



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS EN UNA
EMPRESA DE ALQUILER DE MAQUINARIA
PESADA, TRUJILLO 2024”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

Ingeniero Industrial

Autor:

Miler Lener Flores Perez

Asesor:

Mg. César Enrique Santos Gonzales

<https://orcid.org/0000-0003-4679-1146>

Trujillo - Perú

2024

Informe de Similitud



Página 2 of 87 - Descripción general de integridad




18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos
buscarán in
estructuras

Dedicatoria

Quiero dar las gracias a Dios por bendecirme con buena salud y la capacidad de pensar con claridad, y a mis seres queridos por su aliento constante.

Agradecimiento

Agradezco la paciencia y ayuda de mi docente para ayudarme a preparar eficientemente este trabajo de suficiencia profesional.

Tabla de contenido

Índice de Tablas.....	6
Índice de Figuras	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	70
ANEXOS	73

Índice de Tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos para la obtención de datos	25
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	26
Tabla 3: Matriz de priorización	29
Tabla 4: Matriz de indicadores actuales y los obtenidos luego de la mejora	31
Tabla 5: Pérdida anual por la causa CR4 en el 2023	33
Tabla 6: Pérdida anual por la falta de capacitación	34
Tabla 7: Número de equipos con los que cuenta la empresa.....	35
Tabla 8: Rango de criticidad.....	36
Tabla 9: Resultado del análisis de criticidad	37
Tabla 10: Resultado de la criticidad de la maquinaria.....	38
Tabla 11: Análisis de Modos y Efectos de Falla del Cargador Frontal.....	38
Tabla 12: Programación de limpieza y lubricación	42
Tabla 13: Pérdida luego del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo	50
Tabla 14: Cronograma del plan de capacitación	60
Tabla 15: Reducción de la pérdida luego de las capacitaciones.....	62
Tabla 16: Inversión total.....	62
Tabla 17: Beneficio anual.....	63
Tabla 18: Evaluación económica.....	64
Tabla 19: Reducción de los costos operativos.....	65
Tabla 20: Mejoras realizadas y beneficios obtenidos.....	66
Tabla 21: Resultado de la evaluación económica de las mejoras.....	67

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama de Ishikawa de los altos costos operativos	28
Figura 2: Diagrama de Pareto de los altos costos operativos	30
Figura 3: Formato red card	41
Figura 4: Registro de inspección autónoma	43
Figura 5: Cronograma de mantenimiento preventivo de la compactadora de suelos.....	44
Figura 6: Programa de mantenimiento de la retroexcavadora.....	45
Figura 7: Programa de mantenimiento de la motoniveladora.....	46
Figura 8: Programa de mantenimiento del cargador frontal.....	47
Figura 9: Procedimiento para el desarrollo del mantenimiento preventivo.....	48
Figura 10: Reducción de los costos operativos con las mejoras realizadas.....	65
Figura 11: Diagnóstico de las causas raices de los altos costos operativos.....	66

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024, encontrando que esta es positiva, ya que los costos operativos se redujeron de S/697,616 a S/523,370, es decir en un 25%. Se diagnosticó la situación actual del área de mantenimiento de una empresa de alquiler maquinaria pesada, hallando que esta presentaba altos costos operativos por el valor de S/697,616, por la falta de mantenimiento preventivo en los equipos, la falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos y la falta de capacitación al personal de mantenimiento; también, se implementó un plan de mantenimiento preventivo, el cual también incluyó un programa de capacitación. Con evaluación económica se determinó que la propuesta era rentable porque se tuvo un VAN de S/. 39,756.00, TIR de 73%, B/C de 1.4 y PRI de 0.93 años.

PALABRAS CLAVES: plan, mantenimiento preventivo, costos operativos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy por hoy, las manufactureras de cualquier lugar buscan siempre formas de aumentar la producción para estar siempre presentes en el mercado global, es por ello que todas las fábricas o plantas deben tener un entorno operativo y una gestión de mantenimiento confiables, para cumplir las expectativas de los clientes manteniendo bajos los costos (Montijo et al., 2020). Asimismo, con el tiempo se han dado nuevos avances técnicos sustanciales para las empresas manufactureras a nivel mundial y ha captado la atención del gremio científico, es por ello que el significado de la palabra "mantenimiento" ha cambiado significativamente en las últimas décadas como resultado de las contribuciones de numerosos investigadores (Sahli et al., 2021). En la industria manufacturera, en la cual los equipos y maquinaria son considerados los activos con mayor criticidad, es indispensable un seguimiento permanente del estado de los equipos y maquinaria (Rihi et al., 2022).

A nivel internacional, se puede mencionar que el 42.3% de las organizaciones que tasan en la bolsa de valores de México debido al incremento de las tarifas de mantenimiento, vieron elevados los costos operativos, asimismo esto se generó por aumentos en gastos laborales y esto impactó en todas las líneas de costos principales y esto se puede ver reflejado en la empresa FEMSA porque sus costos operativos se elevaron 21.7% es decir 24 mil 444 millones de pesos de enero a marzo de este año 2024 (El Financiero, 2024).

En varios países latinoamericanos hay problemas con la gestión del mantenimiento, y una investigación del CEIM muestra que las compañías que adoptan estos sistemas ven aumentar la disponibilidad en un 30% y disminuir los costes en un 20% (Penchev, 2023), es así pues que un área clave de estudio y debate para obtener un alto rendimiento en la gestión del mantenimiento es la creación y uso de un modelo práctico y realista en este

ámbito (Hernández et al., 2020).

Las empresas peruanas, así como en las otras naciones latinoamericanas, carecen de una programación de mantenimiento de sus activos, lo que supone un grave riesgo para su capacidad de utilizarlos para satisfacer las demandas de producción, en consecuencia, los fabricantes nacionales se concentran actualmente en la calidad y la producción en masa de los mismos y este aspecto buscan asegurar que los equipos funciones de manera óptima, es por ello que se utilizan diversas técnicas entre las cuales se pueden mencionar el mantenimiento preventivo, el cual las empresas ponen en práctica para reducir el número de fallas generadas durante la fabricación, mejorar la eficacia con la que funciona su maquinaria y alargar el tiempo de uso de la misma (Nunes, 2021). Como se puede apreciar el mantenimiento en las organizaciones es primordial ya que garantiza la disponibilidad de los activos, facilitando la ejecución de sus operaciones.

Los costos operativos de mantenimiento son un componente crítico de la gestión corporativa, ya que constituyen entre el 25% y el 35% de los presupuestos anuales de inventario de las empresas, es por ello que es importante mantenerlos debidamente optimizados, de lo contrario se rompe el equilibrio financiero de la empresa generando pérdidas significativas (Fractal, 2023).

Una gestión del mantenimiento eficiente de los equipos o sistemas es fundamental para las compañías peruanas que aspiran no sólo a mantenerse en un entorno económico competitivo, sino también a desarrollarse, además, estas se enfrentan a persistentes obstáculos de carácter económico y operativo; la gestión de mantenimiento se ha convertido en una estrategia esencial debido a los exorbitantes costos asociados a la ausencia de esta o a su mala gestión. (Fluisa, 2023).

A la luz de las circunstancias actuales en Perú, varias compañías han visto perspectivas

para mejorar sus servicios con el propósito de elevar la rentabilidad y su eficiencia, en ese sentido, el mantenimiento ha surgido como una noción muy atractiva para las empresas en 2020 y continúa haciéndolo el presente año, ya que una organización con una gestión eficaz del mantenimiento puede lograr un ahorro de costos operativos al 20% debido principalmente al aumento de la longevidad de los equipos y a la menor necesidad de adquirir nuevos activos; prueba de ello, es que en el Perú ya el 75% de las empresas formales han implementado un plan de mantenimiento idóneo para sus activos. (Andina, 2023).

El estado peruano analizó si era más ventajoso comprar o alquilar maquinaria pesada para sus operaciones en todo el territorio y luego de un estudio de mercado llegó a la conclusión que es más conveniente alquilar esta maquinaria como camiones, tractores, volquetes, y demás, asimismo, el gobierno tomó ejemplo de otros países y sugirió que se cree un catálogo virtual de empresas dedicadas al alquiler de maquinaria pesada (Gobierno del Perú, 2017).

Este trabajo se desarrolló en una empresa Trujillana que ofrece el alquiler de maquinaria pesada, la cual tiene una problemática en el área de mantenimiento, lo que ha generado que los costos se vean incrementados. Esto se dio debido a que el mantenimiento que predominaba es el mantenimiento correctivo y esto generó paros no programados de las unidades, lo que a su vez generó pérdidas en los ingresos de los alquileres, asimismo generó que los costos operativos se vean incrementados debido a los gastos que se generan para el desarrollo de las reparaciones de las unidades.

1.2. Antecedentes

Los antecedentes internacionales presentados son:

Salgado et al. (2018) “Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica”, Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba, concluye en

Los autores hallaron como problemas a las averías continuas, la falta de mantenimiento programados, y los altos costos de operación; por lo que buscaron diseñar un mantenimiento preventivo para minimizar el costo operativo y de mantenimiento de sus equipos, para lo cual se utilizó como instrumento a la ficha de observación; y se implementó estas herramientas: el mantenimiento preventivo y el modelo de optimización; cabe mencionar que la población y la muestra fueron todos los generadores de sistemas de potencia de la empresa.; resultando así en una baja de los costos operativos y de mantenimiento en 21% y 36% respectivamente.

Mago y Rocha (2021) “Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa granitos y mármoles acabados SAS”, Universidad Libre, Colombia, concluye en

Los autores hallaron como problemas a la falta de estrategias de mantenimiento, alta ocurrencia de fallas de los equipos; buscaron diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo en la Empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS para reducir los costos de lucro cesante, para lo cual se utilizó como instrumento al cuestionario; y se implementó un programa de mantenimiento de prevención como herramientas de mejora; ; cabe mencionar que la población fue todos los proceso de la empresa y la muestra fue el proceso de pulido de áreas en piedra natural o mármol; teniendo como resultado un decrecimiento de los costos del 32.6%, teniendo un ahorro anual de \$2.414.376. Asimismo, de la evaluación económica - financiera se tuvo un VAN de \$748.215 y una TIR de 52%.

Los antecedentes nacionales presentados son:

Ventura (2021) “Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa molino grano dorado SAC para reducir costos de producción”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, concluye en

El autor halló como problema los altos costos de producción debido a la inadecuada distribución de áreas, paradas no programadas y mano de obra no operativa; buscó el mejoramiento del proceso de pilado de arroz de una molinera para aminorar los costos de producción, para lo cual se utilizó como instrumento a la ficha de observación; y se aplicó un mantenimiento preventivo como herramientas de mejora; cabe mencionar que la población fue todos los procesos de la empresa y la muestra fue el proceso de pilado de arroz; teniendo como resultado un descenso de los costos en un 84%. Asimismo, de la evaluación económica - financiera se tuvo un beneficio – costo de S/ 1.42.

Timoteo (2022) “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, concluye en

El autor halló como problemas a las fallas de los equipos que generaron pérdidas de producción; buscó proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera con el fin de disminuir pérdidas en producción y beneficios económicos, para lo cual se utilizó como instrumento al cuestionario; y se implementó un programa de mantenimiento programado para contraer las pérdidas de producción y utilidades económica como herramientas de mejora; cabe mencionar que la población era todos los equipos de la empresa molinera y la muestra eran todos los equipos del área de producción de la empresa molinera; teniendo como resultado un descenso de los costos en un 10%. Asimismo, de la evaluación económica - financiera se tuvo un VAN de S/ 2,257,567.66,

una TIR de 811%, un PRI de 0.1 y un B/C de S/ 2.8.

Los antecedentes locales presentados son:

Cashpa y Villegas (2023) “Sistema de gestión de mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos en la empresa Vaportec S.A.C para disminuir costos de productividad, 2022”, Universidad César Vallejo, Perú, concluye en

Los autores hallaron como problemas como paradas de trabajos, tiempos muertos de producción, gastos en mantenimiento preventivo debido a la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo, ; buscaron desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo sus equipos en Vaportec S.A.C., para decrecer costos de productividad, para lo cual se utilizó como instrumento a la ficha de análisis documental; y se implementó un programa de mantenimiento preventivo como herramientas de mejora; cabe mencionar que la población fueron todos los equipos electromecánicos de la empresa y la muestra fueron el taladro de columna, roladora, dobladora de tubo de 2”, dobladora de tubo de 4”, montacargas, bomba para prueba hidrostática, amoladora, taladro magnético, analizador de gases, arenadora, enroscadora; resultando en una disminución de los costos en un 72.69% y una mejora de la disponibilidad del 13.57%.

Dávila (2019) “Planificación del mantenimiento preventivo para los neumáticos de la flota de camiones de la empresa de Transportes Rodrigo Carranza”, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, concluye en

El autor halló como problema a los altos costos debido a la mala planificación del mantenimiento; buscó elevar la disponibilidad de los vehículos para poder llevar a cabo operaciones que los clientes de la compañía necesiten, para lo cual se utilizó como instrumento a la encuesta y la ficha de análisis documental; y se implementó una

planificación del mantenimiento preventivo como herramientas de mejora; cabe mencionar que la población y la muestra fueron todos los neumáticos de la flota de camiones de la empresa de transportes; resultando en una deflación de los costos de operación en un 16.65% al igual que una mejora de la disponibilidad del 3%.

Castillo (2019) “Gestión de mantenimiento en la mejora de métodos de trabajo para disminuir los costos de mantenimiento preventivo en una empresa cementera”, Universidad Privada del Norte, Perú, concluye en

El autor halló como problema a los altos costos de mantenimiento preventivo a causa de la falta de materiales y repuestos en el almacén, el personal de bajo rendimiento, falta de información técnica y la falta de identificación de tiempos y métodos estándar para los trabajos de mantenimiento; buscó aminorar los costos de mantenimiento preventivo en la industria cementera mediante la aplicación de la mejora de métodos de trabajo en la gestión de mantenimiento, para lo cual se utilizó como instrumento a la ficha de observación; y se implementó como herramientas la mejora de métodos de trabajo considerando el mantenimiento preventivo; cabe mencionar que la población fueron las operaciones de mantenimiento preventivo mecánico y la muestra fue las operaciones de mantenimiento preventivo mecánico en las Secciones de 467, C67, CT6 y CT7 (Molienda); CG1 (Carbón Grueso) y EM6 (Embolsadura); resultando en un descenso de los costos en un 33.07%.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento de una empresa de alquiler maquinaria pesada.
- Desarrollar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada.
- Evaluar económica y financieramente la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada.

1.5. Hipótesis

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce los costos operativos en una empresa de alquiler de maquinaria pesada, Trujillo 2024.

1.6. Justificación

Esta investigación está justificada desde el punto de vista pragmático, ya que el mantenimiento preventivo ha optimizado la gestión del mantenimiento existente en la empresa, lo que también permitirá decrecer los costos provocados por el mantenimiento correctivo, ya que según Montes et al. (2022) la justificación práctica se basa en una argumentación pragmática que enfatiza la eficiencia, la efectividad y la capacidad de lograr resultados deseados. Esta forma de justificación se aplica a distintas áreas, desde la toma de decisiones empresariales hasta la solución de inconveniente cotidianos.

Esta investigación está fundamentada teóricamente, ya que puede ayudar a confirmar que el mantenimiento preventivo aminora los costos operativos porque se disminuyen pérdidas monetarias, ya que según Arias (2020) la justificación teórica sitúa el proyecto de investigación en el contexto de las teorías y marcos conceptuales pertinentes y esta sección establece cómo el estudio contribuye al avance del campo de estudio y cómo se conecta con investigaciones previas, además, destaca la relevancia y la importancia de abordar el problema de investigación desde una perspectiva teórica específica.

Se justifica de forma valorativa porque permitió generar más beneficios económicos, ya que según Bagur et al. (2021) la justificación valorativa se trata de argumentar en favor de un conjunto particular de valores o criterios que se consideran relevantes en un contexto dado.

En última instancia, tiene fundamento académico, ya que servirá de modelo de referencia para futuros estudios que busquen respuestas a los problemas de mantenimiento en empresas de alquiler de maquinaria pesada, ya que según Ceballos (2022) la justificación académica es una declaración que proporciona razones claras y convincentes para emprender un proyecto académico específico.

1.7. Aspectos éticos

En esta investigación la información fue recopilada con la aprobación del gerente de la empresa, y fue utilizada exclusivamente para el desarrollo de este estudio. Se decidió que los datos no se utilizarán para ningún otro fin, y se recomendó que se oculten los nombres de las personas que contribuyeron para evitar posibles desacuerdos dentro de la organización. Es fundamental señalar que se han incluido las citas oportunas para cada dato que se ha recogido del trabajo de otros autores.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Bases teóricas

Las definiciones conceptuales esenciales para la realización de esta investigación son:

El mantenimiento de un equipo engloba cualquier acción realizada para mantener algo en condiciones de funcionamiento o para devolverlo a un estado anterior, por otro lado, la gestión del mantenimiento engloba las acciones de gestión que establecen metas y estrategias de mantenimiento y su ejecución con los instrumentos adecuados como la planificación, control e inspección del mantenimiento, mejora de los métodos organizativos y economía operativa (Werbińska y Winiarska, 2023). Para reducir costos y maximizar la disponibilidad de las instalaciones, cada vez más empresas manufactureras dan prioridad al mantenimiento, ya que el elevado desgaste de los componentes debido a la falta de mantenimiento conduce a paros no programados, además el tener un tiempo de inactividad inesperado puede resultar costoso y perjudicial para las empresas que utilizan muchos activos, debido a la intrincada naturaleza de la cadena de abastecimiento industrial (Pana et al., 2022).

La gestión del mantenimiento es un grupo de actividades que aseguran el excelente funcionamiento de una empresa evitando las interrupciones causadas por maquinaria y herramientas defectuosas (Tang et al., 2016), además implica vigilar y supervisar la conservación de los activos de una empresa (Priyono et al., 2019) así como a mantener bajos los costos al evitar retrasos en la fabricación, proteger la infraestructura de fabricación frente a fallos catastróficos y alargar el tiempo en que de la maquinaria (Brodny et al., 2017). Existen diferentes herramientas de la gestión de mantenimiento,

como el mantenimiento: basado en condición, productivo total, predictivo y preventivo (Mesarsova et al., 2022).

El mantenimiento preventivo es una técnica de gestión que implica inspeccionar, ajustar, limpiar y cambiar piezas de la maquinaria/equipos de forma periódica, antes de que se produzcan grandes problemas o averías, este tipo de mantenimiento tiene como fin evitar que los equipos se averíen y alargar su vida útil detectando y solucionando los problemas antes de que se presenten, es así que conforme las empresas crecían y los equipos se hacían más complejos, se crearon procedimientos de mantenimiento preventivo más sistemáticos y oficiales; a inicios del siglo pasado, el mantenimiento preventivo se hizo más popular (Pertwi et al., 2019). Se entiende que las empresas manufactureras no pueden prosperar y seguir siendo competitivas sin realizar regularmente el mantenimiento de los equipos, esto debido a que el tiempo de actividad, la eficiencia de la producción y los costos asociados se ven mejorados por el uso de un mantenimiento preventivo, ya que contribuye a mantener la ventaja en el sector y a ofrecer constantemente artículos de alta calidad (Sembiring et al., 2018).

El indicador de "disponibilidad" denota la capacidad de un sistema, una máquina o un recurso para funcionar y ser accesible cuando sea necesario; en un entorno corporativo, la disponibilidad puede referirse a una variedad de cosas, incluida la disponibilidad de máquinas, servicios e información (Hardt et al., 2021). Una elevada disponibilidad supone menos tiempo sin actividad, es decir garantiza una producción continua, minimiza los gastos de inactividad y aumenta la satisfacción del cliente; por el contrario, una disponibilidad limitada podría acarrear pérdidas sustanciales, como una disminución del rendimiento y retrasos en los envíos, y baja competitividad de la organización (Anantharaman, 2013). Además, es indispensable para el desarrollo de una compañía,

porque afecta a la producción, la calidad resultante y la satisfacción del cliente, cuando la disponibilidad es óptima, las operaciones son más eficientes, los tiempos de inactividad disminuyen, los procedimientos ganan en fiabilidad y las empresas pueden responder con rapidez a las fluctuaciones del mercado (Lu et al., 2022).

El mantenimiento preventivo (MP) es una técnica anticipatoria utilizada por las empresas manufactureras para prevenir averías y fallas de los activos a través de inspecciones, tareas de limpieza, ajustes y reemplazo periódico de elementos para garantizar su disponibilidad (Mahlangu y Kruger, 2015). Diseñar un plan de MP que contenga inspecciones y mantenimiento rutinario de los activos hará que se reduzcan los tiempos de inactividad imprevistos y se ayuda a reconocer y resolver los inconvenientes antes de que provoquen averías costosas (Solís et al., 2019). En definitiva, tener acceso a los equipos es indispensable para el éxito y la expansión a futuro de una compañía, ya que la optimización de recursos y la realización de procedimientos adecuados de mantenimiento preventivo son vitales para conseguir una disponibilidad máxima de las máquinas y, en último término, el rendimiento de la empresa (Van et al., 2022).

El "costo operativo" es el monto que se fija al consumo de componentes de producción durante el proceso de manufactura de un bien o de un servicio en el marco de una actividad comercial (Cabrales et al., 2022). En el transcurso de los procesos operativos u oferta de servicios de una organización se emplean uno o más recursos productivos y la idea de costo, tal y como se utiliza en la manufactura y la economía, se deriva de este hecho y de las alteraciones que se realizan en ellos en busca de un resultado, es por ello que una contabilidad de costos precisa es crucial para conocer el triunfo o el fracaso de las empresas (Yaoa et al., 2021). La maquinaria, los equipos y los procedimientos, así como las personas que los manejan y mantienen, son ampliamente reconocidos como los

recursos más valiosos de la empresa en las empresas manufactureras más reconocidas y todo el tiempo y el dinero invertidos en mantener un sistema en funcionamiento es lo que llamamos costo de mantenimiento (Wang et al., 2022).

Los costos fijos y los costos variables son las dos partes principales de los costos operativos (Yaoa et al., 2021).

Costos fijos: Independientemente del volumen de producción o ventas, los costos fijos son gastos que nunca cambian, como el alquiler, los seguros, los pagos de préstamos, los impuestos, los intereses de la deuda y la depreciación y amortización son algunos ejemplos, asimismo un aumento o disminución del volumen de bienes o servicios producidos no afecta a los gastos fijos (Yaoa et al., 2021).

Costos variables: Los costos que cambian según el nivel de actividad de una empresa se conocen como costes variables y estos pueden ser las materias primas, la mano de obra directa, los materiales de embalaje, los servicios públicos y la gasolina necesarios en los procesos industriales, los subcontratistas y otros servicios externos utilizados para proyectos concretos, asimismo los costos variables suelen bajar cuando disminuye la producción, pero tienden a subir cuando ésta aumenta (Yaoa et al., 2021).

- Según Peñaloza (2022) las características de los costos operativos son:
- Actividad productiva: La empresa incurre en gastos derivados de la compra de artículos y el aprovisionamiento de materias primas para llevar a cabo su actividad principal.
- Servicios públicos: Siempre que sean necesarios para el desarrollo de la actividad productiva, gastos como la electricidad o la conexión a Internet se consideran gastos de explotación.
- Infraestructuras: Un tipo de gasto de explotación es la adquisición de equipos,

inmuebles o herramientas, ya sea mediante compra o alquiler.

- Periodicidad: Los costes fijos y variables son dos formas de registrar los gastos de explotación.
- Mano de obra: tienen que ver con el empleo de personas y algunas prestaciones adicionales que proporcionan las empresas, como la formación profesional o la remuneración.
- Durabilidad: los gastos regulares son gastos de funcionamiento que dependen de la duración de la actividad que se desarrolla; no obstante, los gastos terminan junto con la actividad.

2.2. Definición de Términos:

1. Diagrama de Ishikawa: es una técnica empleada para descubrir las razones de una problemática dentro de un proceso o área, presentando estas causas en una estructura de espina de pescado que facilita la identificación de las causas raíz (Laisequilla, 2023).
2. Diagrama de Pareto: es una técnica basada en el principio 80-20 que ayuda a priorizar los factores y sucesos asociados a un escenario típicamente problemático, a veces utilizado para clasificar los problemas o sus causas en función de su prevalencia en un problema (González, 2024).
3. Valor actual neto: es una fórmula financiera que calcula el valor monetario actual de una cantidad futura a recibir o pagar, partiendo del concepto de que este recurso está sujeto a fluctuaciones a lo largo del tiempo debido a diversas circunstancias económicas (Sabry, 2023).
4. La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): es un método para analizar la tasa de rentabilidad de un proyecto sin tener en cuenta la ganancia monetaria total (Sabry, 2023).

5. Beneficio / costo: El beneficio costos es el resultado de dividir los beneficios totales actuales por los gastos totales actuales, con el tipo de oportunidad como tipo de interés en ambos casos (Sabry, 2023).
6. Mantenimiento: El mantenimiento comprende los actos destinados a mantener el estado óptimo de los bienes y activos de una empresa, realizados a intervalos determinados denominados frecuencia (Peñaloza, 2022).
7. Falla: Una falla es un suceso que obstaculiza el funcionamiento normal de equipos, maquinaria, sistemas o procesos, provocando interrupciones, disminución de la eficiencia, pérdida de productividad, riesgos para la seguridad o degradación de la calidad, atribuibles a muchos factores (Martínez, 2020).
8. Mantenimiento correctivo: El mantenimiento correctivo es un enfoque ampliamente utilizado que tiene como objetivo abordar los problemas a medida que ocurren; comienza sólo cuando se produce un fallo en la máquina, lo que requiere el cese y la desactivación del equipo para que el personal realice las reparaciones (González, 2024).
9. Alquiler de maquinaria pesada: El alquiler de maquinaria pesada es un servicio que permite a las compañías y a los usuarios particulares utilizar equipos especializados durante un tiempo determinado a cambio de una tarifa predeterminada, lo que elimina la necesidad de propiedad y, por tanto, reduce los costes al tiempo que mejora la flexibilidad en los proyectos (Chong et al., 2021).

2.3. Tipo de Investigación:

Esta investigación es de tipo aplicada, porque según Mar et al. (2020) la investigación aplicada se atañe con el intercambio de tecnología e información desde el terreno académico o científico hacia la industria y otros sectores y se enfoca en convertir el

conocimiento en aplicaciones prácticas, impulsando el desarrollo social y económico.

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, porque se utiliza para probar hipótesis, confirmar ideas y hacer amplias generalizaciones sobre los datos analizando su frecuencia, patrón, promedio y correlación (Mar et al., 2020).

El alcance es explicativo, ya que el objetivo del estudio que se realizó para explicar lo sucedido era investigar oportunamente un fenómeno que no se había investigado en el pasado o que no se había descrito eficazmente en el pasado (Hernández y Mendoza, 2018).

También presenta un diseño preexperimental, dado que los datos se recogen mediante la observación de acontecimientos que han sido condicionados por el investigador, asimismo en este método de diseño, sólo se modifica una de las variables a la vez mientras se predicen los resultados del cambio en la otra variable (Hernández y Mendoza, 2018).

Diseño de contrastación de hipótesis:

$$G \quad \text{---} O1 \quad \text{---} X \quad \text{---} O2$$

Donde:

G = Área de mantenimiento de una empresa de alquiler de maquinaria pesada.

O1: Costos operativos antes de la implementación del mantenimiento preventivo.

X: Implementación del mantenimiento preventivo.

O2: Costos operativos después de implementación del mantenimiento preventivo.

2.4. Población y Muestra:

Población: Todos los procesos de una empresa de alquiler de maquinaria pesada.

Muestra: Los procesos del área de mantenimiento de una empresa de alquiler de maquinaria pesada

2.5. Técnicas e Instrumentos:

Las técnicas e instrumentos del estudio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1

Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

Técnica	Objetivo	Aplicado en	Justificación	Parámetro	Instrumentos
Análisis documental	Adquirir información de la situación actual de mantenimiento	Base de datos de mantenimiento.	Sirvió para obtener información que ayude a monetizar las pérdidas.	Datos de febrero a abril y de junio a agosto del 2023	Ficha de análisis documental (véase el anexo 3)
Observación de campo	Determinar las causas que contribuyen a elevar los costos operativos.	Se observó el procedimiento de mantenimiento	Gracias a ello, fue posible realizar el diagnóstico.	La observación tuvo una duración de 2 horas a la semana.	Ficha de observación (véase el anexo 2)
Encuesta	Identificar las causas de los altos costos operativos	Área de mantenimiento	Sirvió para identificar las causas críticas desde la percepción de los colaboradores	Se aplicó a 8 colaboradores de mantenimiento	Cuestionario (véase el anexo 4)

Nota. Elaboración propia

2.6. Procedimientos:

Se presenta la matriz de operacionalización de variables:

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
V. Independiente: - Mantenimiento preventivo	El mantenimiento preventivo es una técnica de gestión del mantenimiento que implica inspeccionar, ajustar, limpiar y cambiar piezas de la maquinaria/equipos de forma periódica, antes de que se produzcan grandes problemas o averías, (Pertiwi et al., 2019).	El plan de mantenimiento preventivo abarcó el desarrollo de un programa de mantenimiento, formatos de mantenimiento y capacitación para los colaboradores (Hardt et al., 2021).	Disponibilidad	MTBF / (MTTR + MTBF)	Razón
V. Dependiente: - Costos operativos	El "costo operativo" se refiere al monto que se asigna al consumo de componentes de producción a lo largo del proceso de manufactura de un bien o de prestación de un servicio en el marco de una actividad comercial (Cabral et al., 2022)	En el transcurso de los procesos operativos u oferta de servicios de una organización se emplean uno o más recursos productivos y la idea de costo, tal y como se utiliza en la manufactura y la economía, se deriva de este hecho y de las alteraciones que se realizan en ellos en busca de un resultado (Yao et al., 2021).	Capacitación al personal de mantenimiento	Nº de equipos con documentación adecuada de mantenimiento x 100% / Nº total de equipos Nº de colaboradores de mantenimiento capacitados x 100% / Nº total de colaboradores de mantenimiento	Razón
			Reducción de los costos operativos	Reducción de costos x 100% / Costo operativo inicial	Razón

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Generalidades de la Empresa

Datos de la empresa:

La mencionada empresa, fue constituida en 2018 y con sede en Trujillo, se dedica a la prestación de servicios con un enfoque primordial en garantizar la satisfacción del cliente; este compromiso sirve como propósito fundamental de nuestra existencia, y permanecemos receptivos a sus sugerencias y comentarios; asimismo, estamos dispuestos a implementar las correcciones e innovaciones necesarias para optimizar la eficiencia de nuestras operaciones. Somos una empresa comprometida con el alquiler de maquinaria pesada con responsabilidad, seguridad, puntualidad y respeto a las normativas de SSOMA; en el rubro minero y de construcción, contamos con un equipo altamente cualificado y comprometido con la satisfacción de nuestros clientes, al tiempo que contribuimos al desarrollo local y a la creación de oportunidades de empleo.

Visión:

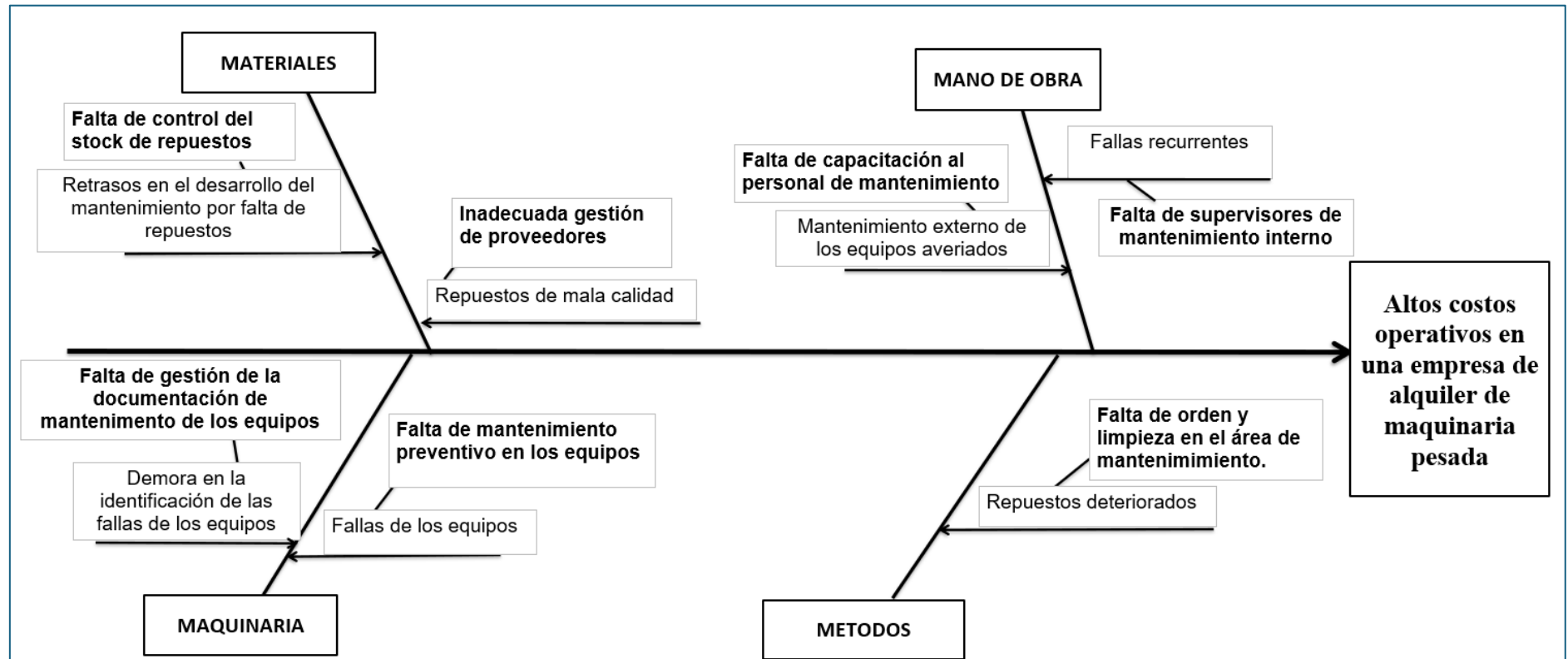
En un periodo de cinco años, consolidarnos como la empresa guía del Perú en el alquiler de maquinaria pesada, cubriendo las principales rutas y mercados, ampliando nuestra flota, y abriendo sucursales en lugares estratégicos para atender con responsabilidad, seguridad, calidad y puntualidad la demanda y exigencias cada vez mayores de nuestros clientes.

3.1.1. Diagnóstico del área problemática: Ishikawa

Para conocer las causas de los altos costos operativos se elaboró un diagrama de Ishikawa.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa de los altos costos operativos



Nota. Obtenido con la ficha de observación del anexo 2.

Como se puede apreciar, se identificó que 7 eran las causas potenciales de los altos costos operativos, sin embargo, para identificar cuáles eran las causas más relevantes, se tuvo que aplicar una encuesta a los colaboradores involucrados en el proceso de mantenimiento, obteniendo los siguientes resultados.

3.1.2. Matriz de Priorización: Pareto

En la siguiente tabla, se presenta los resultados de las encuestas y además se aprecia la matriz de priorización.

Tabla 3

Matriz de priorización

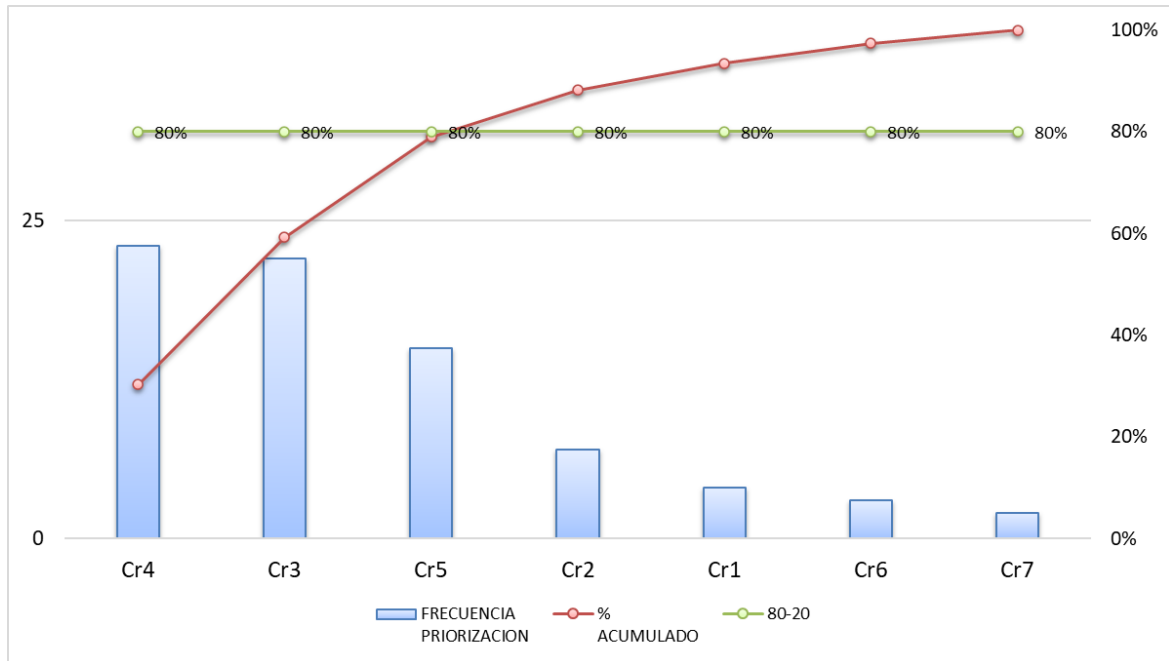
CR	DESCRIPCION DE LA CAUSA RAIZ	FRECUENCIA PRIORIZACION	% ACUMULADO	FRECUENCIA ACUMULADA
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos	23	30%	23
Cr3	Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos	22	59%	45
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento	15	79%	60
Cr2	Inadecuada gestión de proveedores	7	88%	67
Cr1	Falta de control del stock de repuestos	4	93%	71
Cr6	Falta de supervisores de mantenimiento interno	3	97%	74
Cr7	Falta de orden y limpieza en el área de mantenimiento.	2	100%	76
	TOTAL	76		

Nota. Datos obtenidos de la tabulación de la encuesta

Luego de ello se elaboró el diagrama de Pareto con los datos de la tabla 3.

Figura 2

Diagrama de Pareto de los altos costos operativos



Nota. Datos provenientes de la tabla 3

En base al diagrama de Pareto, las causas principales causantes de los altos costos operativos fueron las siguientes:

Cr4 - Falta de mantenimiento preventivo en los equipos

Cr3 - Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos

Cr5 - Falta de capacitación al personal de mantenimiento

3.1.3. Matriz de Indicadores

Se presenta la matriz de indicadores de las causas de los altos costos operativos:

Tabla 4

Matriz de indicadores actuales y los obtenidos luego de la mejora

CR	Descripción	Indicador	Fórmula	Und	Valor actual	Pérdidas actuales	Valor mejorado	Pérdidas con la propuesta de mejora	Beneficio	Propuesta de mejora
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos	Disponibilidad	$MTBF / (MTTR + MTBF)$	%	82.95%		87.14%			
Cr3	Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos	Porcentaje de equipos con documentación adecuada de mantenimiento	N° de equipos con documentación adecuada de mantenimiento x 100% / N° total de equipos	%	0.0%	S/634,400	100.0%	S/478,654	S/155,746	Plan de mantenimiento preventivo
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento	Porcentaje de colaboradores de mantenimiento capacitados	N° de colaboradores de mantenimiento capacitados x 100% / N° total de colaboradores de mantenimiento	%	0.00%	S/63,216	100.00%	S/44,717	S/18,499	Programa de capacitación
					Total	S/697,616		S/523,370	S/174,246	

Nota. Muestra los indicadores para cada causa raíz.

3.2. Solución de la Propuesta

3.2.1. Descripción de las causas raíces

a) Cr4 - Falta de mantenimiento preventivo en los equipos

Debido a la falta de mantenimiento preventivo en la empresa de estudio, se tienen paros no planificados de las unidades que ocasionan pérdidas económicas importantes para la compañía, asimismo la disponibilidad se ve reducida.

b) CR3 - Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos

Debido a que en la empresa no cuenta con una buena gestión de la documentación, ya que no se tiene formatos debidamente documentados para el registro de información de mantenimiento de los equipos, esto generó que se tenga tiempos de demora en el desarrollo de las tareas de mantenimiento.

c) Cr5 - Falta de capacitación al personal de mantenimiento

En la empresa no se dio ninguna capacitación para el área de mantenimiento, lo que generó que el porcentaje de colaboradores de mantenimiento capacitados fuera del 0%. Esto generó que se tenga pérdidas por el mantenimiento externo, ya que no pudieron dar solución adecuada a todas las fallas de las unidades.

3.2.2. Monetización (Costeo) de Perdidas

a) Cr4 - Falta de mantenimiento preventivo en los equipos

En el 2023, la empresa tuvo 574 paradas por fallas, esto generó un tiempo total de reparaciones de 2655horas, y también ocasionó que la pérdida anual fuera de S/ 634,400.00, asimismo la disponibilidad promedio de las unidades fue de 82.95% (ver tabla 5).

Tabla 5

Pérdida anual por la causa CR4 en el 2023

Unidades	Costo por hora	TTF(h)	TTR(h)	Parada s o fallas	MTB F	MTT R	Disponibilidad	Pérdida anual
Compactadora de suelo 1	S/. 300.00	2023	250	87	23.3	2.87	89.00%	S/. 75,000.00
Retroexcavadora 1	S/. 250.00	1865	256	85	21.9	3.01	87.93%	S/. 64,000.00
Retroexcavadora 2	S/. 250.00	1836	430	66	27.8	6.52	81.02%	S/. 107,500.00
Motoniveladora 1	S/. 250.00	1702	447	77	22.1	5.81	79.20%	S/. 111,750.00
Motoniveladora 2	S/. 250.00	1737	435	82	21.2	5.30	79.97%	S/. 108,750.00
Cargador Frontal 1	S/. 200.00	1781	548	96	18.6	5.71	76.47%	S/. 109,600.00
Cargador Frontal 2	S/. 200.00	1947	289	81	24.0	3.57	87.08%	S/. 57,800.00
Total	S/. 242.86	12891	2655	574	22.7	4.68	82.95%	S/. 634,400.00

Nota. Datos obtenidos de la empresa

b) CR3 - Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos

Debido a la falta de gestión de la documentación, la pérdida se encuentra inmersa en la pérdida total de la causa CR4.

c) Cr5 - Falta de capacitación al personal de mantenimiento

Debido a la falta de capacitación, la empresa en el 2023 dio solución con mantenimiento externo a 106 fallas, lo que generó una pérdida anual de S/63,216.00 (ver tabla 6).

Tabla 6
Pérdida anual por la falta de capacitación

Unidad	Nº de fallas totales	Fallas atendidas por mecánicos de la empresa	Fallas atendidas de manera externa	Costo del mantenimiento externo
Compactadora de suelo 1	87	73	14	S/8,976.00
Retroexcavadora 1	85	72	13	S/8,380.00
Retroexcavadora 2	66	50	16	S/8,920.00
Motoniveladora 1	77	63	14	S/9,606.00
Motoniveladora 2	82	67	15	S/8,660.00
Cargador Frontal 1	96	83	13	S/8,172.00
Cargador Frontal 2	81	60	21	S/10,502.00
Total	574	468	106	S/63,216.00

Nota. Datos obtenidos de la empresa

3.2.3. Solución de la Propuesta: Desarrollo de Herramientas

a) Falta de mantenimiento preventivo en los equipos y falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos

Como opción de solución se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo.

La aplicación propuesta del plan de mantenimiento preventivo abarcó el uso de diversos documentos, métodos y procesos para proporcionar un apoyo esencial a los operarios y supervisores, facilitando así la ejecución satisfactoria de sus responsabilidades.

Los supervisores dispondrán de una colección de hojas de programación y control para supervisar y administrar eficazmente las fechas de mantenimiento preventivo;

estas herramientas ayudarán a los supervisores a elaborar informes semanales que ofrezcan una evaluación clara del estado actual de los equipos.

1. Lista de unidades con las que cuenta la empresa

Los equipos con los que cuenta la empresa son estos:

Tabla 7

Número de equipos con los que cuenta la empresa

Máquina	Cantidad
Compactadora de suelo 1	1
Retroexcavadora 1	1
Retroexcavadora 2	1
Motoniveladora 1	1
Motoniveladora 2	1
Cargador Frontal 1	1
Cargador Frontal 2	1
Total	7

Nota. Datos obtenidos de la empresa

2. Objetivo del plan de mantenimiento

El propósito del plan era reducir las averías correctivas y aumentar así la disponibilidad de máquinas para alquiler.

3. Evaluación de la criticidad de la maquinaria

Para determinar a cuáles equipos es necesario realizar el mantenimiento preventivo, se evaluó la criticidad de la maquinaria y para ello se analizó mediante

4 factores.

- Factor de velocidad de manifestación de la falla: es el tiempo que puede transcurrir entre el momento en que se detecta una falla potencial y el momento en que esta se transforma en falla funcional.
- Factor de seguridad del personal y del ambiente: el foco es evaluar las consecuencias que la falla podría ocasionar sobre las personas y su impacto sobre el ambiente.
- Factor de costos de parada de producción: permite establecer criterios para la categorización de los equipamientos conforme a las consecuencias sobre el proceso de producción y satisfacción de la demanda.
- Factor de costos de reparación: permite determinar criterios de clasificación de las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación.

A continuación, se muestra los rangos para clasificar el nivel de criticidad de los equipos.

Tabla 8

Rango de criticidad

Criticidad	Rango
CRITICO	>80
SEMICRITICO	50-80
NO CRITICO	<50

Nota. Muestra los rangos de criticidad

A continuación, se realizó el análisis de criticidad realizado a la maquinaria de la empresa de alquiler de maquinaria pesada.

Tabla 9

Resultado del análisis de criticidad

Análisis de Criticidad														
Factores	Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente				Factor de Costos de la parada de producción		Factor de Costos de Reparación				
	Periodo P-F			Descripción				Criterio		Clasificación				
Lista de equipos	Muy corto, no da tiempo para detener la máquina.			Sin consecuencias				No implica demora en la entrega		Clasificación A: RELATIVAMENTE BAJO				
	Corto, es posible detener la máquina.			Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente				Implica demora de corto tiempo en la entrega		Clasificación B: MEDIANO				
	Suficiente, es posible programar la intervención.			Efecto temporal sobre las personas y ambiente.				Implica demora y pérdida de clientes		Clasificación C: ELEVADO				
				Efecto irreversible sobre las personas										
				Efecto irreversible sobre las personas y ambiente										
Compactadora de suelo 1	1					1			1			1		
Retroexcavadora 1	1					1			1			1		
Retroexcavadora 2	1					1			1			1		
Motoniveladora 1	1					1			1			1		
Motoniveladora 2	1					1			1			1		
Cargador Frontal 1		1				1			1			1		
Cargador Frontal 2	1					1			1			1		
Factores	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1

Nota. Se realizó para cada unidad de la empresa

Según la tabla 10, se tiene 4 equipos semi – críticos y 3 con estado crítico.

Tabla 10

Resultado de la criticidad de la maquinaria

Resultado del Análisis de Criticidad		
Compactadora de suelo 1	66	Semi-crítico
Retroexcavadora 1	56	Semi-crítico
Retroexcavadora 2	66	Semi-crítico
Motoniveladora 1	81	CRITICO
Motoniveladora 2	81	CRITICO
Cargador Frontal 1	51	Semi-crítico
Cargador Frontal 2	81	CRITICO

Nota. Se realizó para cada unidad de la empresa

4. Desarrollo del análisis de modo y efecto de las fallas de la maquinaria

Se empleó la herramienta de Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) con el fin de desarrollar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo específico y basado en condición no predictivo para el cargador frontal de la empresa. En la siguiente tabla se presenta el detalle del análisis realizado.

Tabla 11

Análisis de Modos y Efectos de Falla del Cargador Frontal

Subsistema	Función	Modo de falla	Efectos de falla	Casusas de falla	Control	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NP R
Encendido	Dar movimiento al timón	Rompimiento de dientes, vibración	Motor no enciende	Daño de dientes	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	8	8	7	448
Hidráulico	Hacer fuerza hidráulica al cucharón mediante los émbolos principales	Filtración de aceite	Pérdida de potencia	Necesidad de aceite, suciedad	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	8	7	7	392

Transmisión	Alteración de velocidad y torsión en el sistema	No ofrece velocidad ni torsión	Pérdida de velocidad y torsión	Deterioro de bomba	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	8	6	4	192
Combustión interna	Transferencia de potencia al timón	Deficiente compresión	Pérdida de potencia	Deterioro de émbolo	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	8	6	3	144
Refrigeración	Enfriamiento del sistema hidráulico y del motor	Filtración de refrigerante, obstrucción	Exceso de temperatura	Demasiada polución, pinchazo	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	9	3	5	135
Arranque	Esparce el combustible a la cámara de combustión del cargador	Necesidad de suministro de combustible	No enciende el motor, pérdida de potencia	Deterioro, contaminación, desajuste	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	7	4	5	140
Uñas del cucharón	Hacer el corte y elevación del material	Deterioro de uñas	Deficiente capacidad	Material de uñas	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	8	2	7	112
Pin del aguilón y cucharón	Articulación del sistema	Inmovilidad del cucharón	Deterioro del pin	Ausencia de lubricación	Aplicación del plan de mantenimiento preventivo	7	1	1	7
G: gravedad	O: Ocurrencia	D: Detección	NPR: Número de prioridad de riesgo			NPR= G * O * D			

Luego de realizar el AMEF presentado en la tabla anterior, se detectó nuevas acciones para la aplicación que incluirán a los planes de mantenimiento. Dichas acciones están planteadas para afrontar los modos de falla detectados en el análisis y también para elevar la disponibilidad del equipo. Integrar estas acciones en los planes habituales de mantenimiento ayudará a tener una gestión más óptima y a minimizar los riesgos relacionados con las potenciales fallas del cargador frontal. Adicionadas a las tareas recomendadas por la marca.

5. Establecimiento del mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo fue necesario para mantener el orden y la limpieza, ya que son factores importantes para el buen funcionamiento de la maquinaria y del cual es responsable el personal del área de operaciones, ya que son quienes operan los vehículos a diario.

a) Limpieza inicial

Se busca retirar todo tipo de suciedad como tierra, polvo, óxido, grasa, etc. que puede tener la maquinaria, concentrándose sobre todo en las áreas más problemáticas de la unidad, es por ello que se determinaron las siguientes actividades de limpieza:

- Retirar la suciedad de los filtros de aire y de combustible
- Retirar la suciedad del motor
- Retirar la suciedad el tablero del vehículo
- Limpiar los vidrios del vehículo, incluyendo el parabrisas y espejos retrovisores
- Retirar la suciedad de los asientos

b) Eliminación de las causas de la suciedad

Para la eliminación de las causas de la suciedad presente en los vehículos se hará uso de la primera y segunda “S” de la herramienta 5’s, la cual implica la clasificación y le orden.

- Clasificación

Se basa en la eliminación de todo aquello que no es necesario y para hacer más sencilla esta actividad hará uso del formato red card, ya que esta se aplicará sobre cada elemento que deberá ser retirado.

Figura 3

Formato red card

FORMATO RED CARD						
Elemento	Cantidad	¿Es necesario?		Acción		
		Sí	No	Desechar	Reparar	Cambiar de área
Observaciones						

- Orden

Luego de haber clasificado todos los elementos se procede a ordenar todos aquellos que se consideraron necesarios, ubicándolos en zonas que sean fácil de acceder, de identificar y que reduzca las pérdidas de tiempo cuando se requiera de su uso.

Los lugares asignados se deberán respetar y cada vez que sean utilizados serán devueltos a su sitio correspondiente.

c) Estándares de limpieza y lubricación

Para lograr el estándar deseado se elaboró una programación establecida para la limpieza y lubricación autónoma de la maquinaria, la cual se puede ver en la tabla 12.

Tabla 12

Programación de limpieza y lubricación

Unidad	Responsable	Actividad	Frecuencia
Compactadora de suelo 1		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Retroexcavadora 1		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Retroexcavadora 2		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Motoniveladora 1	Operario de la maquinaria	Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Motoniveladora 2		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Cargador Frontal 1		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal
Cargador Frontal 2		Limpiar e inspeccionar la cabina del vehículo	Diario
		Lubricar engranajes del motor	Semanal

d) Inspección autónoma

El personal de operaciones tiene la responsabilidad de inspeccionar la maquinaria que tienen asignado, con el propósito de verificar el estado de la unidad y poder actuar con mejoras si es necesario y así evitar fallas o paradas no programadas que podrían afectar las actividades la empresa.

Para esta inspección autónoma también se elaboró un formato donde se registrará la información obtenida.

Figura 4

Registro de inspección autónoma

Registro de inspección autónoma				
Información básica				
Fecha			Placa del vehículo	
Responsable de la inspección				
Detalle	Limpieza		Orden	
	Correcto	Deficiente	Correcto	Deficiente
Cabina				
Llantas				
Espejos y vidrios				
Motor				
Sistema de frenos				
Sistema de dirección				
Sistema de transmisión				
Herramientas				
Material de primeros auxilios				
Documentos				

6. Programas de mantenimiento preventivo

Los programas de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa objeto de estudio:

Figura 5

Cronograma de mantenimiento preventivo de la compactadora de suelos

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA COMPACTADORA DE SUELOS						
Nº	TAREA	250	500	1000	2000	5000
1	Reemplazar aceite del motor	■				
2	Reemplazar refrigerante del motor	■				
3	Limpia filtro de combustible	■				
4	Verificar tanque de combustible	■				
5	Verificar el aceite hidráulico		■			
6	Verificar el aceite del motor		■			
7	Verificar aceite de los frenos		■			
8	Lubricar pines		■			
9	Lubricar zona del sello		■			
10	Retirar y volver a llenar aceite del motor		■			
11	Reemplazar filtro de aceite		■			
12	Reemplazar filtro hidráulico		■			
13	Reemplazar filtro de combustible		■			
14	Reemplazar filtro de aire primario		■			
15	Verificar sistema de aire acondicionado		■			
16	Reemplazar filtro de aire secundario			■		
17	Reemplazar filtro de línea de combustible			■		
18	Reemplazar filtro del tanque hidráulico				■	
19	Reemplazar batería				■	
20	Reemplazar aceite hidráulico				■	
21	Retirar y volver a llenar aceite hidráulico				■	
22	Retirar y volver a llenar aceite refrigerante				■	

Nota. Elaborado con el manual del fabricante

Figura 6

Programa de mantenimiento de la retroexcavadora

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA						
Nº	TAREA	250	500	1000	2000	5000
1	Verificar correas y el ventilador del	■				
2	Verificar radiador y sistema refrigerante	■				
3	Verificar estado del aceite del moto	■				
4	Lubricar equipo cargador	■				
5	Lubricar equipo retroexcavador	■				
6	Verificar altura del aceite hidráulico	■				
7	Verificar mangueras	■				
8	Lubricar bisagras y rodamientos		■			
9	Verificar presión de las llantas		■			
10	Reemplazar aceite del motor			■		
11	Reemplazar filtro de aceite			■		
12	Reemplazar filtro hidráulico			■		
13	Verificar caja de cambios			■		
14	Retirar suciedad del radiador			■		
15	Retirar suciedad del aire acondicionado			■		
16	Lubricar la suspensión del asiento			■		
17	Lubricar pedales de los frenos			■		
18	Retirar suciedad de la salida de transmisión				■	
19	Verificar alternador				■	
20	Verificar motor de arranque				■	
21	Reemplazar el aceite hidráulico					■
22	Reemplazar refrigerante					■
23	Reemplazar aceite de transmisión					■
24	Reemplazar aceite servo transmisión					■

Nota. Elaborado con el manual del fabricante

Figura 7

Programa de mantenimiento de la motoniveladora

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA MOTONIVELADORA								
Nº	TAREA	50	100	250	500	1000	2000	5000
1	Verificar estado del aceite del motor	■						
2	Verificar anticongelante del motor	■						
3	Verificar la transmisión	■						
4	Verificar tanque de aceite hidráulico		■					
5	Verificar filtro de combustible		■					
6	Lubricar cilindros de levantamiento y desplazamiento de la hoja			■				
7	Lubricar la barra de tracción			■				
8	Lubricar los rodamientos			■				
9	Reemplazar aceite del motor				■			
10	Reemplazar filtro de aire				■			
11	Inspeccionar correas				■			
12	Lubricar cilindros, pasadores y horquillas				■			
13	Reemplazar los filtros de combustible					■		
14	Verificar cajas de tandem					■		
15	Reemplazar la tela de transmisión						■	
16	Ajustar inyectores de combustible						■	
17	Ajustar válvulas del motor						■	
18	Reemplazar tanque hidráulico							■
19	Reemplazar rodamientos de las llantas							■
20	Reemplazar caja del tandem							■

Nota. Elaborado con el manual del fabricante

Figura 8

Programa de mantenimiento del cargador frontal

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL CARGADOR FRONTAL					
Nº	TAREA	300 HRS	600 HRS	1200 HRS	2400 HRS
1	Verificar el nivel del anticongelante				
2	Verificar el nivel de aceite del motor				
3	Verificar el nivel de aceite hidráulico				
4	Verificar la cantidad de combustible				
5	Verificar el nivel de aceite de transmisión automática				
6	Revisar que no hayan sonidos raros en el motor				
7	Revisar que no haya alguna filtración del motor				
8	Revisar el estado de las llantas				
9	Revisar bandas				
10	Revisar el empalme de la batería				
11	Revisar los faros delanteros y traseros				
12	Revisar la condición de los frenos				
13	Revisar el correcto funcionamiento de los indicadores del tablero				
14	Revisar la estructura en general				
15	Lubricar las piezas móviles				
16	Reemplazar el filtro de aire primario				
17	Retirar la acumulación de agua u otros fluidos del tanque de combustible				
18	Lubricar cojinetes				
19	Revisar la presión de las llantas				
20	Reemplazar el filtro de aire secundario				
21	Reemplazar el aceite del motor				
22	Reemplazar filtro de aceite				
23	Reemplazar filtro de combustible				
24	Verificar y ajustar tornillos				
25	Verificar la carga de las baterías				
26	Verificar y limpiar todas las salidas de la máquina				

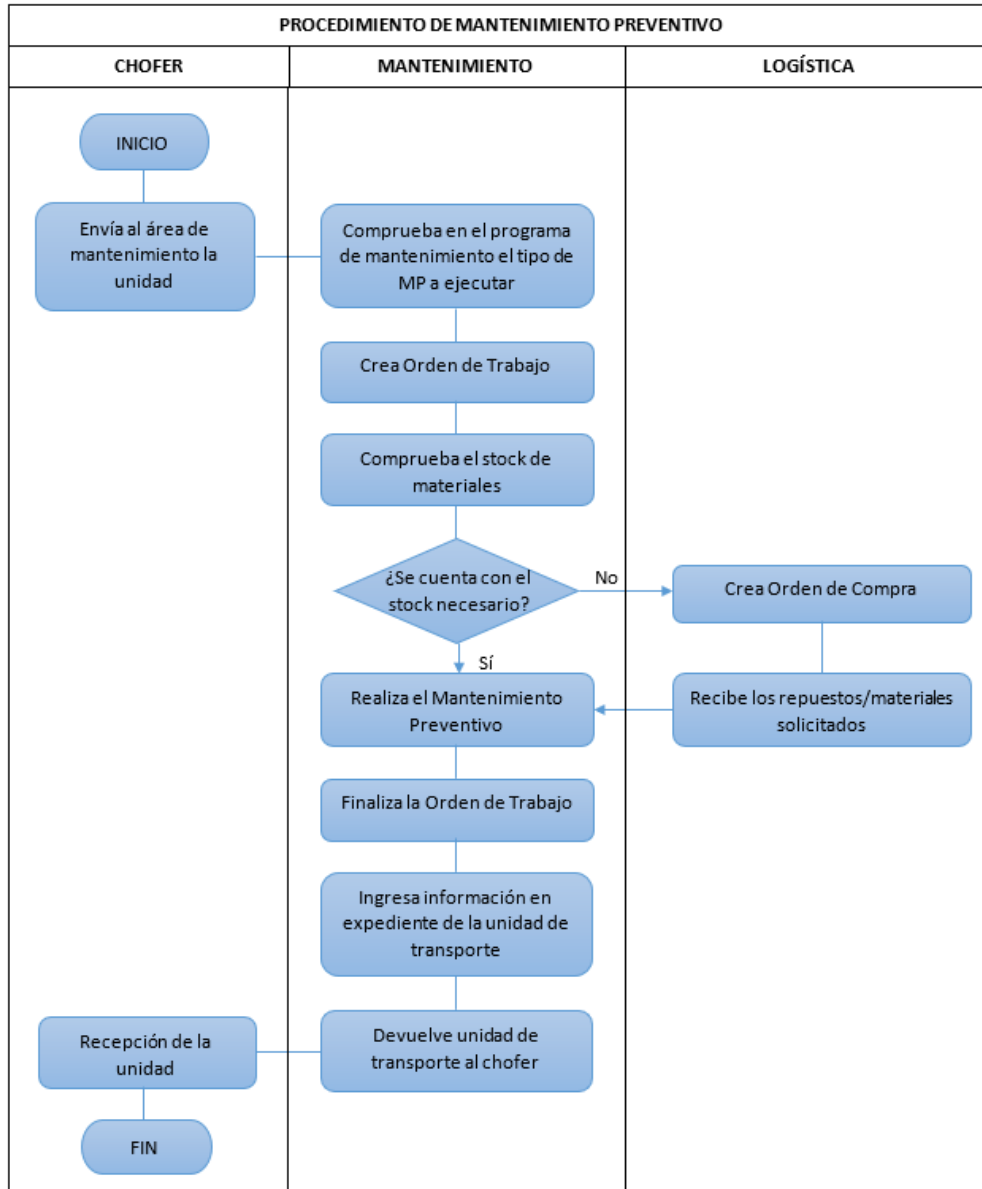
Nota. Elaborado con el manual del fabricante

7. Procedimiento de mantenimiento preventivo

Para reforzar el proceso de mantenimiento preventivo de la maquinaria, se elaboró un procedimiento.

Figura 9

Procedimiento para el desarrollo del mantenimiento preventivo



Nota. Flujograma para el desarrollo del mantenimiento preventivo

8. Documentación para el registro de información de mantenimiento

Asimismo, para tener un adecuado registro de la información de mantenimiento de la maquinaria se desarrolló los siguientes formatos:

- Formato de orden de trabajo (véase anexo 5)
- Consolidado mantenimiento preventivo de los activos (véase anexo 6)
- Control de mantenimiento preventivo (véase anexo 7)
- Reporte de mantenimiento (véase anexo 8)
- Hoja de vida del activo (véase anexo 9)
- Ficha técnica del activo (véase anexo 10)

Cabe mencionar que la empresa no tenía formatos debidamente documentados donde registrar la información de mantenimiento de la maquinaria, sin embargo hacían registros manuales en cuadernos, es por ello que se consideró importante implementar estos formatos ya que les permitirá tener la información de mantenimiento de los equipos de forma más estructurada. Con el desarrollo e implementación de estos formatos, se incrementó el porcentaje de equipos con documentación adecuada de mantenimiento a 100%.

Con el plan de mantenimiento preventivo se logró elevar la disponibilidad de las unidades de 82.95% a 87.14%, asimismo se redujo la pérdida anual de S/. 634,400.00 a S/. 478,653.51 (ver tabla 13).

Tabla 13

Pérdida luego del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

Equipo	TTF(h)	TTR(h)	N°			Disponibilidad	Pérdida con la mejora
			Paradas	MTBF	MTTR		
Compactadora de suelo 1	2083	190	66	32	2.87	91.66%	S/. 56,896.55
Retroexcavadora 1	1928	193	64	30	3.01	90.91%	S/. 48,188.24
Retroexcavadora 2	1940	326	50	39	6.52	85.62%	S/. 81,439.39
Motoniveladora 1	1812	337	58	31	5.81	84.33%	S/. 84,175.32
Motoniveladora 2	1843	329	62	30	5.30	84.86%	S/. 82,225.61
Cargador Frontal 1	1918	411	72	27	5.71	82.35%	S/. 82,200.00
Cargador Frontal 2	2018	218	61	33	3.57	90.27%	S/. 43,528.40
Total	13544	2002	433	32	4.68	87.14%	S/. 478,653.51

Nota. Datos obtenidos de la empresa

b) Cr5 - Falta de capacitación al personal de mantenimiento

Se desarrolló como alternativa un plan de capacitación adecuado que pueda aplicarse tanto para el área de operaciones como para el área de mantenimiento de la empresa. Además, se establecerán todos los puntos para lograr resultados, y en particular en apoyo de la mejora del crecimiento de la empresa.

La propuesta tiene como fin abordar el tema de la falta de capacitación para mejorar el crecimiento organizacional en las áreas de operaciones y mantenimiento de la empresa de alquiler de maquinaria pesada.

Alcance

Este plan de capacitación es aplicable a todos los empleados del área de operaciones y de mantenimiento de la empresa.

Objetivos

O. General

Implantar talleres de capacitación centrados en el desarrollo organizativo y los principios éticos para los empleados, que les permitan obtener y mejorar sus conocimientos. Esto promoverá el crecimiento personal y profesional, lo que conducirá a un mayor desempeño, eficiencia y eficacia en sus respectivas funciones.

O. Específicos

- ✓ Crear un plan de capacitación integral para mejorar el crecimiento organizativo de la compañía.
- ✓ Promover que la empresa imparta formación a su personal, potenciando así su crecimiento organizativo.
- ✓ Mejorar y ampliar los conocimientos especializados necesarios en determinados ámbitos de las operaciones.
- ✓ Facilitar la capacitación de personal competente, en consonancia con las estrategias, metas y requisitos de la compañía.
- ✓ Formar adecuadamente a los trabajadores para que desempeñen eficazmente sus funciones en sus respectivos cargos.

Meta

Impartir una formación completa al total de los empleados del área de operaciones y de mantenimiento por la empresa de alquiler de maquinaria pesada, independientemente de su puesto de trabajo, garantizando que todo el equipo esté formado.

Relevancia

El plan de capacitación bien diseñado podrá reportar grandes beneficios en la empresa. Este plan se centró en mejorar las competencias de los colaboradores de la compañía, necesarias para alcanzar los objetivos fijados.

Talleres de capacitación

El plan de capacitación incorporó talleres seleccionados a partir de las deficiencias identificadas en el personal de la empresa de alquiler de maquinaria pesada:

1º TALLER:

“Introducción al mantenimiento de la maquinaria pesada”

1. Información básica
 - a. Empresa: Alquiler de maquinaria pesada.
 - b. Área: Mantenimiento y operaciones
2. Información del taller
 - a. Taller

Llevar a cabo una capacitación de competencias respecto al mantenimiento para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa.
 - b. Propósitos
 - ❖ Brindar conceptos básicos acerca del mantenimiento de la maquinaria.
 - ❖ Contemplar la importancia de la formación para el personal de la empresa.
 - c. Competencias
 - ❖ Pensamiento crítico
 - ❖ Calidad del trabajo
 - ❖ Iniciativa

❖ Gestión del tiempo.

3. Temas a tratar

- ❖ Definición e importancia del mantenimiento de la maquinaria pesada.
- ❖ Estrategias de mantenimiento
- ❖ Guía para el mantenimiento de la maquinaria pesada.
- ❖ Casos de éxito de la aplicación del mantenimiento

4. Recursos

a. Material

- Plumones de pizarra, pizarra acrílica, papel bond, sala de reuniones.

b. Humano

- Participantes y capacitador

5. Duración

6 horas

6. Estrategias

Reclutar un personal competente con conocimientos especializados en áreas relativas a la gestión de mantenimiento, como un capacitador que facilita la formación de competencias profesionales en mantenimiento tanto para el personal de operaciones como de mantenimiento.

7. Propósito

Potenciar el nivel de rendimiento evaluando las capacidades y competencias del personal para facilitar el crecimiento de la empresa.

8. Justificación

La formación es un componente esencial para dotar a los empleados de nueva información relacionada con sus funciones, garantizando un entorno de trabajo

seguro y adecuado que favorezca tanto a la empresa como a sus usuarios.

9. Periodo de ejecución

Enero 2024

10. Encargado

Capacitador de empresa consultora externa especializada en gestión de mantenimiento.

2º TALLER:

“Fundamentos del mantenimiento planificado”

1. Información básica

- a. Empresa: Alquiler de maquinaria pesada
- b. Área: Mantenimiento y operaciones

2. Información del taller

a. Taller

Llevar a cabo una capacitación de competencias respecto al mantenimiento para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa.

b. Propósitos

- ❖ Brindar conocimientos acerca de los fundamentos del mantenimiento planificado.
- ❖ Contemplar la importancia de la formación para el personal de la empresa.

c. Competencias

- ❖ Gestión del tiempo
- ❖ Consistencia
- ❖ Independencia
- ❖ Calidad del trabajo.

3. Temas a tratar

- ❖ Definición e importancia del mantenimiento planificado
- ❖ Principales actividades del mantenimiento planificado
- ❖ Guía para la implementación del mantenimiento planificado
- ❖ Casos de éxito de la aplicación del mantenimiento planificado

4. Recursos

a. Material

- Plumones de pizarra, pizarra acrílica, papel bond, sala de reuniones.

b. Humano

- Participantes y capacitador

5. Duración

6 horas

6. Estrategias

Reclutar un personal competente con conocimientos especializados en áreas relativas a la gestión de mantenimiento, como un capacitador que facilita la formación de competencias profesionales en mantenimiento tanto para el personal de operaciones como de mantenimiento.

7. Propósito

Potenciar el nivel de rendimiento evaluando las capacidades y competencias del personal para facilitar el crecimiento de la empresa.

8. Justificación

La formación es un componente esencial para dotar a los empleados de nueva información relacionada con sus funciones, garantizando un entorno de trabajo seguro y adecuado que favorezca tanto a la empresa como a sus usuarios.

9. Periodo de ejecución

Enero 2024

10. Encargado

Capacitador de empresa consultora externa especializada en gestión de mantenimiento.

3° TALLER:

“Fundamentos del TPM”

1. Información básica

- a. Empresa: Alquiler de maquinaria pesada
- b. Área: Mantenimiento y operaciones

2. Información del taller

a. Taller

Llevar a cabo una capacitación de competencias respecto al mantenimiento para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa.

b. Propósitos

- ❖ Brindar conceptos básicos acerca de los fundamentos del TPM.
- ❖ Contemplar la importancia de la formación para el personal de la empresa.

c. Competencias

- ❖ Trabajo en equipo
- ❖ Gestión del tiempo
- ❖ Comunicación
- ❖ Calidad del trabajo

3. Temas a tratar

- ❖ Definición e importancia del TPM
- ❖ Las bases y pilares del TPM

- ❖ Guía para la implementación del TPM
- ❖ Casos de éxito de la aplicación del TPM

4. Recursos

a. Material

- Plumones de pizarra, pizarra acrílica, papel bond, sala de reuniones.

b. Humano

- Participantes y capacitador

5. Duración

6 horas

6. Estrategias

Reclutar un personal competente con conocimientos especializados en áreas relativas a la gestión de mantenimiento, como un capacitador que facilita la formación de competencias profesionales en mantenimiento tanto para el personal de operaciones como de mantenimiento.

7. Propósito

Potenciar el nivel de rendimiento evaluando las capacidades y competencias del personal para facilitar el crecimiento de la empresa.

8. Justificación

La formación es un componente esencial para dotar a los empleados de nueva información relacionada con sus funciones..

9. Periodo de ejecución

Febrero 2024

10. Encargado

Capitador de empresa consultora externa especializada en gestión de mantenimiento.

4º TALLER:

“KPI’s de la gestión de mantenimiento”

1. Información básica

- a. Empresa: Alquiler de maquinaria pesada.
- b. Área: Mantenimiento y operaciones

2. Información del taller

a. Taller

Llevar a cabo una capacitación de competencias respecto al mantenimiento para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa.

b. Propósitos

- ❖ Brindar conceptos básicos acerca de los KPI’s de la gestión de mantenimiento.
- ❖ Contemplar la importancia de la formación para el personal de una empresa de alquiler de maquinaria pesada.

c. Competencias

- ❖ Pensamiento crítico
- ❖ Toma de decisiones en base a datos
- ❖ Comunicación
- ❖ Calidad del trabajo

3. Temas a tratar

- ❖ Definición e importancia de los KPI’s de gestión de mantenimiento
- ❖ KPI’s de gestión de mantenimiento más empleado en el sector transportes
- ❖ Medición y seguimiento de los KPI’s de gestión de mantenimiento
- ❖ Casos de éxito del uso de KPI’s de gestión de mantenimiento

4. Recursos

a. Material

- Plumones de pizarra, pizarra acrílica, papel bond, sala de reuniones.

b. Humano

- Participantes y capacitador

5. Duración

6 horas

6. Estrategias

Reclutar un personal competente con conocimientos especializados en áreas relativas a la gestión de mantenimiento, como un capacitador que facilita la formación de competencias profesionales en mantenimiento tanto para el personal de operaciones como de mantenimiento.

7. Propósito

Potenciar el nivel de rendimiento evaluando las capacidades y competencias del personal para facilitar el crecimiento de la empresa.

8. Justificación

La formación es un componente esencial para dotar a los empleados de nueva información relacionada con sus funciones, garantizando un entorno de trabajo seguro y adecuado que favorezca tanto a la empresa como a sus usuarios.

9. Periodo de ejecución

Febrero 2024

10. Encargado

Capitador de empresa consultora externa especializada en gestión de mantenimiento.

Cronograma

A continuación, se presenta el cronograma de las capacitaciones desarrolladas

Tabla 14

Cronograma del plan de capacitación

Taller	Descripción	Temas	Participantes	Duración	Capacitador	Ubicación	CRONOGRAMA 2024				
							Ene	Feb	Mar	Abr	
1	Introducción al mantenimiento de la maquinaria pesada	❖ Definición e importancia del mantenimiento de la maquinaria pesada.	Personal del área mantenimiento y de operaciones	1.5	Especialista en gestión de mantenimiento en empresa de transporte	Sala de reuniones de la empresa	█				
		❖ Estrategias de mantenimiento		1.5							
		❖ Guía para el mantenimiento de la maquinaria pesada.		1.5							
		❖ Casos de éxito de la aplicación del mantenimiento		1.5							
2	Fundamentos del mantenimiento planificado	❖ Definición e importancia del mantenimiento planificado	Personal del área mantenimiento y de operaciones	1.5	Especialista en gestión de mantenimiento en empresa de transporte	Sala de reuniones de la empresa	█				
		❖ Principales actividades del mantenimiento planificado		1.5							
		❖ Guía para la implementación del mantenimiento planificado		1.5							
3		❖ Casos de éxito de la aplicación del mantenimiento planificado		1.5			█				
		❖ Definición e importancia del TPM		1.5					█		

Fundamentos del TPM	❖ Las bases y pilares del TPM	Personal del área mantenimient o y de operaciones	1.5	Especialista en gestión de mantenimient o en empresa de transporte	Sala de reuniones de la empresa
	❖ Guía para la implementación del TPM		1.5		
	❖ Casos de éxito de la aplicación del TPM		1.5		
	❖ Definición e importancia de los KPI's de gestión de mantenimiento		1.5		
4 KPI's de la gestión de mantenimient o	❖ KPI's de gestión de mantenimiento más empleado en el sector transportes	Personal del área mantenimient o y de operaciones	1.5	Especialista en gestión de mantenimient o en empresa de transporte	Sala de reuniones de la empresa
	❖ Medición y seguimiento de los KPI's de gestión de mantenimiento		1.5		
	❖ Casos de éxito del uso de KPI's de gestión de mantenimiento		1.5		

Nota. Muestra el cronograma de las capacitaciones realizadas.

Presupuesto de la capacitación

El costo total del desarrollo de los 4 talleres fue de S/. 17,000.00.

Con el plan de capacitación desarrollado, se logró minimizar el número de fallas atendidas de manera externa de 106 a 75, lo que generó una reducción de la pérdida anual de S/63,216.00 a S/44,716.53 (ver tabla 15).

Tabla 15

Reducción de la pérdida luego de las capacitaciones

Unidad	Nº de fallas totales	Fallas atendidas por mecánicos de la empresa	Fallas atendidas de manera externa	Costo del mantenimiento externo
Compactadora de suelo 1	66	56	10	S/6,411.43
Retroexcavadora 1	64	55	9	S/5,801.54
Retroexcavadora 2	50	39	11	S/6,132.50
Motoniveladora 1	58	48	10	S/6,861.43
Motoniveladora 2	62	51	11	S/6,350.67
Cargador Frontal 1	72	63	9	S/5,657.54
Cargador Frontal 2	61	46	15	S/7,501.43
Total	433	358	75	S/44,716.53

Nota. Datos obtenidos de la empresa luego de las mejoras

3.3. Evaluación Económico Financiera

a) Inversión para la propuesta de mejora

Para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se tuvo una inversión total de S/. 43,502.20 y se tuvo una depreciación anual de S/. 1,970.00 (véase tabla 16).

Tabla 16

Inversión total

Inversión - Plan de mantenimiento preventivo	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Vida útil	Depreciación anual
Laptop	Und	1	S/ 2,800.00	S/ 2,800.00	5	S/ 560.00
Kit de útiles de oficina	Und	3	S/ 25.00	S/ 75.00		
Impresora	Und	1	S/ 1,800.00	S/ 1,800.00	5	S/ 360.00
Formatos de limpieza y mantenimiento	Und	300	S/ 0.20	S/ 60.00		
Fichas de inspección	Und	300	S/ 0.20	S/ 60.00		

Juego de Herramientas	Und	3	S/ 550.00	S/ 1,650.00		
Repuestos	Und	1	S/ 15,000.00	S/ 15,000.00		
Tropos de limpieza	Kg	30	S/ 6.00	S/ 180.00	5	S/. 36.00
Pack escoba + recogedor	Und	15	S/ 25.00	S/ 375.00		
Desinfectantes y desengrasante	Und	15	S/ 35.00	S/ 525.00		
Set de equipos de protección personal	Und	7	S/ 150.00	S/ 1,050.00		
Archivadores	Und	15	S/ 12.00	S/ 180.00		
Vibrómetro	Und	1	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	5	S/. 440.00
Termógrafo	Und	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	5	S/. 700.00
Fisurómetro	Und	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	5	S/. 300.00
Multímetro	Und	1	S/ 850.00	S/ 850.00	5	S/. 170.00
	Total			S/ 31,805.00		S/. 2,096.00
Inversión - Capacitación	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Vida útil(Años)	Depreciación mensual
Capacitaciones	Unidad	1	S/16,000.00	S/ 16,000.00		
Alimentación	Unidad	4	S/250.00	S/ 1,000.00		
	Total			S/ 17,000.00		S/. -
INVERSIÓN TOTAL				S/ 48,805.00		S/. 2,096.00

Nota. Se detalla la inversión realizada para el desarrollo de las mejoras

b) Beneficios obtenidos

Con el desarrollo de las mejoras se prevé tener un beneficio anual de S/. 174,246 (véase tabla 11).

Tabla 17

Beneficio anual

CR	Ingresos	Total
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos	
Cr3	Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos	S/. 155,746
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento	S/. 18,499
INGRESO TOTAL		S/. 174,246

Nota. Se detalla el ahorro anual obtenido con cada mejora

c) Evaluación económica

En la tabla 18 se presenta la evaluación económica.

Tabla 18

Evaluación económica

Años	0	1	2
Ingresos		S/174,246	S/182,958
Costos operativos		S/90,608	S/95,138
Depreciación		S/2,096	S/2,096
Utilidad bruta		S/81,542	S/85,724
Gav		S/10,455	S/10,977
Utilidad antes de impuestos		S/71,087	S/74,746
Impuesto a la renta		S/20,615	S/21,676
Utilidad después de impuestos		S/50,472	S/53,070
Depreciación		S/2,096	S/2,096
Flujo neto de efectivo (FNE)	-S/48,805	S/52,568	S/55,166
PRI	0.93	Años	
VAN	S/39,756		
TIR	73.0%	>	COK 14% mensual
B/C	1.4		

Nota. Muestra los indicadores económicos para determinar si era rentable

Como se puede apreciar en la tabla 18, debido a que se tuvo un VAN de S/39,756, TIR de 73% mayor al costo de oportunidad anual de 14% y un B/C de 1.4, se determinó que el desarrollo de las mejoras fue rentable para la empresa.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Objetivo general

Tabla 19

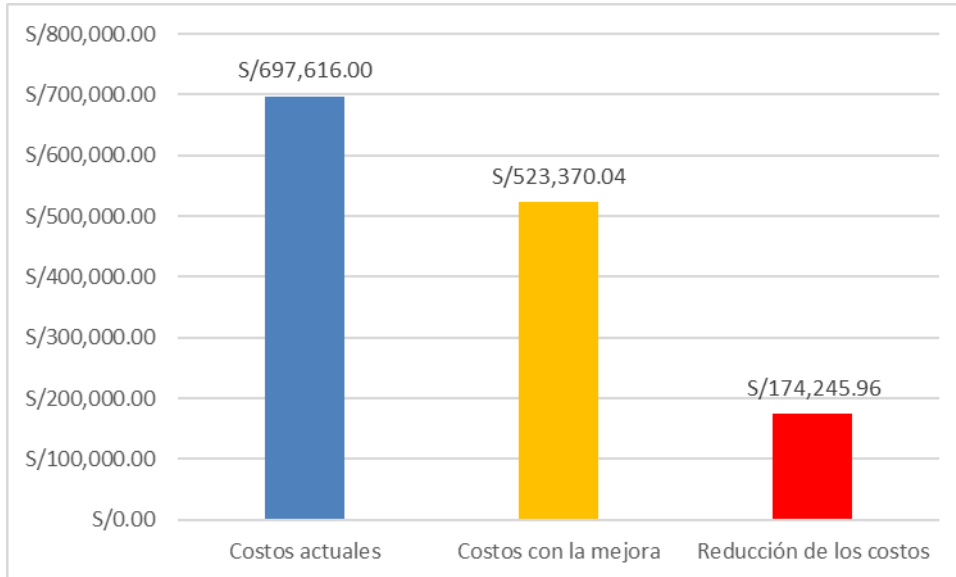
Reducción de los costos operativos

Costos actuales	Costos con la mejora	Reducción de los costos	Porcentaje de reducción obtenido
S/697,616.00	S/523,370.04	S/174,245.96	25.0%

Nota. Datos provenientes de la tabla 4

Figura 10

Reducción de los costos operativos con las mejoras realizadas

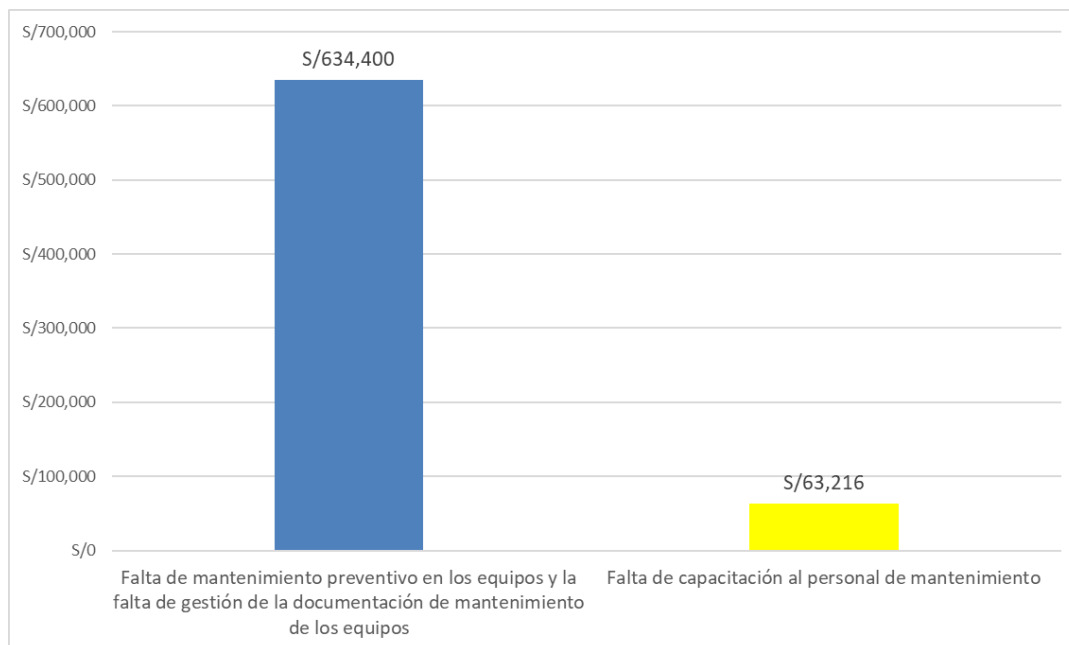


Nota. Datos de la tabla 19

Objetivo específico 1.

Figura 11

Diagnóstico de las causas raices de los altos costos operativos



Nota. Datos provenientes de la tabla 4

Objetivo específico 2

Tabla 20

Mejoras realizadas y beneficios obtenidos

CR	Causa	Mejora realizadas	Beneficio anual
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos	Plan de mantenimiento preventivo	S/155,746.49
Cr3	Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos	Programa de capacitación	S/18,499.47
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento		
Total de ahorro anual			S/174,245.96

Nota. Datos provenientes de la tabla 4

Objetivo específico 3.**Tabla 21***Resultado de la evaluación económica de las mejoras*Indicadores económicos

PRI	0.93 años
VAN	S/. 39,756.00
TIR	73%
B/C	1.4

Nota. Datos provenientes de la tabla 18

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se determinó que la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024 es positiva, ya que los costos operativos se redujeron de S/697,616 a S/523,370, es decir en un 25%.

Se diagnosticó la situación actual del área de mantenimiento de una empresa de alquiler maquinaria pesada, encontrando que esta presentaba altos costos operativos por el valor de S/697,616, debido a la falta de mantenimiento preventivo en los equipos, la falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos y la falta de capacitación al personal de mantenimiento.

Se desarrolló implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada, el cual también incluyó un Programa de capacitación.

Se evaluó económica y financieramente la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada determinando que este es rentable ya que se tuvo un VAN de S/. 39,756.00, TIR de 73%, B/C de 1.4 y PRI de 0.93 años.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa de alquiler de maquinaria pesada, continuar aplicando el plan de mantenimiento preventivo según lo detallado en esta investigación, asimismo se recomienda con el tiempo adquirir un software hecho a medida para las necesidades y requerimientos de la empresa que ayude a la gestión del mantenimiento de la maquinaria. También se recomienda, brindar capacitación constante a los colaboradores de la empresa, porque se evidenciará en la eficiencia en la ejecución de las tareas diarias.

REFERENCIAS

- Anantharaman, M. (2013). Using Reliability Block Diagrams and Fault Tree circuits, to develop a Condition Based Maintenance Model for a Vessel Main Propulsion System and Related Subsystems. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 7(3), 409-413. <https://doaj.org/article/f38fe8f8d0744e25930f8b0e8a0efce2>
- Arias, J. (2020). Plantear y formular un problema de investigación: un ejercicio de razonamiento. <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v17n1/1794-4449-rlsi-17-01->
- Bagur, S., Rosselló, M., & Paz, B. (2021). El enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. *RELIEVE*. <https://www.redalyc.org/journal/916/91668059003/>
- Brodny, J., Alszer, S., Krystek, J., yTutak, M. (2017). Análisis de disponibilidad de maquinaria minera seleccionada. <https://doaj.org/article/fcf1d5b1a88f4a51b22ffdc76bfd16cb>
- Cabrales, S., Valencia, C., Ramírez, C., Ramírez, A., Herrera, J., y Cadena, A. (2022). Análisis estocástico de costo-beneficio para evaluar nueva infraestructura para mejorar la confiabilidad del suministro de gas natural. *Energía*, 246, 123421. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222003243>
- Castillo, O. (2019). Gestión de mantenimiento en la mejora de métodos de trabajo para disminuir los costos de mantenimiento preventivo en una empresa cementera. Trujillo, Perú. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/12ba6089-d0e1-4ffd-871e-ef9842ed03c8>
- Ceballos, G. (2022). Repensar las investigaciones sobre lectura Experiencias desde una perspectiva metodológica mixta. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, 28(56). <https://www.redalyc.org/journal/316/31672451015/>
- Dávila, R. (2019). Planificación del mantenimiento preventivo para los neumáticos de la flota de camiones de la empresa de transportes Rodrigo Carranza. Trujillo, Perú. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e9ad0734-3db8-4a79-9d80-5871a0196d86/content>
- Hardt, F., Kotyba, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0. *Applied Sciences*, 11, 6953. <https://doaj.org/article/b5d29f14c1e6426e8c213930480c8426>
- Hernández, P., Castillo, D., Torres, F., y Toledo, V. (2020). Gestión del mantenimiento para máquinas agrícolas utilizando el software “SGMANTE 2.0”. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586264983005>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw

- Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
- Laisequilla, I. (2023). La biblia de la Industria - Ingeniería, Métodos, Calidad y Estadística. (n.p.): IL Publishing house.
https://www.google.com.pe/books/edition/La_biblia_de_la_Industria_Ingenier%C3%ADa_M/BZ0hEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- Montes, Y., Barros, C., & Castillo, S. (2022). Metodología de investigación en emprendimiento: Una estrategia para la producción científica de docentes universitarios. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(2).
<https://www.redalyc.org/journal/280/28070565025/>
- Montijo, E., Cano, O., & Ramírez, F. (2020). Implementación de mejora continua de los procesos del área de mantenimiento en servicios de la industria manufacturera electrónica.
<https://www.redalyc.org/journal/614/61461508007/61461508007.pdf>
- Nunes, N., & Conrado, D. (2021). Ensinando ética. *Educação em Revista*, 37, e24578.
<https://www.redalyc.org/journal/3993/399369188023/>
- Pana, J., Gutschi, C., Furian, N., Mizelli, D., y Voessner, S. (2022). Un marco para mejorar la instalación de mantenimiento predictivo en entornos de producción de alto volumen: un estudio de caso.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122012057>
- Peñaloza, G. (2022). Mantenimiento industrial aplicado. Argentina: Imaginante editorial.
https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_industrial_aplicado/
- Pertiwi, S., Hermawan, W., & Prahmawati, E. (2019). Reducción de costos de mantenimiento de maquinaria de producción de semillas de arroz mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 557.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/557/1/012075>
- Priyono, S., Machfud, M., y Maulana, A. (2019). Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una Fábrica de Azúcar Refinada en Indonesia (Estudio de Caso: PT. XYZ). *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen*, 5(2), 265 - 265.
<https://doaj.org/article/dd492b77f48b4330a7c11cbfa944fdec>
- Rihi, A., Baina, S., Mhada, F., Elbachari, E., Tagemouati, H., Guerboub, M., y Benzakour, I. (2022). Mantenimiento predictivo en la industria minera: estudio de caso de un molino. *Procedia Informática*, 207, 2483-2492.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922011954>
- Rodríguez, J., & Pierdant, A. (2020). Matemáticas financieras con aplicaciones en Excel. México: Patria Educación.
https://www.google.com.pe/books/edition/Matem%C3%A1ticas_financieras_con_aplicacione/xJctEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- Sabry, F. (2023). Ingeniería Económica: Economía de la ingeniería, maximización del

- valor en un mundo complejo. (n.p.): Mil Millones De Conocimientos [Spanish].
https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa_Econ%C3%B3mica
- Sahli, A., Evans, R., y Manohat, A. (2021). Mantenimiento Predictivo en la Industria 4.0: Temas Actuales.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121012270>
- Van, H., Deprez, L., Boute, R. (2022). A "predict-then-optimize" dynamic preventive maintenance approach using operational intervention data. *European Journal of Operational Research*, 302(3), 1079-1096.
<https://scopus.bibliotecaupn.elogim.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124280103&origin=resultslist&sort=plf->
- Ventura, S. (2021). Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz en la empresa Molino Grano Dorado SAC para reducir costos de producción. Chiclayo, Perú.
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4049/1/TL_VenturaMonjaSozani.pdf
- Wang, Y., Li, X., Chen, J., y Liu, Y. (2022). Una política de mantenimiento basada en condiciones para sistemas de múltiples componentes sujetos a dependencias estocásticas y económicas. *Ingeniería de confiabilidad y seguridad del sistema*, 219, 108174.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021006591>
- Werbińska, S., y Winiarska, K. (2023). Rendimiento del mantenimiento en la era de la industria 4.0: un análisis de rendimiento bibliométrico y una revisión sistemática de la literatura. *Sensores*, 23, 1409.
<https://doaj.org/article/8702db3308b141f690d4b2180e7af871>
- Yaoa, Y., Wen, J., Zhen, X., y Hu, Y. (2021). Un modelo de ubicación-asignación de recursos de mantenimiento basado en la distribución de fallas para la red de servicio de mantenimiento de maquinaria agrícola.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121009641>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024?</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce los costos operativos en una empresa de alquiler de maquinaria pesada, Trujillo 2024.</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la influencia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los costos operativos de una empresa de alquiler maquinaria pesada, Trujillo 2024.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento de una empresa de alquiler maquinaria pesada. - Desarrollar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada. 	<p>V. Independiente:</p> <p>Mantenimiento preventivo</p> <p>V. Dependiente:</p> <p>- Costos operativos</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Aplicada, enfoque cuantitativo con alcance explicativo.</p> <p>Diseño:</p> <p>Experimental de tipo pre - experimental</p>	<p>Todos los procesos de una empresa de alquiler de maquinaria pesada.</p>

“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en una empresa de alquiler de maquinaria pesada, Trujillo 2024”

- Evaluar económica y financieramente la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa de alquiler maquinaria pesada.

Técnica:

- Análisis documental
- Observación
- Encuesta

Instrumento:

- Ficha de análisis documental
- Ficha de observación
- Cuestionario

Método de análisis de datos

- Excel

MUESTRA

Los procesos del área de mantenimiento de una empresa de alquiler de maquinaria pesada

Anexo 2: Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO			
Fecha:			
Hora:			
Proceso:			
Nº	Área	Causas	Detalle de la observación
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Anexo 3: Ficha de análisis documental

Datos a recolectar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Número de fallas totales												
Nº de fallas atendidas por personal de la empresa												
Nº de mecánicos												
Nº de equipos con documentación adecuada de mantenimiento												
Nº de colaboradores de mantenimiento capacitados												
Nº total de colaboradores de mantenimiento												
Costo de mantenimiento externo												
Nº de fallas atendidas de manera externa												

Anexo 4: Encuesta:

ENCUESTA															
Área : Mantenimiento Empresa: : Alquiler de maquinaria pesada Problema : Altos costos operativos															
Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el problema de los altos costos operativos															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Valorización</th> <th style="padding: 2px;">Puntaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Alto</td> <td style="padding: 2px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Medio</td> <td style="padding: 2px;">2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Bajo</td> <td style="padding: 2px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Nulo</td> <td style="padding: 2px;">0</td> </tr> </tbody> </table>		Valorización	Puntaje	Alto	3	Medio	2	Bajo	1	Nulo	0				
Valorización	Puntaje														
Alto	3														
Medio	2														
Bajo	1														
Nulo	0														
EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN A LOS COSTOS OPERATIVOS: CAUSA () ALTO () MEDIO () BAJO															
Causa	Preguntas con respecto a las principales causas	Calificación													
		Alto	Medio	Bajo	Nulo										
Cr1	Falta de control del stock de repuestos														
Cr2	Inadecuada gestión de proveedores														
Cr3	Falta de gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos														
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos														
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento														
Cr6	Falta de supervisores de mantenimiento interno														
Cr7	Falta de orden y limpieza en el área de mantenimiento.														

Anexo 5: Formato de orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO			
Sede		N° de OT	
Área		Fecha	
DETALLE DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
INFORMACIÓN DEL ACTIVO			
Nombre		Código	
Operado por			
Firma y nombre del solicitante		Firma y nombre del receptor	

Anexo 6: Consolidado mantenimiento preventivo de los activos

CONSOLIDADO MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ACTIVOS				
Fecha	Nombre del activo	Código	Ejecutado por	Firma

Anexo 7: Control de mantenimiento preventivo

CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Fecha de mantenimiento	Activo		Tipo de mantenimiento	
			Interno	Externo
Nombre del responsable del mantenimiento				Puesto
Nombre del usuario				Puesto
Información del mantenimiento				
Componente	Chasis	L. interno	Kit de mantenimiento	
				Firma del solicitante
				Firma del usuario
<u>Comentarios</u>				

Anexo 8: Reporte de mantenimiento

REPORTE DE MANTENIMIENTO			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN DEL USUARIO	
Empresa		Usuario	
Encaragado del mantenimiento		Encaragado	
Área		Área	
Dirección		Dirección	
Celular		Celular	
Correo		Correo	
FECHA			
Día	Mes	Año	
DESCRIPCIÓN BÁSICA			
Fabricante	Descripción	Modelo	Condiciones técnicas
DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO			
FUNCIONAMIENTO			
Firma y nombre del encargado		Firma y nombre del usuario	

Anexo 9: Hoja de vida del activo

HOJA DE VIDA DEL ACTIVO						
Activo		Dód.		Garantía		
Fecha de compra		N° factura		Valor (S/)		
Modelo		Peso		Ubicación		
INFORMACIÓN DEL FABRICANTE						
Fabricante				Representante de marca		
Dirección				Celular		
Correo				Teléfono fijo		
INFORMACIÓN TÉCNICA						
Potencia		Tipo de empleo		Presión		
Voltaje		Tipo de control		Vapor		
Consumo		Resistencia		Agua		
MANTENIMIENTOS REALIZADOS AL ACTIVO						
N°	Fecha	Detalle de trabajo	Recambios	Materiales	Duración	Encargado
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Firma y nombre del encargado			Firma y nombre del supervisor		Firma y nombre del jefe	

Anexo 10: Ficha técnica del activo

FICHA TÉCNICA DEL ACTIVO			
Activo		Área	
Fabricante		Dimensión	
Modelo		Peso	
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			
Foto del activo		Información técnica	
		Funcionamiento	
Periodicidad de mantenimiento preventivo:			
ESPECIFICACIONES DE EMPLEO			
ACCIONES DE CONTROL			