que es necesario estar preparado para adaptarse a los cambios que puedan surgir en los sistemas de producción a lo largo del tiempo. Además, para llevar a cabo un mantenimiento efectivo, es esencial desarrollar una variedad de herramientas de apoyo que faciliten la gestión y supervisión de las actividades de mantenimiento.

En este contexto, surge el concepto del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), una metodología diseñada con el objetivo de respaldar y mejorar la toma de decisiones relacionadas con la selección de las tareas de mantenimiento. El MCC se basa en la aplicación de una secuencia de tareas específicas que ayudan a identificar de manera precisa las acciones de mantenimiento requeridas para garantizar la confiabilidad de los equipos y sistemas.

En el marco de este estudio, se introduce de manera integral el concepto del MCC y se lleva a cabo un análisis exhaustivo de casos de aplicación. Estos casos se consideran de gran relevancia y utilidad, ya que proporcionan ejemplos concretos de cómo el MCC se implementa en situaciones prácticas en la industria de generación eléctrica. Además, este análisis de casos contribuye a una comprensión más profunda y contextualizada de cómo el MCC puede ser aplicado de manera efectiva en proyectos de ingeniería reales.

El establecimiento de programas de mantenimiento y la adopción del enfoque del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad son procesos que requieren compromiso, adaptación y la utilización de herramientas adecuadas. Este estudio no solo presenta el concepto del MCC, sino que también demuestra su aplicabilidad a través de ejemplos prácticos en el sector de generación eléctrica, lo que lo convierte en una valiosa contribución al campo de la ingeniería y el mantenimiento industrial.⁶

- **Optimización de Recursos**

En el entramado de la gestión industrial, la Optimización de Recursos se erige como un faro de pragmatismo y eficiencia, guiando la brújula de decisiones en un paisaje complejo de activos y riesgos. En el corazón de esta etapa, el Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR) despliega su potencial como un maestro de la armonización, sincronizando los recursos con los imperativos operativos y los niveles tolerables de incertidumbre.

⁶ ESPINOSA, Fernando F. SALINAS. *et al.* selección de estrategias de mejoramiento de las condiciones de trabajo para la función mantenimiento utilizando la metodología MCDA Constructivista. Información tecnológica. En: Revista Científica. Información tecnológica, 2013, vol. 24, no 3, p. 57-72. [En Línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000300008&script=sci_arttext

La búsqueda de equilibrio es la nota clave aquí. Los recursos, tan valiosos y finitos, deben ser asignados con sabiduría, y es en esta intersección donde el MBGR florece. No se trata solo de gastar menos o más; se trata de gastar de manera inteligente, dirigir los esfuerzos y los fondos donde realmente importan. La danza se basa en un entendimiento profundo de los riesgos involucrados y la relación intrínseca entre intervención y resultado.

El MBGR es el maestro del "justo a tiempo" en el mundo del mantenimiento. Evita el exceso, donde las intervenciones superfluas pueden resultar en un exceso de gastos y perturbaciones innecesarias. Al mismo tiempo, el MBGR es el defensor de la preparación, asegurando que los recursos estén listos para entrar en acción cuando el riesgo es significativo. En última instancia, este enfoque no solo preserva los recursos financieros, sino también el capital humano y la energía que se dedica a las actividades de mantenimiento.

El equilibrio también se encuentra en la intersección entre riesgo y confiabilidad. El MBGR es como un equilibrista en la cuerda floja de la operación industrial. Demasiado poco mantenimiento puede inclinar la balanza hacia la incertidumbre y el caos. Demasiado mantenimiento, por otro lado, puede inclinarla hacia la ineficiencia y los costos innecesarios. La optimización de recursos se convierte en una danza entre estas dos fuerzas opuestas, una coreografía que busca el punto ideal donde la confiabilidad se encuentra con la economía.

En última instancia, la Optimización de Recursos no es solo un concepto abstracto, sino una estrategia arraigada en la realidad operativa. A través del MBGR, los recursos son tratados como monedas valiosas, invertidas cuidadosamente en el tejido de la operación para cosechar los máximos beneficios. No es solo un acto de eficiencia; es un acto de equilibrio. El MBGR se convierte así en un instrumento que afinado y bien ejecutado puede llevar a las operaciones a un estado de

sincronización óptima, donde el rendimiento y la economía se funden en una sinfonía de excelencia operativa.

El proyecto⁷ en el que fue basado este ítem, centrado en el "Análisis para la Optimización de recursos del área de mantenimiento", tuvo como objetivo principal la creación de una herramienta de gestión altamente efectiva. Esta herramienta se erigió sobre el sólido fundamento del tercer pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y se diseñó meticulosamente para abarcar todas las facetas del mantenimiento, desde la planificación inicial hasta la ejecución y el control continuo de todas las actividades relacionadas.

Para lograr este ambicioso objetivo, se llevó a cabo un análisis de una profundidad excepcional de los costos totales de mantenimiento, con una atención particular puesta en la evaluación de indicadores críticos como la disponibilidad de los equipos y la frecuencia de fallos no programados. Este análisis exhaustivo proporcionó información valiosa que fue utilizada como base para la formulación de un plan de mantenimiento altamente específico y orientado a resultados.

El propósito fundamental de este plan era doble: en primer lugar, buscar la minimización de los costos asociados al mantenimiento, lo que implicaba una gestión eficiente de los recursos disponibles. En segundo lugar, se orientó hacia la resolución efectiva de las posibles fallas que pudieran surgir en los equipos de producción, garantizando así un funcionamiento continuo y confiable de la maquinaria y, en última instancia, mejorando la eficiencia operativa y la rentabilidad de la organización en su conjunto. Este proyecto no solo buscaba la optimización de recursos, sino también la mejora continua en el mantenimiento y la gestión de activos.

⁷ Ibid. p.1

- **Seguimiento y Mejora Continua**

La fase de Seguimiento y Mejora Continua emerge como el latido constante en el corazón del Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR), infundiéndole un espíritu de evolución y adaptación en el ciclo de vida operativo. Más allá de ser una mera etapa final, es un recordatorio constante de que la excelencia no es un destino, sino un camino en constante evolución.

El ciclo cíclico del MBGR se convierte en una danza constante entre la implementación y la evaluación. Cada estrategia de mantenimiento desplegada se convierte en una piedra de toque para medir el impacto en la confiabilidad, la disponibilidad y la eficiencia. ¿Los resultados cumplen con las expectativas? ¿Las intervenciones han logrado mitigar los riesgos y mejorar la operación? Estas son las preguntas que actúan como faros de dirección en esta fase.

La retroalimentación constante es el alma de este proceso. No es simplemente un informe periódico, sino un diálogo continuo entre la teoría y la práctica. Los datos son el lenguaje de esta conversación, proporcionando una visión imparcial de los resultados. Las métricas cuidadosamente elegidas se convierten en los testigos silenciosos del progreso, llevando consigo las historias de éxito y las áreas de mejora. Y es precisamente en estas áreas de mejora donde reside el potencial transformador. La Mejora Continua no es solo una noción abstracta, sino un camino hacia la evolución operativa. Las estrategias que funcionan se refuerzan y amplían, mientras que las que no cumplen con las expectativas se ajustan y optimizan. Esta fase no solo es un acto de corrección de errores; es un proceso de aprendizaje constante que lleva a la refinación y la excelencia.

La retroalimentación también informa la adaptación. En un mundo industrial en constante cambio, las circunstancias nunca permanecen estáticas. Nuevos equipos, tecnologías emergentes y desafíos imprevistos pueden alterar el terreno operativo.

El MBGR, a través del Seguimiento y Mejora Continua, actúa como un radar constante, detectando cambios en el horizonte y ajustando las velas para navegar hacia el éxito.

En última instancia, esta fase no es solo un cierre de un ciclo, sino una apertura a nuevas oportunidades. El MBGR se convierte en una espiral ascendente de mejora constante, donde los datos y la experiencia convergen para esculpir una operación más robusta y confiable. El ciclo cíclico del Seguimiento y Mejora Continua se convierte así en un faro que ilumina el camino hacia una excelencia operativa perpetua, marcando el sendero hacia la optimización continua y la maestría en la gestión de activos.

El enfoque principal de la investigación⁸ de la cual se habló en este ítem, se basó en la aplicación de la metodología Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) con el fin de mejorar la productividad en el área de servicio de mantenimiento. Durante el desarrollo del estudio, se emplearon diversas herramientas relacionadas con la mejora continua para evaluar los indicadores iniciales de rendimiento y luego compararlos con los resultados obtenidos después de implementar planes de acción específicos. Estos planes de acción incluyeron la implementación de un procedimiento destinado a mejorar el servicio de mantenimiento preventivo. Como resultado de estas acciones, se observaron mejoras significativas en el proceso de mantenimiento, lo que permitió alcanzar con éxito los objetivos planteados en el estudio de investigación.

En consonancia con uno de los autores, el objetivo central del proyecto fue aumentar la productividad en la empresa mediante el diseño e implementación de estrategias alineadas con las características y necesidades empresariales. Esto

⁸ PROAÑO, Diana Ximena, SOLER, Víctor Gisbert. et al. Metodología para elaborar un plan de mejora continua. Información tecnológica. En: Revista Científica. investigación y pensamiento crítico, 2017, no 1, p. 50-56. [En Línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaElaborarUnPlanDeMejoraContinua-6300064%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaElaborarUnPlanDeMejoraContinua-6300064%20(1).pdf)

implicaba una optimización en el uso de recursos, una reducción del impacto ambiental y una contribución al aumento de la eficiencia, eficacia y competitividad de la empresa. El proceso comenzó con un diagnóstico exhaustivo de los procesos de servicio, apoyo y gestión, seguido de la definición y búsqueda de objetivos, como el aumento de la productividad, a través de mejoras en los procesos con el objetivo de brindar un servicio de mayor calidad al cliente.

Como resultado de la implementación de las mejoras propuestas, se logró un incremento en la productividad general, que pasó de 0.62 a 0.77, lo que representa un aumento del 15% en términos de aprovechamiento de los recursos utilizados. Esto se tradujo en una disminución del costo promedio por servicio, que bajó de 493.87 a 442.4 soles por servicio. En conclusión, la implementación de la metodología PHVA y las mejoras continuas lograron aumentar la productividad de la empresa en un 15%, lo que demuestra el impacto positivo de estas iniciativas en la eficiencia operativa y la competitividad de la organización.

Ahora debemos enfocarnos en el riesgo para así, saber cómo llevar a cabo el plan de mantenimiento más adecuado:

- **Detección de riesgos**

Para realizar la detección de riesgos, es necesario plantear tres interrogantes:

¿Hay alguna fuente de riesgo presente?

¿Quiénes o qué pueden estar en riesgo?

¿Cuál es el proceso mediante el cual el riesgo podría materializarse?

Para facilitar la identificación de riesgos, es beneficioso agruparlos en diversas categorías, como, por ejemplo, categorías mecánicas, eléctricas, relacionadas con

radiaciones, sustancias, incendios, explosiones, entre otras. Además, se puede crear una lista de preguntas para ayudar en el proceso, como, por ejemplo: ¿Durante las actividades laborales, se encuentran presentes los siguientes riesgos?

- **Cálculo del riesgo**

Cuando se aborda la evaluación de riesgos para cada peligro identificado, es fundamental llevar a cabo un análisis exhaustivo que incluya una consideración profunda tanto de la severidad potencial de las consecuencias como de la probabilidad asociada a la materialización de dicho riesgo. Este proceso de evaluación implica no solo identificar los posibles resultados negativos que podrían surgir de un peligro en particular, sino también cuantificar cuán probable es que ocurra ese resultado adverso.

En otras palabras, la estimación del riesgo no solo se trata de evaluar la magnitud del impacto que un evento adverso podría tener, sino también de comprender la frecuencia o la probabilidad con la que ese evento podría ocurrir. Este enfoque integral permite a las organizaciones priorizar sus esfuerzos de mitigación y gestión de riesgos, centrándose en aquellos peligros que presentan un mayor potencial de daño y que son más propensos a materializarse.

Al llevar a cabo esta evaluación de riesgos de manera rigurosa, las organizaciones pueden tomar decisiones informadas sobre cómo abordar y reducir los riesgos, implementando estrategias y medidas preventivas adecuadas. Esto contribuye no solo a la protección de los activos y la seguridad de las personas, sino también a la eficiencia operativa y a la capacidad de adaptación de la organización frente a situaciones adversas.

- **Nivel de gravedad de los daños**

Al evaluar la posible gravedad de las consecuencias, es esencial tener en cuenta:

- Las áreas del cuerpo que podrían resultar afectadas.
- La naturaleza de los daños, desde aquellos que son leves hasta los que son altamente perjudiciales.

- **Posibilidad de que se materialice el evento dañino**

La evaluación de la probabilidad de que se materialice el daño puede ser realizada y categorizada en distintos niveles, que se distribuyen desde un nivel alto hasta uno bajo, de acuerdo con el siguiente criterio:

- *Probabilidad alta:* En esta categoría, el daño se manifiesta de forma constante o en la mayoría de las situaciones en las que se presenta el peligro.
- *Probabilidad media:* En este nivel, el daño ocurre en algunas ocasiones, pero no de manera sistemática o frecuente.
- *Probabilidad baja:* En esta clasificación, el daño es una ocurrencia poco común y rara en relación con el peligro identificado.

Al evaluar la probabilidad de ocurrencia de un daño, es de suma importancia realizar un análisis exhaustivo de la efectividad de las medidas de control que están en vigor en el momento. Esto implica considerar si las precauciones y salvaguardias existentes son realmente eficaces para prevenir el riesgo o minimizarlo de manera adecuada. Además de la eficacia de las medidas de control internas, es necesario tener en cuenta los requisitos legales y regulaciones vigentes que se aplican a situaciones específicas.

Las normativas legales y los códigos de buenas prácticas proporcionan un marco importante para evaluar si las medidas de control existentes cumplen con los

estándares necesarios para garantizar la seguridad y prevenir riesgos potenciales. Estas regulaciones pueden variar según la industria y la ubicación geográfica, por lo que es fundamental estar al tanto de los requisitos específicos que se aplican a una determinada situación.

Además, para una evaluación completa de la probabilidad de daño, es esencial contar con información detallada sobre las operaciones laborales y los procedimientos específicos que se llevan a cabo. Esto incluye considerar aspectos como la capacitación del personal, la experiencia previa en situaciones similares y cualquier historial de incidentes o accidentes previos que puedan arrojar luz sobre la probabilidad de que ocurra un daño en el futuro.

- **Desarrollar un plan para gestionar riesgos**

Una evaluación de riesgos exitosa debería resultar en la generación de un extenso catálogo de acciones, diseñado con el objetivo de desarrollar, mantener o perfeccionar las medidas de control de riesgos existentes. La disponibilidad de un procedimiento sólido es esencial para facilitar la planificación cuidadosa de la implementación de estas medidas de control, que son imperativas tras la completa evaluación de los riesgos. Este procedimiento garantiza que se tomen las medidas adecuadas para mitigar los riesgos identificados y mantener un entorno seguro y protegido.

- **Examinar el plan**

El proceso de revisión del plan de acción antes de su implementación es un paso crucial en la gestión de riesgos. Este proceso implica considerar varios aspectos importantes que garantizan la eficacia y la seguridad de las medidas de control propuestas.

Primero, se debe evaluar si la introducción de nuevos sistemas de control de riesgos conduce a niveles de riesgo que son considerados aceptables. Esto implica analizar si las medidas planificadas son proporcionadas a la gravedad del riesgo y si se logra un equilibrio adecuado entre la seguridad y la operación eficiente.

En segundo lugar, es esencial examinar si la implementación de nuevos sistemas de control ha generado inadvertidamente nuevos peligros. A veces, las soluciones para mitigar un riesgo pueden tener efectos secundarios no deseados, como la creación de nuevos riesgos o la complicación de los procedimientos de trabajo. Identificar estos posibles peligros adicionales es fundamental para evitar sorpresas desagradables.

Tercero, es crucial tener en cuenta la perspectiva de los trabajadores afectados. Sus opiniones y experiencias pueden ofrecer información valiosa sobre la necesidad y la viabilidad de las nuevas medidas de control. Además, involucrar a los trabajadores en el proceso de toma de decisiones puede mejorar la aceptación y la efectividad de las medidas propuestas.

Es importante destacar que la evaluación de riesgos debe ser un proceso continuo y dinámico. Esto significa que la idoneidad de las medidas de control debe ser revisada constantemente y ajustada según sea necesario. Los riesgos y las condiciones de trabajo pueden cambiar con el tiempo, por lo que es esencial estar preparado para adaptar el plan de acción en consecuencia.

La revisión del plan de acción antes de su implementación es esencial para garantizar la seguridad y la eficacia de las medidas de control de riesgos. Considerar aspectos como la aceptabilidad del riesgo, la generación de nuevos peligros y la retroalimentación de los trabajadores contribuye a un proceso de gestión de riesgos más completo y efectivo.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Marco Histórico

El protocolo de mantenimiento basado en el enfoque de riesgo propuesto cumple una función de respaldo, incluso en situaciones con limitada información, en el proceso de tomar decisiones sobre qué acciones de mantenimiento deben implementarse en los equipos de producción de la organización. Esto se logra mediante la identificación, análisis y evaluación del riesgo, tomando como base las mejores prácticas descritas en la literatura científica disponible.⁹

La administración del mantenimiento involucra una serie de tareas donde se lleva a cabo la concepción, planificación y supervisión de una secuencia de pasos, con el propósito de asegurar que una empresa logre una producción efectiva y satisfaga las demandas y requisitos de sus clientes. La gestión del mantenimiento en una entidad metalmecánica se puede condensar en: Planificación, Programación, Implementación y Monitoreo.¹⁰

Mediante la introducción de un plan de seguridad que se fundamenta en el comportamiento, se logra identificar resultados positivos que este programa tuvo en la empresa. La adopción de comportamientos seguros conlleva a la reducción de los marcadores de seguridad de la organización, lo que se traduce en una

⁹ ALFONSO LLANES, Aramis; GONZÁLEZ MAGÁN, Daniel Ramón y BORROTO PENTÓN, Yodaira. Aplicación del mantenimiento basado en el riesgo a equipos de la empresa agroindustrial azucarera “José María Pérez Capote”. En: Centro Azúcar, 2022, vol. 49, no 2, p. 112-121. [En Línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200112

¹⁰ ARCOS-COBA, Jesús Alberto *et al.* ¿Cómo es la gestión de mantenimiento de una empresa metalmecánica? En: Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2023, vol. 6, no. 12, p. 51-63. [En Línea]. Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/131/192>

disminución significativa de los incidentes. Todos los miembros de la empresa, desde los líderes hasta los trabajadores, deben trabajar en la construcción de una cultura de seguridad, la cual debe ser continuamente supervisada para su perdurabilidad en el tiempo.¹¹

Las investigaciones sobre las regulaciones y exigencias pertinentes a la empresa operante en el ámbito de la metalmecánica, con el propósito de desarrollar el diseño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). La relevancia de este sistema radica en su capacidad para promover la prevención de accidentes y enfermedades laborales a través de la aplicación del ciclo PHVA. Además, se busca crear entornos laborales seguros que disminuyan la presencia de factores que puedan poner en riesgo la salud y bienestar de los trabajadores.

La implementación de una mentalidad de mantenimiento no solo se convierte en un socio estratégico esencial para la empresa, sino que también desempeña un papel crucial en la minimización de paros inesperados de las máquinas. Esto se logra al ejercer un control riguroso sobre dichas máquinas, asegurando la ejecución exitosa de las tareas programadas específicas para cada una. Como resultado, se logra una reducción en los costos de reparación y se elimina la improductividad, generando beneficios tangibles para la empresa. Este enfoque permite aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los activos, generando un impacto positivo en la operatividad general de la organización.¹²

¹¹ GARCÍA POSTIGO, Diego Max. Sistema de gestión de riesgos basado en el comportamiento humano de la Empresa Metalmecánica Cvc Ingenieros SAC. Trabajo de grado, Ingeniería Industrial. Lima, Perú: UAP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2022. 87 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/10291/TSP%2060810594.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹² SANTANA ROJAS, Brayam Stiven. Elaboración de un plan de mantenimiento para la Empresa Metalmecánica Indumetalsa SAS. 2022. Tesis de grado, Ingeniería Mecánica. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América,

En la industria metalmecánica, los riesgos asociados con sustancias químicas pueden afectar la salud de las personas, la infraestructura y el medio ambiente. Por eso, es crucial que el área de seguridad y salud en el trabajo desarrolle un programa para identificar proactivamente estos riesgos y crear estrategias de control efectivas. La falta de programas adecuados tiene repercusiones importantes, incluyendo desorganización administrativa, exceso de inventario y costos elevados de materias primas, lo que aumenta la vulnerabilidad de la industria y su eficiencia general.¹³

2.1.2 Marco Teórico

El Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo (MBGR) para empresas metalmecánicas se fundamenta en la necesidad de optimizar la confiabilidad y eficiencia de los activos críticos, minimizando la posibilidad de fallas costosas y no planificadas. Según Martínez¹⁴, este enfoque busca integrar la gestión del riesgo en las estrategias de mantenimiento, fomentando la identificación temprana de posibles problemas y la toma de decisiones informadas para mitigar riesgos. El MBGR implica la identificación y categorización de los activos en función de su importancia y nivel de riesgo, la evaluación sistemática de riesgos a través de técnicas como el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF), y la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo para mantener los activos en óptimas condiciones operativas. Además, se integra con prácticas de monitoreo en tiempo real y análisis de datos para detectar señales tempranas de

Facultad de Ingeniería. 2022. 126 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8855/1/4151894-2022-1-IM.pdf>

¹³ LONDOÑO, Astrid Johana; CARDONA, Jorge Alberto y GUTIÉRREZ, Juan Felipe. Programa de gestión integral del riesgo químico para la industria metalmecánica. Trabajo de grado, Gestión de la Seguridad y la Salud Laboral. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. 2019. 33 p.

¹⁴ MARTÍNEZ, A., GÓMEZ, B., y RODRÍGUEZ, C. Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo para la Industria Metalmecánica. En: Revista de Ingeniería Industrial, 2017, vol. 32, no. 2, p. 75-84.

deterioro y permitir una adaptación ágil de las estrategias de mantenimiento, como señalan.¹⁵

Las empresas metalmecánicas, al adoptar el MBGR, buscan alcanzar un equilibrio entre los costos de mantenimiento y los riesgos inherentes a la operación de equipos críticos. Esto implica la definición de tolerancias al riesgo y la asignación de recursos según la criticidad de los activos. La formación continua del personal y la mejora continua basada en datos son componentes esenciales del marco de referencia, permitiendo una toma de decisiones más precisa y fundamentada. Así, el MBGR emerge como una estrategia esencial para asegurar la confiabilidad operativa, la seguridad del personal y la competitividad en el sector metalmecánico.

2.1.3 Marco Conceptual

- **Gestión de Activos:** se refiere al conjunto de prácticas y decisiones que una organización implementa para optimizar el desempeño, la confiabilidad y la vida útil de sus activos metalmecánicos.
- **Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo:** es un enfoque proactivo que busca identificar y priorizar los riesgos asociados con los activos metalmecánicos, con el objetivo de tomar acciones preventivas y planificadas para evitar fallas y optimizar la disponibilidad.
- **Riesgo:** representa la posibilidad de que ocurra una falla en un activo metalmecánico y cause impactos negativos en la operación, la seguridad, los costos y la reputación de la empresa.

¹⁵ GARCÍA, R., y LÓPEZ, M. Enfoque del Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo en la Industria Metalmecánica: Caso de Estudio. En: Journal of Industrial Engineering and Management, 2015, vol. 8, no. 2, p. 356-369.

- **Evaluación de Riesgos:** consiste en analizar y cuantificar la probabilidad y el impacto de posibles fallas en los activos metalmecánicos, con el fin de priorizar las áreas de mayor riesgo.
- **Identificación de Activos Críticos:** implica la identificación de activos metalmecánicos cuya falla podría tener un impacto significativo en la operación de la empresa, la seguridad del personal o el cumplimiento de los objetivos.
- **Planificación y Programación de Mantenimiento:** involucra la creación de estrategias de mantenimiento basadas en los riesgos identificados, que determinan cuándo y cómo se realizarán las actividades de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo).
- **Monitoreo y Seguimiento:** implica la supervisión continua de los activos metalmecánicos mediante sistemas de monitoreo en tiempo real y análisis de datos, para detectar señales tempranas de deterioro y tomar medidas preventivas.
- **Mejora Continua:** es un proceso iterativo que busca optimizar constantemente las estrategias de MBGR a través de la retroalimentación, el análisis de resultados y la implementación de lecciones aprendidas.
- **Normativas y Estándares:** se refiere a las regulaciones y normas de la industria metalmecánica que establecen requisitos de seguridad, calidad y gestión de activos que deben cumplirse en la implementación del MBGR.

- **Integración Tecnológica:** implica la utilización de tecnologías avanzadas, como sensores, IoT, análisis de datos y sistemas de gestión, para optimizar la implementación del MBGR.

2.1.4 Marco Legal

En este análisis se tomarán como referentes las siguientes leyes, decretos, normas y guías técnicas:

- La ley 1072 de 2015 decreto único reglamentario, la Ley 1562 del 2012, la cual modifica el Sistema de Riesgos Laborales y dicta otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.
- Decreto 1443 de 2014, dicta las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST).
- Guía Técnica Colombiana – GTC 45 de 2010, es la guía para la intervención de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.
- NTC-ISO 55000, esta norma presenta una visión general de la administración de activos, incluyendo sus fundamentos, principios, vocabulario y los resultados positivos que se anticipan al implementar la gestión de activos.
- NTC-ISO 31000, que contiene los principios y directrices sobre la Gestión del Riesgo, NTC-IEC-ISO 31010, comprende las Técnicas de Valoración del riesgo y por último GTC-137, incluye el Vocabulario referente a la Gestión de Riesgo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Revisión bibliográfica, estudios de caso, entrevistas adicionales.

3.2 Metodología

En el presente proyecto se tendrán en cuenta estrategias metodológicas para desempeñar los logros determinados desde la indagación en información hasta la culminación del sistema de gestión de riesgo en mantenimiento, haciendo uso del método de investigación cuantitativo, experimental y aplicado de acuerdo a los objetivos específicos establecidos, se utilizará herramientas ofimáticas para la elaboración del mismo, herramientas como Word, Excel, Power Point, garantizando la importancia de la gestión del riesgo en mantenimiento.

1. Determinar los antecedentes y establecer las alternativas metodológicas para un sistema de gestión de riesgo en mantenimiento.

- Investigar metodologías usadas en gestión del riesgo:

Realizar una tabla de antecedentes para la búsqueda de tesis, artículos y revistas relacionados con la gestión de riesgo.

- Investigar metodologías de gestión de riesgo en mantenimiento:

Realizar una tabla de antecedentes para la búsqueda de tesis, artículos y revistas relacionados con la gestión de riesgo en mantenimiento.

- Estrategias metodológicas:

Se plantea una metodología para el diseño del sistema de gestión de riesgo en mantenimiento.

2. Diseñar el sistema de gestión de riesgos en mantenimiento para empresas metalmecánicas basados en las normas ISO.

- Determinar los aspectos del diseño del sistema de gestión:

Por medio de un documento técnico se definen los aspectos de diseño, por ejemplo, incluir la norma NTC-ISO 31000 para empresas metalmecánicas.

- Realizar el diseño del modelo:

Con asistencia de herramientas ofimáticas se trabaja el diseño del modelo a implementar en las empresas metalmecánicas.

3. Establecer un plan de implementación de la metodología de mantenimiento basado en la gestión del riesgo para empresas metalmecánicas

- Proponer el plan de implementación:

Este plan abordará pasos clave, asignación de responsabilidades y recursos, así como un calendario de implementación. Incluye la identificación de riesgos, evaluación de su impacto y probabilidad, establecimiento de medidas de control y la creación de un marco de seguimiento y mejora continua.

- Construir las herramientas de socialización para las empresas metalmecánicas:

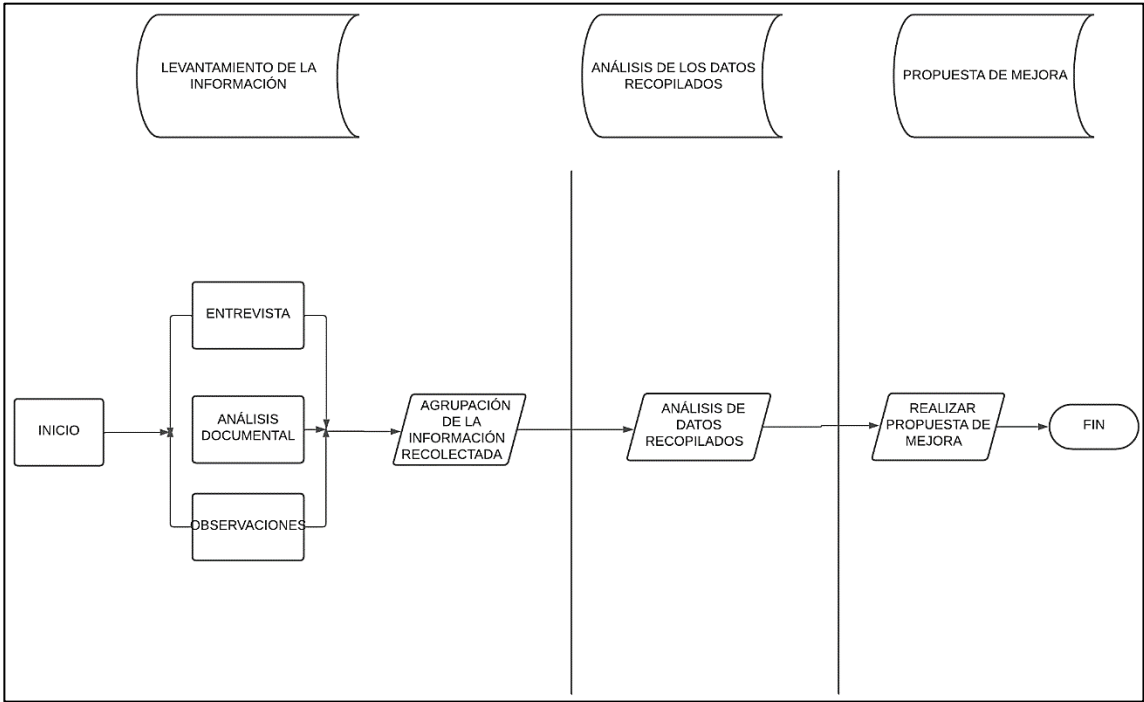
Implica crear medios y estrategias que faciliten la adaptación de nuevos empleados al entorno y cultura empresarial. Estas herramientas abarcan manuales de bienvenida, programas de capacitación, orientación, plataformas digitales, entre otras. Con esto, se da el cumplimiento del objetivo principal

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

En la industria metalmecánica, se ha observado la carencia de un enfoque sistemático y un modelo de estudio en la administración de riesgos de proyectos. Actualmente, esta gestión se basa en la experiencia de los líderes de ingeniería, calidad y manufactura, lo que impacta negativamente en los plazos de entrega, la calidad y los costos de los proyectos. La falta de una metodología estructurada para abordar los riesgos en cada fase del proceso ha llevado a la industria metalmecánica a invertir en un proyecto de investigación. Este proyecto busca examinar minuciosamente cada una de las actividades realizadas en la empresa, especialmente en áreas críticas como ingeniería, compras, planeación y calidad. Estas áreas son cruciales para el proceso de producción y el cumplimiento de fechas contractuales con los clientes.

Para recopilar datos destinados al análisis de la situación actual de las empresas metalmecánicas en términos de procesos, se emplearon 3 métodos como levantamiento de la información, análisis de los datos recopilados y propuestas de mejora.

Figura 4. Pasos metodológicos para la propuesta



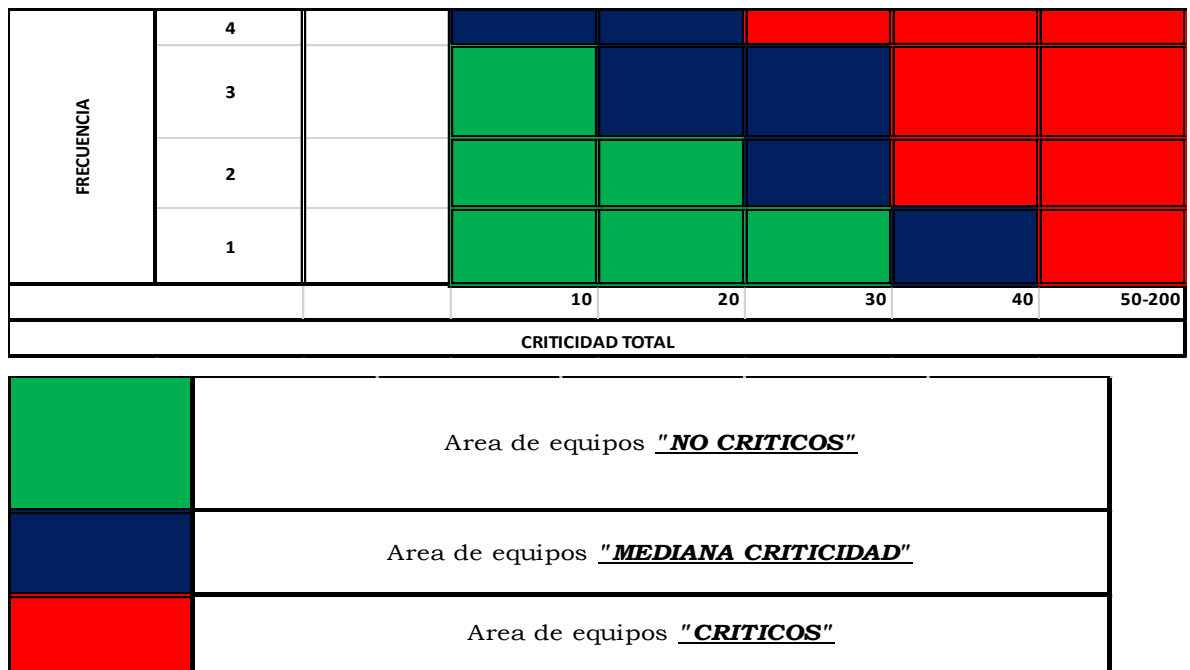
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Matriz evaluar riesgos en mantenimiento.

Criterios a evaluar		Criterio a evaluar		Flexibilidad Operacional	
Frecuencia de fallas	Factor	Costo de mantenimiento	Factor	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Pobre: mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a \$3.000.000	2	Hay opción de repuesto compartido /almacén	2
Promedio: 2 fallas/año	3	Menor que \$3.000.000	1	Función de repuesto disponible	1
Buena: 1 falla/año	2	Ingrese valor	2	Ingrese valor	1
Excelente: Menos de 0.5 fallas/año	1				
Ingrese valor	1				
Impacto Operacional		Impacto en Seguridad, Ambiente e higiene (SAH)			
Pérdida de toda la producción (despacho)	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos a la organización.	8	Criterios a evaluar	Valores
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7	Frecuencia de fallas	1
Impacta en niveles de inventario y/o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5	Impacto Operacional	1
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente/seguridad)	3	Flexibilidad Operacional	1
Ingrese valor	1	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el ambiente	1	Costo de mantenimiento	2
		Ingrese valor	8	Impacto en SAH	8
CONSECUENCIA=(IMPACTO OPERACIONAL*FLEXIBILIDAD)+COSTO MANTENIMIENTO+IMPACTO (SAH)					
CONSECUENCIA			11		
CRITICIDAD TOTAL= FRECUENCIA*CONSECUENCIA DE FALLAS					
CRITICIDAD TOTAL			11		

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Mapa de calor para evaluar riesgos



Fuente: elaboración propia.

4.1 Entrevistas.

En el marco de este proyecto, enfocado en la implementación de un sistema de mantenimiento basado en gestión del riesgo, se llevó a cabo una fase crucial centrada en la toma de decisiones y la recopilación de datos. Para obtener una comprensión integral de las prácticas actuales en el ámbito del mantenimiento, se llevaron a cabo una serie de visitas técnicas a diversas empresas metalmecánicas. El objetivo primordial de estas visitas fue investigar de cerca los métodos y enfoques empleados por estas organizaciones en la gestión de sus operaciones de mantenimiento, evaluando especialmente si estas se sustentan en un enfoque proactivo basado en la identificación y mitigación de riesgos o si, por el contrario, se prescinde de esta crucial dimensión.

Durante estas visitas técnicas, se estableció un diálogo directo con profesionales clave encargados de la gestión de mantenimiento en cada empresa, con el propósito de obtener una visión detallada de sus prácticas, protocolos y estrategias. Se indagó sobre la presencia y relevancia que se otorga a la gestión del riesgo dentro del proceso de toma de decisiones en el ámbito del mantenimiento, explorando la posible existencia de políticas formalizadas y procedimientos específicos orientados a la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados a las actividades de mantenimiento.

Este enfoque de investigación permitió recopilar datos valiosos sobre las tendencias predominantes en el sector metalmecánico en relación con la gestión del riesgo en el mantenimiento. La información obtenida durante estas visitas proporciona una base sólida para el análisis comparativo y la identificación de buenas prácticas, sirviendo como insumo esencial para el diseño y la implementación efectiva de un sistema de mantenimiento basado en gestión del riesgo en el ámbito del proyecto. En la imagen mostrada a continuación, se denota evidencia clara de las visitas, donde se muestran las máquinas a las que estas empresas le realizan mantenimiento.

En las entrevistas realizadas, se hizo una serie de preguntas enfocadas al mantenimiento basado en gestión del riesgo, algunas de estas preguntas fueron:

Encuesta sobre Mantenimiento en Empresas Metalmecánicas

1. Perfil de la Empresa:

a) ¿Cuántos años lleva operando su empresa metalmecánica?

- Menos de 1 año
- 1-5 años
- 5-10 años

- Más de 10 años

b) ¿Cuántos empleados tiene actualmente su empresa?

- Menos de 10 empleados
- 10-50 empleados
- 50-100 empleados
- Más de 100 empleados

2. Equipos Metalmecánicos:

a) ¿Qué tipos de equipos metalmecánicos utiliza su empresa? (Seleccione todas las que apliquen)

- Tornos
- Fresadoras
- Rectificadoras
- Otros (Especificar: _____)

b) ¿Cuántos de cada tipo de equipo posee su empresa actualmente?

3. Mantenimiento Preventivo:

a) ¿Implementa su empresa un programa regular de mantenimiento preventivo para sus equipos metalmecánicos?

- Sí
- No
- En proceso de implementación

b) ¿Con qué frecuencia realiza el mantenimiento preventivo?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensualmente
- Trimestralmente
- Anualmente

4. Desafíos de Mantenimiento:

a) ¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en el mantenimiento de sus equipos? (Seleccione las tres principales)

- Falta de personal capacitado
- Disponibilidad de repuestos
- Tiempo de inactividad no planificado
- Costos de mantenimiento
- Otros (Especificar: _____)

5. Tecnologías de Monitoreo:

a) ¿Utiliza su empresa tecnologías de monitoreo en tiempo real para evaluar el estado de los equipos?

- Sí
- No
- En evaluación

b) Si respondió "Sí", por favor indique qué tipo de tecnologías utiliza (por ejemplo, sensores de vibración, sistemas de monitoreo remoto, etc.).

6. Cultura de Mantenimiento:

a) ¿Cómo fomenta su empresa una cultura de mantenimiento entre los empleados?

- Capacitación regular en mantenimiento
- Incentivos para la reportación de problemas
- Programas de reconocimiento por buenas prácticas de mantenimiento
- Otros (Especificar: _____)

7. Gestión de Repuestos:

a) ¿Cómo gestiona la adquisición y almacenamiento de repuestos para sus equipos?

- Inventario regular y seguimiento de repuestos
- Proveedores de repuestos en línea
- Contratos de servicio con proveedores
- Otros (Especificar: _____)

8. Indicadores de Rendimiento:

a. ¿Cuáles son los indicadores clave de rendimiento (KPIs) que utiliza para medir la eficacia del mantenimiento de sus equipos?

b. ¿Cómo evalúa la satisfacción del cliente en relación con la calidad de los productos fabricados y la fiabilidad de los equipos?

Figura 7. Evidencia de máquinas usadas en las empresas metalmecánicas



Fuente: elaboración propia.

4.2 Análisis De Riesgos En Procesos Metalmecánicos Con El Modelo PHVA.

Para alcanzar la identificación precisa de los riesgos asociados a cada uno de los procesos, es importante llevar a cabo una revisión general y actualizada de la caracterización de los procesos existentes. Esto implica considerar la información y el estado actual de la empresa, permitiendo la identificación de nuevas actividades y evidenciando la interrelación entre los procesos a través de la información de entrada y salida. Este enfoque garantiza una comprensión exhaustiva de los procesos, facilitando la detección y evaluación efectiva de posibles riesgos.

Anexo A. Matriz PHVA

TIPO DE PROCESO	MANUFACTURA		NOMBRE DEL PROCESO	MANTENIMIENTO METALMECÁNICO
RESPONSABLE	Felix Daniel Vargas Gutierrez y Holman Orlando Vargas Salazar			
OBJETIVO	Mejorar la eficiencia, durabilidad y disponibilidad de equipos/componentes, minimizando riesgos y manteniendo altos estándares de calidad en su utilización.			
ALCANCE	Optimizar el rendimiento y la eficiencia de los activos físicos para garantizar la calidad en la producción y minimizar tiempos de inactividad.			

ACTIVO FÍSICO	EQUIPO/COMPONENTE	ACTIVIDADES	SALIDA	RECEPTOR DE SALIDA
PLANEAR				
Herramientales	Juego de troqueles: utilizado en el proceso de estampado de piezas metálicas.	- Identificación de requisitos de mantenimiento para cada tipo de troquel. - Programación de mantenimiento preventivo basado en ciclos de producción. - Evaluación de la vida útil y desgaste de los troqueles.	Programación actualizada de mantenimiento preventivo para cada tipo de troquel, incluyendo fechas y requisitos específicos.	Operadores de la máquina de estampado y personal de calidad.
Máquinas Herramientas	Husillo de la Fresadora CNC	- Identificación y evaluación del husillo en uso. - Análisis de riesgos asociados al husillo según ISO 31000. - Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en ISO 55001, considerando requisitos de calidad según ISO 9001. - Capacitación del personal sobre el manejo y mantenimiento adecuado del husillo.	Plan de mantenimiento detallado y personal capacitado.	Personal técnico, operadores de la fresadora, departamento de mantenimiento.
Infraestructura	Sistema de Ventilación y Extracción de Humos	- Inspección detallada del sistema de ventilación y extracción de humos, incluyendo conductos, extractores, filtros, y sistemas de purificación. - Análisis de riesgos asociados a un mal funcionamiento, incluyendo riesgos de salud y seguridad.	Plan detallado de mantenimiento para el sistema de ventilación y extracción de humos.	Involucramiento del equipo técnico y personal de mantenimiento en la planificación.
HACER				
Herramientales	Juego de troqueles: utilizado en el proceso de estampado de piezas metálicas.	- Ejecución del mantenimiento preventivo programado. - Inspección visual y dimensional de los troqueles. - Reparación de posibles daños o desgastes identificados.	Troqueles reparados y documentación de mantenimiento actualizada, indicando los trabajos realizados y cualquier observación relevante.	Operadores de la máquina de estampado y personal de calidad.
Máquinas Herramientas	Husillo de la Fresadora CNC	- Ejecución del plan de mantenimiento preventivo y correctivo según lo establecido. - Registro detallado de todas las actividades de mantenimiento y operación.	Registro detallado de mantenimiento y operaciones realizadas.	Personal técnico, departamento de mantenimiento.
Infraestructura	Sistema de Ventilación y Extracción de Humos	- Ejecución del plan de mantenimiento preventivo, llevando a cabo limpieza, reemplazo de filtros, y calibraciones según lo programado. - Registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas en el sistema.	Registros precisos de mantenimiento para cada componente del sistema de ventilación.	Información y participación del personal técnico y de mantenimiento en la implementación.
VERIFICAR				
Herramientales	Juego de troqueles: utilizado en el proceso de estampado de piezas metálicas.	- Pruebas de funcionamiento post-mantenimiento. - Inspección de calidad de las piezas producidas. - Registro de la frecuencia y resultados de las inspecciones.	Registro de inspecciones post-mantenimiento, incluyendo resultados de pruebas de funcionamiento y evaluación de calidad de las piezas producidas.	Operadores de la máquina de estampado y personal de calidad.
Máquinas Herramientas	Husillo de la Fresadora CNC	- Inspecciones periódicas al husillo para verificar su estado y rendimiento. - Análisis de datos para comparar el rendimiento con los estándares establecidos.	Datos y análisis que confirmen el cumplimiento de estándares.	Personal técnico, equipo de calidad y mantenimiento.
Infraestructura	Sistema de Ventilación y Extracción de Humos	- Inspecciones regulares para evaluar la eficacia del mantenimiento en cada componente del sistema. - Análisis de datos de mantenimiento para verificar el cumplimiento de estándares de calidad del aire y reducción de riesgos para la salud.	Informes de inspección y análisis de datos para cada componente del sistema de ventilación.	Equipos de calidad, supervisores y dirección informados sobre el estado y eficacia del mantenimiento.
ACTUAR				
Herramientales	Juego de troqueles: utilizado en el proceso de estampado de piezas metálicas.	- Implementación de mejoras en el diseño de troqueles para reducir desgaste. - Modificación de parámetros de producción según las recomendaciones de mantenimiento. - Capacitación del personal de producción sobre el manejo adecuado de los troqueles.	Informe de mejoras implementadas en el diseño de troqueles, ajustes en parámetros de producción y evidencia de capacitación del personal.	Operadores de la máquina de estampado y personal de calidad.
Máquinas Herramientas	Husillo de la Fresadora CNC	- Acciones correctivas ante problemas detectados. - Mejoras continuas basadas en el análisis de datos y retroalimentación.	Acciones correctivas implementadas y mejoras identificadas.	Personal técnico, operadores, departamento de mejora continua.
Infraestructura	Sistema de Ventilación y Extracción de Humos	- Acciones correctivas ante problemas o desviaciones detectadas durante las inspecciones en componentes específicos del sistema. - Actualización y mejora continua del plan de mantenimiento basado en los resultados y necesidades identificadas.	Acciones correctivas documentadas y aplicadas en cada componente del sistema de ventilación.	Plan de mantenimiento actualizado y mejorado para cada elemento crítico del sistema.
INDICADORES		DOCUMENTOS ASOCIADOS		

Fuente: elaboración propia.

Este PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) para empresas metalmecánicas presenta un enfoque completo y estructurado para gestionar y mejorar los procesos. En la fase de Planificar, se destaca la consideración de requisitos del cliente y estándares de calidad, con un claro vínculo con los proveedores de materias primas y herramientas. En la etapa de Hacer, se abordan actividades clave como la configuración de máquinas y fabricación de componentes, con un énfasis en primar el mantenimiento y llevar un control detallado de lo realizado. La fase de Verificar incorpora criterios de inspección, también evaluaciones de los mantenimientos realizados, con el fin de constatar que todos los procesos se están llevando a cabo de la mejor manera posible, esto con informes detallados, y diferentes métodos de evaluación. En la fase de Actuar, se resalta el análisis de datos de desempeño, la implementación de acciones correctivas y la identificación de oportunidades de mejora, involucrando a equipos especializados en procesos y mejora continua. Este enfoque integral se respalda con indicadores y recursos adecuados, estableciendo un marco sólido para la gestión eficiente de procesos en empresas metalmecánicas.

4.3 Análisis De La Matriz DOFA Orientado A La Gestión Del Riesgo.

La matriz DOFA, aplicada a empresas metalmecánicas, desempeña un papel esencial al identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas presentes en sus diversos procesos. Esta herramienta se erige como un recurso estratégico fundamental para la toma de decisiones en la gestión del riesgo dentro de este sector industrial.

Con el propósito de realizar un diagnóstico completo, se llevará a cabo un análisis detallado de cada componente de la matriz, centrándose en las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, y aplicándolas específicamente a cada uno de los procesos internos de las empresas metalmecánicas. La matriz DOFA

posibilita evaluaciones continuas de los aspectos del entorno organizacional, considerando variables como cambios en el mercado atendido por la empresa, modificaciones en el entorno legal, avances tecnológicos, ajustes en la cadena de suministro y la identificación de necesidades de recursos, ya sean humanos, de información o materiales. Estas revisiones permanentes se adaptan a las dinámicas cambiantes del entorno y a las políticas internas de la empresa, proporcionando una visión actualizada y precisa. Este enfoque sistemático permite tomar decisiones estratégicas informadas para la gestión efectiva del riesgo en el contexto específico de las empresas metalmecánicas.

Tabla 4. Análisis DOFA para herramientas.

NOMBRE DE LA EMPRESA METALMECANICA				
ANÁLISIS ESTRATEGICO BAJO EL ENFOQUE DOFA				
#	ANALISIS INTERNO		ANALISIS EXTERNO	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1	Experiencia técnica diversificada en mantenimiento: apalancar la experiencia para identificar y abordar riesgos específicos de mantenimiento en troqueles.	Falta de una estrategia clara de retención de talento: desarrollar estrategias para retener expertos en mantenimiento.	Desarrollo de nuevos métodos de mantenimiento preventivo: Explorar tecnologías emergentes para mejorar la eficacia del mantenimiento.	Cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional: adaptarse continuamente a las regulaciones para evitar sanciones y riesgos legales.
2	Efficiente seguimiento y análisis de datos de mantenimiento: utilizar datos para prever posibles riesgos y optimizar estrategias de mantenimiento.	Resistencia a la adopción de nuevas tecnologías: superar la resistencia interna para aprovechar tecnologías avanzadas en mantenimiento.	Integración de tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles: aprovechar tecnologías para mejorar la durabilidad y eficiencia de los troqueles.	Riesgo de obsolescencia tecnológica en maquinaria: establecer planes de actualización tecnológica para evitar obsolescencia y riesgos asociados.
3	Colaboración efectiva entre equipos de mantenimiento y producción: fomentar la colaboración para una gestión integrada de riesgos en el proceso de troqueles.	N/A	Expansión de servicios de asesoramiento en gestión de riesgos: ofrecer servicios especializados en la gestión de riesgos en mantenimiento metalmecánico.	N/A
4	Buena relación con sindicatos y empleados: involucrar a los empleados en la identificación y mitigación de riesgos laborales.	N/A	N/A	N/A
5	Certificación ISO 9001 del sistema de gestión de calidad: utilizar estándares de calidad para establecer medidas de control y minimizar riesgos.	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo B Estrategias FO para herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REFI	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FO				
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Experiencia técnica diversificada en mantenimiento: apalancar la experiencia para identificar y abordar riesgos específicos de mantenimiento en troqueles.	Desarrollo de nuevos métodos de mantenimiento preventivo: Explorar tecnologías emergentes para mejorar la eficacia del mantenimiento.	(O1) (F1)	Desarrollar nuevos métodos de mantenimiento preventivo aprovechando la experiencia técnica diversificada en mantenimiento.
2	Eficiente seguimiento y análisis de datos de mantenimiento: utilizar datos para prever posibles riesgos y optimizar estrategias de mantenimiento.	Integración de tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles: aprovechar tecnologías para mejorar la durabilidad y eficiencia de los troqueles.	(O2)(F3)	Integrar tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles mediante la eficiente colaboración entre equipos de mantenimiento y producción.
3	Colaboración efectiva entre equipos de mantenimiento y producción: fomentar la colaboración para una gestión integrada de riesgos en el proceso de troqueles.	Expansión de servicios de asesoramiento en gestión de riesgos: ofrecer servicios especializados en la gestión de riesgos en mantenimiento metalmeccánico.	N/A	N/A
4	Buena relación con sindicatos y empleados: involucrar a los empleados en la identificación y mitigación de riesgos laborales.	N/A	N/A	N/A
5	Certificación ISO 9001 del sistema de gestión de calidad: utilizar estándares de calidad para establecer medidas de control y minimizar riesgos.	N/A		

Fuente: elaboración propia.

Anexo C Estrategias FA para herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REFI	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FA				
	FORTALEZAS	AMENAZAS	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Experiencia técnica diversificada en mantenimiento: apalancar la experiencia para identificar y abordar riesgos específicos de mantenimiento en troqueles.	Cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional: adaptarse continuamente a las regulaciones para evitar sanciones y riesgos legales.	(A1)(F5)	Adaptarse a cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional mediante la certificación ISO 9001 del sistema de gestión de calidad.
2	Eficiente seguimiento y análisis de datos de mantenimiento: utilizar datos para prever posibles riesgos y optimizar estrategias de mantenimiento.	Riesgo de obsolescencia tecnológica en maquinaria: establecer planes de actualización tecnológica para evitar obsolescencia y riesgos asociados.	(A2)(F4)	Establecer planes de actualización tecnológica para evitar obsolescencia aprovechando la buena relación con sindicatos y empleados.
3	Colaboración efectiva entre equipos de mantenimiento y producción: fomentar la colaboración para una gestión integrada de riesgos en el proceso de troqueles.	N/A	N/A	N/A
4	Buena relación con sindicatos y empleados: involucrar a los empleados en la identificación y mitigación de riesgos laborales.	N/A	N/A	N/A
5	Certificación ISO 9001 del sistema de gestión de calidad: utilizar estándares de calidad para establecer medidas de control y minimizar riesgos.	N/A		

Fuente: elaboración propia.

Anexo D Estrategias DO para herramientas

ASESTRA					
ASESORIAS ESTRATEGICAS					
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#(REF)		
GENERACION DE ESTRATEGIAS DO					
	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES		COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Falta de una estrategia clara de retención de talento: desarrollar estrategias para retener expertos en mantenimiento.	Desarrollo de nuevos métodos de mantenimiento preventivo: Explorar tecnologías emergentes para mejorar la eficacia del mantenimiento.		(D1) (O1)	Desarrollar una estrategia clara de retención de talento para aprovechar el desarrollo de nuevos métodos de mantenimiento preventivo.
2	Resistencia a la adopción de nuevas tecnologías: superar la resistencia interna para aprovechar tecnologías avanzadas en mantenimiento.	Integración de tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles: aprovechar tecnologías para mejorar la durabilidad y eficiencia de los troqueles.		(D2)(O2)	Superar la resistencia interna a la adopción de nuevas tecnologías al integrar tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles.
3	N/A	Expansión de servicios de asesoramiento en gestión de riesgos: ofrecer servicios especializados en la gestión de riesgos en mantenimiento metalmecánico.		N/A	N/A
				N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo E Estrategias DA para herramientas

ASESTRA					
ASESORIAS ESTRATEGICAS					
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#(REF)		
GENERACION DE ESTRATEGIAS DA					
	DEBILIDADES	AMENAZAS		COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Falta de una estrategia clara de retención de talento: desarrollar estrategias para retener expertos en mantenimiento.	Cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional: adaptarse continuamente a las regulaciones para evitar sanciones y riesgos legales.		(D1)(A1)	Establecer una estrategia clara de retención de talento para mitigar el riesgo de cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional.
2	Resistencia a la adopción de nuevas tecnologías: superar la resistencia interna para aprovechar tecnologías avanzadas en mantenimiento.	Riesgo de obsolescencia tecnológica en maquinaria: establecer planes de actualización tecnológica para evitar obsolescencia y riesgos asociados.		(D2)(A2)	Superar la resistencia interna a la adopción de nuevas tecnologías para evitar riesgos asociados con la obsolescencia tecnológica.

Fuente: elaboración propia.

Anexo F Estrategias finales para herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
	EMPRESA			
ESTRATEGIAS PROPUESTAS				
	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS DA
1	Desarrollar nuevos métodos de mantenimiento preventivo aprovechando la experiencia técnica diversificada en mantenimiento.	Adaptarse a cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional mediante la certificación ISO 9001 del sistema de gestión de calidad.	Desarrollar una estrategia clara de retención de talento para aprovechar el desarrollo de nuevos métodos de mantenimiento preventivo.	Establecer una estrategia clara de retención de talento para mitigar el riesgo de cambios en las regulaciones de seguridad ocupacional.
2	Integrar tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles mediante la eficiente colaboración entre equipos de mantenimiento y producción.	Establecer planes de actualización tecnológica para evitar obsolescencia aprovechando la buena relación con sindicatos y empleados.	Superar la resistencia interna a la adopción de nuevas tecnologías al integrar tecnologías avanzadas en el diseño de troqueles.	Superar la resistencia interna a la adopción de nuevas tecnologías para evitar riesgos asociados con la obsolescencia tecnológica.
3	N/A	N/A	N/A	N/A
4	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Análisis DOFA para máquinas herramientas

NOMBRE DE LA EMPRESA METALMECANICA				
ANÁLISIS ESTRATEGICO BAJO EL ENFOQUE DOFA				
#	ANÁLISIS INTERNO		ANÁLISIS EXTERNO	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1	Planificación detallada: un plan PHVA estructurado y específico para la gestión del husillo, considerando estándares ISO relevantes.	Dependencia del cumplimiento: problemas de implementación pueden surgir si el personal no sigue adecuadamente el plan de mantenimiento o no informa anomalías.	Mejora continua: datos y análisis recopilados durante el plan PHVA pueden identificar oportunidades para optimizar aún más el rendimiento del husillo.	Riesgos no previstos: problemas imprevistos con el husillo podrían afectar la producción, especialmente si no se han considerado en el plan de gestión.
2	Capacitación del personal: personal instruido en el manejo y mantenimiento adecuado del husillo, lo que contribuye a una operación más segura y eficiente.	Limitaciones técnicas: la falta de equipo especializado o recursos puede dificultar la ejecución eficiente del plan de mantenimiento.	Actualización según estándares: la posibilidad de adaptar y mejorar el plan con base en los estándares emergentes o cambios en las normativas ISO.	Cambios normativos: modificaciones en las normativas ISO o regulaciones de la industria podrían requerir ajustes en el plan PHVA.
3	Implementación y registro: actividades de mantenimiento ejecutadas según el plan, con un registro exhaustivo que permite un seguimiento efectivo.	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo G Estrategias FO para máquinas herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REFI	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FO				
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Planificación detallada: un plan PHVA estructurado y específico para la gestión del husillo, considerando estándares ISO relevantes.	Mejora continua: datos y análisis recopilados durante el plan PHVA pueden identificar oportunidades para optimizar aún más el rendimiento del husillo.	(O1) (F1)	Establecer un comité de análisis de datos para identificar patrones predictivos en el desempeño del husillo y aplicar mejoras proactivas en el plan de mantenimiento.
2	Capacitación del personal: personal instruido en el manejo y mantenimiento adecuado del husillo, lo que contribuye a una operación más segura y eficiente.	Actualización según estándares: la posibilidad de adaptar y mejorar el plan con base en los estándares emergentes o cambios en las normativas ISO.	(O2)(F2)	Establecer un grupo de trabajo interdepartamental encargado de monitorear y anticipar los cambios en las regulaciones ISO, actualizando el plan PHVA en consecuencia.
3	Implementación y registro: actividades de mantenimiento ejecutadas según el plan, con un registro exhaustivo que permite un seguimiento efectivo.	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo H Estrategias FA para máquinas herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REFI	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FA				
	FORTALEZAS	AMENAZAS	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Planificación detallada: un plan PHVA estructurado y específico para la gestión del husillo, considerando estándares ISO relevantes.	Riesgos no previstos: problemas imprevistos con el husillo podrían afectar la producción, especialmente si no se han considerado en el plan de gestión.	(A1)(F1)	Implementar auditorías internas regulares para fortalecer el cumplimiento de los procedimientos de mantenimiento y prevenir posibles amenazas operativas.
2	Capacitación del personal: personal instruido en el manejo y mantenimiento adecuado del husillo, lo que contribuye a una operación más segura y eficiente.	Cambios normativos: modificaciones en las normativas ISO o regulaciones de la industria podrían requerir ajustes en el plan PHVA.	(A2)(F2)	Explorar la posibilidad de formar una alianza estratégica con un centro de investigación o universidad para acceder a recursos técnicos avanzados en momentos de necesidad.
3	Implementación y registro: actividades de mantenimiento ejecutadas según el plan, con un registro exhaustivo que permite un seguimiento efectivo.	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo I Estrategias DO para máquinas herramientas

ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REF!	
GENERACION DE ESTRATEGIAS DO				
	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Dependencia del cumplimiento: problemas de implementación pueden surgir si el personal no sigue adecuadamente el plan de mantenimiento o no informa anomalías.	Mejora continua: datos y análisis recopilados durante el plan PHVA pueden identificar oportunidades para optimizar aún más el rendimiento del husillo.	(D1) (O1)	Ofrecer entrenamientos especializados para mejorar la habilidad técnica del personal, centrándose en el análisis avanzado de datos para la mejora del husillo.
2	Limitaciones técnicas: la falta de equipo especializado o recursos puede dificultar la ejecución eficiente del plan de mantenimiento.	Actualización según estándares: la posibilidad de adaptar y mejorar el plan con base en los estándares emergentes o cambios en las normativas ISO.	(D2)(O2)	Implementar metodologías Lean para simplificar y optimizar los procedimientos de mantenimiento, maximizando la eficiencia con los recursos disponibles.
3	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo J Estrategias DA para máquinas herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REF!	
GENERACION DE ESTRATEGIAS DA				
	DEBILIDADES	AMENAZAS	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Dependencia del cumplimiento: problemas de implementación pueden surgir si el personal no sigue adecuadamente el plan de mantenimiento o no informa anomalías.	Riesgos no previstos: problemas imprevistos con el husillo podrían afectar la producción, especialmente si no se han considerado en el plan de gestión.	(D1)(A1)	Establecer un acuerdo con múltiples proveedores de servicios especializados para mitigar el impacto de las amenazas relacionadas con la disponibilidad técnica.
2	Limitaciones técnicas: la falta de equipo especializado o recursos puede dificultar la ejecución eficiente del plan de mantenimiento.	Cambios normativos: modificaciones en las normativas ISO o regulaciones de la industria podrían requerir ajustes en el plan PHVA.	(D2)(A2)	Desarrollar un plan de contingencia detallado que incluya acuerdos de servicio de emergencia y la disponibilidad de fondos reservados para situaciones inesperadas.
3	N/A	N/A		

Fuente: elaboración propia.

Anexo K Estrategias finales para máquinas herramientas

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
		EMPRESA		
ESTRATEGIAS PROPUESTAS				
	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS DA
1	Establecer un comité de análisis de datos para identificar patrones predictivos en el desempeño del husillo y aplicar mejoras proactivas en el plan de mantenimiento.	Implementar auditorías internas regulares para fortalecer el cumplimiento de los procedimientos de mantenimiento y prevenir posibles amenazas operativas.	Ofrecer entrenamientos especializados para mejorar la habilidad técnica del personal, centrándose en el análisis avanzado de datos para la mejora del husillo.	Establecer un acuerdo con múltiples proveedores de servicios especializados para mitigar el impacto de las amenazas relacionadas con la disponibilidad técnica.
2	Establecer un grupo de trabajo interdepartamental encargado de monitorear y anticipar los cambios en las regulaciones ISO, actualizando el plan PHVA en consecuencia.	Explorar la posibilidad de formar una alianza estratégica con un centro de investigación o universidad para acceder a recursos técnicos avanzados en momentos de necesidad.	Implementar metodologías Lean para simplificar y optimizar los procedimientos de mantenimiento, maximizando la eficiencia con los recursos disponibles.	Desarrollar un plan de contingencia detallado que incluya acuerdos de servicio de emergencia y la disponibilidad de fondos reservados para situaciones inesperadas.
3	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	0	0	N/A

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Análisis DOFA para infraestructura

NOMBRE DE LA EMPRESA METALMECANICA				
ANÁLISIS ESTRATEGICO BAJO EL ENFOQUE DOFA				
#	ANALISIS INTERNO		ANALISIS EXTERNO	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1	Conocimiento Técnico Especializado: experiencia y capacitación del personal técnico en el mantenimiento de sistemas de ventilación.	Posible Falta de Recursos: limitaciones en términos de herramientas especializadas o recursos financieros para actualizaciones.	Avances Tecnológicos: posibilidad de integrar nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del sistema.	Obsolescencia de Componentes: riesgo de que los componentes obsoletos dificulten la implementación de mejoras tecnológicas.
2	Registro Detallado de Mantenimiento: documentación precisa y sistemática de las actividades de mantenimiento realizadas.	Dependencia del Mantenimiento Preventivo: riesgo de sobrevalorar el mantenimiento preventivo y subestimar el correctivo.	Colaboración Externa: potencial para asociarse con proveedores o expertos en sistemas de ventilación para obtener información adicional.	Regulaciones Cambiantes: cambios normativos que puedan requerir ajustes frecuentes en el sistema para cumplir con nuevos estándares.

Fuente: elaboración propia.

Anexo L Estrategias FO para infraestructura

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#(REF)	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FO				
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Conocimiento Técnico Especializado: experiencia y capacitación del personal técnico en el mantenimiento de sistemas de ventilación.	Avances Tecnológicos: posibilidad de integrar nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del sistema.	(O1) (F1)	Utilización de la experiencia técnica existente para explorar e integrar nuevas tecnologías y mejorar la eficiencia del sistema.
2	Registro Detallado de Mantenimiento: documentación precisa y sistemática de las actividades de mantenimiento realizadas.	Colaboración Externa: potencial para asociarse con proveedores o expertos en sistemas de ventilación para obtener información adicional.	(O2)(F1)	Establecimiento de asociaciones estratégicas con expertos en sistemas de ventilación para mejorar aún más la capacidad técnica del equipo.
			N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo M Estrategias FA para infraestructura

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#(REF)	
GENERACION DE ESTRATEGIAS FA				
	FORTALEZAS	AMENAZAS	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Conocimiento Técnico Especializado: experiencia y capacitación del personal técnico en el mantenimiento de sistemas de ventilación.	Obsolescencia de Componentes: riesgo de que los componentes obsoletos dificulten la implementación de mejoras tecnológicas.	(A1)(F1)	Diversificación de fuentes de recursos técnicos para contrarrestar el impacto de posibles componentes obsoletos.
2	Registro Detallado de Mantenimiento: documentación precisa y sistemática de las actividades de mantenimiento realizadas.	Regulaciones Cambiantes: cambios normativos que puedan requerir ajustes frecuentes en el sistema para cumplir con nuevos estándares.	(A2)(F2)	Aprovechamiento del detallado registro de mantenimiento para estar preparados ante cambios regulatorios, adaptando el sistema de acuerdo con las nuevas normativas.
			N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo N Estrategias DO para infraestructura

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#(REF)	
GENERACION DE ESTRATEGIAS DO				
	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Posible Falta de Recursos: limitaciones en términos de herramientas especializadas o recursos financieros para actualizaciones.	Avances Tecnológicos: posibilidad de integrar nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del sistema.	(D1) (O1)	Exploración de opciones de financiamiento o subvenciones para adquirir herramientas especializadas y abordar la falta de recursos.
2	Dependencia del Mantenimiento Preventivo: riesgo de sobrevalorar el mantenimiento preventivo y subestimar el correctivo.	Colaboración Externa: potencial para asociarse con proveedores o expertos en sistemas de ventilación para obtener información adicional.	(D2)(O1)	Balancear estratégicamente el mantenimiento preventivo con el correctivo, identificando áreas clave para mejorar la efectividad del sistema.
			N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

Anexo O Estrategias DA para infraestructura

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
MATRIZ DOFA		EMPRESA	#REFI	
GENERACION DE ESTRATEGIAS DA				
	DEBILIDADES	AMENAZAS	COMBINACION	ESTRATEGIA
1	Posible Falta de Recursos: limitaciones en términos de herramientas especializadas o recursos financieros para actualizaciones.	Obsolescencia de Componentes: riesgo de que los componentes obsoletos dificulten la implementación de mejoras tecnológicas.	(D1)(A1)	Desarrollo de un plan de contingencia para componentes obsoletos, incluyendo posibles alternativas y soluciones de transición.
2	Dependencia del Mantenimiento Preventivo: riesgo de sobrevalorar el mantenimiento preventivo y subestimar el correctivo.	Regulaciones Cambiantes: cambios normativos que puedan requerir ajustes frecuentes en el sistema para cumplir con nuevos estándares.	(D1)(A2)	Monitoreo proactivo de los cambios regulatorios y actualizaciones necesarias para cumplir con las nuevas normativas.
3	N/A	N/A		

Fuente: elaboración propia.

Anexo P Estrategias finales para infraestructura

ASESTRA				
ASESORIAS ESTRATEGICAS				
		EMPRESA		
ESTRATEGIAS PROPUESTAS				
	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS DA
1	Utilización de la experiencia técnica existente para explorar e integrar nuevas tecnologías y mejorar la eficiencia del sistema.	Diversificación de fuentes de recursos técnicos para contrarrestar el impacto de posibles componentes obsoletos.	Exploración de opciones de financiamiento o subvenciones para adquirir herramientas especializadas y abordar la falta de recursos.	Desarrollo de un plan de contingencia para componentes obsoletos, incluyendo posibles alternativas y soluciones de transición.
2	Establecimiento de asociaciones estratégicas con expertos en sistemas de ventilación para mejorar aún más la capacidad técnica del equipo.	Aprovechamiento del detallado registro de mantenimiento para estar preparados ante cambios regulatorios, adaptando el sistema de acuerdo con las nuevas normativas.	Balancear estratégicamente el mantenimiento preventivo con el correctivo, identificando áreas clave para mejorar la efectividad del sistema.	Monitoreo proactivo de los cambios regulatorios y actualizaciones necesarias para cumplir con las nuevas normativas.
3	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	0	0	N/A

Fuente: elaboración propia.

Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas para las matrices de herramientas, máquinas herramientas e infraestructura:

Se hizo una recopilación de datos de manera investigativa, para así determinar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la empresa en cada una de las respectivas matrices, para estudiar las estrategias a utilizar en el análisis interno de la empresa metalmecánica, para así definir estrategias finales que permitan dar solución a los riesgos en mantenimiento. Se detalló en tres áreas diferentes comunes en este tipo de empresas, las cuales son herramientas, máquinas herramientas e infraestructura.

Herramientales en metalmecánica son herramientas y accesorios utilizados para dar forma, cortar, mecanizar y manipular metales. Esto incluye fresas y brocas para fresadoras, tornos de mecanizado, matrices y troqueles para estampado, limas y escofinas para pulir, sierras para metales, instrumentos de medición como calibres y micrómetros, herramientas de torneado para tornos, dispositivos de sujeción, equipos de soldadura y corte, y dispositivos de medición no destructiva. Cada herramienta cumple una función específica en los procesos de fabricación y mecanizado de metales, que en este caso específico se define como juego de troqueles la variable a analizar (Tabla 4, Anexo 2-Anexo 6).

Máquinas herramientas son dispositivos utilizados en la fabricación y mecanizado de piezas metálicas. Estas máquinas realizan operaciones como el torneado, fresado, taladrado y rectificado. Algunos ejemplos comunes incluyen tornos, fresadoras, taladros, rectificadoras y prensas. Las máquinas herramienta son esenciales para dar forma y cortar materiales metálicos con precisión, facilitando la producción eficiente de componentes y productos. Estas máquinas desempeñan un papel fundamental en la metalmecánica y otros sectores industriales al permitir la automatización y repetición de procesos de fabricación, en este caso específico se analiza el husillo del CNC para esta área (Tabla 5, Anexo 7-Anexo 11).

Infraestructura en metalmecánica comprende las instalaciones físicas y sistemas esenciales para la fabricación de metales. Esto incluye edificaciones, sistemas de energía, climatización, iluminación, manejo de materiales, seguridad, gestión de residuos, redes de comunicación y áreas de almacenamiento, mantenimiento e inspección. Esta infraestructura es fundamental para garantizar operaciones eficientes y seguras en el sector, en esta área definida, se analiza la parte estructural de la empresa y se concentró en un sistema de ventilación (Tabla 6, Anexo 12-Anexo16).

4.3.1 Identificación de riesgos en el proceso de fabricación de componentes metálicos en empresas metalmecánicas

A continuación, se proporciona una descripción detallada de los riesgos potenciales identificados en cada proceso, confeccionada mediante el criterio de expertos recopilado a través de entrevistas y respaldado por información histórica de bases de datos.

La experiencia y conocimientos especializados, obtenidos a partir de extensas entrevistas, jugaron un papel fundamental en la identificación precisa de riesgos asociados a cada proceso. Además de la identificación de riesgos, se detallan las causas subyacentes, los posibles efectos en caso de materialización y se brindan recomendaciones para el tratamiento de dichos riesgos. Este enfoque integral se basa en la combinación de la experiencia práctica de los expertos, datos históricos y una comprensión profunda del funcionamiento de cada proceso, asegurando una evaluación completa y fundamentada de los riesgos en la empresa.

4.3.2 Matriz de riesgos

Una matriz de riesgo se posiciona como una herramienta crucial en la gestión y control de actividades esenciales de una organización, abarcando procesos,

productos y servicios. Su utilidad radica en la identificación y evaluación de los diversos riesgos inherentes a estas actividades, abordando aspectos operativos, financieros, estratégicos y tácticos que pueden afectar el funcionamiento óptimo de la empresa. La flexibilidad de la matriz de riesgo se destaca al documentar cada proceso y ofrecer una visión general de los riesgos en cada área, permitiendo un diagnóstico objetivo de la situación global de riesgos en la organización.

En el análisis de las consecuencias, se consideraron diversos factores, como el historial de riesgos materializados, la información proporcionada por profesionales y trabajadores veteranos, datos ambientales, registros de inspecciones de mantenimiento, requisitos legales, entre otros. Los criterios clave utilizados incluyeron la identificación detallada del riesgo, análisis de impacto y probabilidad, así como la evaluación del nivel de riesgo y su prioridad.

Tabla 7. Matriz de riesgos en mantenimiento

	MATRIZ DE RIESGO MANTENIMIENTO METALMECÁNICO			TIPO DE RIESGO
	RIESGOS	CAUSAS	EFFECTOS (que pasa si se materializa)	TRATAMIENTO RECOMENDADO
Juego de Troqueles	Desgaste prematuro de los troqueles.	Uso prolongado, falta de lubricación adecuada.	Producción de productos defectuosos, aumento de costos por reemplazo frecuente.	(FA) Diversificación de fuentes de lubricación y métodos de mantenimiento para prevenir desgaste anticipado.
	Fallo repentino del juego de troqueles.	Defectos en la fabricación, sobrecarga durante la operación.	Interrupción de la producción, tiempos de inactividad prolongados.	(DA) Desarrollo de un plan de contingencia con troqueles de repuesto y revisión del proveedor para evitar fallas súbitas.
Husillo de CNC	Sobrecalentamiento del husillo.	Velocidad inadecuada, falta de lubricación, acumulación de virutas.	Reducción de la precisión, fallas en la producción, posibles daños permanentes al husillo.	(DO) Investigación y adopción de nuevas tecnologías para evitar el sobrecalentamiento, como sistemas de refrigeración mejorados.
	Desalineación del husillo.	Impactos, vibraciones, falta de mantenimiento.	Producción de piezas defectuosas, aumento del desgaste del husillo, posible daño a otros componentes.	(DO) Implementación de sistemas de monitoreo de alineación y programas de mantenimiento predictivo para evitar la desalineación.
Sistema de Ventilación y Extracción de Humos	Obstrucción de los conductos de ventilación.	Acumulación de residuos, falta de limpieza regular.	Reducción del flujo de aire, mala calidad del aire, riesgo de contaminación.	(DO) Exploración de tecnologías de monitoreo remoto para detectar y evitar obstrucciones en tiempo real.
	Falla del sistema de ventilación durante las operaciones.	Falta de mantenimiento, componentes defectuosos, cortes de energía.	Acumulación de humos y gases, riesgo para la salud de los trabajadores, posible paralización de la producción.	(DA) Establecimiento de un plan de respuesta a emergencias y procedimientos para manejar situaciones de falla del sistema.

Fuente: elaboración propia

4.4 Análisis Documental.

Este análisis busca extraer, interpretar y organizar la información relevante contenida en los documentos, ya sean libros, artículos, informes, archivos digitales, entre otros. Este análisis documental se enfoca en comprender la información disponible, identificar vacíos en el conocimiento existente (DOFA, PHVA, ISO 31000, ISO 55001, ISO 9001), y contribuir a la comprensión sobre la gestión del riesgo orientado al mantenimiento metalmecánico.

4.4.1 Diseño y formulación de un sistema de gestión de riesgos basados en los lineamientos establecidos por la norma NTC- ISO 31000 versión 2011 para la empresa SIMMA LTDA.

En esta tesis se realizó un análisis documental exhaustivo, en el que se revisaron diversas fuentes bibliográficas y normativas relacionadas con la gestión del riesgo y la calidad. En particular, se mencionan varias normas internacionales relacionadas con la gestión del riesgo, como la norma ISO 31000:2011, que establece los principios y directrices para la gestión del riesgo, y la norma ISO 9001:2015, que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad. Además, se mencionan diversas fuentes bibliográficas relacionadas con la gestión del riesgo, como libros y artículos científicos, que permitieron fundamentar teóricamente el trabajo. También se realizaron auditorías internas en la empresa SIMMA LTDA, lo que permitió obtener información de primera mano sobre los procesos y los riesgos asociados a ellos.

La empresa SIMMA LTDA cuenta con diferentes procesos que afectan los intereses internos y externos de la organización, y las condiciones de riesgo en la organización llevan un estudio detallado de las posibles situaciones que no son factibles de controlar con certeza. Entre los riesgos identificados se encuentran aquellos provocados por la infraestructura, aumento de costos y demoras

sustanciales, debido a que el presupuesto y cronograma de los diferentes procesos que afectan el rendimiento de la empresa y posteriormente la satisfacción del cliente. Además, la empresa reconoce la importancia de iniciar un sistema de gestión de riesgos para mejorar la calidad, aumentar el desempeño del talento humano y cumplir con las necesidades de los clientes.

Después de implementar el sistema de gestión de riesgos, la empresa SIMMA LTDA ha obtenido varios beneficios. En primer lugar, se ha logrado una mayor identificación y control de los riesgos operativos, estratégicos, de cumplimiento y financieros, lo que ha permitido establecer estrategias para controlarlos. Además, se ha mejorado la calidad y el desempeño del talento humano, lo que ha llevado a una mayor satisfacción del cliente. También se ha logrado consolidar la imagen corporativa de la empresa, lo que ha permitido a SIMMA LTDA ser un referente en el sector. Por último, se ha iniciado un proceso de sensibilización respecto a la importancia que tienen los trabajadores en la creación de cultura frente a la prevención de los riesgos en cada proceso dentro y fuera de la organización.

En este trabajo de grado, se utilizó la matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) como herramienta para realizar un análisis de la gestión del riesgo en la empresa SIMMA LTDA. La matriz DOFA permitió identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que se presentan en los diferentes procesos de la empresa, lo que permitió tomar decisiones estratégicas para la gestión del riesgo. A partir de la matriz DOFA, se identificaron las acciones necesarias para controlar los riesgos, lo que permitió establecer estrategias para la gestión del riesgo en la empresa. En resumen, la matriz DOFA fue una herramienta clave para identificar los riesgos en los diferentes procesos de la empresa y establecer estrategias para su control.

4.4.2 Gestión de riesgos por procesos en la EMPRESA COLOMBIANA DE FIBRAS S.A.S de la industria manufacturera (estudio de caso).

El trabajo se centra en la identificación, medición y gestión del riesgo operacional en una empresa manufacturera. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se evidencia la escasez de información específica sobre el manejo del riesgo operacional en este tipo de empresas, lo que lleva a la propuesta de adaptar metodologías e información general sobre gestión de riesgos para abordar el tema de gestión del riesgo de los procesos.

El documento también aborda el impacto económico de los riesgos identificados en los procesos de la empresa, así como la estructuración de los riesgos asociados a la gestión por procesos. Se menciona la contratación de un analista de riesgo para apoyar la gestión de los riesgos financieros en la empresa.

Para identificar los riesgos en cada uno de los ocho procesos de la empresa Colombiana de Fibras S.A.S, se utiliza la metodología PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) de la norma ISO 9001:2015. Esta metodología se aplica en cada uno de los procesos de la empresa, con el fin de identificar los posibles riesgos asociados con sus causas y efectos.

Además, se realiza la descripción de las actividades en cada uno de los procesos conservando la estructura del ciclo PHVA de la norma ISO 9001:2015, teniendo en cuenta la información de entrada y de salida, descripción de actividades, objetivo, responsable, tipo de proceso, indicadores si aplica, documentos asociados, recursos y alcance. En tal sentido, se realiza la identificación de los riesgos asociados a cada proceso en la cual gráficamente, mediante una matriz de riesgo, se realiza la descripción del tipo de riesgo, causas, efectos (consecuencias) y tratamiento recomendado.

Los beneficios obtenidos del trabajo incluyen la identificación de riesgos, la cuantificación del impacto económico, la propuesta de acciones de intervención y la mejora en la gestión por procesos en la empresa. Estos beneficios permiten a la empresa anticiparse a posibles situaciones adversas, tomar decisiones informadas, implementar medidas concretas para mitigar riesgos y contribuir a la sostenibilidad de la organización, lo que a su vez promueve una gestión más eficiente y efectiva de los procesos.

4.4.3 Metodología para involucrar la administración del riesgo en la identificación y diseño de procesos en un sistema de gestión de calidad.

El trabajo presenta una propuesta metodológica para integrar la administración del riesgo en los procesos de un sistema de gestión de calidad. El análisis documental de este trabajo revela varios aspectos importantes:

1. Enfoque en la gestión del riesgo: El documento se centra en la importancia de la gestión del riesgo como herramienta de mejora continua en las organizaciones, destacando su relevancia en la prevención de pérdidas por fallas o deficiencias en los procesos.

2. Integración de la administración del riesgo: Se propone una metodología que busca integrar la administración del riesgo durante la identificación y diseño de los procesos de un sistema de gestión de calidad, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los objetivos y requisitos de los procesos.

3. Herramientas y normas mencionadas: El trabajo hace referencia a herramientas como los mapas de riesgo y normas como la NTC 5254:2006 y la NTC GP 1000:2004, que son relevantes para la gestión del riesgo en el contexto de la calidad.

4. Uso de la matriz DOFA y el ciclo PHVA: Se propone el uso de la matriz DOFA en combinación con el ciclo PHVA para la identificación y gestión de riesgos en los procesos de un sistema de gestión de calidad, lo que proporciona una visión integral de los riesgos y oportunidades.

4.5 Observaciones

La evidencia recopilada durante el análisis de la situación actual revela de manera contundente que, en las empresas metalmecánicas objeto de estudio, la cultura de mantenimiento carece de una estructuración sólida. Esta constatación se fundamenta en la falta de inversión en profesionales especializados que posean el conocimiento necesario para aplicar un enfoque integral y proactivo en materia de mantenimiento. Resulta notorio que, en lugar de adoptar prácticas más avanzadas y orientadas a la gestión del riesgo, los métodos predominantes se limitan a la simple aplicación de inspección visual.

En el contexto de estas empresas, se observa una tendencia a abordar las necesidades de mantenimiento de forma reactiva, interviniendo únicamente cuando surge la evidencia visual de un problema, como el desgaste de una herramienta. Este enfoque, aunque puede solucionar problemas puntuales, revela una carencia significativa al no considerar la posibilidad de fallos sistémicos que puedan afectar a toda la maquinaria. La falta de una evaluación más profunda y de la anticipación de posibles fallas a nivel integral constituye un aspecto crítico que impacta directamente en la eficiencia operativa y la continuidad de la producción.

Adicionalmente, se destaca la ausencia de estrategias de contingencia bien definidas que permitan afrontar eventualidades y garantizar la continuidad de las operaciones en caso de fallos mayores. Esta falta de planificación preventiva representa un riesgo significativo para la productividad y la rentabilidad de las empresas, evidenciando la necesidad urgente de implementar un cambio en la

cultura de mantenimiento. En este sentido, el proyecto se posiciona como una oportunidad invaluable para introducir prácticas más avanzadas y alineadas con la gestión del riesgo, contribuyendo así a la mejora sustancial de la eficacia y la sostenibilidad en el ámbito de las operaciones metalmecánicas.

5. CONCLUSIONES

1. Resulta evidente que en las empresas metalmecánicas existe una necesidad imperante de obtener mayor conocimiento acerca del mantenimiento basado en gestión del riesgo. La implementación de este enfoque de mantenimiento podría proporcionar beneficios significativos al abordar de manera efectiva problemas recurrentes que a menudo son pasados por alto, contribuyendo así a la preservación y el fortalecimiento de la empresa.
2. La inexistencia de estrategias de contingencia bien definidas expone a las empresas a riesgos considerables, ya que la falta de planificación preventiva puede resultar en paradas no programadas, pérdida de productividad y daño financiero. Esta falta de preparación para afrontar eventualidades resalta la necesidad urgente de implementar un cambio en la mentalidad y prácticas de mantenimiento.
3. El proyecto ofrece una oportunidad estratégica para introducir mejoras significativas en la cultura de mantenimiento de las empresas metalmecánicas, instando a la adopción de enfoques más proactivos y a la implementación de estrategias basadas en la gestión del riesgo. Este cambio cultural no solo fortalecerá la capacidad de las empresas para afrontar desafíos operativos, sino que también contribuirá a su sostenibilidad a largo plazo y el orden en cuanto al manejo de la misma.
4. La carencia de estímulos para incorporar prácticas de mantenimiento centradas en la gestión del riesgo resalta la necesidad de formular políticas organizativas que valoren y premien la ejecución exitosa de estos enfoques. Establecer un ambiente que estimule la innovación y el compromiso con la mejora constante puede incentivar a las empresas a implementar acciones proactivas, asegurando así la confiabilidad y la longevidad de sus activos.
5. La falta de sistemas de vigilancia constante de la condición de los activos en las empresas del sector metalmecánico destaca la importancia de

integrar tecnologías de vanguardia, como el Internet de las cosas y sensores inteligentes. La aplicación de tales soluciones tiene el potencial de ofrecer datos instantáneos sobre el estado de los equipos, facilitando la toma de decisiones fundamentadas y elevando la eficacia de las labores de mantenimiento.

6. La falta de una arraigada mentalidad preventiva en las empresas metalmecánicas destaca la necesidad de poner en práctica acciones proactivas, tales como la detección temprana de posibles fallos y la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo. Estas iniciativas pueden desempeñar un papel crucial en la disminución de los períodos de inactividad y en la mejora de la eficiencia de la producción, constituyendo elementos esenciales para el éxito sostenible de las organizaciones.

6. RECOMENDACIONES

- **Implementación Gradual:**

Se sugiere llevar a cabo una implementación progresiva del Sistema de Gestión de Mantenimiento fundamentado en la gestión del riesgo. Iniciar con un piloto en una sección específica de la empresa posibilitará la evaluación de su eficacia antes de realizar una implementación a gran escala.

- **Capacitación del Personal:**

Resulta esencial brindar una formación continua al personal involucrado en las labores de mantenimiento, abarcando a ingenieros, técnicos y otros empleados relevantes. La comprensión adecuada del nuevo sistema es crucial para asegurar su éxito.

- **Monitoreo y Evaluación Periódica:**

Se sugiere establecer un sistema de monitoreo y evaluación periódica con el fin de analizar la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento. La retroalimentación constante posibilitará ajustar estrategias y mejorar continuamente el rendimiento.

- **Integración con Sistemas Existentes:**

Es imperativo asegurar la integración efectiva del nuevo sistema con las plataformas y sistemas ya existentes en la empresa. Esto garantizará una transición sin contratiempos y prevenir posibles conflictos de datos.

- **Actualización Regular de Riesgos:**

Se aconseja llevar a cabo actualizaciones regulares de la evaluación de riesgos para reflejar cambios en las operaciones, tecnologías o el entorno empresarial. Esto garantizará que el sistema de gestión del riesgo permanezca siempre alineado con las condiciones actuales.

- **Colaboración Interdepartamental:**

Promover una colaboración estrecha entre los departamentos de mantenimiento, seguridad y operaciones es recomendable. Una comunicación efectiva entre estos departamentos mejorará la identificación y mitigación de riesgos de manera más eficiente.

- **Evaluación de Costos y Beneficios:**

Se sugiere llevar a cabo una evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con la implementación del nuevo sistema. Esto permitirá tomar decisiones informadas y proporcionará datos concretos para respaldar la inversión.

- **Incentivos para la Participación:**

Considerar la implementación de incentivos para estimular la participación activa del personal en la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento. Reconocimientos y recompensas pueden motivar a los empleados a comprometerse y contribuir al éxito del sistema.

- **Auditorías Periódicas:**

Se aconseja realizar auditorías periódicas del sistema para garantizar el cumplimiento de los procedimientos y estándares establecidos. Esto contribuirá a mantener la integridad y eficacia del sistema de gestión de mantenimiento.

- **Flexibilidad y Adaptabilidad:**

Mantener una estructura flexible y adaptable del sistema para hacer frente a cambios internos y externos es fundamental. La capacidad de ajustar el sistema según sea necesario asegurará su relevancia a lo largo del tiempo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE INDUSTRIALES METALÚRGICOS DE LA REPÚBLICA DE ARGENTINA [ADIMRA]. Sector metalmecánico. Guía para una producción sustentable. [En Línea]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia-metalmecanica.pdf>

AGUILAR-OTERO, José R.; TORRES-ARCIQUE, Rocío; MAGAÑA-JIMÉNEZ, Diana. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 2010, vol. 25, no 1, p. 15-26. [En Línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>

ALAVE ALAVI, Edwin Jesús. Desarrollo e implementación de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para micro centrales hidroeléctricas. Tesis de Maestría. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología, Posgrado en Gestión del Mantenimiento. 2016. 146 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/12295/TM-1790-Alave%20Alavi%2c%20Edwin%20Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALFONSO LLANES, Aramis; GONZÁLEZ MAGÁN, Daniel Ramón y BORROTO PENTÓN, Yodaira. Aplicación del mantenimiento basado en el riesgo a equipos de la empresa agroindustrial azucarera “José María Pérez Capote”. En: Centro Azúcar, 2022, vol. 49, no 2, p. 112-121. [En Línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200112

ARCOS-COBA, Jesús Alberto *et al.* ¿Cómo es la gestión de mantenimiento de una empresa metalmecánica? En: Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2023, vol. 6, no. 12, p. 51-63. [En Línea]. Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/131/192>

BROCHE HERNÁNDEZ, Laura. Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central "Osvaldo Socarrás Martínez". Disertación de Doctorado. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo, Departamento de Ingeniería Industrial. 2015. 122 p. [En Línea]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/items/1c5dde00-3f72-41fb-9d3e-beaf5a376842>

CASTILLO ACOSTA, Camilo Andrés y VACA ROA, José Rodrigo. Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico. Monografía de grado, Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Bogotá D.C.: Universidad COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1562. (11, julio, 2012) Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional [en línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley1562-de-2012.pdf>

COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Decreto 1443. (31, julio, 2014). Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) [En línea]. Disponible en: https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/36482/decreto_1443_sgsss.pdf/a41ab70-e369-9990-c6f4-1774e8d9a5fa

ECCI, Dirección de Posgrados. 2016. 67 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/292/Trabajo%20de%20grado?sequence=1&isAllowed=y>

ESPINOSA, Fernando F.; SALINAS, Gonzalo E. selección de estrategias de mejoramiento de las condiciones de trabajo para la función mantenimiento utilizando la metodología MCDA Constructivista. Información tecnológica, 2013, vol. 24, no 3,

p. 57-72. [En Línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000300008&script=sci_arttext

GARCÍA POSTIGO, Diego Max. Sistema de gestión de riesgos basado en el comportamiento humano de la Empresa Metalmecánica Cvc Ingenieros SAC. Trabajo de grado, Ingeniería Industrial. Lima, Perú: UAP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2022. 87 p. [En Línea]. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/10291/TSP%20_60810594.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GARCÍA, R., y LÓPEZ, M. Enfoque del Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo en la Industria Metalmecánica: Caso de Estudio. En: Journal of Industrial Engineering and Management, 2015, vol. 8, no. 2, p. 356-369.

GUEVARA PÁEZ, Diego Armando y GONZÁLEZ BRUITRAGO, Darly Fabiana. Estrategias de control de riesgos en la empresa SERTILL LTDA. Propuesta de investigación. Cúcuta: Universidad Libre, Centro Seccional de Investigaciones. 2018. 15 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11719/PAPER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INFRASPEAK. Reliability Centered Maintenance vs Risk-Based Maintenance [Sitio web]. (2021, junio 16). Disponible en: <https://blog.infraspeak.com/reliability-centred-maintenance-vs-risk-based-maintenance/>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo. Principios y directrices, NTC-ISO 31000. Bogotá D.C.: El Instituto. 2011. 26 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, GTC-45. Bogotá D.C.: El Instituto. 2012. 36 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de calidad. Requisitos, NTC-ISO 9001. Bogotá D.C.: El Instituto. 2015. 47 p.

LONDOÑO, Astrid Johana; CARDONA, Jorge Alberto y GUTIÉRREZ, Juan Felipe. Programa de gestión integral del riesgo químico para la industria metalmecánica. Trabajo de grado, Gestión de la Seguridad y la Salud Laboral. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. 2019. 33 p. [En Línea]. Disponible en: <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1571/Proyecto%20Astrid%20Londo%C3%B1o%20Jorge%20Cardona%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LÓPEZ-BOTERO, Carlos y OVALLE-CASTIBLANCO, Alex. Nivel de implementación del sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo, en las empresas del sector metalmecánico de la región centro sur de Caldas--Colombia. En: Ingeniería y Competividad, 2016, vol. 18, no 1, p. 91-102. [En Línea].

MARTÍNEZ, A., GÓMEZ, B., y RODRÍGUEZ, C. Mantenimiento Basado en la Gestión del Riesgo para la Industria Metalmecánica. En: Revista de Ingeniería Industrial, 2017, vol. 32, no. 2, p. 75-84.

MONTENEGRO LEYVA, Gary Wilber. Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Chancadora del Norte SAC. Tesis de grado Ingeniería Mecánica. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. 2017. 134 p. [En Línea]. Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/84a58ca4-b3c9-41bf-a59f-05f6d8b421fe/content>

RODRÍGUEZ PÉREZ, Carlos. Mantenimiento Basado en Riesgos para el motor de tecnología MAN B&W Diesel de la Central Eléctrica Sancti Spíritus. Trabajo de Diploma. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial. 2017. 114 p. [En Línea]. Disponible en:

<https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/d6dc2935-7406-4271-91ab-8ae2870819f5/content>

SANTANA ROJAS, Brayam Stiven. Elaboración de un plan de mantenimiento para la Empresa Metalmecánica Indumetalsa SAS. 2022. Tesis de grado, Ingeniería Mecánica. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América, Facultad de Ingeniería. 2022. 126 p. [En Línea]. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8855/1/4151894-2022-1-IM.pdf>

SUÁREZ PÉREZ, Jennifer Marcela y BARRIOS ZABALETA, Viviana Marcela. Evaluación de riesgos laborales y diseño de una guía de medidas preventivas para microempresas del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena. Trabajo de grado. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Económicas, Administración Industrial. 2016. 116 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/7917/INFORME%20FINAL%20Suarez%20-%20Berrios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TORRES RODRÍGUEZ, Yonathan Yosud. Diseño y formulación de un sistema de gestión de riesgos basados en los lineamientos establecidos por la norma NTC ISO 31000 versión 2011 para la empresa SIMMA LTDA. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de

Ingeniería Fisicomecánica, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. 2016. 109 p. [En Línea]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/163435.pdf>

VÁSQUEZ CCASANI, Jonathan Jesús. Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América SRL Trujillo. Tesis de grado Ingeniería Mecánica Eléctrica. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica. 2016. 98 p. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/9692>

VALA, Stephen, et al. A risk-based maintenance approach for critical care medical devices: a case study application for a large hospital in a developing country. In: International Journal of System Assurance Engineering and Management, 2018, vol. 9, p. 1217-1233.

VILLAVICENCIO, Diana Ximena Proaño; SOLER, Victor Gisbert; BERNABEU, Elena Pérez. Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 2017, no 1, p. 50-56. [En Línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaElaborarUnPlanDeMejoraContinua-6300064%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-MetodologiaParaElaborarUnPlanDeMejoraContinua-6300064%20(3).pdf)

ANEXOS

Anexo A. Matriz PHVA.....	75
Anexo B Estrategias FO para herramientas	78
Anexo C Estrategias FA para herramientas.....	78
Anexo D Estrategias DO para herramientas.....	79
Anexo E Estrategias DA para herramientas	79
Anexo F Estrategias finales para herramientas	80
Anexo G Estrategias FO para máquinas herramientas.....	81
Anexo H Estrategias FA para máquinas herramientas	81
Anexo I Estrategias DO para máquinas herramientas	82
Anexo J Estrategias DA para máquinas herramientas.....	82
Anexo K Estrategias finales para máquinas herramientas.....	83
Anexo L Estrategias FO para infraestructura	84
Anexo M Estrategias FA para infraestructura	84
Anexo N Estrategias DO para infraestructura	84
Anexo O Estrategias DA para infraestructura	85
Anexo P Estrategias finales para infraestructura	85
Anexo Q	106
Anexo R	106

Anexo Q. Matriz PHVA

[..\Downloads\PHVA.xlsx](#)

Anexo R. Matriz DOFA

[..\Downloads\Copia de MATRIZ DOFA FINAL\(1\).xlsx](#)