

“LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA
EMPRESA EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R
CONSTRUCTORA SRL”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Roberto Carlos Reyes Puga

Asesor:

Mg. Enrique Martin Avendaño Delgado

<https://orcid.org/0000-0003-4403-0044>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. César Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Miguel Enrique Alcalá Adrianzen	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Oscar Alberto Goicochea Ramírez	18089007
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R CONSTRUCTORA SRL

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	ingenieriadelmantenimiento.com Fuente de Internet	2%
3	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.aner.com Fuente de Internet	1%
7	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	nanopdf.com Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme encaminado a la persona que soy ahora y por haber sido la razón de todos mis logros y metas trazadas.

A mi hermano, por estar siempre conmigo en todos los pasos que he dado y apoyándome en mi constante superación desde el primer hasta el último instante.

AGRADECIMIENTO

A todo el personal de mi alma mater. A mis maestros, compañeros y la universidad en general por haberme aceptado como parte de sus filas y abrirme las puertas para un futuro prometedor. Agradezco especialmente a mi asesor de tesis, el Ing. Enrique Avendaño por haberme dado la confianza y oportunidad de recurrir a su experiencia y conocimientos.

Tabla de contenido

Jurado evaluador	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	9
Resumen	11
Capítulo I: Introducción	12
Capítulo II: Metodología	50
Capítulo III: Resultados	57
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones	92
Referencias	95

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Operacionalización de variables</i>	48
Tabla 2 <i>Técnicas e instrumentos</i>	51
Tabla 3 <i>Matriz de actividad – observación</i>	62
Tabla 4 <i>Diagrama de Pareto – Evaluación de fallas</i>	63
Tabla 5 <i>Matriz de Indicadores</i>	65
Tabla 6 <i>Costos por falta de un PMP</i>	66
Tabla 7 <i>Costos por falta de mantenimientos programados</i>	67
Tabla 8 <i>Costos por pobre cultura del mantenimiento</i>	68
Tabla 9 <i>Costos por falta de orden y limpieza</i>	69
Tabla 10 <i>Costos de implementación de medidas del PMP</i>	70
Tabla 11 <i>Productividad de unidades antes de la implementación del PMP</i>	70
Tabla 12 <i>Productividad de unidades luego de la implementación del PMP</i>	71
Tabla 13 <i>Disponibilidad de unidades antes de la implementación del PMP</i>	73
Tabla 14 <i>Disponibilidad de unidades luego de la implementación del PMP</i>	73
Tabla 15 <i>Costos de implementación de metodología TPM</i>	75
Tabla 16 <i>Cumplimiento de tareas secuenciales antes de metodología TPM</i>	75

Tabla 17 <i>Cumplimiento de tareas secuenciales luego de metodología TPM</i>	76
Tabla 18 <i>Costos de implementación de metodología 5S</i>	77
Tabla 19 <i>Indicador OEE antes de la implementación de metodología 5S</i>	78
Tabla 20 <i>Indicador OEE luego de la implementación de metodología 5S</i>	78
Tabla 21 <i>Formación de equipos</i>	81
Tabla 22 <i>Programación de mantenimientos preventivos</i>	82
Tabla 23 <i>Cronograma de inspecciones</i>	87
Tabla 24 <i>Flujo de caja para el año 2023</i>	89

Índice de figuras

Figura 1 <i>DOP del proceso de respuesta del área de mantenimiento ante falla</i>	52
Figura 2 <i>Modelo de Diagrama de Ishikawa</i>	53
Figura 3 <i>Modelo de Diagrama de Pareto</i>	53
Figura 4 <i>Modelo de Matriz de Indicadores</i>	54
Figura 5 <i>Organigrama de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL</i>	58
Figura 6 <i>Diagrama del diseño y construcción de proyectos de la empresa</i>	60
Figura 7 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	61
Figura 8 <i>Porcentaje acumulado de Pareto</i>	64
Figura 9 <i>Comparativa de productividad unitaria antes vs después</i>	72
Figura 10 <i>Comparativa de disponibilidad unitaria antes vs después</i>	74
Figura 11 <i>Comparativa de cumplimiento de tareas antes vs después</i>	76
Figura 12 <i>Comparativa del indicador OEE antes vs después</i>	79
Figura 13 <i>Actividades de mantenimiento semanal para mezcladora</i>	83
Figura 14 <i>Actividades de mantenimiento semanal para placa compactadora</i>	83
Figura 15 <i>Actividades de mantenimiento semanal para generador eléctrico</i>	84
Figura 16 <i>Actividades de mantenimiento semanal para manlift</i>	84

Figura 17 <i>Actividades de mantenimiento semanal para excavadora</i>	85
Figura 18 <i>Actividades de mantenimiento semanal para vehículo</i>	85
Figura 19 <i>Estrategia de difusión y normalización del nuevo PMP</i>	86
Figura 20 <i>Esquema general de la propuesta de respuesta a la problemática de la empresa</i>	88

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general el incremento de la productividad de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL mediante la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Se inició ejecutando un completo diagnóstico de todas las áreas incluidas en el plan de mantenimiento general de la empresa con el que se pudo identificar; mediante las herramientas de gestión de observación y recojo de data previa; las fallas críticas y puntos prioritarios que desembocan en una baja productividad. Culminada la etapa del diagnóstico, se detalla una propuesta de mejora basada en: El mantenimiento preventivo, el TPM y las 5S. Adicionalmente, se incluyen estudios de indicadores y diagnósticos posteriores a la implementación del nuevo plan de mantenimiento general, buscando los resultados necesarios para la conclusión de utilidad del trabajo aplicativo. Finalmente, y debido a toda la data obtenida, se concluyó que la propuesta de implementación es viable y necesaria, al generar un incremento del 20.95%, 20%, 22.97%, 6.67%, 17.65% y 13.49% en la productividad unitaria de las unidades críticas especificadas.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento preventivo, productividad.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, y en el mundo actual, toda la esfera empresarial busca maximizar su productividad, su competitividad y mantener la satisfacción de su clientela a la vez que minimizan tiempos y costos. Según Aberdeen Research, el costo promedio por hora del tiempo de inactividad en todas las empresas es de \$ 260,000 y parece estar aumentando. Esta cifra es superior a los datos de 2014 de \$ 164,000. Esto es especialmente preocupante, ya que casi toda la producción industrial y de fabricación se realiza con máquinas, lo que hace que dependa en gran medida de que esas máquinas funcionen de forma continua. (Arsenault, 2016)

Cada año se reafirma más la correlación directa entre un eficiente plan de mantenimiento general y un alto índice de productividad. Mejorar la productividad en el mantenimiento industrial es un aspecto crucial para cualquier empresa. Hemos visto la importancia de dedicar atención a toda la etapa de mantenimiento de los recursos involucrados en el proceso productivo. Sin embargo, debe hacerse con sentido de productividad, considerando el tiempo y la efectividad para llevar a cabo esa tarea. (Frieser, 2020)

A nivel de América Latina, el proceso de aceptación de la relación entre un óptimo plan de mantenimiento general y una buena productividad se encuentra casi a la par del resto del mundo. Esto se puede EVIDENCIAR en los resultados de trabajos aplicados de diversos autores, concluyendo todos reafirmando esta relación. Debido a la alta competitividad que vivimos hoy en día en la industria, se vuelve crucial que las empresas cuenten con sistemas cada vez más robustos,

los cuales ayuden a mejorar los índices de productividad. La mejora continua es una herramienta básica para mantenerse por arriba de la competencia o en su caso mantener un nivel óptimo de competitividad, sin dejar de lado la idea de que todo puede ser mejorado. (Vargas, 2021)

En el contexto nacional, cada vez más empresas prestan una mayor atención al mantenimiento preventivo y autónomo en sus líneas de producción. Sin embargo, las PyMEs y empresas con menor alcance son las más atrasadas en este ámbito. Esto se evidencia tomando como referencia que, en los últimos años, la industria procesadora de calamar gigante en Perú exhibió un incremento del 59% en exportaciones con respecto a 2018. Según estimaciones, esta industria genera aproximadamente 30.900 puestos de trabajo al año. Sin embargo, algunas PyMEs experimentan baja productividad, como el PCEPE empresa, debido al tiempo de inactividad de la planta. Esto representa el 26% del tiempo disponible, lo que se traduce en la pérdida de 1760 toneladas cada año. (Gallesi et al., 2020)

A nivel local, muchas son las empresas de nuevo surgimiento que omiten el cuidado de maquinarias y equipos debido a su priorización de cumplimiento de tiempos y mayor captación de contratos/clientes. Edificaciones y Proyectos G y R Constructora SRL es una empresa ubicada en Trujillo y que está dedicada a la construcción y a la consultoría de proyectos de ingeniería la cual, al igual que algunas empresas referidas anteriormente, ha tomado la decisión de optar por una metodología de mejora continua. En el último año se ha detectado, a través de una comparativa, que la productividad no alcanza los niveles deseados. A la fecha, y gracias a la observación y estimación rápida preliminar, se detectan carencias en las áreas de mantenimiento y operación

resaltando la falta de fiabilidad y disponibilidad de maquinarias, equipos e incluso personal. Es por esto que, en busca de optimizar sus áreas operativas y de gestión, la empresa Edificaciones y Proyectos G y R Constructora SRL aprobó el realizar un estudio más detallado y, en caso sea necesario, diseñar e implementar un plan de mantenimiento que asegure cumplir con los estándares de productividad deseados.

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedente Internacional (2 tesis)

Anaya (2020) buscó incluir un TPM al plan de mantenimiento general de una empresa de cementos. El proyecto inició su desarrollo elaborando una propuesta de TPM para la empresa en cuestión. Se realizó un estudio cuantitativo con enfoque descriptivo y soportado desde el punto de vista documental, con lo cual se logró dar respuesta a las preguntas y objetivos de la investigación no experimental transversal, y utilizando la técnica de la encuesta se validó con los trabajadores de la empresa las características básicas necesarias, para generar un diseño, y aplicar la metodología del modelo TPM.

Posterior al plan de implementación, se llevaron controles de indicadores como operatividad del personal, operatividad del equipo y costos operativos; los cuales a la vez son indicadores de la productividad de la empresa. Además, diseñado el plan de acción con 81 actividades implementadas en un período de tiempo de un año y establecimiento de auditorías y seguimientos de control, concluye que es una gran

oportunidad de tipo financiera, con un TIR del 28%. Esto sirve como precedente para indicar la viabilidad de inserción de un plan de mantenimiento a una empresa.

El estudio realizado por Carrillo et al. (2018) buscó la mejora de los procesos de una empresa metalmecánica mediante el uso de las herramientas 5S y TPM. Inicialmente, se realizaron comparativas entre el sistema actual y el propuesto o mejorado. Fue llevado como un tipo de investigación descriptiva y sustentada en las herramientas de lean manufacturing ya nombradas. Se buscó optimizar la confiabilidad de la línea productividad y, luego de la implementación del nuevo diseño de trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados: Un pronóstico de reducción de probabilidades de fallo desde un 47% a un 20%, un incremento del 22% para la disponibilidad del área y la reducción de mantenimientos correctivos debido a la intervención de los mantenimientos preventivos a maquinaria crítica. Se puede concluir que las herramientas de lean manufacturing 5S y TPM obtienen resultados deseables al añadirlos a un plan de mejora. Además, se demuestra el correcto y efectivo uso de otras herramientas de fallas de maquinarias y control de procesos, como lo son las tablas de MTTR, MTBF, MTTF y el método AMFEC.

1.2.2. Antecedente Nacional

Para Peralta (2019) el objetivo fue el de aumentar la productividad mediante el uso del mantenimiento preventivo, para lo cual se realizó una clasificación de equipos. Se emplearon la técnica de la observación y las fichas de recolección de datos

cuantitativos para la información pre y post test al PMP. Se realizó un diagrama de Ishikawa para un mejor diagnóstico de la situación y para poder valorar las causas encontradas en una tabla. Se realiza un diagrama de Pareto de las mismas causas y se aprecia que la mayor cantidad de problemas (25%) son generados por la ausencia de un PMP. Se prosigue a la codificación y elaboración de un layout de maquinaria y equipos, se elabora un inventario y se realizan fichas técnicas a cada equipo. Se define el stock de repuestos y accesorios para cada distinción de equipos y finalmente se elabora un programa de actividades de mantenimiento preventivo de acuerdo a la frecuencia necesaria (anual, mensual o diaria). Se obtuvieron resultados favorables, con un incremento del 23% de la productividad, concluyendo finalmente que la cultura de mantenimiento preventivo a los equipos y máquinas resulta adecuada y que se da por sentado la importancia del mantenimiento preventivo para optimizar procesos y actividades productivas.

Similarmente, Gonzales (2020) realizó una investigación cuya meta principal fue la de gestionar el mantenimiento para lograr un incremento en la productividad, con lo cual se definió una metodología de pasos secuenciales. Se realizó un diagnóstico general de todos los equipos para su posterior determinación de nivel de cumplimiento de sus respectivos programas de mantenimiento. Se emplearon técnicas como la observación y la entrevista al recopilar datos; además de la encuesta y escala de Likert, el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto. Para su análisis se usaron herramientas estadísticas como tablas y gráficos con distribuciones de frecuencia. Se definieron los

indicadores de mantenimiento para una posterior comparación. Se observa que existe una carencia de un plan de mantenimiento en la empresa y se procede a la estructuración de un PMP basado en los datos de producción, inspección y fallas frecuentes. Se incluye una metodología para la correcta Operacionalización de equipos. También, obtuvo resultados que van desde el aumento de la disponibilidad de las máquinas en un 9%; específicamente el torno paralelo de 85.68 % a 94.4%, la fresadora de 86.98% a 94.13% y la mandrinadora de 85.24% a 96.79%, incrementando así el rendimiento y productividad de las mismas. Se disminuyeron los costos por mantenimiento de 76,526.34 a 42,871.84 soles, ahorrando un total de 33,654.50 es decir un 43.98% del costo de repuestos por reparaciones y piezas dañadas, concluyendo así demostrando la importancia de las evaluaciones de la disponibilidad y la confiabilidad como indicadores de productividad, así como la gran influencia de una buena estructura del plan de mantenimiento general.

1.2.3. Antecedente Local

Rojas (2019) Se buscó determinar los lineamientos que deben adoptarse en el diseño e inclusión de un nuevo plan de mantenimiento para lograr un incremento en la productividad de una empresa de producción agrícola. Primeramente, se realizó un diagnóstico inicial a cada máquina y se desarrolló su respectivo inventario. Fue necesaria la recopilación de historiales de fallas de cuatro áreas en total: área de cultivo, área de cosecha, área de filtrado y área de sanidad. Se procedió luego a calcular

los indicadores de mantenimiento y eficiencia. Se desarrollaron las tarjetas de activo de los equipos, con lo cual el personal encargado del mantenimiento tendrá acceso a las características técnicas más relevantes y los respectivos puntos críticos de mantenimiento de una determinada unidad productiva. El estudio arrojó resultados que reflejan un aumento de la disponibilidad de la maquinaria crítica en un 8% y un aumento del 3% para la confiabilidad de las mismas. Se concluyó que existe una relación directa entre los resultados favorables y un buen plan de mantenimiento preventivo, además de la necesidad de un control posterior al trabajo aplicativo mediante evaluadores de desempeño y de costos.

Para Zarate (2020), la empresa del trabajo aplicativo que realizó presentaba una baja productividad, por lo que se decidió mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa y, a su vez, aumentar la productividad. Para esto, la investigación se desarrolló bajo el tipo pre experimental, debido a que se determinó la mejora mediante la aplicación de diversos aportes teóricos como lo es la gestión de mantenimiento preventivo, siendo descriptiva y explicativa debido a que se describe la situación de estudio y se trata de dar respuesta al porqué del objeto que se investiga. Se emplearon técnicas de reforma del plan de mantenimiento general que arrojaron resultados recogidos mediante datos estadísticos e indicadores de eficiencia y eficacia. Los resultados arrojaron un incremento del 10.87% para la productividad, asimismo se compara la media de la productividad antes, la cual tiene un valor de 0.82 y la media de la productividad después, la cual posee un valor de 0.93. La conclusión se asemeja

a las anteriores y reafirma la suposición de mejora de la productividad mediante la correcta gestión del mantenimiento.

1.3. Bases teóricas

En este punto de la tesis se presentan teorías, herramientas, definiciones y aspectos relevantes que desempeñaron un papel importante al momento de aplicar cada una de las variables y trabajar con ellas para el desarrollo del trabajo, enfocándose especialmente en analizar aspectos detallados sobre el plan de mantenimiento preventivo, la productividad en industrias y las herramientas a emplear.

1.3.1. Plan de Mantenimiento Preventivo

1.3.1.1. Definición de Mantenimiento Preventivo

Para García (2012), Toda actuación sobre maquinaria o herramientas en un proceso productivo que tenga por objeto mantener su estado y correcto funcionamiento mediante pasos secuenciales y cuidados especializados, realizados por personal capacitado y cuyo objeto sea garantizar la fiabilidad y el rendimiento óptimo, identificando y reduciendo la degradación de los mismos. un elemento funcional antes de que ocurra una falla no deseada, se conoce como mantenimiento preventivo. En resumen, el mantenimiento preventivo es el conjunto de procedimientos que permiten preservar o restaurar un sistema productivo a un estado particular antes de que experimente una falla, lo que le permite realizar un servicio particular.

1.3.1.2. Objetivos del Mantenimiento Preventivo

El mismo García (2012) indica también que los objetivos principales de este tipo de mantenimiento se encuentran íntimamente relacionados con los términos: Evitar, contrarrestar, reducir y reparar. Entre los más comunes tenemos:

- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o parada de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

1.3.1.3. Importancia del Mantenimiento Preventivo

Toda actuación sobre maquinaria o herramientas en un proceso productivo que tenga por objeto mantener su estado y correcto funcionamiento mediante pasos secuenciales y cuidados especializados, realizados por personal capacitado y cuyo objeto sea garantizar la fiabilidad y el rendimiento óptimo, identificando y reduciendo la degradación de los mismos. un elemento funcional antes de que ocurra una falla no deseada, se conoce como mantenimiento preventivo. En resumen, el mantenimiento preventivo es el conjunto de procedimientos que permiten preservar o restaurar un sistema productivo a un estado

particular antes de que experimente una falla, lo que le permite realizar un servicio particular.

Según Integra Markets (2018) se puede distinguir, además, que la realización conforme de un buen mantenimiento genera ventajas tales como:

- Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente. Por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

1.3.1.4. Otros tipos de mantenimiento en función de la tarea

Las distintas actividades de mantenimiento se clasifican por distinciones específicas, de acuerdo al tiempo en que se ejecutan, a su objetivo y a los recursos que emplea. A continuación, y según Pérez (2021), se detalla el tipo de mantenimiento más empleado además del ya mencionado mantenimiento preventivo:

Mantenimiento Correctivo

Este se trata de un conjunto de tareas técnicas que se encuentran orientadas a la corrección de fallas de las unidades productivas que revelen una necesidad de

reparación o reemplazo. En este tipo de mantenimiento se solucionan errores del equipo que depende de la intervención para volver a su función habitual.

Una de las condiciones más importantes en un buen plan de respuesta en el mantenimiento correctivo es mantener, idealmente, personal disponible siempre para resolver el problema en el menor tiempo posible. Sin embargo, esto demuestra puntos críticos contraproducentes y que, a largo plazo, no hacen del mantenimiento correctivo la opción óptima a implementar en una empresa.

Contrario a lo que generalmente se cree, el mantenimiento correctivo no puede eliminarse del todo y, si bien antes se mencionó su pobre desempeño en un plan productivo, esto es solo cuando no se halla complementado con un plan de mantenimiento preventivo. El mantenimiento ideal prevé y tiene planes de respuesta para cada caso posible.

Este tipo de mantenimiento se divide también en dos tipos: El mantenimiento correctivo no planificado, también conocido como impredecible y que se produce cuando los equipos sufren una avería que a menudo da lugar a un tiempo de inactividad como resultado de fallo prematuro de las piezas que componen el equipo o a la falta de supervisión de rendimiento del mismo; y, el mantenimiento correctivo planificado, o predicho, producido cuando se detecta un desplome del rendimiento de un equipo. Por lo que las intervenciones no son de emergencia y pueden ser programadas.

Finalmente, ¿cuándo es recomendable usar el mantenimiento correctivo?

Este puede aplicarse en:

*Equipos de menor importancia o que tengan varias piezas de repuesto. Es decir, en herramientas o pequeñas máquinas que pueden ser rápidamente reemplazadas cuando fallan.

*Se puede usar en productos cuyo mantenimiento correctivo es extremadamente barato y rápido. En estos casos -que suelen ser raros- hacer otros tipos de mantenimiento, como el predictivo, puede ser más caro.

*Se puede adoptar un mantenimiento correctivo planificado en equipos cuyo rendimiento decreciente no se convierta en problemas de seguridad y no afecte a la productividad en general.

Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento consiste en predecir cuándo fallará una máquina para que pueda ser reemplazada, de acuerdo con un plan de acción, antes de la avería. Este tipo de intervención maximiza la vida útil del componente y minimiza el tiempo de inactividad de la máquina.

De todo esto se deduce que ambos tipos de mantenimiento están estrechamente ligados y depende de su complementación para el desenvolvimiento adecuado de equipos en una línea de producción industrial.

1.3.1.5. Estructurando un Plan de Mantenimiento Preventivo

El plan de mantenimiento general ideal al que toda área de mantenimiento debe

apuntar llegar incluye a todos los tipos anteriormente mencionados, siendo el eje principal el mantenimiento preventivo debido a que, a largo plazo, puede ser una buena opción para que las empresas no incurran en roturas de stock y problemas derivados de la inactividad de las máquinas.

Para García (2012), los siguientes son los pasos a seguir si se busca estructurar de manera adecuada un plan de mantenimiento a nivel general:

- Realizar un diagnóstico general del área de mantenimiento actual para evaluar, y posteriormente comparar, los índices de paros, fallas y eficacia en general.
- Se deben listar los **activos y maquinarias que deberán pasar dicho programa de mantenimiento**. Es importante definir cada activo al detalle, incluyendo las partes del mismo y sus vidas útiles. Además, es bueno añadir qué papel juega dentro de la empresa e indicar qué ocurriría si éste se quedara inactivo, así se podría establecer un orden de prioridades en base a lo que la maquinaria aporta en el proceso de producción.
- **Definir qué procedimientos hay que seguir**. Cada maquinaria tiene unos procedimientos que ayudan a alargar su vida útil, algo que normalmente suele ir en el manual de uso de la misma. En este punto hay que reunir toda esta información y ver si es aplicable al entorno de la empresa ya que, a veces, dependiendo del entorno, las acciones a tomar varían ligeramente.
- **Ver cada cuánto tiempo es necesario realizar el mantenimiento**. Quizás éste es uno de los puntos más importantes a la hora de establecer el plan. Lo ideal es seguir las indicaciones del fabricante y, sobre éstas, estar pendientes por si el entorno influye de

una manera diferente y hay que realizar correcciones gracias a las técnicas propias del mantenimiento predictivo.

- Finalmente, es crucial mantener un control del desempeño que tiene el nuevo plan de mantenimiento y, en caso este sea deficiente, identificar las razones, corregirlas y reestructurar el plan.

De manera similar, el mismo autor sugiere que al sustentar nuestro diseño del nuevo plan de mantenimiento es indispensable basarse en alguno de los tres siguientes puntos:

- Basarse de las instrucciones de los fabricantes de los diversos equipos.
- Basarse en protocolos de mantenimiento por tipo de equipo.
- Basarse en el análisis de fallos potenciales de la instalación.

Se procederá a tratar cada una de estas tres técnicas, indicando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

Plan de Mantenimiento Basado en Instrucciones del Fabricante

La primera de las técnicas para determinar las tareas que compondrán el plan de mantenimiento consiste en basar dicho plan de forma exclusiva en las instrucciones de los fabricantes.

La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial basándose en las instrucciones de los fabricantes es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento.

Las fases para elaborar un buen plan de mantenimiento basado en instrucciones de fabricantes son las siguientes:

- Elaboración del listado de sistemas que componen la planta.
- Determinación del formato homogenizado a emplear.
- Identificación de todos los equipos que componen cada sistema.
- Acopio de manuales de operación y mantenimiento de los equipos.
- Análisis de los manuales y extracción de las tareas de mantenimiento y las frecuencias de realización.
- Aportaciones de los técnicos de mantenimiento de planta.
- Determinación del mantenimiento legal e inclusión en el plan de las tareas que se desprenden de la normativa legal de aplicación.
- Determinación de la especialidad de cada tarea.
- Recopilación del plan obtenido.

Realmente, es la forma más extendida de elaborar un plan de mantenimiento. Y esto es así porque tiene dos grandes ventajas que es conveniente destacar:

En primer lugar, asegura completamente las garantías de los equipos, ya que los fabricantes exigen, para el mantenimiento de dichas garantías, que se cumpla estrictamente lo indicado en el manual de operación y mantenimiento que ellos elaboran.

En segundo lugar, los conocimientos técnicos necesarios para elaborar un plan de mantenimiento basado en las instrucciones de los fabricantes de los equipos no tienen por qué ser altos. No se requieren conocimientos específicos sobre los equipos a mantener, ni se requieren especiales conocimientos sobre mantenimiento industrial.

Las ventajas de esta forma de realización son indudables, y por ello es la forma

mayoritaria. Pero hay que tener en cuenta que a pesar de ser la técnica más extendida no es la única forma de elaborar un plan de mantenimiento. Y esto es así porque presenta muchos y graves inconvenientes:

- Unos fabricantes son poco rigurosos a la hora de elaborar las instrucciones técnicas de mantenimiento, indicando las tareas de una forma muy general, e indicando incluso un número de tareas a realizar claramente insuficientes para evitar los problemas en los equipos.
- Otros fabricantes, en cambio, piensan que su equipo es el único que existe en la instalación y proponen una cantidad de tareas a realizar que no se justifican con la importancia que tiene el equipo en la instalación.
- Otros fabricantes proponen en la práctica sobre mantener los equipos, partiendo de la base de que ellos no soportan el coste del mantenimiento programado.
- Los fabricantes no suelen proponer tareas de mantenimiento predictivo, como la realización de termografías, análisis de vibraciones, detección de fugas por ultrasonido, etc. a pesar de que estas técnicas han demostrado sobradamente su eficacia.
- Sorprende el hecho de que equipos técnicamente similares puedan tener planes de mantenimiento tan diferentes. Así, una bomba centrífuga o un transformador eléctrico pueden tener tareas de mantenimiento preventivas completamente diferentes dependiendo del fabricante del equipo.
- El fabricante no está interesado en la desaparición total de los problemas. Diseñar un equipo con cero averías puede afectarle negativamente, por tocar una parte suculenta

de su facturación.

- El fabricante no es un especialista en mantenimiento, sino en diseño y montaje.

Plan de Mantenimiento Basado en Instrucciones Protocolos por Tipo de Equipo

Este enfoque para formular las tareas que componen el plan se basa en la idea de que los diversos equipos que componen la planta se pueden dividir en tipos genéricos de equipos o equipos típicos, y que una serie de tareas preventivas deben completarse por separado en cada tipo. del equipo. ¿De quién es su creador y cuál es su construcción precisa? Como resultado, una bomba centrífuga de alto flujo podría denominarse maquinaria general. Cualquier bomba centrífuga que transfiera fluidos viscosos a caudales elevados requiere la adopción de una serie de medidas preventivas, independientemente del fabricante o del modelo concreto.

La rutina de mantenimiento programado se refiere al conjunto de tareas de mantenimiento que son específicas de un determinado tipo de equipo. Para crear una lista completa de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta, solo se requiere aplicar el protocolo de mantenimiento que corresponde a cada tipo de equipo presente en todo tipo de instalaciones industriales, después de lo cual se realiza una lista de todos los equipos. presente en la instalación particular que se está analizando. La organización adicional de esta larga lista de trabajos por sistema, frecuencia y especialidad creará los diversos rangos que componen el plan de mantenimiento de la planta.

En el protocolo de mantenimiento de un equipo tipo debe incluirse al menos la siguiente información para cada tarea incluida en el protocolo:

- Especialidad del trabajo.
 - Frecuencia con la que debe realizarse.
 - Duración estimada de la realización de la tarea.
 - Necesidad de un permiso de trabajo especial.
 - Si el equipo debe estar parado o en marcha para la realización de la tarea.
- El primer trabajo para elaborar un protocolo de mantenimiento de un equipo tipo es determinar el conjunto de tareas a llevar a cabo en él. Los tipos de tareas que pueden llevarse a cabo en un equipo son las siguientes:
- Inspecciones sensoriales: son inspecciones que se realizan con los sentidos, sin necesidad de instrumentos de medida o medios técnicos adicionales.
 - Lecturas y anotación de parámetros de funcionamiento, con instrumentos que están instalados en los equipos.
 - Tareas de lubricación.
 - Verificaciones mecánicas, como medición de holguras, de alineación, de espesor, de apriete de pernos, de instrumentos de medida, de funcionamiento de lazos de control, etc. Pueden requerir de una intervención para que determinados parámetros se ajusten a unos valores preestablecidos.
 - Verificaciones eléctricas, como medición de intensidad de corriente, verificación de puestas a tierra, verificación del funcionamiento de paradas de emergencia, verificación de conexiones, etc.
 - Análisis y mediciones de variables con instrumentos externos, como analizadores de

vibraciones, termografías, análisis de aceites, etc.

- Limpiezas, que pueden ser sencillas o de cierta complejidad técnica.
- Configuración, en equipos programables o que admitan diferentes modos de funcionamiento.
- Verificación del correcto funcionamiento de equipos de medida.
- Calibración de instrumentos de medida.
- Chequeo de lazos de control.
- Sustitución o reacondicionamiento condicional de piezas sujetas o propensas al desgaste.
- Sustitución o reacondicionamiento sistemático de piezas sujetas o propensas al desgaste.

A la hora de elaborar la lista completa de tareas que aplica en un equipo y que compondrá el protocolo de mantenimiento de ese tipo de equipo es conveniente comprobar cuáles de los tipos de tareas mencionadas son aplicables en ese equipo. De esta manera se asegura que la lista de tareas para cada equipo es completa y exhaustiva, sin olvidar nada importante.

Plan de Mantenimiento Basado en Análisis de Fallos Potenciales (RCM)

RCM o Reliability-Centered Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, o RCM, se implementa en una

planta industrial con el objetivo principal de aumentar la confiabilidad de la instalación y disminuir el tiempo de inactividad no planificado que interfiere con los programas de producción. Aumentar la disponibilidad, o el porcentaje de tiempo que la instalación es capaz de producir, al tiempo que reduce los costos de mantenimiento, son objetivos secundarios, pero no menos importantes. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones tendentes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:

- Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.
- Mejoras y modificaciones en la instalación.
- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.
- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Planes de formación.

Luego de lo mencionado debemos tomar en cuenta las siete preguntas clave. RCM se basa, pues, en la puesta de manifiesto de todos los fallos potenciales que puede tener una instalación, en la identificación de las causas que los provocan y en la determinación de una serie de medidas preventivas que eviten esos fallos acordes con la importancia de cada uno de ellos. A lo largo del proceso se plantean una serie de preguntas clave que deben quedar resueltas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
- ¿Cómo falla cada equipo?
- ¿Cuál es la causa de cada fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
- ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

La solución a estas preguntas para cada uno de los sistemas que componen una instalación industrial conduce a la determinación de los fallos potenciales, las causas de éstos y las medidas preventivas que tendrán que adoptarse.

Las 10 fases del RCM. El proceso de análisis de fallos e implantación de medidas preventivas atraviesa una serie de fases para cada uno de los sistemas en que puede descomponerse una planta industrial:

- Fase 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM. Determinación de indicadores, y valoración de estos antes de iniciar el proceso.

- Fase 2: Codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta. Para ello es necesario recopilar esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.
- Fase 3: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Determinación de las especificaciones del sistema Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto. Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.
- Fase 4: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.
- Fase 5: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.
- Fase 6: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.
- Fase 7: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.
- Fase 8: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.
- Fase 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.
- Fase 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores seleccionados en la fase 1.

Finalmente, el autor concluye que el plan de mantenimiento de una empresa productiva

es dinámico y versátil, adaptable a las situaciones cambiantes del entorno, ya sean controlables o no. El departamento de mantenimiento de cada respectiva empresa estudiará y definirá la mejor estructuración posible para cada caso específico.

1.3.2. Productividad

1.3.2.1. Definición de Productividad

Para Carro y González (2012), el concepto de productividad se ha establecido como una razón matemática de relación entre el valor de los productos y el valor de los recursos empleados en hacer dicho producto. Es la evaluación de la capacidad del sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir el valor agregado, el cual posee dos caminos para su aumento: producir lo que el mercado/clientes valoran y hacerlo con la menor cantidad de recursos consumidos. Según esto, los autores definen distintos indicadores de productividad:

Forma General de un Índice de Productividad

Se denomina así al valor numérico que resulta de la relación entre producción obtenida y recursos usados.

$$\text{Índice de Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Recursos utilizados}} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}}$$

Ecuación N°1. Índice de Productividad.

Tomar en cuenta:

- Producción: Productos totales producidos.

- Recursos: Mano de obra, materia prima, maquinaria, energía, capital, etc.

Para comparar el progreso de la productividad, este índice se emplea como punto de comparación:

$$P = 100 * (\text{Productividad Observada}) / (\text{Estándar de Productividad})$$

Ecuación N°2. Productividad como punto de comparación.

- Productividad Observada: Productividad medida en un espacio de tiempo definido y dentro de un sistema determinado.
- Estándar de Productividad: No es otra cosa que la productividad con la que se van a comparar los nuevos datos, la productividad base o de referencia.

Tipos Básicos de Productividad y Cálculos

La Productividad Parcial. Razón dada entre la cantidad producida y un único tipo de recurso empleado.

$$\text{Productividad humana} \equiv \frac{\text{producción}}{\text{insumo humano}}$$

Ecuación N°3. Productividad humana.

$$\text{Productividad materiales} \equiv \frac{\text{producción}}{\text{insumos materiales}}$$

Ecuación N°4. Productividad de materiales.

$$\text{Productividad capital} \equiv \frac{\text{producción}}{\text{insumo de capital}}$$

Ecuación N°5. Productividad capital.

$$\text{Productividad energía} \equiv \frac{\text{producción}}{\text{insumo de energía}}$$

Ecuación N°6. Productividad energía.

$$\text{Productividad otros gastos} \equiv \frac{\text{producción}}{\text{insumos de otros gastos}}$$

Ecuación N°7. Productividad otros gastos.

La Productividad de Factor Total. Razón dada entre la producción neta (producción total menos servicios y bienes intermedios comprados) y la suma asociada con los recursos MO y capital.

$$\begin{aligned} \text{Productividad factor total} &\equiv \frac{\textit{producción neta}}{\textit{insumo (mano de obra + capital)}} \\ &\equiv \frac{\textit{producción total} - \textit{materiales y servicios comprados}}{\textit{insumos (mano de obra + capital)}} \end{aligned}$$

Ecuación N°8. Productividad factor total.

La Productividad Total. Razón dada entre la producción total y la suma de todos los tipos de recursos.

$$\begin{aligned} \text{Productividad total} &\equiv \frac{\textit{producción total}}{\textit{insumo total}} \\ &\equiv \frac{\textit{producción total}}{\textit{insumos (humanos + materiales + capital + energía + otros gastos)}} \end{aligned}$$

Ecuación N°9. Productividad total.

1.3.3. TPM

1.3.3.1. Definición de TPM

Según García (2012), el TPM es un enfoque de mantenimiento sistemático que involucra a todos los niveles de la organización y que tiene como objetivo la mejora continua de la productividad y la calidad de los productos y servicios mediante la eliminación de las fallas y los desperdicios en el proceso productivo, este se basa a su vez en ocho pilares y seis grandes pérdidas.

1.3.3.2. Los Ocho Pilares del TPM

El TPM se basa en ocho pilares principales que son necesarios para su éxito:

Mejora de la eficiencia general del equipo: Este pilar se enfoca en la optimización de la eficiencia de los equipos, asegurando que estén siempre en su mejor estado de operación. Para lograr esto, se deben hacer mejoras en la tecnología, la organización, el mantenimiento y la gestión de la producción.

Capacitación de los empleados: La capacitación de los empleados es esencial para asegurar que todos los miembros del equipo estén preparados para trabajar de manera efectiva y segura en el entorno de la empresa. Esto incluye la capacitación en técnicas de mantenimiento, seguridad, calidad y productividad.

Mejora del mantenimiento autónomo: El mantenimiento autónomo implica la participación de los operadores en la realización de las tareas de mantenimiento diarias. Este pilar se enfoca en la capacitación de los operadores para que puedan realizar tareas de mantenimiento de manera segura y efectiva.

Mejora de la calidad: La mejora de la calidad se enfoca en garantizar que los productos y servicios cumplan con los estándares de calidad de la empresa. Esto implica la implementación de herramientas de control de calidad, la revisión de los procesos de producción y la capacitación en técnicas de mejora de la calidad.

Mejora de la seguridad en el trabajo: La seguridad en el trabajo es un pilar fundamental del TPM. Este pilar se enfoca en garantizar la seguridad de los empleados y la prevención de

accidentes en el lugar de trabajo. Se debe hacer hincapié en la capacitación en técnicas de seguridad y la implementación de medidas de seguridad adecuadas.

Mejora de la administración de la producción: Este pilar se enfoca en la optimización de la gestión de la producción, asegurando que todos los procesos sean eficientes y efectivos. Esto incluye la planificación de la producción, la gestión de inventarios y la implementación de medidas para reducir los tiempos de inactividad.

Mejora del diseño de los equipos: La mejora del diseño de los equipos se enfoca en la optimización del diseño de los equipos para maximizar su eficiencia y durabilidad. Esto implica la revisión de los diseños existentes y la implementación de mejoras en el diseño de los nuevos equipos.

Mejora del mantenimiento planificado: El mantenimiento planificado se enfoca en la realización de tareas de mantenimiento de manera planificada y sistemática para reducir los tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los equipos. Este pilar se enfoca en la implementación de un plan de mantenimiento efectivo que incluye la planificación, la programación y la ejecución de las tareas de mantenimiento.

1.3.3.3. Las Seis Grandes Pérdidas

Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.

Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos) que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o molde, o al hacer un ajuste.

Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores) durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones, etc.

Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima), que produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.

Defectos en el proceso, que producen pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.

Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha en vacío, periodo de prueba, etc.

El análisis cuidadoso de cada una de estas causas de baja productividad conduce a estudiar propuestas para eliminar las mismas.

1.3.4. 5S

1.3.4.1. Definición de 5s

Según Fierro (2019), El enfoque conocido como 5S constituye una valiosa herramienta de gestión de la excelencia, cuyo propósito radica en optimizar la eficacia y efectividad en el entorno laboral. Esta metodología tiene como objetivo primordial el fomento de la organización y pulcritud en el lugar de trabajo, a la vez que propicia la supresión de elementos superfluos y la estandarización de los procedimientos operativos. En lo concerniente al ámbito del mantenimiento,

el método 5S se emplea con miras a fortalecer la seguridad, productividad y calidad de los equipos y procesos corporativos.

1.3.4.2. Los cinco pasos del método 5S

Para Rincón y Muñoz (2019), los pasos y los beneficios de esta metodología se definen de la siguiente manera:

Clasificación (Seiri): En este proceso, se lleva a cabo la distinción y segregación de los elementos requeridos de aquellos que no lo son en el espacio laboral. En el marco del mantenimiento, esto implica la identificación de los equipos y utensilios de uso frecuente y cruciales para llevar a cabo las tareas, así como la identificación de aquellos elementos que no se utilizan o se encuentran en condiciones deficientes, los cuales pueden ser descartados o almacenados en otro sitio. El propósito fundamental consiste en minimizar el desorden y la ambigüedad en el entorno de trabajo.

Orden (Seiton): Después de haber concluido la categorización de los elementos imprescindibles y superfluos, la etapa siguiente se centra en estructurar de manera efectiva los elementos necesarios. En lo relativo a la administración del mantenimiento, esto implica la disposición metódica de los equipos, herramientas y provisiones de manera lógica, permitiendo un acceso y uso sencillos por parte del personal. Además, este proceso comprende la identificación mediante etiquetas de los elementos y la asignación de una ubicación específica para cada uno, de manera que los trabajadores puedan localizarlos de forma ágil y sencilla.

Limpieza (Seiso): La tercera etapa abarca la ejecución de una exhaustiva y detallada limpieza del entorno laboral, englobando tanto equipos, herramientas como materiales. En lo concerniente a la administración del mantenimiento, la limpieza implica la eliminación de desechos y suciedad que podrían perjudicar el desempeño y la durabilidad de los equipos y herramientas. Asimismo, la limpieza contribuye a prevenir incidentes laborales y a mantener un entorno de trabajo saludable.

Normalización (Seiketsu): Tras haber concluido las tres primeras etapas del enfoque 5S, el paso subsiguiente implica instaurar pautas y procedimientos normalizados con el propósito de mantener la organización y limpieza en el ámbito laboral. En el contexto del mantenimiento, esto conlleva la creación de procesos estandarizados para la limpieza, organización y mantenimiento de los equipos y herramientas, a fin de garantizar la eficiencia y efectividad en el trabajo realizado. Las normas establecidas deben ser además comunicadas y acatadas por todos los colaboradores de la organización.

Disciplina (Shitsuke): La etapa final del enfoque 5S se enfoca en mantener la disciplina y el compromiso para cumplir con las directrices y procedimientos establecidos en el paso anterior. En la administración del mantenimiento, esto implica fomentar una cultura de mejora continua y disciplina en el entorno laboral, asegurando así la eficiencia y efectividad del trabajo a largo plazo. Es importante motivar e incentivar a los trabajadores para que sigan las normas establecidas y mantengan la organización y la limpieza en el área de trabajo.

1.3.4.3. Beneficios del Método 5S en la Gestión del Mantenimiento

La implementación del método 5S en la gestión del mantenimiento puede proporcionar varios beneficios, entre los que se incluyen:

Aumento de la seguridad: La eliminación de elementos innecesarios y la organización eficiente de los equipos y herramientas pueden ayudar a reducir los riesgos de accidentes laborales y lesiones en el lugar de trabajo.

Mejora de la eficiencia: La organización y limpieza eficiente de los equipos y herramientas pueden mejorar la eficiencia en el trabajo y reducir los tiempos de inactividad. Además, la fácil accesibilidad a los elementos necesarios puede mejorar la productividad y reducir los errores.

Reducción de costos: La eliminación de elementos innecesarios y el mantenimiento regular de los equipos pueden reducir los costos de mantenimiento y reparación, así como los costos de almacenamiento y transporte.

Mejora de la calidad: La limpieza y el mantenimiento regular de los equipos pueden mejorar la calidad de los productos y servicios, lo que puede aumentar la satisfacción del cliente.

Mejora del ambiente de trabajo: La implementación del método 5S puede mejorar la apariencia general del lugar de trabajo y crear un ambiente de trabajo más agradable y saludable.

Fomento de la cultura de mejora continua: La implementación del método 5S puede fomentar una cultura de mejora continua en la empresa, en la que se promueve el compromiso y la disciplina para mantener la organización y la limpieza en el lugar de trabajo.

1.4. Definición de términos

AMFEC

Examinar los patrones de fallo, sus consecuencias y su importancia constituye un enfoque metodológico destinado a detectar y evaluar los diversos posibles modos de fallo que pueden afectar las distintas partes de un sistema. Además, se analizan los efectos que dichos fallos podrían generar en el sistema, así como las estrategias para prevenirlos o reducir sus repercusiones en el sistema.

Diagrama de Ishikawa

Este método, conocido como diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, es una representación gráfica que facilita la visualización de las causas subyacentes a un problema específico. Esta herramienta goza de gran popularidad debido a que proporciona una guía para la toma de decisiones al abordar las raíces que generan un rendimiento deficiente.

Distribución de Weibull

Dentro del ámbito de la teoría de la probabilidad y estadística, encontramos la distribución de Weibull, una distribución continua de probabilidad. Esta distribución, sumamente adaptable, se emplea para modelar diversas aplicaciones en campos como la ingeniería, la investigación médica,

el control de calidad, las finanzas y la climatología. Un ejemplo de su uso frecuente es en el análisis de confiabilidad, donde se utiliza para modelar datos de tiempo hasta la falla.

MTBF

Mean Time Between Failures. Tiempo medio entre fallas.

MTTF

Mean Time To Failure. Tiempo medio hasta el fallo.

MTTR

Mean Time To Recover. Tiempo medio de reparación.

OEE

Es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Sus siglas corresponden al término inglés “Overall Equipment Effectiveness” o “Eficacia Global de Equipos Productivos”.

PMC

Plan de Mantenimiento Correctivo.

PMG

Plan de Mantenimiento General.

PMP

Plan de Mantenimiento Preventivo.

RCM

Por sus siglas en inglés Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una metodología que busca erradicar o al menos limitar las averías que se producen en las instalaciones. Es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial.

TPM

El método de TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es una metodología utilizada para maximizar la eficiencia y productividad de los equipos de una empresa a través de la eliminación de los desperdicios y la reducción de las fallas de los equipos.

1.5. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre la productividad de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre la productividad de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar la productividad actual de la maquinaria y equipos de la empresa.

- Desarrollar una propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo.
- Calcular la productividad de la maquinaria y equipos luego de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo.
- Evaluar económica y financieramente la implementación de la propuesta.

1.7. Hipótesis

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la productividad de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL.

1.8. Variables

1.8.1. Variable Independiente

- Plan de mantenimiento preventivo.

1.8.2. Variable Dependiente

- Productividad.

1.9. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo	Diseño estructurado de toda intervención a la maquinaria o herramientas de un proceso productivo de las que se busca preservar su estado y buen funcionamiento.	Variable medible mediante los factores de disponibilidad, rendimiento y productividad del equipo/maquinaria.	Disponibilidad Rendimiento Confiabilidad	Disp. = Horas programadas / Horas en funcionamiento Rend. = MP empleada / MP programada % cumplimiento de tareas secuenciales = Tareas realizadas/Tareas planificadas	Razón
Variable dependiente: productividad	Razón matemática de relación entre el valor de los productos y el valor de los recursos empleados en hacer dichos productos.	Variable medible mediante los factores de rendimiento de los insumos productivos y la relación costo/beneficio en la evaluación financiera.	Relación cantidad de producto - Unidades de materia prima empleada	P = Productos o servicios producidos / Recursos usados	Razón

1.10. Justificación

El sector productivo se encuentra ampliamente expandido a lo largo de todo el país, por lo que podemos encontrar diversas empresas dedicadas a la producción industrial.

Muchas de estas empresas generalmente se enfocan únicamente en la producción bruta de sus productos, descuidando así el mantenimiento de sus unidades productivas y generando, además de bajas en la productividad, altos costos de reparación o paradas imprevistas que pueden ser evitados.

La productividad, hoy en día se posiciona como un indicador a tomar muy en cuenta al evaluar el desempeño general de toda empresa; y este puede verse enormemente afectado por las situaciones provocadas por un deficiente plan de mantenimiento de la línea productiva.

La empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL no es la excepción a lo anteriormente mencionado, su relativa nueva formación ha provocado un descuido en el área de mantenimiento de equipos que se han visto reflejados en su productividad; es por esto que se decidió realizar el presente trabajo con la finalidad de reestructurar adecuadamente el plan de mantenimiento general de la empresa y así incrementar su productividad.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Este estudio busca determinar la influencia de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre la productividad de una empresa, por lo que el tipo de investigación es propositiva (tiene la finalidad de diagnosticar y resolver problemas, además de estudiar la relación entre factores) y el diseño es pre experimental. Esto se sustenta en lo descrito por Hernández Sampieri (2014) quien encuentra que los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control; y ya que dentro de lo mencionado, la clasificación “pre experimental” incluye un previo desarrollo en papel de la propuesta para su posterior aprobación o rechazo, es donde encaja la clasificación de este trabajo de investigación.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población: Se consideran todos los instrumentos, maquinarias y equipos que intervienen en el proceso de actividades de la empresa EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R CONSTRUCTORA SRL.

Muestra: Se eligieron como muestra a los instrumentos, maquinarias y equipos que han presentado fallas que implicaron una interrupción del desarrollo normal de las actividades y que requirieron de paros e intervenciones por mantenimiento en la empresa EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R CONSTRUCTORA SRL.

Unidad de análisis: La productividad ligada al PMP de la empresa EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R CONSTRUCTORA SRL.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Tabla 2

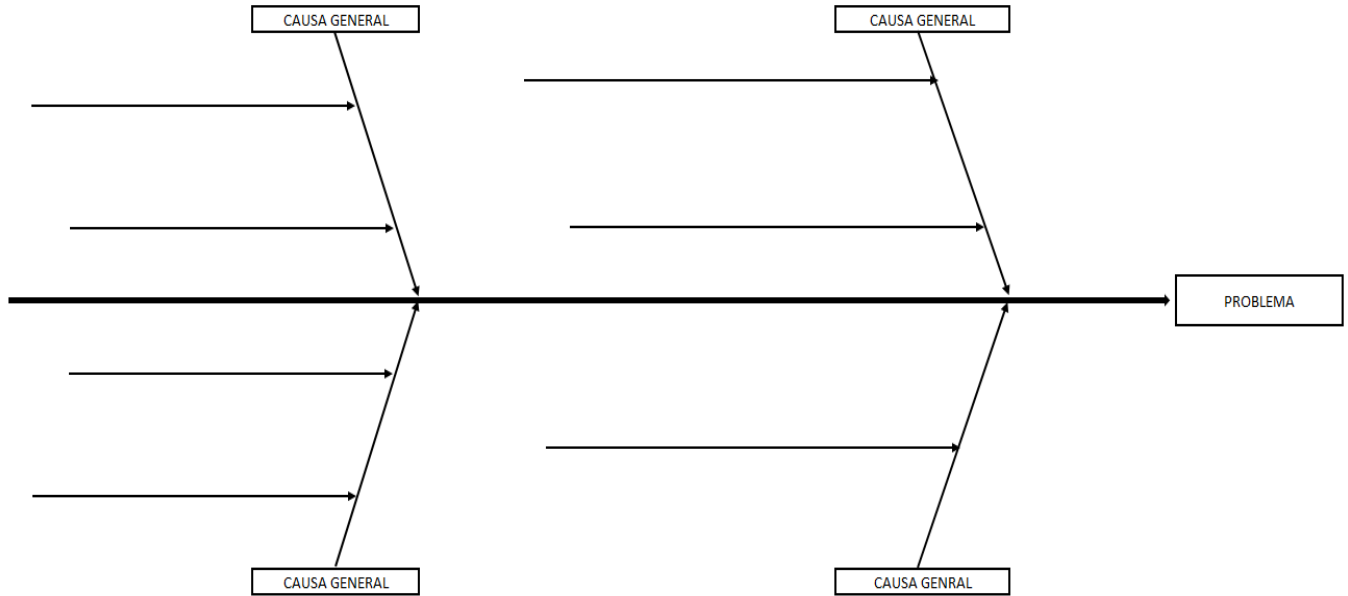
Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Análisis Documental	Documento de información técnica de maquinaria
	Ficha de inspección y condición de maquinaria
	Informe de mantenimientos correctivos realizados
	Informe de pendientes
Observación	Checklists de herramientas y maquinarias

Nota. Esta tabla muestra los diferentes instrumentos empleados en el levantamiento de información y cuyos formatos se aprecian en la sección anexos.

Figura 2

Modelo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Modelo de Diagrama de Pareto

Pareto				
CAUSA RAIZ			PESO COSTO	%
CR2	Mantenimiento deficiente	SI	S/. 6,790.00	34%
CR4	Falla de generadores	SI	S/. 3,370.00	17%
CR3	Descuido de usuarios	SI	S/. 3,250.00	16%
CR5	Pobre cultura de mantenimiento	SI	S/. 2,710.00	14%
CR1	Mala gestión logística	NO	S/. 2,465.00	12%
CR6	No planificación de compras	NO	S/. 1,280.00	6%
TOTAL			S/. 19,865.00	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Modelo de Matriz de Indicadores

MAQ	INDICADOR	VALOR ACTUAL S/.	VALOR META S/.	BENEFICIO	HERRAMIENTAS
MAQ_1	Cantidad de mezcla/tiempo empleado	V1	V2	(V2-V1)	PMP
MAQ_2	Área compactada/tiempo empleado	V1	V2	(V2-V1)	PMP
MAQ_3	Consumo/tiempo empleado	V1	V2	(V2-V1)	PMP
MAQ_4	Horas reales/horas programadas	V1	V2	(V2-V1)	PMP
MAQ_5	Cantidad de tierra removida/tiempo empleado	V1	V2	(V2-V1)	PMP
MOV_1	Distancia recorrida/galones usados	V1	V2	(V2-V1)	PMP

Fuente: Elaboración propia

2.4. Procedimiento

2.4.1. Generalidades de la empresa

EDIFICACIÓN Y PROYECTOS G Y R CONSTRUCTORA SRL. Es una empresa constructora dedicada a la planificación, presupuestación y levantamiento de estructuras y edificaciones a través de procesos de ingeniería y de acuerdo a las especificaciones y exigencias del cliente.

El presente trabajo se centró en el ámbito de mantenimiento de la empresa que se emplea tanto en su proceso productivo como en su gestión general.

2.4.2. Diagnóstico del área problemática

Desde el período anual anterior y en el presente, el área de producción de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL ha evidenciado una disminución de la productividad total y del incremento de los gastos operacionales. Los análisis de datos y estudios de causas dejan en claro que esto se relaciona con el incremento de las fallas de herramientas y maquinaria, a la baja disponibilidad de las mismas y a los costos y tiempos de producción perdidos por paradas, originadas a su vez por mantenimientos correctivos, ya que tampoco se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.

Esto, junto con causas relacionadas al personal reducido o no capacitado y a fallas de gestión de materiales provoca una caída del índice de productividad.

Luego, el diagnóstico del problema se realizó mediante análisis de causas-efecto, impacto en indicadores de costos y análisis de observación con herramientas de control. Además, se solicita a las áreas correspondientes el proveer los documentos, planes de respuesta, diagramas y otros que conformen el plan de mantenimiento general actual.

El estudio evidencia un total de 6 causas raíces para la problemática de la baja productividad, luego de este diagnóstico se procede a priorizar, mediante criterios de evaluación, las causas más críticas y a las que buscaremos dar solución en el presente trabajo de investigación.

Se trabaja en base al diagnóstico inicial y empleando las metodologías escogidas para este nuevo plan de mantenimiento preventivo para solucionar cada uno de los seis aspectos a tratar. Se diseña una secuencia de respuestas, actividades programadas y acciones fundamentadas en el TPM, 5S y el RCM.

Finalmente, se realiza un seguimiento a los cambios en el desempeño, confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias y equipos, además de evaluar la propuesta económica y financieramente para comparar los gastos previos y posteriores a la inserción del nuevo PMP. Se emplean formatos en hojas de Excel para los últimos cálculos mencionados, incluyendo el VAN y el TIR, y para la proyección de la relación costo-beneficio actual y a futuro.

2.5. Aspectos éticos

La presente investigación, en lo que a aspectos éticos refiere, respeta y salvaguarda la propiedad intelectual de los autores, respecto a las teorías y conocimientos aquí expuestos, citándolos y referenciándolos de manera adecuada. Se hace de conocimiento también que, la empresa cuyos datos fueron la base de la presente tesis, expresó su previo y total consentimiento al autor de disponer de los datos obtenidos mencionando su procedencia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Descripción de la Empresa

3.1.1 Misión y Visión

Misión:

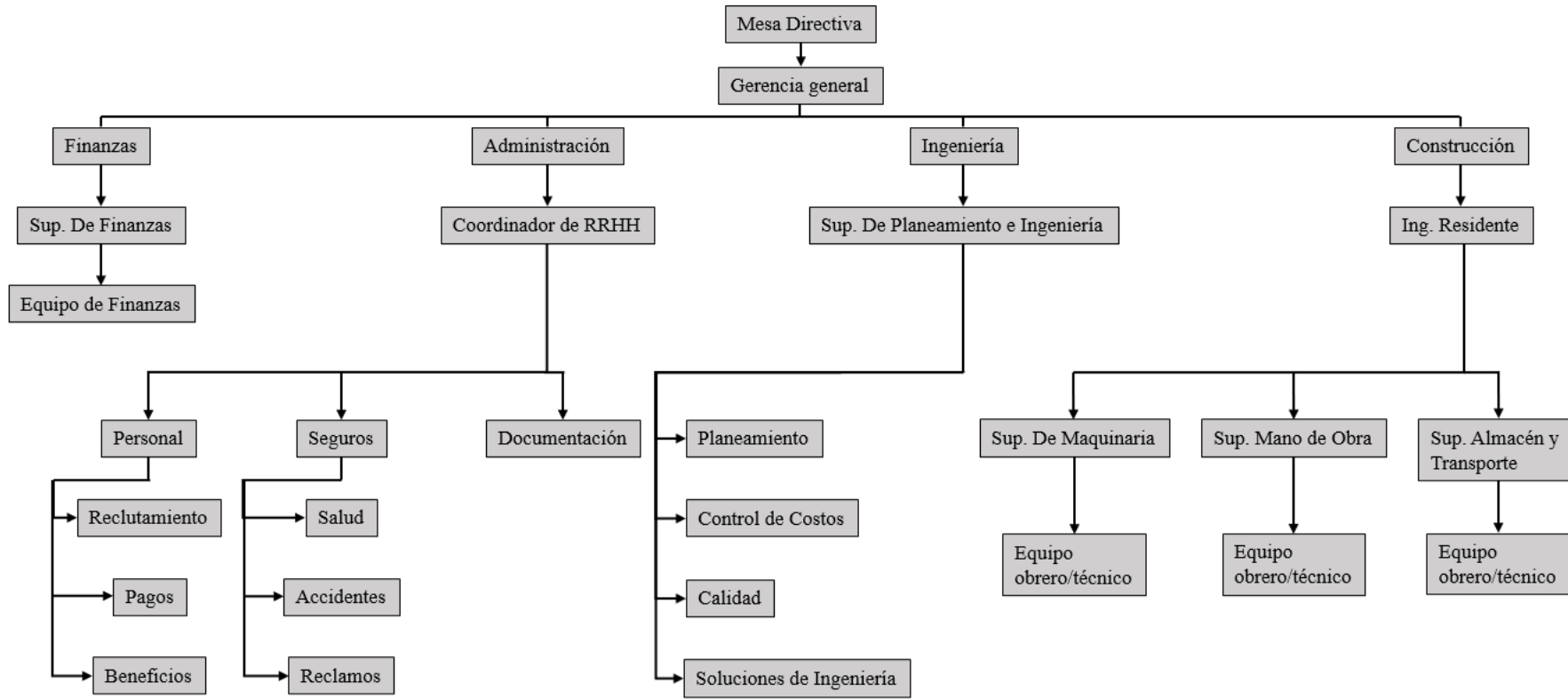
Ser líderes en el sector de la construcción, ofreciendo soluciones innovadoras y de calidad que superen las expectativas de nuestros clientes. Nos comprometemos a brindar un servicio confiable, seguro y eficiente, cumpliendo con los más altos estándares de ética y responsabilidad social.

Visión:

Ser reconocidos como la empresa constructora de referencia a nivel nacional e internacional, destacando por nuestra excelencia en la ejecución de proyectos y por la satisfacción total de nuestros clientes. Buscamos mantener relaciones a largo plazo con nuestros colaboradores, proveedores y comunidades, promoviendo el desarrollo sostenible y contribuyendo al crecimiento económico y social.

3.1.2 Organigrama

Organigrama de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Clientes

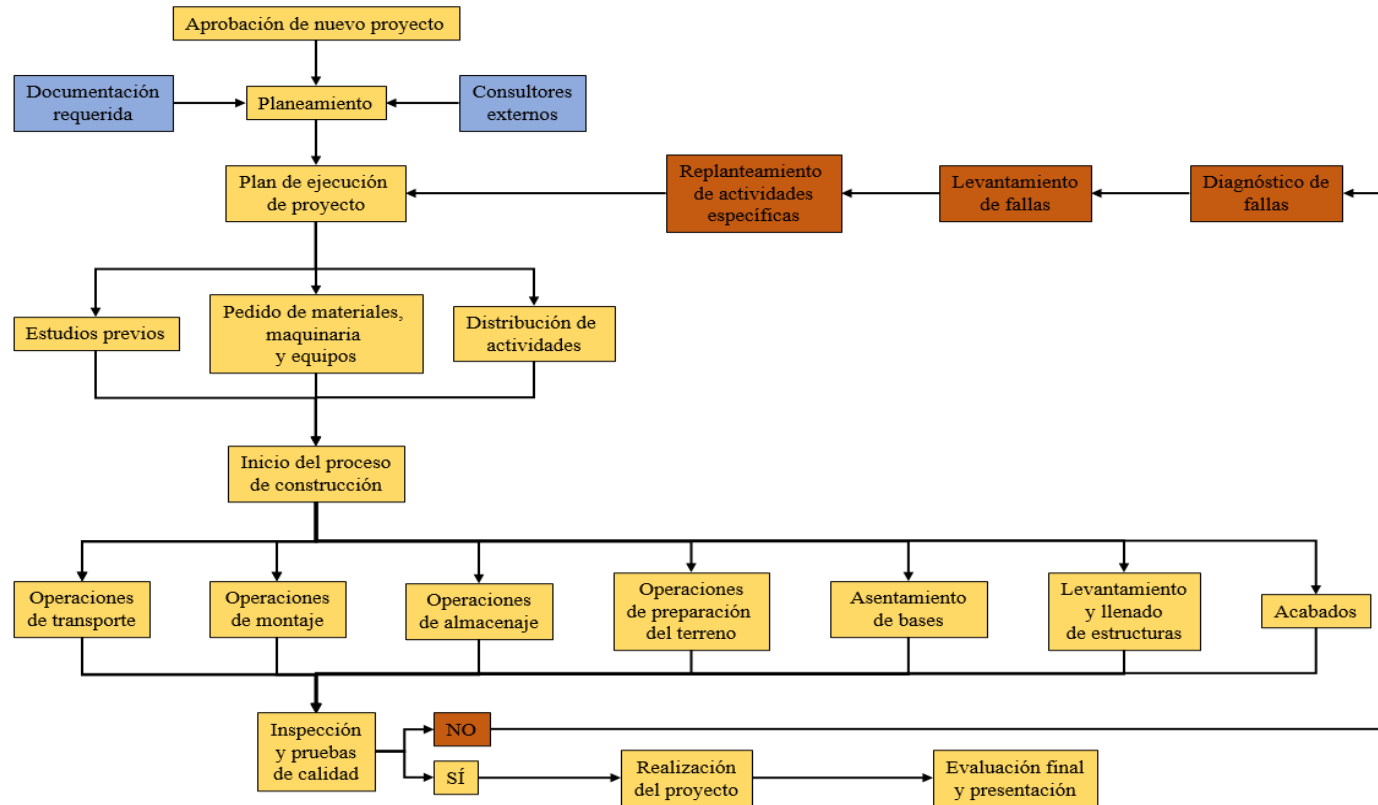
La empresa trabaja tanto con clientes privados como con entidades comerciales e institucionales, adaptando sus servicios a las necesidades y requerimientos específicos de cada uno, habiendo trabajado así con propietarios de edificios departamentales y otras obras de construcción para el estado.

3.1.4 Proveedores

Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL cuenta, en cuanto a materiales de construcción, con alianzas estratégicas con proveedores que aseguran la mejor relación precio/calidad del momento. El requerimiento de los materiales varía específicamente según la urgencia, disponibilidad, volumen de compra y presupuesto en ese punto del desarrollo de la obra; por lo que no se define uno solo, sino que se cuenta con una cartera de proveedores con la capacidad de suplir al por mayor y al por menor, como es en caso de ferreterías y demás. Cabe mencionar que, con respecto a equipos, maquinaria y servicios especializados, la empresa ya cuenta con la cobertura de los mismos, considerando contratos especiales por fuera de la estructura de la empresa para casos e intervenciones puntuales.

3.1.5 Diagrama del Proceso productivo de la Empresa

Diagrama del proceso productivo (diseño y construcción de proyectos) de la empresa



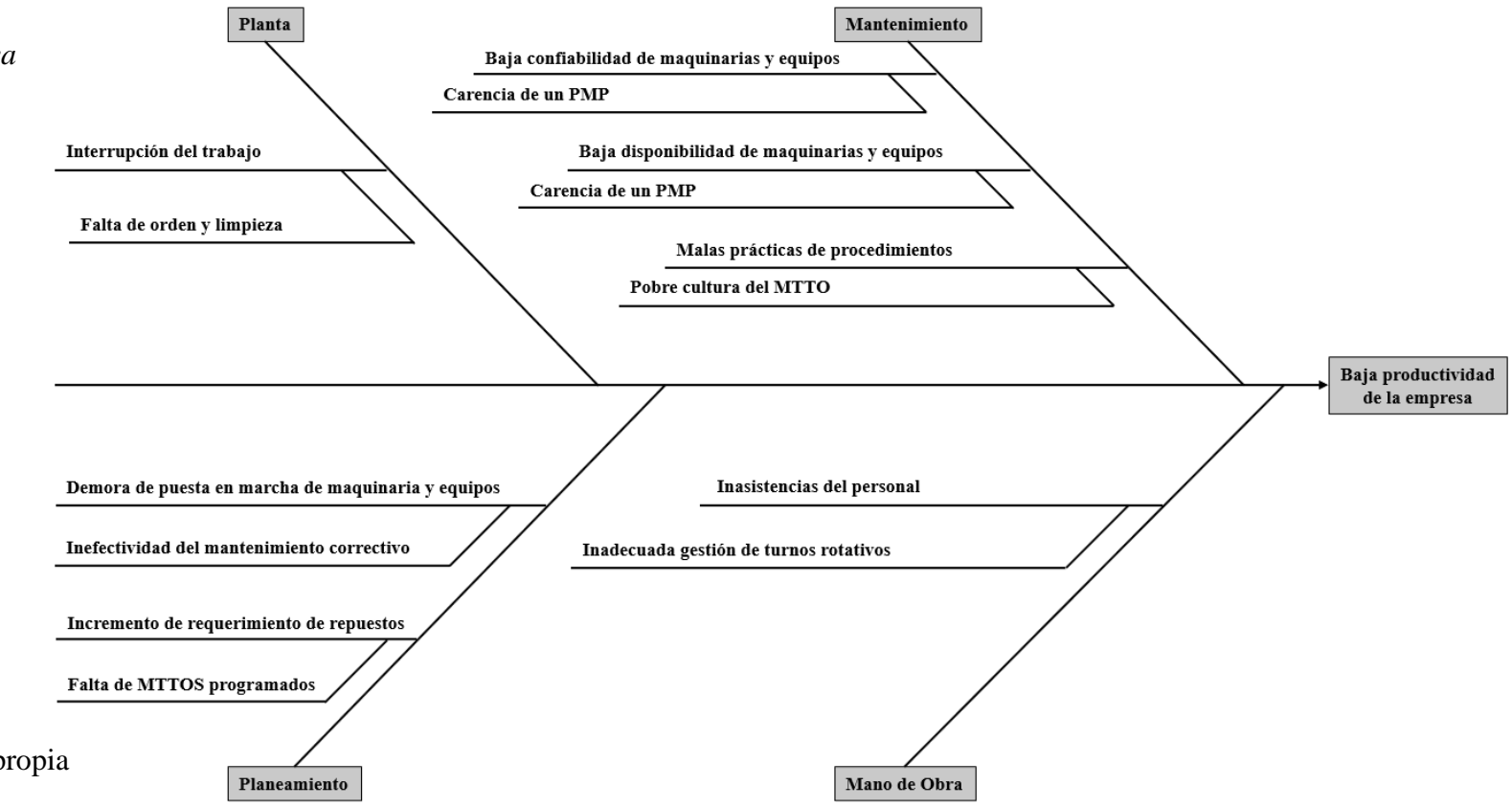
Fuente: Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL

3.2 Descripción de la Problemática de la Empresa

Diagrama de Ishikawa - Matriz de Observación - Diagrama de Pareto

Figura 7

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Matriz de actividad – observación

ACTIVIDAD	Observaciones de Actividades														SUMA	
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14		
Inefectividad del mantenimiento correctivo	AC1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	5
Falta de orden y limpieza	AC2	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1	0	1	8
Carencia de un PMP	AC3	3	2	0	3	0	0	2	1	3	0	2	1	2	2	20
Falta de mantenimientos programados	AC4	2	0	0	3	0	1	2	0	1	0	3	0	2	2	16
Pobre cultura del mantenimiento	AC5	1	1	0	0	3	1	3	0	2	2	0	3	0	1	16
Inadecuada gestión de turnos rotativos	AC6	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	5	0	1	0	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

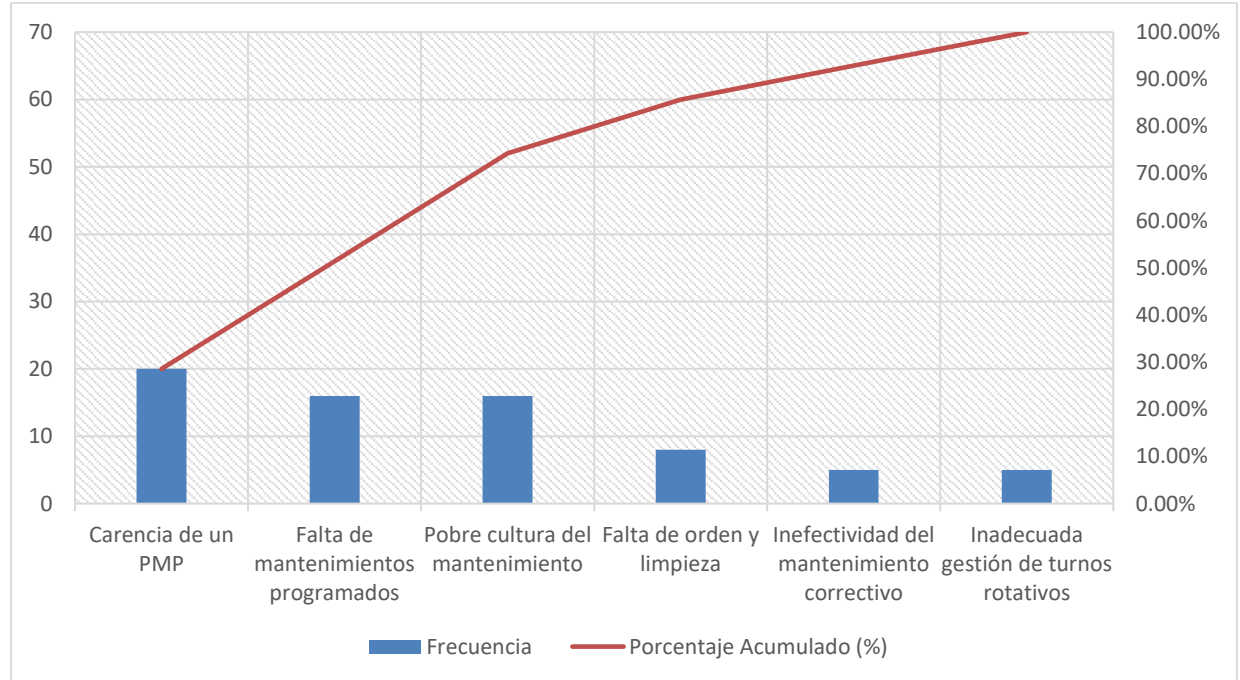
Diagrama de Pareto – Evaluación de fallas

Actividad	Frecuencia	Porcentaje Acumulado (%)	Porcentaje (%)
Carencia de un PMP	20	28.57%	28.57%
Falta de mantenimiento programados	16	51.43%	22.86%
Pobre cultura del mantenimiento	16	74.29%	22.86%
Falta de orden y limpieza	8	85.71%	11.43%
Inefectividad del mantenimiento correctivo	5	92.86%	7.14%
Inadecuada gestión de turnos rotativos	5	100.00%	7.14%

Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Porcentaje acumulado de Pareto



Fuente: Elaboración propia

La tabla y la figura anteriores nos muestran los problemas identificados en el diagrama de Ishikawa y dispuestos con un criterio de relevancia en cuanto a frecuencia de fallas. Aquí se demuestra la mayor incidencia de los problemas implicados en planeamiento, planta y mantenimiento, los cuales supusieron un 85.71% del total de fallas.

3.3 Matriz de Indicadores

Tabla 5

Matriz de Indicadores

Causa raíz	Indicadores	Fórmula	VA	VM	Propuesta
Carencia de un PMP	Productividad unitaria	$p = \frac{\text{Producto de trabajo}}{\text{Material o recurso empleado}}$	< 1.00	1.00	Implementación de un PMP
Falta de mantenimiento programados	Disponibilidad	$p = \frac{\text{Horas en servicio}}{\text{Horas programadas}}$	93.75%	100%	Implementación de un PMP
Pobre cultura del mantenimiento	% cumplimiento de tareas secuenciales	$p = \frac{\text{Tareas cumplidas}}{\text{Tareas totales}}$	76.67%	100%	TPM

Falta de orden y limpieza	OEE	$OEE = Di \times Rto \times Q$	82.011%	100%	5S
------------------------------	-----	--------------------------------	---------	------	----

Nota: VA (Valor actual), VO (Valor objetivo), Di (Disponibilidad, Rto (Rendimiento) y Q (Calidad)

3.4 Descripción y Costeo de las Causas Raíces

CR1: Carencia de un PMP

La falta de un PMP se traduce en una baja disponibilidad y confiabilidad de los equipos, disminuyendo a su vez los indicadores de productividad. Las paradas de maquinarias, las intervenciones correctivas y los tiempos de inactividad en proceso refieren los siguientes costos a la empresa.

Tabla 6

Costos por falta de un PMP

Unidad	Número de incidencias por mes	Costo total unitario (S/)
MAQ_1	1	S/ 1350.00
MAQ_2	3	S/ 3790.00
MAQ_3	2	S/ 2700.00
MAQ_4	1	S/ 1220.00
MAQ_5	1	S/ 1270.00
MOV_1	2	S/ 2540.00
Total		S/ 12870.00

Nota: MAQ y MOV son los códigos de las unidades a intervenir.

CR2: Falta de mantenimientos programados

No existe una programación detallada y gestionada de las intervenciones de mantenimiento a los equipos, herramientas y maquinarias, por lo que las mismas no cumplen con su tiempo designado de funcionalidad. Este tiempo es reducido y se refleja en los costos totales de la empresa de la siguiente manera.

Tabla 7

Costos por falta de mantenimientos programados

Unidad	Tiempo de inactividad (horas)	Pérdida por hora (S/)	Pérdida total unitaria (S/)
MAQ_1	8	S/ 120.00	S/ 960.00
MAQ_2	34	S/ 95.00	S/ 3230.00
MAQ_3	27	S/ 120.00	S/ 3240.00
MAQ_4	13	S/ 100.00	S/ 1300.00
MAQ_5	11	S/ 100.00	S/ 1100.00
MOV_1	26	S/ 60.00	S/ 1560.00
Total			S/ 11390.00

Fuente: Elaboración propia

CR3: Pobre cultura del mantenimiento

La ausencia de una mentalidad y enfoque organizacional que valore y priorice la importancia de mantener los activos en un estado óptimo puede generar una tendencia a

posponer o incluso ignorar los pasos secuenciales designados para cada tarea de un mantenimiento preventivo, lo que conlleva a un mayor riesgo de fallas y averías. Además, se subestiman los recursos necesarios para el mantenimiento adecuado, lo que resulta en presupuestos insuficientes, y falta de personal capacitado. Esto finalmente genera costos relacionados a las reprogramaciones del mantenimiento, la disminución del rendimiento, la eficiencia y vida útil. Esto se presentan a continuación.

Tabla 8

Costos por pobre cultura del mantenimiento

Unidad	Reprogramaciones de mantenimiento	Costo total unitario (S/)
MAQ_1	2	S/ 115.00
MAQ_2	1	S/ 170.00
MAQ_3	1	S/ 135.00
MAQ_4	0	S/ 0.00
MAQ_5	1	S/ 255.00
MOV_1	0	S/ 0.00
Total		S/ 675.00

Fuente: Elaboración propia

CR4: Falta de orden y limpieza

La ausencia de un entorno de trabajo organizado y limpio implica la acumulación de polvo y suciedad, lo que afecta el funcionamiento de los equipos y máquinas, disminuyendo su tiempo de vida útil y su disponibilidad. También se incluye la falta de un sistema de almacenamiento adecuado, lo que resulta en pérdidas de herramientas y demoras en la localización de las mismas, demorando a su vez las intervenciones del mantenimiento. A su vez, el desorden y los escombros impiden el libre tránsito del personal y aumenta el riesgo de accidentes, con lo que la disminución de disponibilidad y rendimiento de la mano de obra se vuelve un riesgo potencial. Esto se traduce como costos a la empresa de la siguiente manera.

Tabla 9

Costos por falta de orden y limpieza

Unidad	Paros/fallas por malas condiciones de unidades	Paros por accidentes/incidentes	Costo unitario total
MAQ_1	1	0	S/ 1350.00
MAQ_2	0	0	S/ 0.00
MAQ_3	1	1	S/ 1850.00
MAQ_4	0	0	S/ 0.00
MAQ_5	1	0	S/ 1250.00

MOV_1	0	1	S/ 510.00
Total			S/ 4960.00

Fuente: Elaboración propia

3.5 Propuesta de Mejora por cada Causa Raíz

CR1: Carencia de un PMP

Para afrontar esta problemática se diseñó, presupuestó e implementó un plan de mantenimiento preventivo que incluya los requerimientos específicos de cada unidad y el tiempo necesario para cada intervención, además de programarse de manera que su requerimiento en planta en ese momento sea mínima o nula. Además, se costearon los nuevos gastos generados por la nueva productividad de cada unidad.

Tabla 10

Costos de implementación de medidas del PMP

PMP	Costo total unitario (S/)
Diseño de cronograma de mantenimientos	S/ 650.00
Adquisición de implementos necesarios y herramientas a usar	S/ 1270.00
Transporte y disposición de unidades	S/ 910.00
Plan de control y monitoreo del proceso	S/ 420.00

Requerimiento de personal y pagos por servicio	S/ 2330.00
<hr/>	
Total	S/ 5580.00
<hr/>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Productividad de unidades antes de la implementación del PMP

Unidad	Producto de trabajo	Material o recurso	Productividad unitaria
MAQ_1	1680 L	8 h	210
MAQ_2	100 m ² /h	8 h	12.5
MAQ_3	59.2 L	8 h	7.4
MAQ_4	7.5 h reales	8 h programadas	0.9375
MAQ_5	544 m ³	8 h	68
MOV_1	31.2 Km	1 gal	31.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

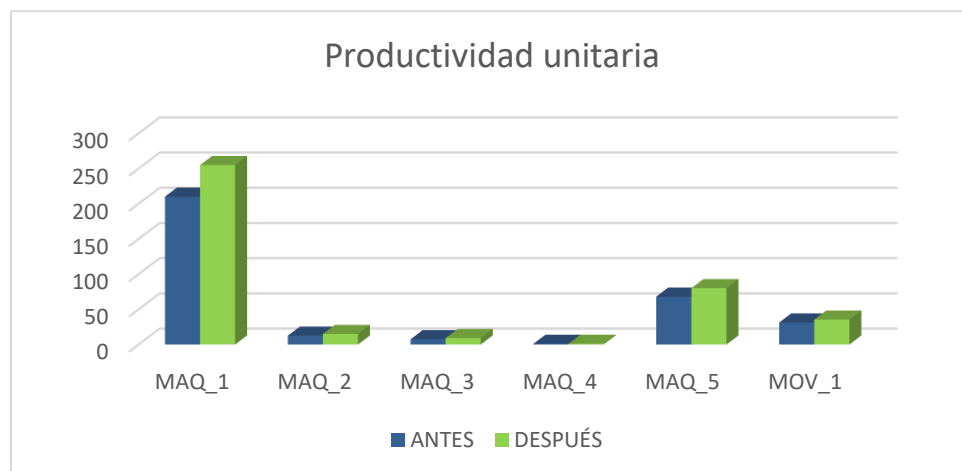
Productividad de unidades luego de la implementación del PMP

Unidad	Producto de trabajo	Material o recurso	Productividad unitaria
MAQ_1	2038.8 L	8 h	254.85
MAQ_2	120 m2	8 h	15
MAQ_3	72.8L	8 h	9.1
MAQ_4	8 h reales	8 h programadas	1
MAQ_5	640 m3	8 h	80
MOV_1	35.41 Km	1 gal	35.41

Fuente: Elaboración propia

Figura 9

Comparativa de productividad unitaria antes vs después



Fuente: Elaboración propia

CR2: Falta de mantenimiento programados

Dentro del nuevo plan de mantenimiento anteriormente mencionado, se incluyen la periodicidad de las intervenciones, un cronograma de turnos rotativos, designación del personal encargado y la inclusión de una holgura para cambios requeridos en caso sea conveniente y necesario para optimizar la disponibilidad de los equipos y máquinas.

En este caso, los costos de implementación de la solución son los mismos que para la CR1, debido a que el plan de respuesta es el mismo. Se procede a mostrar los resultados basados en la disponibilidad para esta causa raíz en comparativa con la disponibilidad anterior al PMP.

Tabla 13

Disponibilidad de unidades antes de la implementación del PMP

Unidad	Tiempo de servicio (horas)	Tiempo programado (horas)	Disponibilidad (%)
MAQ_1	7.4	8	92.5%
MAQ_2	7.3	8	91.25%
MAQ_3	7.6	8	95%
MAQ_4	7.5	8	93.75%
MAQ_5	7.2	8	90%
MOV_1	8	8	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

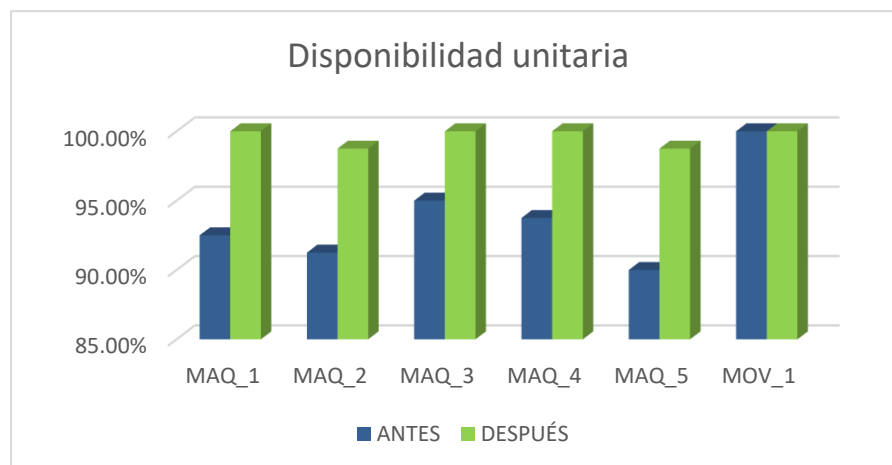
Disponibilidad de unidades luego de la implementación del PMP

Unidad	Tiempo de servicio (horas)	Tiempo programado (horas)	Disponibilidad (%)
MAQ_1	8	8	100%
MAQ_2	7.9	8	98.75%
MAQ_3	8	8	100%
MAQ_4	8	8	100%
MAQ_5	7.9	8	98.75%
MOV_1	8	8	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Comparativa de disponibilidad unitaria antes vs después



Fuente: Elaboración propia

CR3: Pobre cultura del mantenimiento

Incluido en el nuevo plan de mantenimiento se diseña un sistema de control y monitoreo del cumplimiento de procedimientos secuenciales de mantenimiento en un formato de archivo. Los resultados y la comparativa de la inserción de esta medida se muestra como un indicador del porcentaje de cumplimiento de las tareas secuenciales específicas y los nuevos costos por fallas/averías generadas por errores de exceso de confianza o evasión de actividades a continuación.

Tabla 15

Costos de implementación de metodología TPM

TPM (pilares específicos)	Fases y actividades	Costo unitario (S/.)
Mantenimiento autónomo	Individualidad del control	S/. 00.00
Educación y formación	Capacitaciones	S/. 400.00
Mejora continua	Generar cultura del mantenimiento	S/. 260.00
Total		S/. 660.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Cumplimiento de tareas secuenciales antes de metodología TPM

Unidad	Tareas realizadas	Tareas programadas	% de cumplimiento de tareas
MAQ_1	8	10	80%
MAQ_2	8	10	80%
MAQ_3	6	10	60%
MAQ_4	7	10	70%
MAQ_5	8	10	80%
MOV_1	9	10	90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Cumplimiento de tareas secuenciales luego de metodología TPM

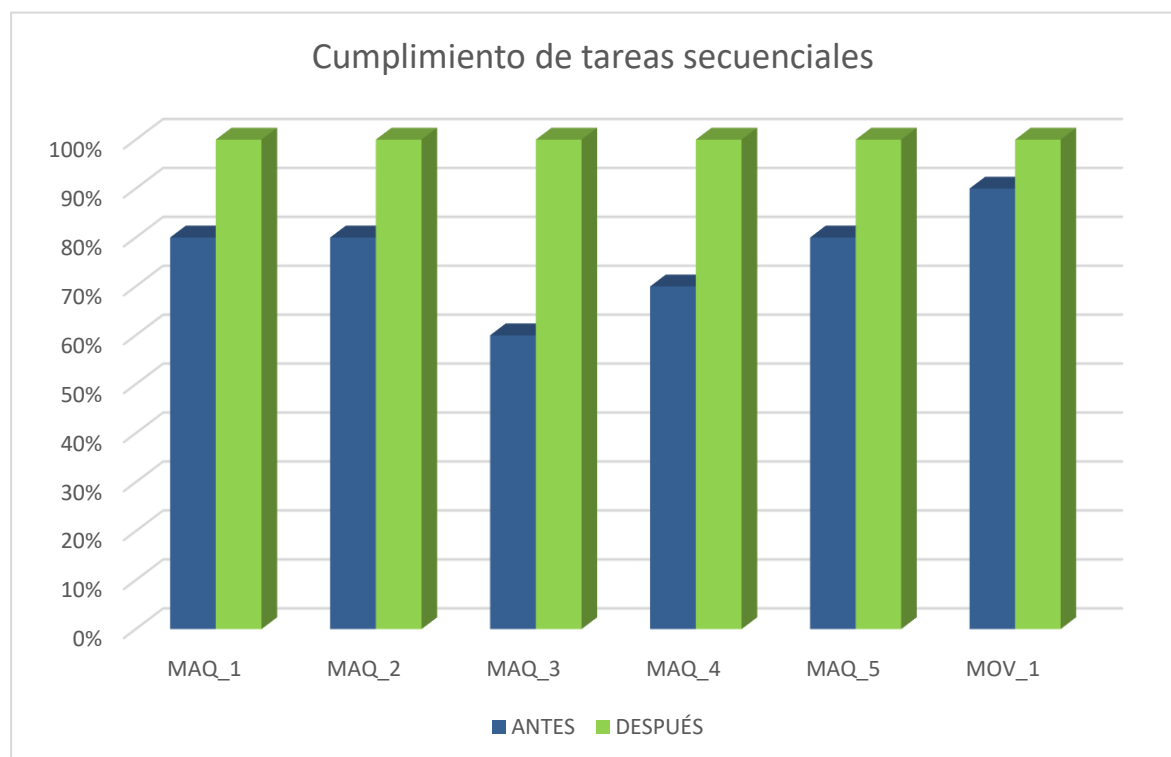
Unidad	Tareas realizadas	Tareas programadas	% de cumplimiento de tareas
MAQ_1	10	10	100%
MAQ_2	10	10	100%
MAQ_3	10	10	100%
MAQ_4	10	10	100%

MAQ_5	10	10	100%
MOV_1	10	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Comparativa de cumplimiento de tareas secuenciales antes vs después



Fuente: Elaboración propia

CR4: Falta de orden y limpieza

Se emplea la metodología 5S para evitar las fallas de acumulación de polvo y suciedad, la mala ubicación y disposición de herramientas, el impedimento del libre tránsito y accidentes laborales. Al atacar estas consecuencias del desorden e inmundicia en el área de

trabajo, se evaluó los costos de implementación de esta metodología, los resultados del indicador OEE y nuevos costos por fallas asociadas a esta CR.

Tabla 18

Costos de implementación de metodología 5S

Metodología 5S	Costo unitario
Capacitación de personal	S/. 530.00
Control de cumplimiento	S/. 320.00
Monitoreo de resultados	S/. 180.00
Total	S/. 1030.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Indicador OEE antes de la implementación de metodología 5S

Unidad	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
MAQ_1	92.5%	83.75%	98%	75.919%
MAQ_2	91.25%	88.6%	100%	80.848%
MAQ_3	95%	92.3%	100%	87.685%
MAQ_4	93.75%	89.1%	100%	83.531%
MAQ_5	90%	85%	99%	75.735%

MOV_1	100%	88.35%	100%	88.35%
-------	------	--------	------	--------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

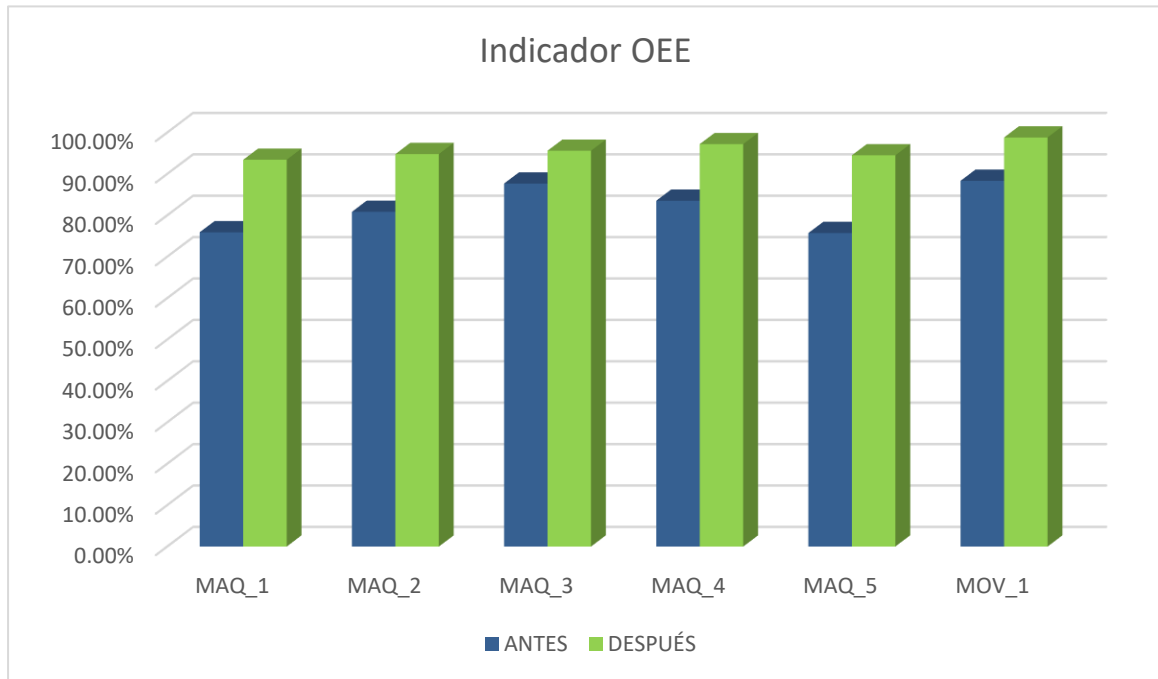
Indicador OEE luego de la implementación de metodología 5S

Unidad	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
MAQ_1	100%	93.9%	99.5%	93.431%
MAQ_2	98.75%	96%	100%	94.8%
MAQ_3	100%	95.6%	100%	95.6%
MAQ_4	100%	97.2%	100%	97.2%
MAQ_5	98.75%	95.7%	100%	94.504%
MOV_1	100%	98.8%	100%	98.8%

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Comparativa del indicador OEE antes vs después



Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que la tabla 18 y la tabla 19 no solo muestran un indicador de la eficacia del uso de la metodología 5S, sino de todo el plan de respuesta a la problemática de la empresa Edificaciones y Proyectos G y R Constructora SRL, ya que este es el último paso programado a realizarse en dicho plan.

Tabla 21

Formación de equipos

Encargado	Responsabilidades	Competencias
Jefe de Mantenimiento	Máximo responsable del cumplimiento del nuevo plan de mantenimiento	Capacidad de organización y priorización
	Encargado de la asignación de tareas	Liderazgo
Supervisor del Área	Encargado de la supervisión del grupo de trabajo (operarios)	Experto en temas de mantenimiento
	Hacer reportes de las actividades	Capacidad de análisis y respuesta
Operarios de Mantenimiento	Encargados del desarrollo de las actividades de mantenimiento	Capacidad de motivación e influencia
		Experiencia y conocimientos con respecto al mantenimiento preventivo/correctivo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Programación de mantenimientos preventivos

Equipo		Semanas																									
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
MAQ_1		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
MAQ_2		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
MAQ_3		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
MAQ_4		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
MAQ_5		1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
MOV_1		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Actividades de mantenimiento semanal para mezcladora

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO				
Fecha:		9/05/2021		
Maquinaria:		MEZCLADORA	Código:	MAQ_1
Descripción:		B: Buen estado	R: Reparación inmediata	P: Requiere programación de reparación
#	ACTIVIDAD	B	R	P
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X		
2	Revisar niveles de aceite y lubricación	X		
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones		X	
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico		X	
5	Revisar el motor	X		
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X		
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión	X		
8	Revisar el sistema eléctrico	X		
9	Limpieza de filtros	X		
10	Lubricación y engrasado	X		

Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Actividades de mantenimiento semanal para placa compactadora

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO				
Fecha: 9/05/2021				
Maquinaria: PLACA COMPACTADORA		Código: MAQ_2		
Descripción: B: Buen estado R: Reparación inmediata P: Requiere programación de reparación				
	ACTIVIDAD	B	R	P
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X		
2	Revisar niveles de aceite y lubricación	X		
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones	X		
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico	X		
5	Revisar el motor		X	
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X		
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión	X		
8	Revisar el sistema eléctrico	X		
9	Limpieza de filtros	X		
10	Lubricación y engrasado	X		

Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Actividades de mantenimiento semanal para generador eléctrico

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO				
Fecha: 9/05/2021				
Maquinaria: GENERADOR ELÉCTRICO		Código: MAQ_3		
Descripción: B: Buen estado R: Reparación inmediata P: Requiere programación de reparación				
	ACTIVIDAD	B	R	P
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X		
2	Revisar niveles de aceite y lubricación	X		
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones	X		
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico	X		
5	Revisar el motor		X	
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X		
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión	X		
8	Revisar el sistema eléctrico			X
9	Limpieza de filtros	X		
10	Lubricación y engrasado	X		

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Actividades de mantenimiento semanal para manlift

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO				
Fecha: 9/05/2021				
Maquinaria: MANLIFT		Código: MAQ_4		
Descripción: B: Buen estado R:Reparación inmediata P:Requiere programación de reparación				
	ACTIVIDAD	B	R	P
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X		
2	Revisar niveles de aceite y lubricación	X		
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones	X		
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico	X		
5	Revisar el motor			X
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X		
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión	X		
8	Revisar el sistema eléctrico	X		
9	Limpieza de filtros			X
10	Lubricación y engrasado	X		

Fuente: Elaboración propia

Figura 17

Actividades de mantenimiento semanal para excavadora

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO				
Fecha: 9/05/2021				
Maquinaria: EXCAVADORA		Código: MAQ_5		
Descripción: B: Buen estado R:Reparación inmediata P:Requiere programación de reparación				
	ACTIVIDAD	B	R	P
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X		
2	Revisar niveles de aceite y lubricación	X		
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones			X
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico	X		
5	Revisar el motor	X		
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X		
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión			X
8	Revisar el sistema eléctrico	X		
9	Limpieza de filtros	X		
10	Lubricación y engrasado	X		

Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Actividades de mantenimiento semanal para vehículo

FICHA DE MANTENIMIENTO - REPORTE DE MANTENIMIENTO			
Fecha: 9/05/2021			
Maquinaria: CAMIONETA		Código: MOV_1	
Descripción: B: Buen estado R:Reparación inmediata P:Requiere programación de reparación			
ACTIVIDAD		B	R
1	Revisión de ficha técnica de la maquinaria	X	
2	Revisar niveles de aceite y lubricación		X
3	Revisar terminales eléctricos y conexiones		X
4	Revisar el sistema mecánico/hidráulico	X	
5	Revisar el motor		X
6	Revisar rodajes, zapatas y pernos	X	
7	Revisar y engrasar los sistemas de tensión	X	
8	Revisar el sistema eléctrico		X
9	Limpieza de filtros	X	
10	Lubricación y engrasado	X	

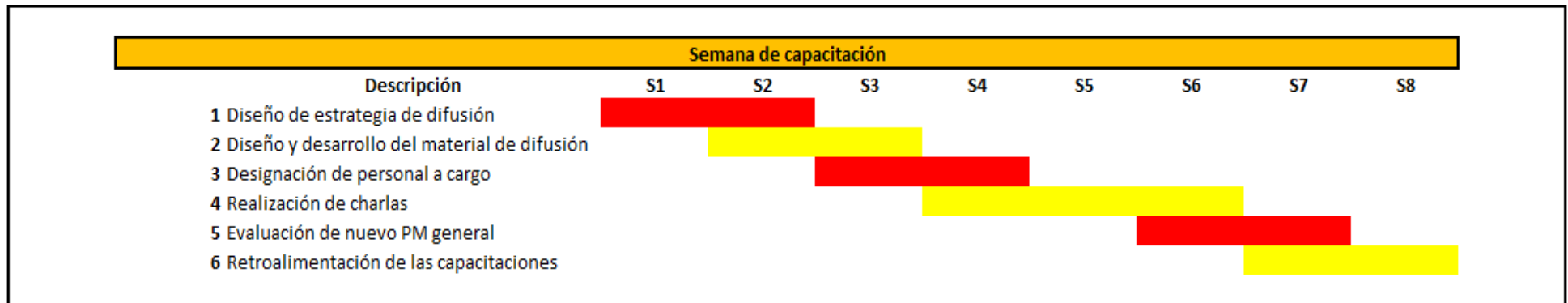
Fuente: Elaboración propia

Plan de monitoreo y control

Se requiere que todos los involucrados en los procesos tengan conocimiento del nuevo plan general de mantenimiento, por lo que se inició con la difusión del mismo.

Figura 19

Estrategia de difusión y normalización del nuevo PMP



Fuente: Elaboración propia

Luego de esto se programó un nuevo cronograma, definiendo las fechas de cada inspección y a los responsables de las mismas.

Tabla 23

Cronograma de inspecciones

Grupo encargado	Maquinaria	Semana de Inspección								Total
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
G1	MAQ_1	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	4
G2	MAQ_2	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	4
G3	MAQ_3	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	4
G4	MAQ_4	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	4
G5	MAQ_5	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	4
G6	MOV_1	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	4

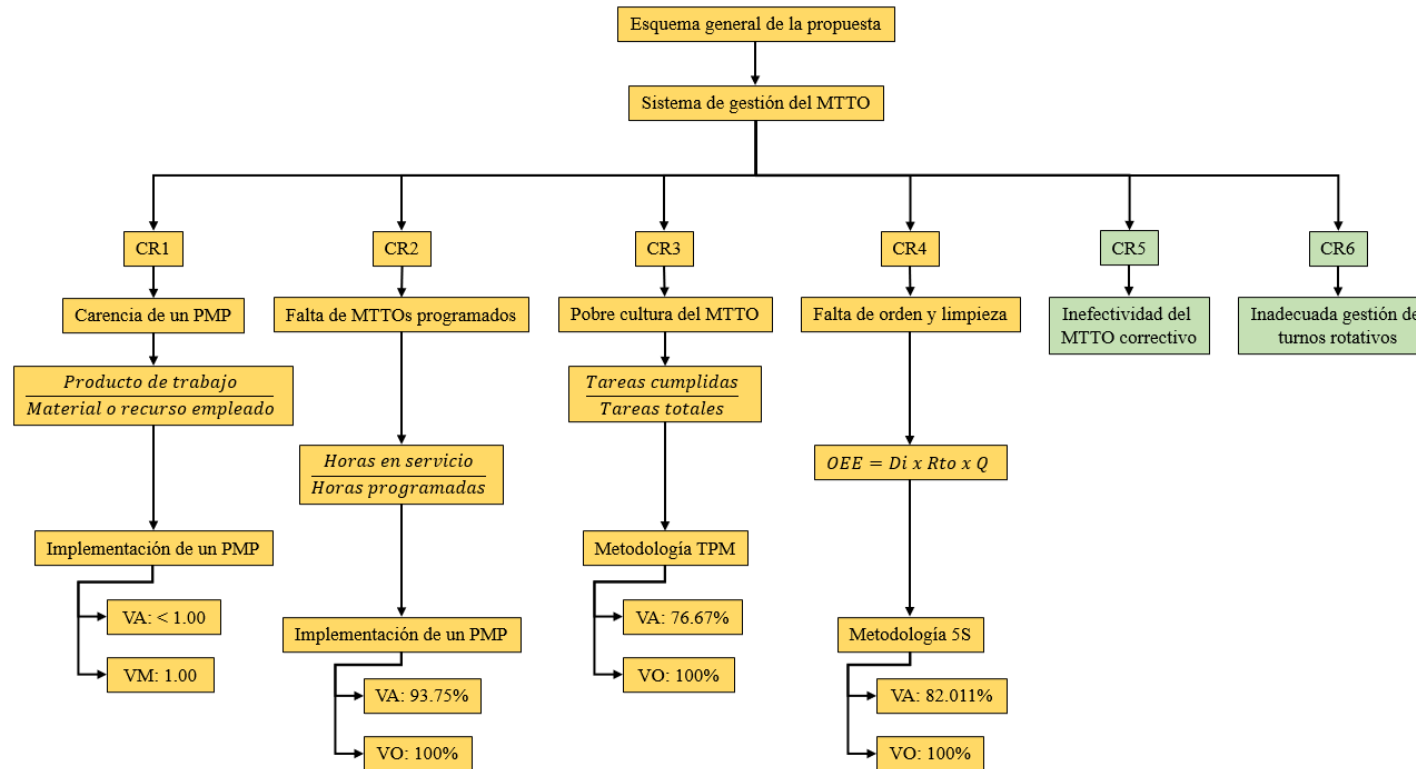
Fuente: Elaboración propia

Consiguiendo un total equitativo de cuatro supervisiones por cada unidad, la tabla anterior muestra cómo se distribuyeron los grupos de trabajo “G” para realizar los monitoreos.

3.6 Esquema General de la Propuesta

Figura 20

Esquema general de la propuesta de respuesta a la problemática de la empresa



Fuente: Elaboración propia

3.7 Flujo de Caja

Tabla 24

Flujo de caja para el año 2023

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
INGRESOS												
Proyecto	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000
Total	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000	S/30000
EGRESOS												
Costo de PMP	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580	S/5580
Costo de TPM	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660	S/660
Costo de 5S	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030	S/1030
Inversión	S/-40000											
Total	S/-40000	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270	S/7270
FLUJO DE CAJA	S/-40000	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730	S/22730
Tasa mensual	1.531%											
VAN	S/287449.5											
TIR	57%											
B/C	8.186											

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el presente trabajo de tesis al determinar la relación entre la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y la productividad en la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL, se pudo demostrar que los indicadores de productividad establecidos para cada equipo/maquinaria fueron favorables en su relación producto – requerimiento, presentando todos un incremento porcentual considerable. Esto quiere decir que la implementación del plan de mantenimiento preventivo en las áreas de producción de la empresa generó menos paradas de maquinarias, menos costos de reparación e intervenciones correctivas, mayor tiempo de trabajo por unidad y conformidad con respecto a la planificación de compras, rutas y repuestos requeridos; esto a su vez provocó un incremento en la productividad individual y en conjunto de las unidades ya mencionadas, ya que se lograron resultados optimizados con los mismos requerimientos previos a la intervención de este trabajo. Por consiguiente a lo previamente expuesto, se consolida la hipótesis de investigación, en la cual se afirma un incremento en los indicadores de productividad de la empresa Edificación y Proyectos G y R Constructora SRL al implementar un plan de mantenimiento preventivo en su área productiva. Los presentes resultados y conclusiones son reafirmados por Zegarra (2016) quien concluye que la organización que se tenga para la gestión del mantenimiento influye al buscar reaccionar rápida y eficientemente frente a sucesos inesperados o fallas, evitando así un incremento de costos evitables. Así también Francisco (2012) corrobora el éxito de la implementación del presente plan en este estudio al estipular que el mantenimiento preventivo que se identifique para aplicar sobre un determinado equipo/maquinaria de una empresa no

será rentable más que cuando el costo de las averías más el costo de la reestructuración del plan aplicado es inferior al costo de las averías en el período anterior a aplicar este último. Con respecto a esto, luego de analizar los resultados obtenidos e interpretarlos basados en lo referido anteriormente, podemos afianzar que el mantenimiento preventivo no solo complementa todo plan de mantenimiento general, sino que además incrementa la confiabilidad y la vida útil de los equipos y maquinarias, disminuyendo los costos que involucran los fallos e interrupciones en su desempeño y, finalmente, aumenta la productividad general.

4.2 Conclusiones

- Se logró determinar la productividad unitaria para cada una de las unidades de la empresa antes del estudio e implementación del nuevo PMP, teniendo como resultado los siguientes valores de productividad: 210 L/h para MAQ_1, 12.5 m²/h para MAQ_2, 7.4 L/h para MAQ_3, 0.9375 hR/hP para MAQ_4, 68 m³/h para MAQ_5 y 31.2 Km/gal para MOV_1.
- Se consiguió desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para todas las maquinarias y equipos críticos, incluyendo diseños de procedimientos específicos, designación de equipos, capacitaciones y programación de intervenciones. Todo esto en conjunto con las metodologías TPM y 5S.
- Se obtuvieron los cálculos de la productividad unitaria para cada una de las unidades de la empresa después del estudio e implementación del nuevo PMP, obteniendo como resultado los siguientes valores de productividad > 254.85 L/h para MAQ_1, 15 m²/h para MAQ_2, 9.1 L/h para MAQ_3, 1 hR/hP para MAQ_4, 80 m³/h para MAQ_5 y 35.41 Km/gal para MOV_1.

- Se logró evaluar económica y financieramente la propuesta de implementación del nuevo PMP, obteniendo valores de S/287449.5 para el VAN, un 57% para el TIR y un costo beneficio de 8.186 (B/C). Esto nos indica que el proyecto no solo es necesario para un desempeño óptimo del área de mantenimiento, sino que también es viable en cuanto a costos e indispensable si se desea disminuir los gastos e incrementar la utilidad e ingresos.

4.3 Recomendaciones

Para el caso de futuros trabajos e intervenciones referentes al diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo se recomienda considerar las posibilidades de evaluar todo el plan de mantenimiento general y considerar un abarque mucho más amplio. Se debería incluir dentro de esta posibilidad el estudio del estado de los planes correctivos y el plan de respuesta ante emergencias de mantenimiento.

Cabe mencionar que el presente trabajo fue limitado por el tiempo de ejecución, ya que un estudio y planeamiento más detallados habría sido lo ideal para subsanar carencias o errores específicos, tales como la inclusión de nuevos equipos o la poca data de resultados. También se tuvieron limitaciones de supervisión personal, ya que el trabajo de aplicación se dio en una ciudad distinta a la de residencia, por lo que se recomienda tener en cuenta estos puntos a futuro.

REFERENCIAS

- Redacción IMG (26 de marzo del 2020). *6 claves para tener éxito en Mantenimiento Preventivo*. Revista IMG. <https://www.revistaimg.com/6-claves-para-tener-exito-en-mantenimiento-productivo/>
- Simancas, R., Silvera, A., Garcés, L., Hernández, H. (2018). *Administración de recursos humanos: Factor estratégico de productividad empresarial en pymes de Barranquilla*. Revista Venezolana de Gerencia. <https://www.redalyc.org/journal/290/29056115008/html/>
- Herrera, M., Galán, Y., Ortiz, A. (2016). *Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362016000100002
- Ortiz, A., Rodríguez, C., Izquierdo, H. (2013). *Gestión de mantenimiento en pymes industriales*. Revista Venezolana de Gerencia. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/11005/10994>
- Francisco, S. (2014). *Elaboración y optimización de un mantenimiento preventivo*. Técnica Industrial. <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>
- González, J., Quijada, J., López, M., Pérez, P., Cruz, A. (2017). *Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE*. Revista Ingeniería Industrial. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>
- Patiño, A. (2015). *Tendencias tecnológicas que influyen en el aumento de la productividad empresarial*. INGE CUC. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/361/2015209>

- Salgado, Y., Martínez, A., Santos, A. (2018). *Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000300003
- Torrent-Sellens, J., Ficapal-Cusí, P. (2010). *¿Nuevas fuentes co-innovadoras de la productividad empresarial?* Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/818/81819024009.pdf>
- Bohórquez, L., Caro, A., Morales, N. (2017). *Impacto de la capacitación del personal en la productividad empresarial: Caso hipermercado*. Scielo. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632017000100210
- Díaz R., De la Paz E. (2016). *Procedimiento para la producción integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665004>
- C. Moyano, R. Piza, J. Zaruma, V. Guadalupe. (2013). *Implementación de un plan de mantenimiento autónomo en un taller mecánico industrial*. Dspace. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24981/1/Articulo%20de%20te%20sina%2017%20dic%281%29.pdf>
- Silva, I., Rodríguez, M., Acosta, R., Gómez, P. (2019). *Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF*. Mundo FESC. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/446/518>
- Dimitroff M., Pontelli D., Zanazzi F., Zanazzi L., Conforte J. (2016). *Mantenimiento Preventivo: Asignación grupal de prioridades con metodología procesos DRV*. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6168251>

- A, Díaz Concepción. L, Villar Ledo. J, Cabrera Gómez. A, Gil Henríquez. R, Mata. A, Rodríguez. (2016). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000300003
- Francisco, S. (2012). *Determinación de la necesidad de un mantenimiento preventivo en una industria*. Técnica Industrial. <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/85/1037/a1037.pdf>
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., Moreno, C. (2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Revista Ingeniería Industrial. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/529
- Gómez, O. (2011). *La productividad del recurso humano, factor estratégico de costos de producción y calidad del producto: Industria de confecciones de Bucaramanga*. Scielo. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v16n31/v16n31a10.pdf>
- Viveros P., Stegmaier R., Kristjanpoller F., Barbera L., Crespo A. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. Scielo. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011
- Zegarra, M. (2016). *Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados*. Ciencia y Desarrollo. <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1219>