

**Propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas
flejadoras verticales R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó**

Presenta:

José María Corchuelo Bolaños 109725

William Forero Méndez 111745

César Augusto Graterol González 109936

Asesor:

Miguel Ángel Urián Tinoco

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de posgrados

Universidad ECCI

Bogotá D.C 25 de septiembre de 2021

Tabla de Contenido

1. Problema de la Investigación	6
1.1. Descripción del Problema	6
<i>1.1.1. Alcance del Proyecto</i>	7
1.2. Formulación del Problema	8
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. Justificación y Delimitaciones	10
3.1. Justificación	10
3.2. Delimitación	13
3.3. Limitaciones	14
4. Marco de Referencia	14
4.1. Estado del arte	14
<i>4.1.1. Tesis nacionales</i>	14
<i>4.1.2. Tesis internacionales</i>	24
<i>4.2.1. Investigación Nacional</i>	31
4.2.1.1. Conceptos sobre Mantenimiento Preventivo.	31
4.2.1.2. Clasificación del Mantenimiento Preventivo.	34
<i>4.2.1.2.1. Mantenimiento Preventivo Provisional.</i>	34
<i>4.2.1.2.2. Mantenimiento Preventivo Directo.</i>	34
<i>4.2.1.2.3. Mantenimiento Preventivo de Desarrollo.</i>	34
<i>4.2.1.2.4. Mantenimiento Preventivo Planeado.</i>	34
4.2.1.3. Ventajas del Mantenimiento Preventivo.	34
4.2.1.4. Tipo de Programas.	36
<i>4.2.2. Investigación Internacional</i>	37
<i>4.2.3. Tipos de mantenimientos</i>	38
4.2.3.1. Mantenimiento correctivo.	38
4.2.3.2. Mantenimiento predictivo.	38
4.2.3.3. Mantenimiento preventivo.	39
4.2.3.4. Mantenimiento productivo total.	39
<i>4.2.4. Indicadores de mantenimiento.</i>	39

4.2.4.1. Tiempos promedios para fallar (TPPF).	39
4.2.4.2. Tiempos promedios para reparar (TPPR).	40
4.2.4.3. Disponibilidad (D).	40
4.2.4.4. Confiabilidad (C).	41
4.2.4.5. Cumplimiento de programa de mantenimiento preventivo.	41
4.2.4.6. Costos de mantenimiento vs producción.	41
4.3. Marco Legal	42
4.3.1. <i>Normatividad Nacional</i>	42
4.3.1.1. Resolución 0312 de 2019.	42
4.3.2. <i>Normatividad Internacional</i>	42
4.3.2.1. Norma ISO 14224.	42
4.3.2.2. Norma ISO 55000.	43
4.3.2.3. Norma Europea UNE-EN 15341.	44
5. Marco Metodológico	44
5.1. Recolección de la Información	44
5.1.1. <i>Tipo de Investigación</i>	44
5.1.2. <i>Fuentes de obtención de información</i>	45
5.1.3. <i>Herramientas</i>	46
5.1.4. <i>Metodología</i>	47
5.1.5. <i>Información recopilada</i>	48
5.2. Análisis de información	52
5.3. Propuestas de soluciones	56
6. Impactos Esperados/alcanzados	77
6.2. Impactos alcanzados	77
6.1. Impactos esperados	78
7. Análisis financiero	79
7.1. Costo de implementación de la propuesta	79
7.2. Estimación de utilidad económica de la aplicación de la propuesta	80
7.3. Aplicación de indicador ROI	80
8. Conclusiones y recomendaciones	82
8.1. Conclusiones	82
8.2. Recomendaciones	82
9. Bibliografía	84

Lista de Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Indicadores KPI Revisión Final Corona Planta Uno Sopó.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2. Frecuencia de fallas / Consecuencia de fallas.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 3. Clasificación de Criticidad.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 4. Criterio para la Estimación de Frecuencias.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 5. Criterios para Estimación de la Consecuencia de Falla.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 6. Puntuación Máquina Flejadora Vertical R10 OMS.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 7. Ponderación de Acuerdo con el Impacto.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 8. Clasificación de Criticidad.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 9. Ponderación de Criticidad.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 10. Tareas de Mantenimiento.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 11. Ficha Técnica de la Máquina.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 12. Formato Estándar de Mantenimiento.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 13. Calendario de Mantenimiento Preventivo.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 14. Calendario de Mantenimiento Cambio de Partes.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 15. Formato de solicitud de Repuestos por Requerimiento.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 16. Formato de Programación de Mantenimiento Electromecánico.....</i>	<i>76</i>

Lista de Gráficos

	Pág.
<i>Figura 1. Histórico de averías empacadoras System P1 2019-2021</i>	10
<i>Figura 2. Histórico de averías flejadoras P1 2019-2020-2021</i>	11
<i>Figura 3. Histórico de tiempos perdidos por averías flejadoras P1 2019-2020-2021</i>	11
<i>Figura 4. Gráfico 4. Criticidad ABC maquinas revisión final P1</i>	12
<i>Figura 5. Estructura del Área de mantenimiento Cerámicas Corona</i>	49
<i>Figura 6. Diagrama Causa – Efecto Problemática Flejadora línea empaque #9</i>	54
<i>Figura 7. Modelo de 8 Fases para la Gestión de Mantenimiento</i>	56

1. Problema de la Investigación

1.1. Descripción del Problema

Corona es una multinacional colombiana con más de 135 años de historia empresarial dedicada a la manufactura y comercialización de productos para el hogar, la construcción, la industria, la agricultura y el sector de la energía. Está compuesta por cuatro Divisiones de Negocios: Baños y Cocinas; Superficies, Materiales y Pinturas; Insumos Industriales y Manejo de Energía; y Mesa Servida, adicionalmente cuenta con dos Unidades Comerciales que son Almacenes Corona y Comercial Corona Colombia. Corona cuenta con 20 plantas de manufactura en Colombia, 3 en Estados Unidos, 3 en Centroamérica y 3 en México, así como con una oficina de suministros globales en China. En alianza con Cementos Molins de España, se encuentra desarrollando a través de Empresa Colombiana de Cementos Alion, el negocio para la producción y venta de cemento en Colombia. Genera más de 9.000 empleos y exporta sus productos a diversos mercados alrededor del mundo, incluyendo Estados Unidos, Canadá, México, Brasil, Chile, Venezuela, Centro América, el Caribe, Italia, España y el Reino Unido, (Corporativo - Quiénes Somos, 2020).

El Parque Industrial Corona Sopó hace parte de la división de superficies, materiales y pinturas, dedicado a la fabricación de revestimiento para pisos y paredes en dos plantas de producción, la primera de nombre Prestigio, cuenta con cuatro líneas de producción, 2 hornos de cocción y 3 máquinas de empaque, una segunda planta de nombre Planta Uno, cuenta con 9 líneas de producción, 6 hornos de cocción y 6 máquinas de empaque, las máquinas de empaque cuentan en su línea de proceso con las máquinas Flejadoras verticales R10 OMS, encargadas de realizar el flejado de las cajas después de hacer el acoplado para que el paletizador sea más eficiente en su operación, además evitar:

la caída de cajas en el área de paletizado, las roturas generadas por las cajas caídas, riesgos de accidentalidad por cortes generadas por caídas por pedazos de baldosa cocida y el incumplimiento de las órdenes de fabricación.

A partir del 2019 se evidenció una pérdida de disponibilidad de las máquinas de empaque System, asociadas a un plan de mantenimiento deficiente y falta de personal técnico capacitado, que está generando averías repetitivas y aumento en las intervenciones por mantenimientos correctivos. En el año 2019 se presentaron 54 averías en estas máquinas, con una pérdida de disponibilidad de 10034 minutos, en el 2020 se presentaron 59 con una pérdida de disponibilidad de 8538 minutos y en el transcurso del 2021 se han presentado 42 con una pérdida de disponibilidad de 4419 minutos. Estas pérdidas de disponibilidad generaron como consecuencia caída en la producción de (559.527.781,00 COP) en el 2019, (750.265.252,00 COP) en 2020 y (601.002.965,00 COP) en 2021 (valor en pesos producción perdida). Por esta razón se hace la propuesta de un diseño de un plan de mantenimiento que permita prevenir y determinar la causa raíz de estas fallas, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las máquinas de empaque, reducir el tiempo de intervención por parte de los mantenimientos correctivos, disminuir riesgos y por consiguiente mejorar la productividad del área de revisión y empaque del Parque Industrial Sopó de la división de superficies, materiales y pinturas.

1.1.1. Alcance del Proyecto

Este proyecto se llevará a cabo en Sopó Cundinamarca, en las instalaciones del Parque Industrial Corona Sopó en Planta uno, en el área de empaque donde se enfocará en las máquinas de flejado vertical automático. La información requerida para el éxito del proyecto se tomará del departamento de mantenimiento del área de revisión y empaque de la empresa.

Para el análisis del proyecto se tomará un periodo de 8 meses, tiempo en el que se llevará a cabo el plan de estudio. Esta investigación busca prevenir estas fallas a tiempo y llegar a encontrar la causa raíz de estas averías para aumentar la disponibilidad de las máquinas de empaque, reducir los tiempos de intervención por parte de las actividades de mantenimiento correctivo y disminuir riesgos. Esta investigación pretende bajar los altos costos asociados a los mantenimientos correctivos y los tiempos de parada imprevistos asociados por las fallas generadas, por desgastes y falta de una adecuada periodicidad. Se busca implementar habilidades para la concientización en todas las unidades operativas y administrativas de la empresa, así como la importancia de una adecuada continuidad y ejecución de los planes de mantenimiento.

1.2. Formulación del Problema

A continuación, se presenta la pregunta de investigación con la cual se pretende sustentar este proyecto de innovación en el Parque Industrial Corona Sopó, sitio donde se enfocará el trabajo, en los cabezales de flejado automático R10 de OMS de las empacadoras System, teniendo en cuenta el planteamiento del problema y su justificación.

¿Cómo aumentar la disponibilidad de las máquinas empaque System, reducir el alto número de intervenciones de mantenimiento correctivo y mejorar la productividad de las máquinas de flejado automático R10 del parque industrial Corona sopó?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Realizar una propuesta de diseño de un Plan de mantenimiento preventivo mediante un diagnóstico que permita definir una estrategia de mantenimiento aplicado a las Flejadoras verticales R10 OMS de las empacadoras System de planta uno del Parque Industrial Corona Sopó, para mejorar su desempeño, aumentar la disponibilidad, reducir las averías y mejorar la productividad de los activos.

2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual y aplicación del mantenimiento de los equipos en estudio para identificar las posibles debilidades y fortalezas respecto a las indicaciones del fabricante y requerimientos de la empresa.
- Investigar y analizar la información de normativa nacional e internacional sobre planes de mantenimiento aplicados a maquinarias de la industria cerámica que sean eficaces, efectivos y que permitan establecer una correcta estrategia, así como definir el plan de mantenimiento a proponer en los equipos del Parque Industrial Corona Sopó.
- Realizar una propuesta de mantenimiento eficiente, seleccionando la mejor metodología para la empresa a partir de las investigaciones realizadas buscando mejorar el desempeño de las máquinas flejadoras, aumentar la disponibilidad de las máquinas de empaque y reducir las averías presentadas.

3. Justificación y Delimitaciones

3.1. Justificación

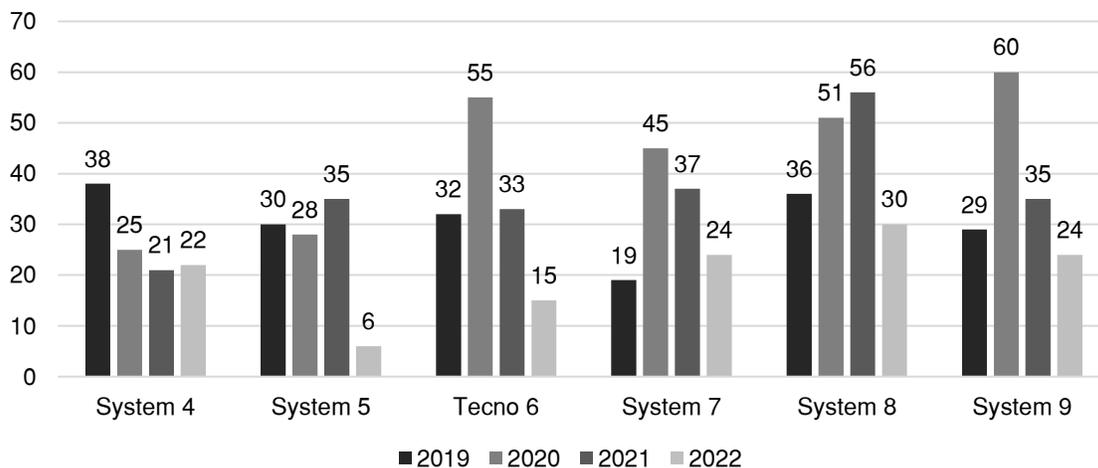
En un mercado global la competitividad empresarial se puede definir como la capacidad de una organización o empresa de brindar un servicio o producto de mejor calidad, costo y beneficio que sus competidores, por eso toda empresa debe mantener su vigencia dentro del mercado y estar a la expectativa de las exigencias de sus clientes, sin embargo, el concepto de competitividad empresarial algunos expertos lo definen y asocian con algo que tiene que ver con productividad, algo que siempre es vital en el mundo de todos los negocios y organizaciones (Jirón, 2019).

En la actualidad existen nuevas estrategias de mantenimiento que buscan seleccionar las mejores prácticas que se adecúen a un sistema en particular y a su entorno, buscando siempre un equilibrio entre los aspectos operacionales, de seguridad integral y de productividad, sin embargo, para poder seleccionar la estrategia de mantenimiento correcta depende en gran medida del funcionamiento interno de la empresa.

Actualmente en la empresa Parque Industrial Corona Sopó, se vienen presentando inconvenientes en su plan de gestión de mantenimiento, los problemas se encuentran asociados a la pérdida de disponibilidad de las máquinas de empaque System, asociadas a un plan de mantenimiento deficiente, que está generando averías repetitivas en las máquinas Flejadoras verticales R10 OMS, el aumento en las fallas y tiempos de respuesta en la atención de estos equipos, han generado una afectación en el proceso de empaque de producto terminado. En la Figura 1. Se encuentra el histórico de averías del área de revisión y empaque de las empacadoras System Ceramics.

Figura 1

Histórico de Averías Empacadoras System Planta 1 2019-2020-2021-2022

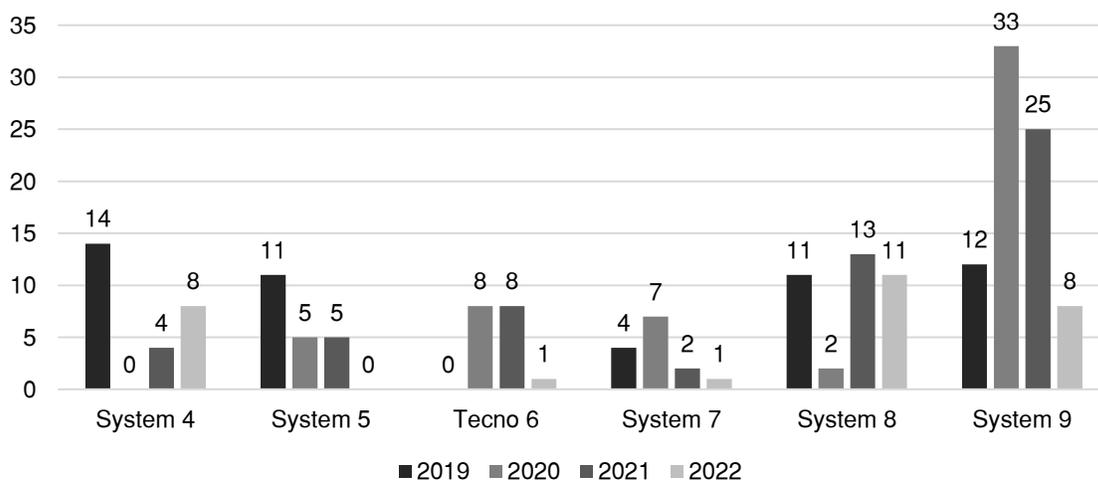


Nota. Datos expresados en número de averías. Reproducida de Histórico de Averías System P1 2019-2020-2021-2022, 2022 Elaboración propia.

En la Figura 2. se muestra el histórico de averías de las máquinas flejadoras que son las escogidas para el caso de estudio.

Figura 2

Histórico de Averías Máquina Flejadora Planta 1 2019-2020-2021-2022

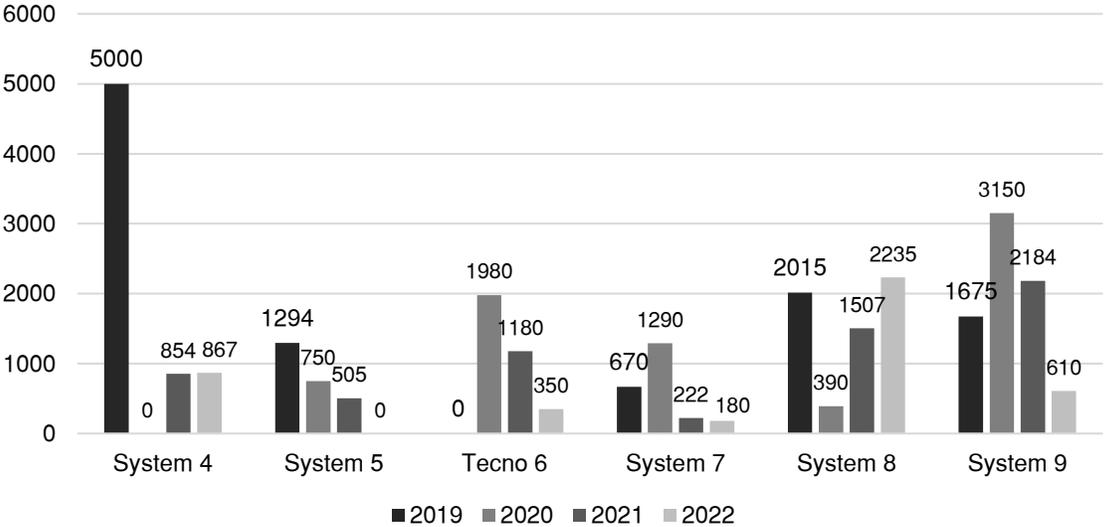


Nota. Datos expresados en número de averías. Reproducida de Histórico de Averías Máquina flejadora P1 2019-2020-2021-2022, 2022 Elaboración propia.

En esta gráfica se muestra el histórico de tiempos perdidos por las averías presentadas en las flejadoras.

Figura 3

Histórico de Tiempos Perdidos por Averías Máquina Flejadoras Planta 1 2019-2020-2021-2022.



Nota. Datos expresados tiempo (minutos). Reproducida de Histórico Tiempos Perdidos por Averías Máquina Flejadora P1 2019-2020-2021-2022, 2022 Elaboración propia.

Este proyecto tiene como finalidad ayudar a la empresa Parque Industrial Corona, en mejorar el proceso de gestión de mantenimiento de sus activos, por medio de una estrategia y metodología que permita optimizar de forma rápida y segura los procesos de gestión de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo que garantice la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas flejadoras R10 OMS, así como la reducción de los riesgos asociados a la accidentalidad laboral.

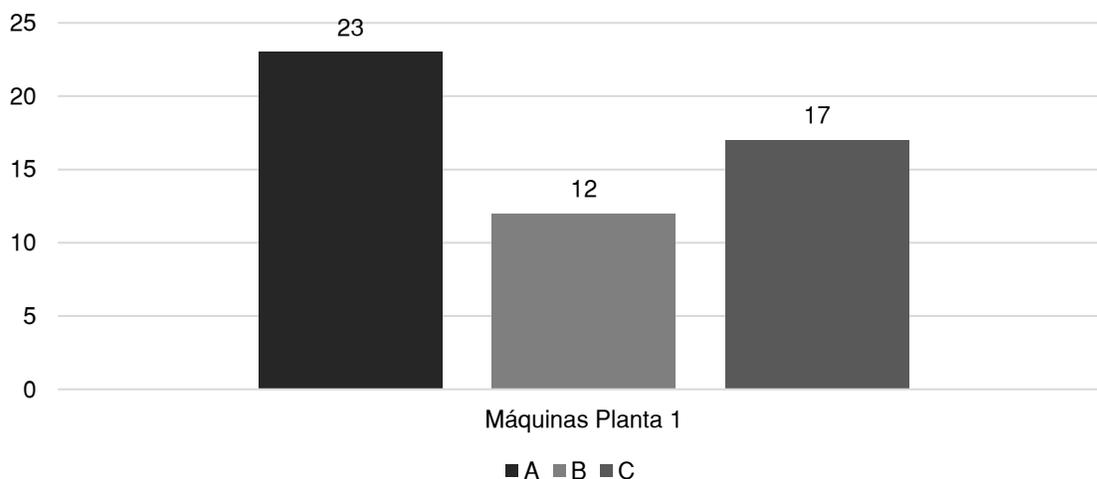
La importancia de la optimización del plan de mantenimiento se basa en la criticidad de los activos estudiados y cómo impactan en el proceso productivo, ya que las máquinas flejadoras tienen una criticidad alta (Ver gráfico criticidad revisión y empaque

P1).

En esta gráfica se encuentra el número de máquinas y el tipo de criticidad del área de revisión y empaque según análisis ABC.

Figura 4

Criticidad ABC Máquinas Revisión Final Planta 1.



Nota. Datos expresados por unidad de máquinas. Reproducida de Criticidad ABC Máquinas Revisión Final P1. 2022. Elaboración propia.

3.2. Delimitación

Este proyecto de investigación se desarrollará dentro de las instalaciones de la empresa Parque Industrial Corona S.A.S, Ubicada en el kilómetro 2 vía Sopó Briceño, en la planta de producción, área de revisión y empaque, específicamente en las máquinas de flejado automático R10 marca OMS, equipos que presentan un alto número de averías.

La presente propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas flejadoras verticales R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó, se realizará en las instalaciones de la universidad ECCI desde el mes de agosto de 2021 hasta el mes de marzo del 2022.

3.3. Limitaciones

En este momento la empresa no cuenta con técnicos especializados en el mantenimiento de estos equipos de flejado, por falta de capacitación y habilidades que permitan dictaminar fallas a tiempo, además no se cuenta con un presupuesto asignado específicamente para el mantenimiento de las flejadoras.

4. Marco de Referencia

4.1. Estado del arte

4.1.1. Tesis nacionales

4.1.1.1. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea quantum de la Empresa Papeles Nacionales S.A. Universidad Tecnológica de Pereira. Andrés Silva Franco. 2015.

Esta tesis se enfocó en realizar un plan de mantenimiento a los activos de la empresa Papeles Nacionales S.A, con el objetivo de mantener los estándares de calidad, tiempo y entrega de sus clientes, esto por medio de estrategias asociadas a actividades de inspección por parte del equipo operativo y elaboración de manuales de uso y operación.

También busca optimizar el manejo de los repuestos por medio de la determinación de los modos de falla e identificación de cada uno de los sistemas y componentes que conforman el activo en estudio.

Con este trabajo se puede reconocer un modelo de metodología sistema de empaque al igual que el objeto de estudio del presente trabajo, así como el diseño de un plan de mantenimiento donde se pueden ver las distintas clases de mantenimiento asociadas a los

procesos productivos y los beneficios que traen a la organización.

Mantenimiento Operacional: Es la labor de mantenimiento aplicada a un sistema o equipo con la finalidad de mantener su operatividad, la programación de este tipo de mantenimiento es totalmente dinámica, usando un plan de mantenimiento rutinario se efectúan labores diarias que dependen directamente del equipo y de la operación de producción que realiza.

Mantenimiento Mayor: El mantenimiento mayor consiste en devolver o restaurar las condiciones generales de los activos a mantener, bien sea para un período de tiempo con pocas probabilidades de falla o a sus condiciones iniciales de diseño, manteniendo siempre los requerimientos de desempeño y eficiencia que se necesitan. Este tipo de mantenimiento se aplica a los equipos o sistemas que desarrollan trabajos de alta calidad, como costo del mantenimiento, tiempo de ejecución, requerimientos de programación y planificación.

Mantenimiento de Clase Mundial: Reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, que encierra aspectos tanto humanos, técnicos y financieros, para crear una base sólida de gran valor práctico que, aplicados en forma óptima y sistemática, soportará el crecimiento económico y científico de las empresas, el término clase mundial, agrupa diez prácticas orientadas a alcanzar la mejor rentabilidad y excelencia de la empresa en la que es aplicada.

- **Organización centrada en equipos de trabajo:** Por medio de equipos de trabajo multidisciplinario se analizan los procesos y solucionan los problemas. De igual manera se tienen organizaciones que reconocen y evalúan esta forma de trabajo.
- **Contratistas orientados a la productividad:** El contratista es un socio estratégico, con quien se realizan trabajos definidos, planificados y bien presupuestados. Por esto las labores a realizar no deben incrementar las horas de trabajo durante el desarrollo de

cualquiera de dichos trabajos, más bien estos proyectos deben ir en procura de aumentar los niveles de producción y la implementación de programas de optimización de costos.

- Integración con proveedores de materiales y servicios: Se debe contar con proveedores confiables y comprometidos con los procesos de producción que desarrolla la empresa. Además, se tendrán inventarios de material administrados por los proveedores, asegurando calidad y cantidad requeridas en el momento justo y a un costo óptimo.
- Apoyo y visión de la gerencia: En esta fase debe haber un total compromiso y participación por parte de la gerencia en los equipos de trabajo, para así obtener un mejoramiento continuo en todas las actividades de producción. Además, colaborar con la implementación del programa de reconocimientos e incentivos, evaluación de los empleados, procesos de selección y programas de desarrollo.
- Planificación y Programación Proactiva: Estas son bases fundamentales en el mantenimiento orientado a la confiabilidad. El proceso de gestión de confiabilidad y mantenimiento debe ser sistemático y metódico. Se deben planificar las actividades a largo, mediano y corto plazo tratando de maximizar la confiabilidad y productividad de todas las instalaciones.
- Procesos orientados al mejoramiento continuo: Busca mejorar los procesos y actividades, estas mejoras deben tener un reconocimiento por parte de la gerencia.
- Gestión disciplinada de procura de materiales: Procedimiento de selección de los mejores proveedores que garanticen el mejor servicio con la mejor calidad costo beneficio, tiempos de entrega, utilizando las mejores tecnologías.
- Integración de sistemas: Usando sistemas estándares en la organización y

utilizándolos en los procesos, se facilitará el registro y captura de datos para análisis.

- Gerencia disciplinada de paradas de plantas: Paradas de plantas con visión de la Gerencia de Proyectos liderada por profesionales y con disciplina en la gestión de ésta. Se debe realizar adiestramiento para las paradas tanto a los empleados como a los proveedores y contratistas; la planificación de las paradas de la planta debe realizarse con 12 a 18 meses de anticipación, involucrando a todos los implicados bajo procedimientos documentados y practicados.
- Producción basada en confiabilidad: El grupo de mantenimiento predictivo debe aplicar sistemáticamente los métodos más avanzados existentes de mantenimiento predictivo como: análisis de aceite, alineación, vibración, balanceo, ultrasonido y otras. Este grupo debe tener la habilidad de predecir el comportamiento de los equipos con 12 meses de anticipación y coordinar la realización de los correctivos, y analizar la causa de los problemas.

Sistemas de Mantenimiento: En la actualidad existe una variedad de sistemas de mantenimiento que se implementan en las diferentes empresas, dependiendo de varios factores como, por ejemplo, los productos que fabrican, la jornada laboral, las máquinas que laboran, entre otros.

Mantenimiento correctivo: Este tipo de mantenimiento se basa en la corrección de las averías o fallas, después de que éstas se presentan, provocando así paradas inesperadas y daños. Esta forma de mantenimiento es también denominado reactivo, ya que se reacciona después de que sucede la falla. El mantenimiento correctivo impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por deficiencia en el manejo, por desgaste natural.

Mantenimiento preventivo: La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Mantenimiento programado: Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Su base es una revisión y desmonte general de los equipos de producción aprovechando una parada general periódica de la actividad productiva, un receso de producción, un periodo estacional no productivo o las vacaciones colectivas del personal de producción.

Mantenimiento predictivo: La base principal del Mantenimiento Predictivo es planificar y vigilar alguna variable del equipo, todo en virtud de la evolución del comportamiento mecánico de la maquinaria industrial, estas herramientas por sí solas no conforman el Mantenimiento Predictivo, puesto que para hablar de predictivo es preciso efectuar las actividades a mencionar.

Una vez detectada la presencia de un problema se tendrá que proceder al análisis del defecto y su causa, sin embargo, no basta con identificar y detectar problemas, causas y defectos.

Mantenimiento productivo total: El TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser muy efectivo, sus características principales son el mantenimiento autónomo y el involucramiento de todas las personas incluyendo la alta gerencia, como ejemplo podemos tener, la concientización del operario de producción para que realice él mismo el mantenimiento autónomo de su equipo productivo.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad: (RCM) Esta metodología sigue un procedimiento estructurado y sistemático, para determinar los requerimientos de mantenimiento de los equipos dentro del funcionamiento del sistema de operación y no

dependiendo de cada equipo.

4.1.1.2. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para la empresa Fernández y Compañía S.A. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. Pablo Andrés Ramírez García. 2017.

En este trabajo se presentaron algunos conceptos generales que permitieron llevar a cabo un diseño del plan de mantenimiento de máquinas industriales para el proceso de manipulación y corte de la madera, con el propósito de lograr la recolección y descentralización de la información de equipos existentes en la organización, que permitan fácil recopilación de datos para el mantenimiento y garantizar la vida útil de la maquinaria entre las diferentes sedes interna y externas de la Empresa Fernández y Compañía S.A. determinando las funciones de producción óptima para la utilización eficiente de los recursos disponibles tecnológicamente para la implementación de un buen servicio al cliente.

Para la empresa Fernández y compañía es fundamental implementar planes estratégicos de producción con sus respectivos planes de mantenimiento para cada uno de los activos permitiendo estandarizar y organizar metódicamente las diferentes tareas de mantenimiento al interior de la empresa.

Con el levantamiento de la información al interior del área de mantenimiento se logró mejorar estándares y normas preestablecidas por el fabricante para dar y mantener en servicio la maquinaria adquirida por la empresa.

4.1.1.3. Plan de implementación del pilar mantenimiento planificado bajo mantenimiento productivo total en una empresa productora del sector cerámico.

Universidad escuela de ingeniería de Antioquia, Colombia. David Gutiérrez Botero. 2013.

Esta tesis trató en su primera parte de algunos conceptos básicos del mantenimiento

productivo total (TPM), que es una metodología de mejora continua que permite a la empresa asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, operaciones y sistemas, buscando la participación total de las personas que intervienen en los procesos, para lograr cero defectos de producción y cero accidentes.

La implementación de esta metodología en la empresa productora de cerámica, con cada uno de los pilares fundamentales busca una interacción entre todas las áreas de la empresa, que mejoren los procesos y ayuden a cumplir las estrategias propuestas por la gerencia.

Los pilares fundamentales de esta metodología son:

- Mejoras enfocadas (Kobetsu-Kaizen): su objetivo es eliminar los tiempos perdidos de los procesos de producción por fallas, averías y pérdidas por defectos en la producción.
- Mantenimiento autónomo (Jishu-Hozen): este pilar busca que los operarios tengan un mejor conocimiento de sus equipos y puedan ayudar a determinar posibles fallas que puedan generar averías y tiempos perdidos además busca que los operarios sean cada vez más autónomos en los ajustes básicos del equipo.
- Mantenimiento Planeado (Keikaku-Hozen): este pilar busca tener en óptimas condiciones de operación los equipos, mediante la planificación de actividades de mantenimiento preventivo que pueden ser dictaminadas por los operadores, que requieran cambios de componentes y ajustes especializados de los equipos.
- Educación y entrenamiento: este pilar es el responsable de definir las actividades que requieran capacitación para poder dotar a los empleados de herramientas que le faciliten el desarrollo de sus actividades, como lubricación, elementos de ajuste y apriete, sensorica entre otros

- Calidad (Hinshitsu-Hozen): busca prevenir los posibles defectos de equipos y procesos para lograr cero defectos de calidad, que afectan el producto final, implementando sistemas de inspección de mejoras que controlen las posibles desviaciones para mantener los niveles de calidad.
- Mantenimiento de áreas de apoyo o administrativas: dar a conocer las políticas de mejoramiento en las áreas productivas y administrativas, que generen fallas, por falta de mantenimiento o mala comunicación.
- Seguridad y medio ambiente: busca crear un ambiente seguro libre de accidentes para los trabajadores y genera una responsabilidad para el cuidado especial del medio ambiente y sus recursos naturales, con cero daños de salud y cero contaminaciones.
- Gestión temprana: busca reducir el deterioro de los equipos y la disminución de los costos de operación.

4.1.1.4. Elaboración de manual de mantenimiento preventivo para una Empacadora Vertical ET-02. Universidad EAFIT Departamento de ingeniería mecánica, Colombia. Alejandro Toro Londoño. 2009.

Este trabajo presenta la metodología para el desarrollo de un manual de mantenimiento preventivo para la máquina empacadora vertical ET-02 centrado en las necesidades de la empresa y las máquinas empacadoras que producen.

Realizar el estudio de confiabilidad del activo y establecer un método por medio de indicadores de gestión de mantenimiento como son: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad que permitan controlar de forma eficaz la gestión de mantenimiento y realizar correcciones y mejoras al plan de gestión de mantenimiento basado en el resultado de los indicadores obtenidos.

Plantear un plan de mantenimiento basado que contempla la creación de rutinas de mantenimiento para el seguimiento y control de los activos, así como control eficaz de los repuestos requeridos por medio de una lista y planos actualizados.

4.1.1.5. Diseño de un manual de mantenimiento productivo total para las máquinas y equipos de selección y embalaje de granos en la empresa diana corporación S.A.S seccional Siberia. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. María Isabel Puentes Pallares. 2020.

Este trabajo presenta el diseño del manual de mantenimiento bajo la estrategia de productividad total para las máquinas y de selección y embalaje de granos en la empresa Diana Corporación S.A.S, este trabajo se justifica por la ausencia de los manuales de mantenimiento preventivo de los activos en estudio lo que lleva a que actualmente la empresa solo desarrolle mantenimiento de tipo correctivo, que se entiende como mantenimiento no deseados de altos costos y que afectan en gran medida la disponibilidad de los activos y por consiguiente la productividad de la compañía.

La metodología utilizada en este trabajo para el diseño del plan de mantenimiento consiste realizar una recolección de datos con el objetivo de verificar la condición actual de los activos de la línea de producción en estudio, determinar cuáles de estos activos poseen criticidad alta dentro del proceso productivo y a partir de estos resultados elaborar un manual de mantenimiento preventivo de las máquinas de selección y embalaje de granos de la empresa Diana Corporación S.A.S.

4.1.1.6. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en las válvulas del sistema de Bypass para la empresa Zona Franca Celsia S.A E.S.P de la ciudad de Barranquilla. Universidad autónoma del Caribe, Colombia. Eduardo Antonio Castillo Padilla y Jhon Jairo López López. 2014.

En el año 2014 Eduardo Antonio Castillo y Jhon Jairo López realizaron una investigación para elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las válvulas del Bypass de la empresa de la Zona Franca de Barranquilla Celsia. Tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante de las válvulas que se encuentran plasmadas en los manuales de funcionamiento y operación del equipo, buscando un aumento de la productividad y alargar la vida útil de las válvulas ya que son de alto costo y no son comerciales nacionalmente, por lo que el tiempo de fabricación es de entre 6 a 7 semanas. El objetivo de la elaboración de este plan de mantenimiento preventivo es aumentar la productividad y reducir los altos costos asociados a las intervenciones realizadas por parte de mantenimientos correctivos, por fallas inesperadas, buscando crear planes de mantenimiento eficaces que mejoren la disponibilidad y confiabilidad del equipo. Se realizó un análisis del estado actual de los componentes de las válvulas para evaluar el estado de funcionalidad del componente, la propuesta del plan de mantenimiento preventivo buscando realizar el monitoreo de las condiciones de funcionamiento, que permitan reducir las fallas presentadas en el sistema Bypass, minimizando los costos de mantenimiento.

4.1.1.7. Diagnóstico de un plan de mantenimiento preventivo para un molino MRV 200 en la Compañía Colombiana de Cerámica Colcerámica S.A.S CORONA.

Universidad ECCI, Bogotá, Colombia. Melissa Puentes Elorza - Didier Alexander Reyes Ayala - Enio José Rivas González. 2021.

Se plantea una propuesta de estudio metodológico de mantenimiento implementada de acuerdo con un análisis de criticidad en el cual el molino MRV 220 es un activo crítico en el proceso productivo en la planta de la empresa Corona ubicada en Madrid, Cundinamarca.

En la actualidad se ha venido implementando estrategias para mejorar el

mantenimiento en la cual se busca optimizar cada uno de los procesos con el fin de mejorar la disponibilidad de los activos, así mismo aumentando la rentabilidad de la compañía.

Después de realizar el análisis de las estrategias de mantenimiento basados en la alta calidad de sus productos, la empresa Corona decide realizar una actualización en su filosofía de mantenimiento implementado para el molino MRV 220.

Este estudio contempla la implementación de un mantenimiento productivo total TPM y un mantenimiento basado en condición RCM, en el cual se hace un análisis de la ventajas y desventajas en la implementación de cada uno de estos tipos de mantenimiento, después de realizar un cuadro comparativo, la empresa Corona decide realizar la implementación de un RCM ya que está más alineado con los objetivos estratégicos de la compañía.

El desarrollo del proyecto se divide en cuatro capítulos en los cuales se agrupa la problemática presentada en el molino, se establece las fuentes bibliográficas de consultas para la revisión documental, posteriormente se hace la recolección del marco metodológico y finalmente se establecen las actividades con las cuales se pretenden alcanzar cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

Para dar soporte a esta propuesta se realiza un análisis financiero en el cual se establece un ahorro de 2,5% en las pérdidas de la empresa asociadas al mantenimiento del molino MVR 220, este ahorro está estimado en 82.814.400,00 COP.

4.1.2. Tesis internacionales

4.1.2.1. Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica.

Ltda. Instituto tecnológico de Costa Rica. William Ramírez Espinoza. Cartago, Costa

Rica. 2016.

La presente tesis presentó las diferentes fases metodológicas para la implementación de un sistema de monitoreo con el objetivo de mejorar la confiabilidad y productividad del proceso de empaque de la empresa Panduit de Costa Rica.

Este trabajo busca controlar la producción de la línea de empaque a través de un proceso de monitoreo y control por medio de indicadores como la eficiencia general de los equipos e incluso proponer la aplicación de robótica dentro del proceso de producción.

Este trabajo inicia con el reconocimiento y definición del problema, donde se establecen los requerimientos por parte de Panduit para realizar el proyecto, en donde su principal requerimiento es monitorear el OEE en el área de empaque, debido a que a nivel interno este indicador es de suma importancia para los encargados de analizar la productividad en las diferentes áreas. Luego sigue la obtención y análisis de información donde se realiza investigaciones de los sistemas previamente implementados, ya que para medir el OEE en cada mesa o estación de trabajo, hay que integrar todos los sistemas en un sistema general que se encargará de manipular los diferentes tipos de datos para publicar los indicadores requeridos por parte de Panduit. Seguido se realiza la evaluación de las diferentes soluciones posibles y síntesis de la solución conociendo el funcionamiento del código fuente de las diferentes aplicaciones permite mapear las variables de interés y realizar las modificaciones. Luego se realizó el desarrollo de la solución en el cual se plantea el estudio del código fuente de la aplicación implementada en las mesas de empaque de kit, modificaciones en el código fuente de la aplicación implementada en las mesas de Kits, pruebas de la aplicación modificada en las mesas de Kits, modificaciones en el código fuente de la aplicación implementada en las mesas de empaque con auto baggers, desarrolló una nueva aplicación por medio de LabView y a

propuesta para la automatización de unas de las líneas de empaque por medio de un robot, permitiendo plantear así el diseño un sistema automatizado que permita tener un mayor control del proceso productivo en el área de empaque y analizar la propuesta de un robot para mejorar la confiabilidad al automatizar completamente una de las líneas de empaclado.

Con este trabajo se identifica un modelo que permite mejorar la productividad del Parque Industrial Corona S.A.S, por medio de la implementación de indicadores de gestión que permitan medir de forma correcta los procesos de la empresa para tomar decisiones respecto a debilidades y puntos de mejora.

4.1.2.2. Aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en el área de clasificación de la empresa CERÁMICA LIMA S.A., Universidad César Vallejo. Efraín Ayala Espinoza. Kenyo Lino Romero Alcántara. Lima, Perú. 2019.

Este proyecto busca determinar cómo la aplicación del mantenimiento preventivo afecta en mayor o menor medida la productividad en el área de clasificados de la empresa Cerámica Lima S.A, esto se logra identificando como los mantenimientos preventivos se relacionan con la productividad de la compañía. La metodología aplicada en este proyecto consiste en la recolección de información inicial, definición de variables y rangos de referencia para realizar la comparación con datos obtenidos y realizar los ajustes requeridos, el proyecto realiza una comparación entre el comportamiento de los indicadores de gestión mantenimiento y los indicadores asociados a la productividad de la compañía, concluyendo que una buena gestión de mantenimiento impacta de forma positiva al proceso productivo de la compañía.

4.1.2.3. Implementación del TPM para incrementar la productividad de la flejadora OMS en el área de clasificado de la empresa Celima, Universidad César

Vallejo. Víctor Olegario Cubas Aguilar. Lima, Perú. 2017.

El trabajo tiene como objetivo mejorar la productividad de las máquinas flejadoras OMS del área de clasificado de la empresa Celima, por medio de la aplicación de la estrategia de mantenimiento en productividad total (TPM). El trabajo toma como variables: la frecuencia de paradas de los equipos, diagrama causa y efecto, diagrama de Pareto, recolección de tiempo de paradas y a partir de estos datos realizar el análisis para plantear la estrategia y las actividades requeridas para la implementación del TPM, este trabajo concluye como puntos relevantes que establecer un programa de capacitación para el personal técnico es clave para la implementación correcta del TPM, adicionalmente establece las variables de eficiencia y eficacia como elementos claves para poder medir la productividad, disponibilidad y confiabilidad.

4.1.2.4. Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para aumentar la productividad de la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. Universidad Privada del Norte Cajamarca, Perú. Andy Jhoel Castillo Chávez - Jean Pierre Marcelo Alcántara.

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un Plan de Mantenimiento Productivo Total con el fin de incrementar la productividad en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. Para comenzar, se utilizó técnicas como la observación directa, entrevistas y análisis de información, como instrumentos de recolección se utilizó un cuestionario no estructurado, Check List y ficha de Diagnóstico, las metodologías permitieron procesar la información y de determinar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento fueron el diagrama de Ishikawa, diagrama de procesos, diagrama de barras, análisis de los equipos con mayor grado de criticidad y metodología AMFE. Para diseñar el plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se consideró el mantenimiento autónomo, planificado (Cronograma de actividad para mantenimiento), calidad (Cronograma de

capacitaciones), seguridad y salud (5s). Luego, se procede a analizar los indicadores independientes donde se determinó que aplicando el plan propuesto, el tiempo promedio entre fallas (MTBF) disminuye, la disponibilidad de equipos y la calidad del producto final aumenta.

4.1.2.5. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa del rubro metalmecánico. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. Juan Luis Muñante Tipiani.2014.

El proyecto está dedicado a la implementación de una propuesta de mantenimiento para el sector metalmecánico, en el cual se ha evidenciado que se requiere hacer un trabajo para poder competir con otras empresas del sector ya que este mantenimiento también genera una mejora en la calidad de la producción para los productos.

La implementación de un plan de mantenimiento también genera beneficios en los costos ya que permite también ser competitivos, y esto está marcando la diferencia en el sector metalmecánico.

La empresa en cuestión actualmente no tiene un programa de mantenimiento para las máquinas y cabe resaltar que la empresa ha tenido un crecimiento significativo en cuanto la producción, pero de igual manera se ha dejado de percibir muchos beneficios al permitir paradas inesperadas de las máquinas y la pérdida de materia prima.

La metodología para implementar es el mantenimiento productivo total TPM, en la cual inicialmente se trabajó el pilar de las 5S para mejorar el orden y aseo del área de mantenimiento desde lo físico como la parte documental para mejorar la productividad. Posteriormente se trabajó en la gestión documental para hacer la descripción de cada uno de los procedimientos, guías, instructivos y planes de mantenimiento, de igual manera se trabajó en el manual de funciones del personal técnico y se creó un grupo TPM.

Se implementó el pilar del mantenimiento autónomo el cual permite la detección temprana de falla en las máquinas, implementando capacitación permanente en el técnico.

Finalmente se establece la implementación de indicadores operativos de mantenimiento los cuales deben ser reales y consistentes mejorando la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los activos.

4.1.2.6. Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la empresa MARTINEZ CONTRATISTAS E INGENIERIA S.A. Universidad privada del norte, Arequipa, Perú. Fernando Amambal Alaya - Carlos Victor Huatay Caja. 2018.

La problemática que se presenta en la empresa MARTINEZ CONTRATISTAS E INGENIERÍA, radica en la baja disponibilidad de los equipos de maquinaria pesada debido a la falta de un plan de mantenimiento, dicho plan permitirá mejorar el proceso de producción, la investigación es de tipo descriptivo.

En la investigación se evidenció que el porcentaje de disponibilidad mecánica para los equipos asciende al 86,97%, con la implementación del plan de mantenimiento se espera aumentar este indicador de disponibilidad mecánica al 92%, este plan se estructura con base a las oportunidades de mejora en el área.

De acuerdo con los datos estadísticos que maneja el área de mantenimiento de la compañía se encuentra un tiempo medio entre fallas (MTBF) igual a 49,4 horas donde para este tipo de maquinaria se tiene un valor establecido de 60 horas, mientras que para el tiempo promedio para reparación (MTTR) se calculó un valor de 8,4 horas y el valor óptimo para este equipo es de 3 horas.

Estos valores de los principales indicadores que maneja la compañía dan cuenta de la baja disponibilidad al generar paradas no programadas de los equipos lo cual genera un

impacto económico bastante considerable.

La empresa MARTINEZ CONTRATISTAS E INGENIERÍA como estrategia dentro de su plan de mantenimiento implementa algunos pilares del mantenimiento preventivo total TPM con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de la producción.

4.1.2.7. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de la empresa UMCO S.A. Escuela Politécnica Nacional de Quito. Juan Carlos Pozo Guerra y Francisco Javier Rogel Cajilema. Quito, Ecuador. 2011.

En el presente proyecto de diseño del plan de mantenimiento para la planta de producción de la empresa UMCO los autores, Guerra Carlos y Rogel Francisco pretenden reducir las fallas que se presentan en la planta, para así poder aumentar la productividad, se inició el proceso recopilando información de los manuales de funcionamiento y operación de los equipos de la planta, como también se tuvo en cuenta las experiencias vividas en el día a día por parte de los operarios y técnicos, luego de realizar el análisis de la información, por medio de herramientas de gestión como diagrama de causa y efecto, árbol de fallas, AMFE, se puede dictaminar cuál era la máquina más crítica del proceso que en este caso fue la brilladora de ollas Sillen, se realiza el plan de mantenimiento acorde a las necesidades del equipo en estudio, luego de realizar una consulta de todos los tipos de mantenimiento que se pueden implementar para la solución de la problemática de la empresa, teniendo en cuenta los repuestos necesarios para la máquina, la mano de obra requerida para su mantenimiento, los costos, se puede concluir que el mantenimiento preventivo propuesto es una muy buena inversión, que aporta a la reducción de las fallas y el aumento de la producción de la empresa UMCO.

4.1.2.8. Aplicación del Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Productividad del Área de Molienda de la Empresa Aris Industrial S.A, Lurín.

Universidad César Vallejo de Lima. Misael Anthony Quispe Núñez. Lima, Perú. 2021.

La investigación realizada por el autor Quispe Misael de la aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la área de molienda de la empresa Aris industrial que se dedica a la producción de cerámica, tiene el propósito de realizar la aplicación del mantenimiento preventivo al área de molienda buscando la mejora de la productividad, la eficacia y la eficiencia en cada uno de los procesos productivos, el equipo realizó un estudio de las 6M para dictaminar cada una de las causas que afecta la disponibilidad del área de molienda, en cuanto al mantenimiento principalmente es correctivo lo cual genera un alto costo y las paradas son recurrentes por lo que los equipos ya tienen más de 7 años de antigüedad y al no tener operativa la planta genera el desperdicio de materias primas como la arcilla.

el equipo pretende que con la implementación de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, reducir el número de intervenciones por mantenimientos correctivos, disminución de costos por fallas recurrentes, reducción de los tiempos muertos por reparaciones de los equipos, mejorar el stock de seguridad para los repuestos críticos mejorar la vida útil de los equipos y repuestos así como garantizar la seguridad de cada uno de sus trabajadores.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Investigación Nacional

4.2.1.1. Conceptos sobre Mantenimiento Preventivo.

Las definiciones sobre Mantenimiento Preventivo son bastantes, pero todas ellas se basan en la intervención del equipo antes de que se presente la avería o falla (García Palencia, 2006).

El Mantenimiento Preventivo como puede definir: El conjunto de actividades programadas a los activos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar la operación de manera eficiente y segura, con la que se busca prevenir las fallas y paros imprevistos de los activos (García Palencia, 2006).

El programa de Mantenimiento Preventivo incluye dos actividades básicas:

- Inspección periódica de los equipos de planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción.
- Conservación de los activos para eliminar dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren en malas condiciones.

El mantenimiento preventivo es también visto como un sinónimo de mantenimiento planeado, mantenimiento programado o mantenimiento dirigido; el mantenimiento preventivo es una parte importante de todas estas funciones.

Es necesario un conocimiento a fondo de lo que conforma el sistema, su metodología y su forma de administración, con miras a obtener el verdadero objetivo del mantenimiento preventivo de lograr un menor costo de producción de un producto de buena calidad.

Los beneficios del mantenimiento preventivo no se obtienen de forma rápida, ya que el cambio de sistema produce traumas y problemas que deben ser resueltos en la primera fase.

El principal problema que se presenta al implementar un sistema de mantenimiento preventivo es el aumento de los costos de mantenimiento general, ya que en las primeras inspecciones se encuentra un gran número de fallas que deben ser corregidas, debido al alto deterioro de los equipos que tradicionalmente han sido manejados con base en un mantenimiento correctivo (García Palencia, 2006).

La primera recomendación es que antes de implementar un sistema de mantenimiento preventivo, los equipos deben estar en óptimas condiciones de funcionamiento, lo que genera una alta inversión en reparaciones y el plazo para la implementación de este sistema es de dos a tres años.

Si se realiza en menos tiempo puede generar deficiencias, es por esto por lo que todos los involucrados deben estar informados de las posibles dificultades que se puedan presentar para que apoyen de la mejor manera la implementación para lograr los éxitos esperados del programa.

El implementar el mantenimiento preventivo se debe tener un cambio de mentalidad, la buena disposición para realizarlo y el conocimiento del beneficio que aportará a la empresa.

Para la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo se requiere de ciertas bases, donde la más importante es la participación de todas las áreas involucradas; el éxito de un programa se basa en vender la idea del sistema de mantenimiento preventivo a cada uno de los integrantes de la empresa, gerencia, directivos de producción, facilitadores de mantenimiento y técnicos encargados de la ejecución del mantenimiento, es necesario un conocimiento de todas las partes que conforman el sistema, su metodología y su forma de administración, con miras a obtener el verdadero objetivo del mantenimiento preventivo para lograr un menor costo de producción y la obtención de un producto de buena calidad.

Una vez que se hagan los programas de inspección y la lista de tareas a realizar, estas se deben ejecutar periódicamente puesto que el desarrollo mismo del programa va dando las pautas para las correcciones a que haya lugar. Es conveniente, también, que una vez implantado el programa sea manejado con suma honestidad, es decir que los trabajos

programados sean realizados a conciencia y que los informes se ajusten lo más exactamente posible a las labores desarrolladas (García Palencia, 2006).

4.2.1.2. Clasificación del Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo desde el punto de vista del tiempo y forma de realización se puede clasificar en cuatro tipos claramente delimitados:

4.2.1.2.1. Mantenimiento Preventivo Provisional.

En este tipo de mantenimiento se realizan actividades preventivas ligeras, asociadas a inspecciones, que permiten que el equipo opere durante un tiempo adecuado para descubrir las posibles fallas futuras y sus causas.

4.2.1.2.2. Mantenimiento Preventivo Directo.

Son inspecciones detalladas, con el equipo fuera de servicio y las acciones inmediatas encaminadas a reducir la probabilidad de falla.

4.2.1.2.3. Mantenimiento Preventivo de Desarrollo.

Se caracteriza por actividades preventivas que se adelantan mucho a la probabilidad de falla, con el objeto fundamental de mejorar el comportamiento general del equipo.

4.2.1.2.4. Mantenimiento Preventivo Planeado.

Se denomina así, solamente a las actividades preventivas que se realizan en los equipos como consecuencia de un convenio preestablecido entre proveedor-consumidor, para satisfacer las condiciones de la garantía y lograr la mayor economía en las reparaciones futuras, y costo de las piezas de recambio.

4.2.1.3. Ventajas del Mantenimiento Preventivo.

Un buen programa y aplicación del mantenimiento preventivo, producirá beneficios que sobrepasan los costos.

Entre las múltiples ventajas del mantenimiento Preventivo, las más importantes son las siguientes:

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos, disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para la empresa.
- Menor necesidad de reparación en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y equipo.
- Menor necesidad del equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital.
- Cambio del mantenimiento deficiente de - paros imprevistos - a mantenimiento programado que siempre es menos costoso, con el cual se logra mejor control del personal, materiales y equipos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento originados por las reparaciones imprevistas.
- Disminuye los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos, realizados antes de los paros imprevistos, debidos a la menor fuerza de trabajo, o a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planeados.
- Reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y materiales, para las partidas de activos que se encuentran en el programa.
- Mejor control de refacciones, lo cual conduce a tener un inventario menos costoso.
- Aplazamiento o eliminación de los desembolsos por reemplazo prematuro de planta o equipo, debido a la mejor conservación de los activos e incremento de su vida útil probable.

- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo.
- Menor costo unitario, al aumentar el tiempo útil de producción.
- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.
- Facilita el control sistematizado de la programación.
- Es fuente de valiosos datos estadísticos.

4.2.1.4. Tipo de Programas.

En cada industria dependiendo del tipo de actividades o proceso productivo, es posible establecer un programa diferente de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo varía de acuerdo con el tipo de fábrica, plantas dentro de una misma industria, proceso, equipos, sistemas de operación, localización, etc. Las variables que influyen en cada programa son múltiples e interconectadas, un plan de mantenimiento preventivo será siempre activo y cambiante con las experiencias adquiridas.

Los principales tipos de programas de Mantenimiento Preventivo de aplicación industrial se pueden agrupar en tres:

- Mantenimiento Preventivo Periódico Permanente. Programa realizado de acuerdo con un orden lógico de actividades de mantenimiento según recomendaciones del fabricante.
- Mantenimiento Preventivo Periódico Productivo. Programa elaborado en un 100% de acuerdo con las necesidades productivas, se realiza después de elaborar los programas de producción.
- Mantenimiento Preventivo Periódico por Overhaul. Programa aplicable en las paradas generales de fábricas o empresas que suspenden totalmente las actividades productivas durante una o dos veces al año.

4.2.2. Investigación Internacional

A nivel internacional la industria cerámica viene aplicando las nuevas metodologías de mantenimiento como son: RCM, TPM, PMO, WCM que han mostrado un resultado eficiente y eficaz en el sector. De acuerdo con los últimos datos de producción y consumo mundial de cerámica ofrecidos por Acimac y distribuidos por la revista Ceramic World Review, España es uno de los países que muestra un continuo crecimiento y una buena posición tanto en producción como en exportación de cerámica, según datos de ASCER marcan una senda de crecimiento que permite adelantar éxitos para el sector. Esto implica que las empresas deben fortalecer cada vez más sus estructuras internas incluyendo las áreas de mantenimiento que son de vital importancia para el proceso productivo.

Las grandes compañías del sector cerámico utilizan dentro de sus estrategias de gestión de activos la aplicación de estructuras robustas para el desarrollo de mantenimiento como son: “Manufactura de clase mundial (WCM), forma abreviada que proviene de la expresión en inglés world class manufacturing: es un conjunto de conceptos, principios y técnicas para la gestión de los procesos operativos de una empresa. WCM puede considerarse una ampliación del TPM, dado que, a los pilares básicos de este, se le han incluido otros pilares, que son: higiene y ambiente en el trabajo, servicio al cliente, control total de la calidad del producto, desarrollo del personal y reducción de costes” (*Rediseño del proceso de mantenimiento para los activos productivos de la planta de superficies, s. f.*). Esta metodología con el manejo a través de indicadores de clase mundial y un Maintenance Balanced Scorecard que permita garantizar el uso óptimo de los recursos, disminución de costos y aumento de la productividad.

4.2.3. Tipos de mantenimientos

4.2.3.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo inmediatamente después de que se haya detectado un defecto en un equipo o en una línea de producción: su objetivo es hacer que el equipo vuelva a funcionar normalmente, para que pueda realizar su función asignada con la mayor celeridad posible.

En realidad, el mantenimiento correctivo puede planificarse o no, dependiendo de si se ha creado o no un plan de mantenimiento.

Los técnicos aplican un mantenimiento correctivo no planificado para reaccionar tan pronto como no se pueda anticipar un fallo con los procesos de mantenimiento preventivo que se han detectado.

4.2.3.2. Mantenimiento predictivo.

El objetivo del mantenimiento predictivo es, en primer lugar, predecir cuándo puede producirse una avería en el equipo y, en segundo lugar, evitar que se produzca la avería mediante la realización del mantenimiento. El monitoreo de futuros fallos permite planificar el mantenimiento antes de que se produzca la avería.

Los equipos de monitoreo para evaluar el rendimiento y el estado de una máquina en tiempo real utilizando tecnologías que incluyen el análisis de vibraciones, análisis de aceite y fluidos, análisis de ruidos, termografías y visualización de equipos.

En el mejor de los casos, el mantenimiento predictivo permite que la frecuencia de mantenimiento sea lo más baja posible para prevenir el mantenimiento correctivo no planificado, sin incurrir en costos asociados al realizar demasiado mantenimiento preventivo.

4.2.3.3. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se aplica por los técnicos y jefes de mantenimiento antes de que se produzca cualquier avería o fallo. Su objetivo es reducir la probabilidad de avería o degradación de un equipo, componente o pieza de repuesto.

Para poder implementar este tipo de mantenimiento, los equipos deben tener en cuenta el historial de la pieza y hacer un seguimiento de las fallas del pasado. Por lo tanto, pueden identificar los intervalos de tiempo durante los cuales un equipo podría averiarse.

4.2.3.4. Mantenimiento productivo total.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión en plantas manufactureras creado en Japón, pero extendido a todos los rincones del planeta, que crea un enfoque de colaboración entre todas las partes interesadas dentro de una empresa - especialmente entre los operarios y los técnicos de mantenimiento- en un esfuerzo por lograr eficiencia en la producción, operaciones ininterrumpidas y asegurar una respuesta de mantenimiento rápida y proactiva para prevenir problemas específicos en los equipos.

4.2.4. Indicadores de mantenimiento.

4.2.4.1. Tiempos promedios para fallar (TPPF).

Se refiere al tiempo promedio que es capaz de operar un activo a la capacidad requerida sin interrupciones dentro de un periodo considerado. *Amendola, L. (2012).*

Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute

$$TPPF = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{Nº fallos}}$$

Este indicador dentro del proyecto es de vital importancia para el cálculo de la confiabilidad y relaciona las horas de operación del equipo con los números de fallas, y

permite definir algunos parámetros necesarios para el diagnóstico de activo en la fase inicial del proyecto indicando los tiempos que se tarda el equipo en presentar una falla.

4.2.4.2. Tiempos promedios para reparar (TPPR).

Es el tiempo promedio en que puede ser reparado un activo. Se entiende como horas de fallos, el tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falla, hasta que el equipo es puesto nuevamente en servicio. *Amendola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute.*

$$TPPR = \frac{\text{Horas de fallos}}{\text{Nº fallos}}$$

Este indicador dentro del proyecto es de vital importancia para el cálculo de la confiabilidad y relaciona las horas de fallos del equipo con los números de fallas, y permite definir parámetros necesarios para el diagnóstico del activo en la fase inicial del proyecto indicando los tiempos que se tarda el equipo en ser reparado.

4.2.4.3. Disponibilidad (D).

Se refiere a la capacidad de un activo para realizar una función requerida bajo condiciones específicas en un periodo de tiempo determinado. *Amendola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute.*

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} \times 100$$

Este indicador permite identificar el tiempo que el activo se mantiene en servicio sin presentar fallas en un periodo de tiempo determinado, ayuda al proceso de justificación donde se puede identificar bajos índices de disponibilidad y por consiguiente la toma de acciones sobre el equipo para la mejora de su productividad.

4.2.4.4. Confiabilidad (C).

Es la probabilidad que el equipo o activo pueda realizar una función requerida en un periodo determinado. *Amendola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute.*

$$C = e^{\frac{-t}{T_{PPF}}}$$

Este indicador permite identificar el nivel de probabilidad para saber qué tan confiable es el equipo para operar en un periodo determinado, en conjunto con la criticidad de los activos permite definir qué tan importante o requerido pueda ser la revisión y diagnóstico de la máquina, así como indicar un seguimiento continuo luego de las mejoras del proceso.

4.2.4.5. Cumplimiento de programa de mantenimiento preventivo.

Mide el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de los activos en un periodo dado. *Amendola, L. (2012). Amendola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute.*

$$\% \text{ Cumplimiento mtto prev} = \frac{OT \text{ mtto preventivo}}{OT \text{ mtto programadas}} \times 100$$

Este indicador permite identificar problemas en la aplicación efectiva del programa de mantenimiento detectando posibles incumplimientos que puedan generar fallas o mantenimiento correctivos (no deseados), sobre las máquinas en estudio y ayuda a los procesos de diagnóstico a identificar de forma directa problemas en la ejecución de mantenimiento preventivo.

4.2.4.6. Costos de mantenimiento vs producción.

Este indicador mide el costo total de mantenimiento en relación con el coste total de

producción. Amendola, L. (2012). *Organización y Gestión del mantenimiento* (2.^a ed.).

PMM Institute

$$\% \text{coste mtto vs producción} = \frac{\text{Coste total de mantenimiento}}{\text{Costo total de producción}} \times 100$$

Este indicador permite identificar problemas asociados a un incremento excesivo en los costos de mantenimiento e identificar posibles debilidades en la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y excesos de mantenimientos correctivos.

4.3. Marco Legal

4.3.1. Normatividad Nacional

4.3.1.1. Resolución 0312 de 2019.

La resolución 0312 de 2019 habla acerca de la salud y seguridad en el trabajo para el cuidado y protección del trabajador, los estándares mínimos son la agrupación de norma, requisitos y procedimientos obligatorios para los empleadores y contratantes, en los que se establecen las condiciones indispensables para el funcionamiento de un sistema de salud y seguridad en el trabajo.

Esta resolución es de aplicación obligatoria para todas las empresas certificadas y para corona tiene gran importancia ya que primero se piensa en la salud e integridad de cada uno de los colaboradores, mediante el departamento de salud y seguridad en el trabajo se realiza permanente seguimiento con el fin de prevenir accidentes laborales.

4.3.2. Normatividad Internacional

4.3.2.1. Norma ISO 14224.

Proporciona una base sólida para la recopilación y estructuración de los datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos de instalaciones en industrias de petróleo, gas

natural y petroquímica, estos datos sirven para la gestión de los activos durante su ciclo de vida. Debido a que aborda equipos comunes en las instalaciones industriales, esta norma puede ser fácilmente adaptada para su aplicación en cualquier industria que tenga activos físicos en los procesos, de esta forma se puede utilizar esta norma al recopilar la información del activo.

Esta norma internacional es una guía para garantizar la especificación, recolección y calidad de los datos de RCM, estos datos nos permiten cuantificar la confiabilidad de los equipos.

Los objetivos principales de la norma son los de especificar los datos que se recogen para el análisis de diseño, seguridad y costo del ciclo de vida de un activo.

Para el caso de las flejadoras verticales R10 OMS se debe implementar esta normativa con el fin de mejorar la mantenibilidad y confiabilidad del equipo la cual impacta directamente en los costes de la compañía.

4.3.2.2. Norma ISO 55000.

La norma ISO 55000 se centra en desarrollar un sistema de gestión del ciclo de vida de los activos. Admite la optimización de los activos y reduce el coste total de propiedad mientras que le ayuda a cumplir con los requisitos de seguridad y rendimiento necesarios. Con la gestión de activos se reducen los riesgos asociados a la propiedad del activo desde costes innecesarios de mantenimiento e ineficiencia hasta prevención de accidentes.

La norma ISO 55000 describe los activos como cualquier elemento que tiene un valor y requiere y cuidado especial dentro de la organización. Esta norma se complementa con las ISO 55001 e ISO 55002 las cuales establecen determinados requerimientos y guías para cumplir dichos requerimientos, todo esto está enfocado en lograr un equilibrio entre el costo, riesgo y el rendimiento del activo. Es importante resaltar que estas normas también

se enfocan en documentar la información de las modificaciones en los activos con el fin de llevar una base de datos y así evitar fallos y accidentes.

Para el caso de estudio es importante implementar la normativa ya que repercute directamente en el buen funcionamiento de las flejadoras verticales R10 OMS instaladas en el parque industrial de corona en sopó optimizando la productividad de la maquinaria, disminuyendo tiempos por no disponibilidad.

4.3.2.3. Norma Europea UNE-EN 15341.

La norma Europea UNE-EN 15341 nos proporciona una serie de indicadores que permite medir el rendimiento en el área de mantenimiento con el fin de mejorar los procesos al interior de la organización y el empleo de activos técnicos para poder ser una empresa competitiva. La mayoría de los indicadores son aplicables al sector industrial buscando alcanzar la excelencia en cada uno de los procesos.

Con la aplicación de la norma se puede medir el estado de los activos, realizar comparaciones y diagnósticos, identificar objetivos e identificar metas a alcanzar, planificar acciones de mejora, medir los cambios de manera continua en el tiempo y divulgar los resultados.

La norma Europea UNE-EN 15341 define los indicadores aplicables para el proceso de producción en la línea de almacenamiento y empaque para las flejadoras con el fin de evaluar permanentemente el proceso productivo y tomar acciones correctivas o planes de mejora cuando se requiera.

5. Marco Metodológico

5.1. Recolección de la Información

5.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que el proyecto tiene como objetivo el

diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina flejadora N°9 vertical R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó, este tipo de investigación busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, describiendo tendencias de un grupo o población de estudio. (*Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P., 2014*).

El enfoque del proyecto es de carácter mixto, ya que la investigación busca estudiar un marco teórico para establecer la mejor metodología de mantenimiento que puede ser aplicada a la máquina flejadora N°9 vertical R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó con el objetivo de mejorar su confiabilidad y disponibilidad, para el proceso de diagnóstico se realiza la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (*Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P., 2014*).

5.1.2. Fuentes de obtención de información

5.1.2.1 Fuente Primaria.

Para el diseño del plan de mantenimiento de la máquina flejadora N°9 vertical R10 OMS, se tomará como referencia, los manuales, de regulación, operación y cambio de partes de los cabezales de flejado R10 de OMS, con esta fuente primaria, se busca garantizar los conceptos técnicos requeridos para el mantenimiento preventivo, siguiendo las recomendaciones del fabricante, en cuanto a regulaciones, lubricación, inspección y

cambio de partes.

5.1.2.2. Fuente Secundaria.

Para el desarrollo de este proyecto se tomará como fuentes secundarias literatura, revistas técnicas y normatividad relacionada con el mantenimiento preventivo, como es la ISO 55000 que está relacionada con el ciclo de vida de los activos, la UNE 20812 que tiene que ver con el análisis de modo de fallo y de sus efectos.

5.1.2.2. Fuente Terciaria.

Para el desarrollo de este proyecto se seleccionaron siete (7) trabajos nacionales enfocados en procesos de mantenimiento para activos del sector cerámico en empaques o similares. Adicionalmente se seleccionaron ocho (8) trabajos internacionales realizados en países como: Ecuador, Perú, España y Venezuela asociados a cadenas de producción de empaques o similares.

5.1.3. Herramientas

Para este proyecto se utilizarán formularios para la recolección de información, registros fotográficos de los equipos, revisión de los históricos de mantenimiento, fallas y revisión de manuales de fabricantes de los equipos, adicionalmente se utilizarán las herramientas 5W+1H, diagrama de flujo, análisis de causa raíz (ACR), causa y efecto, esto con el objetivo de establecer la condición actual de los activos y detectar posibles desviaciones de instalación, normativas o de mantenimiento y a partir de esta información establecer una estrategia basada en el modelo de 8 fases que buscan el mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento implementando actividades que mejoran la eficacia, la eficiencia y la retroalimentación del sistema, las fases que conforman este modelo son las siguientes:

- Fase 1: Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento.

- Fase 2: Jerarquización de los equipos de acuerdo con la importancia de su función.
- Fase 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto.
- Fase 4: Diseño de planes de mantenimiento preventivo y de los recursos necesarios.
- Fase 5: Programación de mantenimiento y optimización de los recursos.
- Fase 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.
- Fase 7: Análisis del ciclo de vida y posible renovación de los equipos.
- Fase 8: Implementación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías.

Es un modelo dinámico, secuencial y en bucle cerrado que intenta caracterizar de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo en el proceso de gestión para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua de este. (*Márquez et al. - Modelo Avanzado de Gestión de Mantenimiento. Proce.pdf, s.f.*)

5.1.4. Metodología

Para desarrollar el objetivo específico N° 1 “Diagnosticar el estado actual y aplicación del mantenimiento de los equipos en estudio para identificar las posibles debilidades y fortalezas respecto a las indicaciones del fabricante y requerimientos de la empresa”. Se realizó una identificación del flujo de proceso, revisión de procedimientos, fichas técnicas, manuales de operación, mantenimiento y el historial de fallas de los activos, una inspección visual de los equipos, revisión de taxonomía basado en la norma ISO 14224 y análisis de criticidad de activos.

Para desarrollar el objetivo específico N° 2 “Investigar y analizar la información de normativa nacional e internacional sobre planes de mantenimiento aplicados a maquinarias de la industria cerámica que sean eficaces, efectivos y que permitan establecer una correcta

estrategia, así como definir el plan de mantenimiento a proponer en los equipos del Parque Industrial Corona Sopó”. Se hizo una indagación por medio de la obtención de tesis de grado, artículos científicos, libros de textos y búsqueda por internet para determinar cuáles herramientas de mantenimiento son aplicables según la problemática presente y con base en esta información poder solucionar el problema.

Para desarrollar el objetivo específico N° 3 “Realizar una propuesta de mantenimiento eficiente, seleccionando la mejor metodología para la empresa a partir de las investigaciones realizadas buscando mejorar el desempeño de la máquina flejadora N°9, aumentar la disponibilidad de la máquina de empaque y reducir las averías presentadas”. Se aplicará el modelo de 8 fases para la problemática presente, este tiene como objetivo la mejora continua por medio de la aplicación de actividades que buscan impactar la eficacia, la eficiencia y generar una retroalimentación al sistema.

5.1.5. Información recopilada

El parque industrial Corona Sopó cuenta con un pilar de mantenimiento planeado encargado de realizar la planeación, capacitación, ejecución y mejoramientos, donde involucra al personal (operativo y técnico) en el cuidado y la adecuada operación de la maquinaria.

- **Misión del Área de Mantenimiento Planeado**

Mejorar y garantizar la disponibilidad de los activos físicos de Mantenimiento en el Parque Industrial Corona Sopó, a través del uso efectivo y rentable de los recursos asociados al proceso, implementando competencias estratégicas de mantenimiento de clase mundial de forma integrada con los demás procesos de la planta y de la compañía, de manera que se satisfagan los programas de producción dentro de los estándares de

Eficiencia Global de planta, competitividad en costos y oportunidad que demandan el mercado y los accionistas, contribuyendo al desarrollo y liderazgo del equipo humano, vinculado al proceso productivo con la consolidación de un ambiente saludable y seguro.

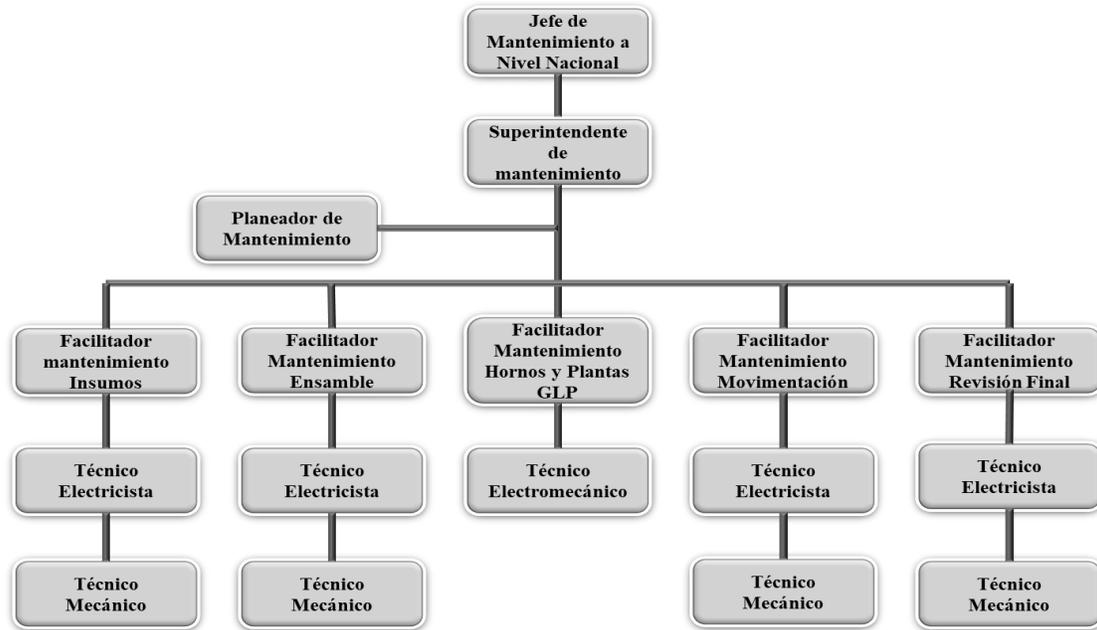
- **Visión del Área de Mantenimiento Planeado**

En el 2020 el equipo de mantenimiento del Parque Industrial Sopó, participará en el proceso de fabricación de pisos y paredes será reconocido como el mejor en Latinoamérica en la fabricación de baldosas cerámicas, innovador, competitivo y flexible, que responde a los objetivos estratégicos del negocio: Con productos diferenciadores de alto valor agregado, con excelentes niveles de calidad y un estilo de trabajo metódico, sistemático de alto desempeño. Con procesos asegurados, estandarizados y que cumplen con la normativa ambiental. Limpia, segura y confortable. Contaremos con un equipo de talento humano en los equipos de mantenimiento planeado, comprometido con la competitividad, el autocuidado, su desarrollo integral y el mejoramiento continuo en todos los procesos. Con un excelente clima laboral.

El área de mantenimiento del Parque Industrial Corona está estructurada de la siguiente manera como se muestra en el diagrama:

Figura 5

Estructura de Área de mantenimiento Cerámicas Corona.



Nota. Estructura Jerárquica de puestos de trabajo. Reproducida de Organigrama Área de mantenimiento Corona 2022, 2022 Elaboración propia.

Objetivo del pilar de Mantenimiento Planeado (MP):

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria: teniendo maquinas disponible para la operación evitando afectación en la entrega del producto a los clientes.
- Optimizar los costos: costos razonables que no afecten la disponibilidad, el medio ambiente, la calidad y las entregas.
- Optimizar el capital de trabajo: contar con el capital de trabajo óptimo para los niveles de disponibilidad requeridos.

Propósito del pilar de Mantenimiento Planeado (MP):

- Restablecer las condiciones básicas de operación de las máquinas del parque industrial.
- Una vez restablecidas mantener en el tiempo esas condiciones operativas

utilizando las diferentes herramientas de mantenimiento, buscando eliminar las averías, ciclos de recurrencia, prevenir posibles fallas y reparar los equipos en el menor tiempo posible.

En el año 2008 el área de mantenimiento del Parque Industrial sufrió una reducción del 30% del personal técnico lo cual originó una serie de cambios y movimientos que terminaron afectando las tareas del pilar de mantenimiento planeado, generando un alto número de fallas en los equipos por falta de inspección, planeación y ejecución de los planes de mantenimiento.

A partir del 2019 se evidenció una pérdida de disponibilidad de las máquinas de empaque System, asociadas a un plan de mantenimiento deficiente, falta de personal técnico capacitado, que está generando averías repetitivas y aumento en las intervenciones correctivas por diferentes tipos de fallo.

En el año 2019 se presentaron 54 averías en estas máquinas, con una pérdida de disponibilidad de 10034 minutos, en el 2020 se presentaron 59 averías con una pérdida de disponibilidad de 8538 minutos, en el 2021 se presentaron 57 averías con una pérdida de disponibilidad de 6452 minutos y en lo que va del año 2022 se han presentado 29 averías con una pérdida de disponibilidad de 4242 minutos. Estas pérdidas de disponibilidad generaron como consecuencia caída en la producción de (559.527.781,00 COP) en el 2019, (750.265.252,00) en el 2020 y (601.002.965,00 COP) en el 2021 (valor en pesos producción perdida).

Se realizará el estudio de los criterios establecidos por los autores de este proyecto a una (1) máquina flejadora que forma parte de la línea de empaque N°9 ubicada en el área de empaque en el Parque Industrial Corona Sopó. Esta máquina presentó mayor número de fallas que las demás, presentó 12 fallas (1675 minutos) en el 2019, 33 fallas (3150 minutos)

en el 2020, 18 fallas (1680 minutos) en las 2021 y 8 fallas con (610 minutos) en lo que va corrido del año 2022.

En el desarrollo del proyecto de Propuesta de diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina flejadora vertical R10 OMS del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó, se aplicará el modelo de 8 fases que apunta a mejorar la eficacia, la eficiencia y la retroalimentación del sistema, y así poder establecer un plan de mantenimiento que permite mejorar la disponibilidad de los activos.

El proceso de recolección de información se realizará en la fase 1: diagnóstico y fase 2: investigación.

El proceso de recolección de información inicia con la búsqueda, identificación y obtención del plan de mantenimiento actual aplicado a los equipos, proceso productivo de los activos, historial de mantenimiento, historial de fallas y manuales de fabricante de los activos en estudio (1 máquina flejadora), esta información se encuentra ubicada en las instalaciones del Parque industrial Corona Sopó, en caso que la información se encuentre solamente de forma física esta será digitalizada y almacenada en una carpeta bajo el resguardo del Ingeniero responsable del proceso en la empresa Corona e integrante del grupo de trabajo. Luego se procede realizando una encuesta al personal que realiza el mantenimiento de los activos en estudio con el objetivo de recolectar datos de posibles fallas de los activos, nivel de capacitación del personal o problemas a nivel de instalación e incumplimientos normativos, se procede con la visita de inspección a los activos en estudio donde se toman registros fotográficos y detección visual de posibles fallas de los activos.

5.2. Análisis de información

Después de realizar la recopilación de la información del mantenimiento preventivo ejecutado a las máquinas flejadoras automáticas R10 del Parque Industrial Corona Sopó, se

puede concluir que el mantenimiento preventivo realizado a estos equipos no cumple con los requerimientos mínimos necesarios para evitar las fallas o averías recurrentes que están afectando la disponibilidad de la máquina empacadora de la línea de empaque N°9, ya que no se cuenta con una programación y ejecución adecuada del mantenimiento, tampoco con un plan específico para realizar el mantenimiento preventivo, ni un calendario PM para realizar las inspecciones del equipo, tampoco se cuenta con estándares actualizados ni calendario MTB de cambio de partes de la máquina, la mayoría de intervenciones realizadas a la máquina son correctivas, lo cual genera aumento en los costos, también se evidencia incumplimiento de órdenes de fabricación y afectación en el horno por vacíos generados por box cocidos llenos.

Para mejorar la disponibilidad de la línea de empaque N°9 por afectación de la máquina flejadora automática R10, se realiza un diagrama de causa y efecto de las 6M. Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en Tokio por el Profesor (Ishikawa, 1943). Algunas veces es denominado Diagrama Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos. (*Ishikawa-with-cover-page-v2.pdf*, s.f.)

El Diagrama de causa y efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

En la Figura 5. Diagrama de Causa y Efecto podemos ver algunas de las causas que también aportan a la problemática que se está viviendo actualmente en la baja

disponibilidad de las máquinas de flejado.

Mano de obra: En esta podemos ver que hay una deficiencia de conocimiento de parte de los mantenimientos autónomo y planeado, también la falta de un principio de funcionamiento claro de las máquinas flejadoras R10.

Método: En esta podemos encontrar cuatro causas básicas como la falta de los estándares, calendarios de mantenimiento, información clara y en tiempo real de las posibles fallas de la máquina.

Materiales: También encontramos cuatro causas, los cabezales comprados son remanufacturados, además de la baja calidad de los repuestos nacionales, algunos repuestos todavía no tienen generados los códigos SAP para realizar su pedido, la mayoría de los repuestos son importados y no se cuenta con un stock de seguridad de los repuestos más críticos en el almacén, adicionalmente el tiempo de llegada de los repuestos importados es de 4 a 6 meses.

Medición: Encontramos dos causas, desconocimiento de las alarmas que presenta la flejadora, desconocimiento en las regulaciones básicas de operación de la máquina, (Regulación rueda de lanzamiento y regulación caudín hoja soldante).

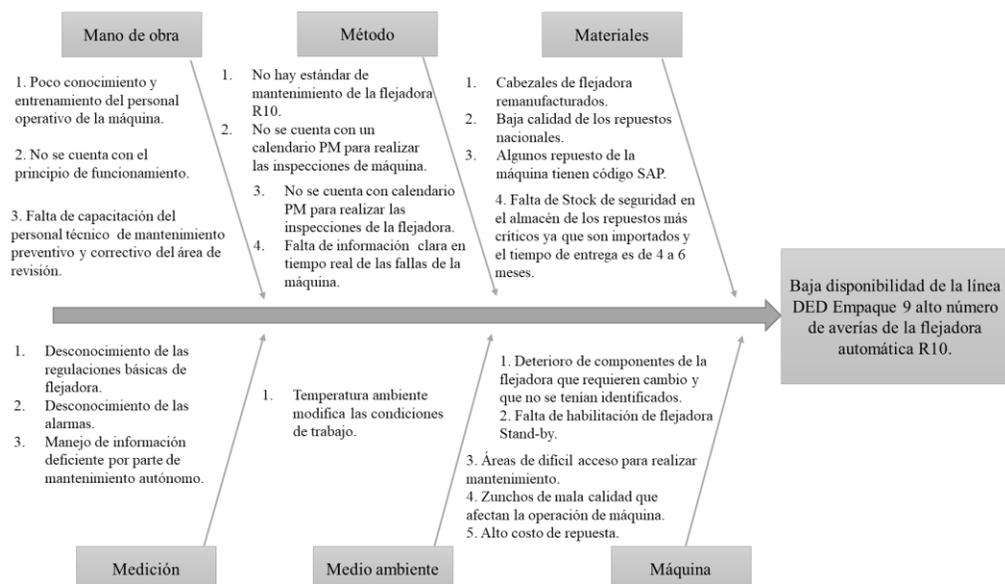
Medio Ambiente: Las temperaturas ambientales modifican las condiciones de trabajo de la flejadora.

Máquina: Componentes de la máquina deteriorados que requieren cambio y no se tenían identificados, cabezal flejadora R10 de standby está sin reparar, áreas de difícil acceso para realizar labores de mantenimiento.

A continuación, se presenta en la Figura 5. El Diagrama de Causa y Efecto de la problemática de la flejadora automática R10 de OMS de la línea de empaque N°9.

Figura 4

Diagrama Causa – Efecto Problemática Flejadora línea empaque N°9



Nota. Descripción de Causas y Efectos detectados en la problemática presente de la flejadora línea de empaque N°9. 2022. Elaboración propia.

En el Parque Industrial Corona Sopó se definieron una serie de indicadores KPI's de mantenimiento planeado para el área de revisión y empaque; en primera medida se tienen los indicadores de calidad que hacen referencia al número de averías del área de revisión y empaque que tiene como meta establecida un máximo de 23 averías por mes, seguido del análisis de averías el cual tiene una meta de análisis mes del 95% de las averías que se generaron en el área, otro indicador que es el de transferencia de averías de parte de mantenimiento autónomo a mantenimiento planeado que tiene un objetivo del 95% de transferencias de averías mes, en cuanto a entregas se manejan tres indicadores, MTTR que es el tiempo medio entre reparaciones que no debe superar las 4,9 horas de intervención en una máquina, el MTBF tiempo medio entre fallas que no debe ser menor a 119,16 horas, 5S que debe estar por encima de 4,5 la calificación y por último en cuanto a los costos se manejan dos indicadores, el primero de repuestos que debe cumplir con el 100% del

presupuesto mensual y el segundo de reparaciones que también debe cumplir con la ejecución del 100% de lo presupuestado.

Tabla 1

Indicadores KPI Revisión Final Corona Planta Uno Sopó

Tipo	Indicador	Unidad	Meta año	Real año
Calidad	Averías	N°	23	229
	Análisis de averías	%	95	93,5
	Transferencia de averías	%	95	93
Entregas	MTTR (Tiempo medio entre reparaciones)	Horas	4.9	9.11
	MTBF (Tiempo medio entre fallas)	Horas	119,16	112,25
	5'S"	N°	4,5	3,88
Costos	Repuestos	%	100	94
	Reparaciones	%	100	87

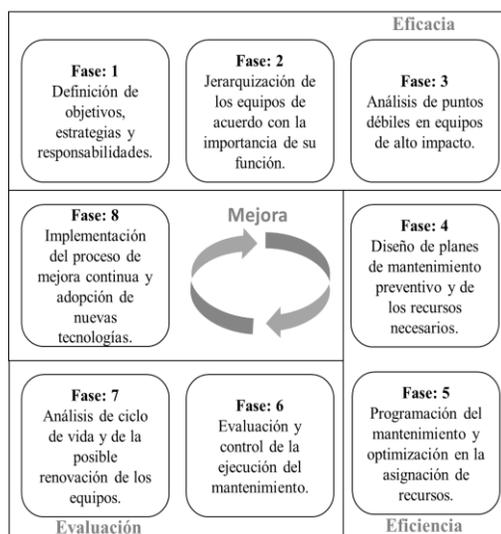
Nota. Modelo general de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3. Propuestas de soluciones

Luego del análisis de la información recopilada se propone diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la máquina flejadora N°9, por medio de una estrategia que permita evaluar de forma integral la gestión de mantenimiento, para ello se propone utilizar el modelo de 8 fases de gestión de mantenimiento, que busca el mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento implementando actividades que mejoran la eficacia, la eficiencia y la retroalimentación del sistema. (Parra & Crespo, 2012)

Figura 2

Modelo de 8 Fases para la Gestión de Mantenimiento.



Nota: tomado de Parra et al y adaptado por el equipo de investigación.

A continuación se presentan cada una de las 8 fases que conforman el modelo y su respectivo desarrollo como propuesta de solución al problema identificado:

5.3.1. Fase 1. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades:

En esta primera fase se establecen de forma clara las políticas de mantenimiento de la empresa, esto con el objetivo de poder alinear de forma correcta la propuesta planteada como solución al problema detectado en el análisis de información realizado.

Para este caso la empresa Corona cuenta con una misión, visión y políticas de inversión de mantenimiento establecidas las cuales son tomadas en cuenta para el desarrollo de esta primera fase:

5.3.1.1. Misión de mantenimiento

Mejorar y garantizar la disponibilidad de los activos físicos de Mantenimiento en el Parque Industrial Corona Sopó, a través del uso efectivo y rentable de los recursos

asociados al proceso, implementando competencias estratégicas de mantenimiento de clase mundial de forma integrada con los demás procesos de la planta y de la compañía, de manera que se satisfagan los programas de producción dentro de los estándares de Eficiencia Global de planta, competitividad en costos y oportunidad que demandan el mercado y los accionistas, contribuyendo al desarrollo y liderazgo del equipo humano, vinculado al proceso productivo con la consolidación de un ambiente saludable y seguro.

5.3.1.2. Visión de mantenimiento

En el 2023 el equipo de mantenimiento del Parque Industrial Corona Sopó, participará para que el proceso de fabricación de pisos y paredes sea reconocido como el mejor en Latinoamérica en la fabricación de baldosas y cerámicas, por ser innovador, competitivo y flexible, que responde a los objetivos estratégicos del negocio: Con productos diferenciadores de alto valor agregado, con excelentes niveles de calidad y un estilo de trabajo metódico, sistemático de alto desempeño. Con procesos asegurados, estandarizados y que cumplen con la normativa ambiental. Limpia, segura y confortable. Se contará con un equipo de talento humano en los equipos de mantenimiento planeado, comprometido con la competitividad, el mejoramiento continuo en todos los procesos y con un excelente clima laboral.

5.3.1.3. Políticas de inversión de mantenimiento

Las políticas de inversión de mantenimiento de la empresa se basan en el presupuesto planeado para los activos de mantenimiento según el plan maestro de mantenimiento del parque industrial (planificación anual):

- Presupuesto de repuestos: Hace referencia a todos los repuestos que se utilizan para el mantenimiento de los activos de la empresa ya sean en mantenimiento preventivo o correctivo.

- Presupuesto de reparaciones: Son todas las reparaciones que se requieren hacer con terceros a los activos.
- Presupuesto de accesorios de máquinas: En este rubro se tienen todos los accesorios como tornillería, accesorios neumáticos, entre otros.
- Presupuestos de mantenimientos bienales: Este presupuesto se tiene cada dos años para realizar un overhaul a los activos más críticos que requieren de alto tiempo de intervención en la reparación.
- Presupuesto de proyectos: Este presupuesto se tiene para la adecuación o cambio de los activos, cuando se requieren hacer nuevos formatos.

Estos son todos los rubros que componen el presupuesto del área de mantenimiento, estos son aprobados en septiembre para el siguiente año, allí se cuenta con un presupuesto general que se divide mensual para cada una de las áreas que componen el parque.

5.3.2. Fase 2. Jerarquización de equipos de acuerdo con la importancia de su función.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Para el cálculo de la criticidad de los equipos se utilizará la metodología ABC como lo indica la norma ISO 55001 gestión de activos:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Tabla 2*Frecuencia de fallas / Consecuencia de fallas.*

Frecuencia de fallas	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	1	3	4	5
		1	2	3	4	5
Consecuencia de la falla						

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

De acuerdo con la puntuación el activo en mención, para nuestro caso la flejadora vertical se le dará una clasificación de criticidad tipo A, B o C según corresponda a los rangos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 3*Clasificación de Criticidad.*

Criticidad	Rango	Descripción	Color
A	12-25	Criticidad alta	Rojo
B	5-10	Criticidad media	Amarillo
C	1-4	Criticidad baja	Verde

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

A continuación se establece la siguiente tabla en la cual se determina el criterio para la estimación de la frecuencia de falla:

Tabla 4

Criterio para la Estimación de Frecuencias.

Criterio para la estimación de frecuencias		
Valor	Número de fallas en un año	Interpretación
5	$X > 10$	Es probable que ocurra más de 10 veces al año.
4	$5 \geq X \geq 10$	Es probable que ocurra entre de 5 y 10 veces al año.
3	$2 \geq X \geq 5$	Es probable que ocurra entre de 2 y 5 veces al año.
2	$1 \geq X \geq 2$	Es probable que ocurra entre de 1 y 2 veces al año.
1	$X > 1$	Es probable que ocurra menos de 1 veces al año.

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

De igual manera se establece la siguiente tabla en la cual se determina el criterio para la estimación de la consecuencia de falla:

Tabla 5

Criterios para Estimación de la Consecuencia de Falla.

Criterio para estimación de la consecuencia			
Valor	Daños al personal	Impacto ambiental	Pérdidas en producción
5	Muerte o incapacidad	Daños irreversibles	Mayor de 50MM

	total permanente.	ambientales.	
4	Incapacidad parcial o heridas severas.	Daños irreversibles moderados.	De 15MM a 50MM
3	Daños o incapacidades leves.	Daños ambientales irreversibles.	De 5MM a 15MM
2	Tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimo daños ambientales.	De 500 mil a 5MM
1	Sin impacto al personal.	Sin daños ambientales.	Hasta 500 mil

Nota. Criterios de estimación de la consecuencia de fallas utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

De acuerdo con el estudio realizado para la flejadora vertical R10 OMS se determina una criticidad tipo A con una puntuación igual a 15 unidades.

Tabla 6

Puntuación Máquina Flejadora Vertical R10 OMS.

Activo	Valor FF	Valor CF	Total	Criticidad
Flejadora vertical R10 OMS	5	3	15	A

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

Para determinar la consecuencia del impacto se realiza una ponderación más detallada con base a los siguientes criterios determinados en la norma ISO 55001:

Tabla 7

Ponderación de Acuerdo con el Impacto.

Tabla de ponderación de acuerdo con el impacto						
ID	Alto	Val.	Bajo	Val.	Despreciable	Val.

Seguridad y medio ambiente	S	Riesgo alto de accidente	5	Bajo riesgo de accidente	3	Despreciable riesgo de accidente	1
Calidad	Q	Alto potencial de causa de pérdidas o reclamaciones	5	Bajo potencial de causa de pérdidas o reclamaciones	3	Despreciable potencial de causa o pérdida o reclamaciones	1
Tiempo disponible para producción	W	24/horas del día disponible producción	5	De 8 – 24 Hrs del día disponible producción	3	8 Hrs/día disponible para producción	1
Impacto causado a la línea de producción	D	Línea parada por falla de una máquina	4	La máquina falla pero no interrumpe proceso	2	La máquina falla pero no interrumpe proceso o hay otra máquina de repuesto	1
Frecuencia de falla	F	1 Falla/2 meses	4	Falla entre 2 y 6 meses	2	F<1 falla/6 meses	1
Mantenibilidad	M	Tiempo medio de reparación MTTR>2 hrs	4	Tiempo medio de reparación 0.5<MTTR>2 Hrs	2	Tiempo medio de reparación MTTR<0.5 Hrs	1

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

Se determina la clasificación de la criticidad de acuerdo con el siguiente rango establecido en la tabla.

Tabla 8

Clasificación de Criticidad.

Clasificación de criticidad

A	>	3
B	=	3
C	<	3

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

A continuación se realiza la respectiva ponderación de criticidad basado en los seis criterios establecidos en la norma, dando como resultado una criticidad tipo A para la flejadora como queda registrado en la siguiente tabla:

Tabla 9

Ponderación de Criticidad.

Nombre de activo	Ponderación de criticidad						Promedio	Clase
	S	Q	W	D	F	M		
Flejadora Vertical R10 OMS	5	5	3	4	4	2	3.83	A

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.3. Fase 3. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

Es importante mencionar que en la fase 2 se define la máquina Flejadora vertical R10 OMS con una criticidad clase A. Al realizar el análisis del histórico de fallas de la máquina System 9 se reportan 29 fallas en el año 2019, 60 fallas en el año 2020 y 35 fallas en el año 2021, específicamente de la flejadora (Subsistema de la máquina System 9) se reportan 12 fallas en el año 2019 con un tiempo de parada de 1675 minutos, 33 fallas en año 2020 con un tiempo de parada de 3150 min y 18 fallas en el año 2022 con tiempo de parada de 1680, la máquina System 9 se encarga del empaque del producto de formato

550x550 mm y esta no tiene algún equipo de reemplazo, es decir, cuando el equipo queda fuera de servicio se detiene la producción del formato 550x550 mm.

Dentro del análisis de falla se evidencia que el mayor número de fallas de este equipo se encuentran asociados al subsistema flejadora representando 43% del total de fallas en el año 2019, 50% del total de fallas en el año 2020 y 51% del total de fallas en el año 2021.

Como puntos débiles dentro del análisis se pueden mencionar un mantenimiento preventivo deficiente debido a que no se cuenta con una programación de mantenimiento y ejecución adecuada, tampoco se cuenta con un plan de mantenimiento con actividades específicas para labores de mantenimiento preventivo, ni calendario PM de rutinas de inspección, falta de conocimiento en el funcionamiento de las máquinas, la mayoría de las intervenciones al equipo son de tipo correctivo, lo que genera incremento de costos y paradas en la línea de producción.

5.3.4. Fase 4. Diseño de planes de mantenimiento preventivo y recursos necesarios.

5.3.4.1. Formato tareas de mantenimiento.

Se establece de forma inicial el formato de tareas de mantenimiento este tiene como objetivo establecer de forma clara cada una de las actividades de mantenimiento que se deben ejecutar sobre la maquina flejadora R10 OMS para que esta funcione de forma correcta.

Tabla 10

Tareas de Mantenimiento.

Flejadora R10 OMS

Sistema	Tarea	Tarea Realizada
Movimentación	100	Cambio de correa 1244J
Movimentación	101	Cambio de correa 1064J
Lanzamiento	102	Cambio rueda de lanzamiento
Lanzamiento y Recuperado	103	Cambio de embragues y fricciones IN1 – IN2 – IN3
Lanzamiento y recuperado	104	Cambio de frenos FR1 – FR2
Tensado	105	Cambio de resorte barras final de tensado
Prensado corte y pegue	106	Cambio de resortes mordazas
Ciclo máquina	107	Cambio micros levas de posicionamiento
Soldado zuncho	108	Cambio de caudín hoja soldante
Posicionamiento de ciclo	109	Lubricación sistemas levas
Tensado	110	Tensión cadenas final de tensado
Todos los sistemas	111	Limpieza general cabezal
Soldado de zuncho	112	Inspección temperatura de trabajo controlador
Final de lanzamiento	113	Cambio bronce micro porta interruptor
Lanzamiento, recuperación y tensado	114	Cambio de poleas y embragues
Lanzamiento y recuperación	115	Cambio eje lanzamiento y recuperación
Lanzamiento	116	Calibración rueda de lanzamiento
Soldado de zuncho	117	Calibración altura caudín
Lanzamiento, recuperación y tensado	118	Calibración freno y embragues
Corte del zuncho	119	Calibración levas de corte zuncho

Lanzamiento	120	Regulación micro final de lanzamiento
Tensado	120	Regulación micro final de tensado

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.4.2 Formato Ficha Técnica de la Máquina.

Se establece un formato de ficha técnica para poder definir cuál es la información requerida y poder registrarla de forma clara en el software de gestión de mantenimiento.

Tabla 11

Ficha Técnica de la Máquina.

Nombre del Equipo		
Planta:	Localización:	ID Equipo:
Datos Máquina		
Marca:		
Modelo:		
Serie:		
Catálogo:		
Planos:		
Centro de costo:		
Fabricante:		
Proveedor		
Características de la Máquina		
Nº de Piezas por Hora:		
Formato Máx de Trabajo:		
Consumo de Gas:		

Consumo de Energía:			
Velocidad de la Máquina:			
Presión Máx de Trabajo:			
Temperatura Máxima:			
Características de los Componentes			
Sistema N°1		Sistema N°2	
Sistema Mecánico		Sistema Eléctrico	
Componente	Referencia	Componente	Referencia
Sistema N°3		Sistema N°4	
Componente	Referencia	Componente	Referencia
Sistema N°5		Sistema N°5	
Componente	Referencia	Componente	Referencia
Registro de Cambios:			

Fecha	Que se Hizo	Por qué se Hizo	Resultados

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.4.3 Formato Estándar de Mantenimiento Preventivo.

Este formato se desarrolló con el objetivo de poder establecer las actividades, criterio, método, herramienta y frecuencias de forma general requerido para la estructuración organizada del plan de mantenimiento preventivo propuesto.

Tabla 11

Formato Estándar de Mantenimiento.

Línea:			ID Máquina:		Estándar:							
Diagrama	N°	ítem	Criterio	Método	Herramienta	Tiempo	Frecuencia					Persona responsable
							M	2M	3M	4M	5M	

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.4.5 Calendario de mantenimiento cambio de partes.

Este formato se desarrolló con el objetivo de poder controlar de forma clara todos los insumos usados en la gestión de mantenimiento de la máquina flejadora y mejorar la gestión de insumos y almacén.

Tabla 12

Calendario de Mantenimiento Cambio de Partes.

Equipo											Responsable:														
Ítem	Máquina	Criticidad	Código fabricante	Código SAP	Repuesto o componente	Cantidad instalada	Precio unitario	Precio total	Tipo MTTO	Frecuencia	Modo de falla	Ene				Feb				Mar					
												1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p><input type="checkbox"/> Actividad programada <input type="checkbox"/> Actividad NO realizada</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Actividad realizada <input type="checkbox"/> Actividad reprogramada <input type="checkbox"/> Falla antes del cambio</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de mantenimiento: TBM: tarea de mantenimiento. MCA: Mejora. SBA: Seguimiento avería. CMP: cambio de parte</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Frecuencia: D: Diario S: Semanal. Q: Quincenal M: Mensual.</p> </div> </div>																									

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.4.6 Formato de solicitud de repuesto por requerimiento.

Este formato se desarrolló con el objetivo de poder solicitar y controlar de forma clara la gestión de los insumos utilizados en la gestión de mantenimiento ante la falta de registro inadecuado de estos.

Tabla 13

Formato de solicitud de Repuestos por Requerimiento.

N°	Fecha de solicitud	Máquina	Elemento	Código	Cantidad	N° Aviso	N° OC	Costo Unidad	Costo total	Fecha de entrega	Observaciones

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.4.7 Formato de programación de mantenimiento electromecánico

Este formato se desarrolló con el objetivo de poder controlar la gestión de los mantenimientos por medio de las diferentes actividades de mantenimiento requeridas para cada activo.

Tabla 14

Formato de Programación de Mantenimiento Electromecánico.

Prueba:		Hora inicio:	Hora fin:	Técnico encargado			
N°	Máquina	Trabajo por realizar	Técnico encargado	Observaciones	Cumple		N° Actividades
					Si	No	
Facilitador de mantenimiento:				Facilitador de producción:			

Nota. General de gestión de mantenimiento utilizadas en las instalaciones del Parque Industrial Corona. 2022. Elaboración propia.

5.3.6. Fase 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.

Para el seguimiento y control del plan de mantenimiento establecido se requiere una serie de indicadores que se encuentren alineados a los objetivos de la compañía y que permitan visualizar desviaciones en el cumplimiento del plan establecido y proponer acciones correctivas, así como establecer cuáles son los datos requeridos para la obtención de los indicadores definidos, es importante mencionar que los indicadores establecidos son para la máquina System 9 de forma genérica con el objetivo que estos puedan ser replicados en las otras máquinas System de la línea de producción.

Los indicadores establecidos en esta propuesta son los siguientes:

- Indicador disponibilidad de la máquina System 9.
- Indicador tiempo medio entre fallas (MTBF) para la máquina System 9.
- Indicar tiempo medio para reparación (MTTR) para la máquina System 9.
- Cumplimiento de rutinas de inspección (Rutas ejecutadas vs rutas programadas)
- Cumplimiento de plan de mantenimiento preventivo (Programado vs ejecutado)
- Costo no productivo por tiempo fuera de servicio.
- Costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

5.3.7. Fase 7. Análisis del ciclo de vida y posible renovación de equipos.

En esta fase se realiza el análisis de costo de ciclo de vida a la máquina flejadora vertical que se tiene en conocimiento es un subsistema perteneciente a la máquina de empaque System 9, dentro de este análisis se incluye los costos directos de mantenimiento, donde se toman en consideración las variables: costos de repuestos, materiales, personal, instalaciones, datos técnicos, herramientas y equipos, adquisición del activo, producción, operación y mantenimiento. El análisis de ciclo de vida permite determinar cuál es el mejor

momento para realizar el reemplazo de los activos, teniendo en consideración que en la medida que aumenta el tiempo de servicio de los equipos se generan incrementos en los costos de mantenimiento debido a los desgastes propios de la máquina, teniendo esto como referencia se debe determinar el punto óptimo donde realizar la reposición de los activos evitando incrementos innecesarios de los costos de mantenimiento y por consiguiente la optimización en el manejo de los recursos.

El análisis se debe realizar de forma mensual o anual y se requiere que al momento de realizar el registro de la orden de trabajo asignada a cada equipo en una labor de mantenimiento ya sea correctiva, preventiva o predictiva se deben asignar todos los recursos e insumos utilizados, así como la mano de obra requerida, esto con el objetivo de acceder de forma rápida a la información al momento de realizar el análisis de ciclo de vida.

5.3.8. Fase 8. Implementación del proceso de mejora continua y adopción de nuevas tecnologías.

La implementación de la fase 8 inicia con el proceso de evaluación de los indicadores propuestos en la fase 6 de evaluación y control de la ejecución del plan de mantenimiento, estos indicadores permitirán medir e identificar desviaciones presentes en el proceso de gestión y luego establecer acciones correctivas y de mejoras al proceso, para posteriormente evaluar los resultados y realizar procesos de retroalimentación, también se tomarán en consideración las fallas presentadas por los equipos y los análisis de causa raíz que permitan establecer acciones de mejora.

Las acciones de mejora se implementarán por medio de capacitaciones para el personal técnico, presentación de casos y lecciones aprendidas, actualización de procesos, metodologías de gestión y plan de mantenimiento. Estas buscarán impactar de forma

directa los indicadores propuestos en la fase 6 permitiendo así garantizar la mejora continua del proceso.

Los procesos de capacitación también tendrán en consideración la misión, visión y políticas de mantenimiento, así como todos los procesos asociados a la gestión de calidad, seguridad y salud en el trabajo establecidos por la empresa.

6. Impactos Esperados/alcanzados

6.2. Impactos alcanzados

La propuesta del plan de mantenimiento para la máquina flejadora R10 OMS (System 9) del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó alcanzó los siguientes impactos:

- Se determinó que no se cuenta con información completa del principio de funcionamiento de los equipos y se establece la necesidad de desarrollar manuales de operación y mantenimiento del equipo en estudio, este debe incluir regulaciones básicas de la máquina, valores de alarmas y consideraciones de trabajo de la máquina por temperatura ambiente.
- Se determinó falta de capacitación del personal técnico de mantenimiento preventivo y correctivo del área de revisión y empaque y se establece la necesidad de desarrollar un plan de formación y capacitación para el personal técnico del área.
- Se determinó inexistencia de un proceso estandarizado de mantenimiento de la máquina flejadora automática R10 y se establece un proceso con actividades de inspección pruebas y mantenimiento, cronograma, periodicidad y formatos, además de contar con un software de mantenimiento que también requiere de la construcción de un proceso estandarizado.
- Se determinó que no se cuenta con información clara y de tiempo real de las fallas

de la máquina y se establece un procedimiento para registro de fallas en software de gestión de mantenimiento.

6.1. Impactos esperados

La propuesta del plan de mantenimiento para la máquina flejadora R10 OMS (System 9) del Parque Industrial Corona S.A.S Sopó espera tener los siguientes impactos:

- Se determina deficiencia en el manejo de almacén y uso de insumos y repuestos, baja calidad de repuestos nacionales, algunos repuestos no cuenta con codificación del software de mantenimiento, ni con un stock de seguridad y se establece la necesidad de crear un procedimiento que permita organizar el uso eficiente del almacén estableciendo stock de máximos y mínimos, codificación de todos los repuestos de la máquina, revisión del proceso de importación, actualización de proveedores para mejora en la calidad de productos a nivel nacional utilizados en el mantenimiento de los equipos.
- Impactar de forma integral la eficiencia y la eficacia de la gestión de mantenimiento por medio de la aplicación del método de 8 fases, esto por medio de disminución de paradas no programadas de los equipos, mejora de los indicadores MTBF, MTTR y disminución de tiempos de paro de la línea de producción.
- Impactar de forma positiva y reforzar la cultura en la organización en cuanto a la gestión de mantenimiento teniendo en cuenta la misión, visión y políticas de mantenimiento establecidas por la compañía.
- Mejora del ciclo de vida de los equipos por medio de una estrategia de mantenimiento adecuada que permita determinar de forma correcta el tiempo óptimo para reemplazo de los activos y permita generar una mejora en el manejo del presupuesto de mantenimiento.

7. Análisis financiero

7.1. Costo de implementación de la propuesta

Para realizar una mejora en el proceso productivo de la máquina flejadora vertical R10 OMS del área de empaque System 9 se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo y capacitaciones al personal técnico con la finalidad de impactar de forma positiva los costos asociados a las pérdidas por paradas, en consecuencia se establece el siguiente análisis financiero:

Tabla 11

Costos de Implementación Plan de Mantenimiento Anual.

Costos de implementación plan de mantenimiento anual	
Mantenimiento preventivo a la flejadora vertical R10 OMS	55.000.000,00 COP
Plan de formación técnico de mantenimiento predictivo (anual)	10.000.000,00 COP
Capacitación de personal técnico	5.000.000,00 COP
Total	70.000.000,00 COP

Nota. Costos estimados para la implementación de plan de mantenimiento propuesto. 2022. Elaboración propia.

Una de las problemáticas que se presenta en la oportuna intervención para el mantenimiento de las flejadoras es la falta de conocimiento y experiencia por parte del personal técnico que interviene la máquina cuando se atiende un evento, por tal motivo se contempla un programa de capacitaciones al personal técnico con personal experto para

poder mejorar los tiempos de paradas de estos equipos impactando directamente en las pérdidas por producción.

7.2. Estimación de utilidad económica de la aplicación de la propuesta

Con la implementación del plan de mantenimiento se busca mejorar la disponibilidad de la flejadora la cuál de acuerdo con los datos históricos de los últimos tres años se determinó un tiempo de parada promedio equivalente a 38,93 horas lo que significa una pérdida de producción de (636.931.999,00 COP), el objetivo es disminuir esos tiempos de paradas para el presente año colocando como meta una reducción del 25% en las paradas, esto equivaldría a un tiempo de parada anual de 29,20 horas lo que significa una pérdida de (477.698.999 COP).

Realizando esta operación en la Empresa Corona se genera un ahorro de (159.233.000,00 COP). Al finalizar el año, se debe realizar un análisis del impacto financiero de este plan, con el objetivo de validar si cumplió con las expectativas y en caso de ser afirmativo, plantear una nueva meta para el año siguiente en la reducción de costos por no producción, debido a paradas no programadas.

7.3. Aplicación de indicador ROI

Con base a los valores establecidos en el ejercicio financiero anterior se calculó el indicador de ROI, el cual se define de la siguiente manera:

$$\text{ROI} = (\text{Ingresos generados} - \text{Inversión realizada}) / \text{Inversión realizada}$$

Donde tenemos:

- Ingresos generados = 159.233.000,00 COP
- Inversión realizada = 70.000.000,00 COP

Posteriormente se reemplaza en la fórmula del ROI y tenemos:

$$ROI = \frac{159.233.000,00 - 70.000.000,00}{70.000.000,00} = 1.27$$

Lo cual quiere decir, que la compañía después de realizar la inversión en la implementación del plan de mantenimiento tendrá un retorno positivo en capital.

De esta manera se determina que la inversión en la implementación del plan de mantenimiento preventivo para mejorar los tiempos de parada en la flejadora tendrá un retorno positivo de capital para la empresa Corona.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

- De acuerdo con el trabajo de investigación realizado en el área de mantenimiento de la Empresa Corona ubicado en el Parque Industrial de Sopó se detectó una falencia al plan de mantenimiento de las máquinas flejadoras de la línea de empaque el cual impacta directamente en pérdidas significativas de la producción.
- Con la implementación de la metodología de ocho fases para la gestión de mantenimiento se evidencia una mejora continua de la eficiencia y eficacia del proceso productivo en la línea System 9 disminuyendo los tiempos perdidos por paradas generando un ahorro económico.
- Se debe mantener la implementación de un plan de mantenimiento preventivo de manera constante para preservar y extender el ciclo de vida de los activos en la compañía así como la capacitación permanente al personal técnico con el fin de mejorar los indicadores de MTBF y MTTR.
- La implementación de técnicas predictivas permite mejorar los resultados en el plan de mantenimiento interviniendo oportunamente los equipos para evitar paradas no programadas.

8.2. Recomendaciones

- Replicar el modelo de ocho fases de gestión de mantenimiento en las demás flejadoras que pertenecen a las distintas líneas de revisión y empaque con el fin mejorar la productividad.
- Invertir en la capacitación al personal técnico con el fin de tener especialistas en el mantenimiento de las flejadoras.
- Generar una cultura de disciplina en la implementación del plan de mantenimiento

para poder obtener los resultados esperados.

- Se debe tener gestión documental para dar custodia y trazabilidad a cada uno de los formatos implementados en el plan de mantenimiento preventivo.

9. Bibliografía

Márquez et al. - Modelo Avanzado de Gestión de Mantenimiento. Proce.pdf. (s. f.).

Recuperado 4 de marzo de 2022, de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/Modelo-Avanzado-Gestion.pdf>

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol.6). Mc Graw Hill.

García Palencia, O. (2006). El Mantenimiento General Administración de Empresas Administración de Empresas. Recuperado 11 de marzo de 2021, de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED->

Botero Gutiérrez, D. (2013). *Plan de implementación del pilar mantenimiento planificado bajo mantenimiento productivo total en una empresa productora del sector cerámico.* <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/324>

Castillo Chávez, Andy Jhoel—Marcelo Alcántara, Jean Pierre.pdf. (s. f.). Recuperado 24 de septiembre de 2021, de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25407/Castillo%20Ch%c3%a1vez%2c%20Andy%20Jhoel%20-%20Marcelo%20Alcantara%2c%20Jean%20Pierre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Franco, A. S. (s. f.). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE EMPAQUE DE LA LÍNEA QUANTUM DE LA EMPRESA PAPELES NACIONALES S.A.* 94.

Implementación de un modelo de mantenimiento para la empresa Imetales LTDA, basado en la norma ISO-14224. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <http://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2470>

Madrid Bernal, J. C., García Bernal, P. C., & Caicedo Gómez, R. (2019). Articulación entre la resolución 0312 del 2019 y la ISO 45001: 2018 para la estructuración de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en microempresas [Thesis, Universidad Santiago de Cali]. En *Repositorio Institucional USC*.
<https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/1217>

Ramírez García, P. A. (2017). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para la empresa Fernández y Compañía S.A.*
<https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1615>

Ramírez-Espinoza, W. (2016). *Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica Ltda.* <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6936>

Salazar-Quirós, L. D. (2020). *Diseño de propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para el Departamento de Mantenimiento de Gualapack Costa Rica S.A.*
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11488>

Rediseño del proceso de mantenimiento para los activos productivos de la planta de superficies. (s. f.). Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17460>

SBI Luis Amendola Spain.pdf. (s. f.). Recuperado 28 de agosto de 2021, de
http://mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_arc
hivos/SBI%20Luis%20Amendola%20Spain.pdf

Amendola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento (2.ª ed.). PMM Institute.
Lectura de Carlos Parra (venezolano), metodología de 8 pasos explorar proceso de gestión de mantenimiento, taxo, análisis de criticidad, generar planes de mantenimiento

Ishikawa-with-cover-page-v2.pdf. (s.f.). Recuperado 25 de marzo de 2022, de
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51937786/Ishikawa-with-cover-page-
v2.pdf?Expires=1648267411&Signature=ejmlx99N-
OhX6ZVM7hgfSeJszShCxjLO1ryez~iwW-
yr~SiPCz9KaulyUT5IxRoJRzpFWVTCqdi-
MR9YICep7Uhvuhc7~i8~QF8gKayOra6PmXt9KI1~WOVX-
4uGLLfoPia5l0nB3SsXxUqE6Ewa5X3v5~dCLGwR5Py4UJpwJhjLPkhvFdkHjEA
Ru0karbc7bxFwuwVu6ByljShZjOAJTaez55FtpcXV6ViQ06zlfD5N4dQ04kdgu3E7
ym0bhCxYPSCDBxyzsLhdNvaH~LQGIG4J3IooyC6S2SRzezUCksS7dvzvxDFLA
6ObBzd4Huw7bohvtBGpkVVwzFyDZnWQQw__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Parra, C., & Crespo, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos*. INGECON.