

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
DISMINUIR FALLAS FRECUENTES EN LAS
MÁQUINAS TORRES GRÚAS DE UNA EMPRESA
DE SERVICIOS, LIMA, 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

GIANCARLO JUNIOR BRIONES ALFARO

Asesor:

Mg. DANNY STEPHAN ZELADA MOSQUERA

<https://orcid.org/0000-0003-3896-7666>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Cesar Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Enrique Martin Avendaño Delgado	18087740
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera	45236444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A mi familia porque gracias a su amor, apoyo, y mucha comprensión puedo vencer paso a paso las dificultades que se me presentan en este largo camino que está ya en su etapa final no dejándome desmayar para conseguir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Le doy las gracias a mis hijos porque en este camino universitario tuve en ocasiones que sacrificar momentos que tal vez no se vuelvan a repetir y que eran de ellos, gracias a mi esposa que es un gran apoyo y excelente complemento para lograr el resultado que obtendré. Gracias finalmente a mis padres ya que ellos me dieron las primeras herramientas en mi vida profesional, para todos ellos va este logro.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Objetivos	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO III: RESULTADOS	29
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS	45
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procedimiento	27
Tabla 2: Tabla de frecuencias.....	30
Tabla 3: Resumen de reportes de fallas y parámetros de MTO. 2021.....	33
Tabla 4: Parámetros de MTO. Proyectados al año 2022	34
Tabla 5. Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del equipo	34
Tabla 6: Análisis de las fallas críticas de las torres grúa	35
Tabla 7: Fallas y tiempos año 2021	37
Tabla 8: Fallas y tiempos año 2022	37
Tabla 9: Resumen de indicadores de MTO. Año 2021	37
Tabla 10: Resumen de indicadores de MTO. Año 2022.....	38
Tabla 11: Costo por MTO. Preventivo de las torres grúa	38
Tabla 12: Resumen de los costos por reparación año 2021-2022 y su ahorro	39
Tabla 13: Resumen de los costos totales año 2021-2022.....	39
Tabla 14: Estados de Resultados	40
Tabla 15: Flujo de caja.....	40
Tabla 16: Indicadores financieros y costo-beneficio 2022.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos para la elaboración del diagrama de causa efecto	17
Figura 2: Ejemplo Diagrama de Pareto.....	18
Figura 3: Diagrama de Operaciones	19
Figura 4: Torre Grúa	23
Figura 5. Diagrama de Pareto	30
Figura 6: Diagrama de Ishikawa.....	31
Figura 7: Número de fallos años 2021-2022	33

RESUMEN

La presente tesis se realizó en una Empresa de Servicios, la cual tiene por objetivo reducir las fallas frecuentes a través de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo que se basa en el método de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), la población es 15 grúas torre con los que cuenta la empresa, y la muestra son 5 de ellas, dado que, al realizar el indicador de criticidad, éstos eran los más críticos. La investigación es de tipo propuesta, no experimental, ya que se realizará una preprueba y post- prueba luego de realizar el plan de mantenimiento preventivo para reducir las fallas frecuentes. Entre las técnicas que se utilizaron estuvieron la encuesta, y la observación; siendo sus instrumentos el cuestionario y la inspección visual; obteniendo como resultado que la empresa no aplicaba el mantenimiento apropiado y que además el conocimiento con respecto al tema era demasiado pobre entre sus colaboradores, las fallas más frecuentes estaban en el sistema del control eléctrico de las grúas. Con los resultados obtenidos se pudo llegar a la conclusión que la propuesta del plan de mantenimiento preventivo ayuda a reducir las fallas frecuentes.

PALABRAS CLAVES: Diagnóstico, fallas frecuentes, Indicador de criticidad, Investigación, Rentabilidad.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo entero sucede que las fallas frecuentes en maquinarias son determinantes al momento de llevar a cabo las operaciones comerciales, industriales o de servicios.

Gardella (2010) en España, en su tesis titulada, "MEJORA DE METODOLOGÍA RCM A PARTIR DEL AMFEC E IMPLANTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO EN PLANTAS DE PROCESOS", sostiene que La reducción del número de fallas y coste en la reparación de un equipo, se basa en encontrar la mejor combinación de soluciones tecnológicas y económicas.

Hoy en día en América latina hay muchas mejoras en temas de mantenimiento preventivo, la ingeniería de confiabilidad ha demostrado que haciendo los procesos que corresponden se puede mantener en buen funcionamiento cualquier maquinaria o equipo físico con las mínimas fallas posibles.

Guevara y Osorio (2014) en Colombia, en su tesis titulada, "DESARROLLAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE INTERDEPARTAMENTALES", plantea que una gestión de mantenimiento lo cual aumentara la rentabilidad y competitividad, concentrándose el mayor esfuerzo en el mantenimiento preventivo versus el mantenimiento correctivo. En su investigación se determinó que gracias a la ejecución del plan de

mantenimiento se alcanzó reducir en un 25% las fallas frecuentes reduciendo los costos por reparación, aumentando en 18% la rentabilidad.

Silva (2015) en Colombia, en su tesis titulada, "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE EMPAQUE DE LA LINEA QUANTUM DE LA EMPRESA PAPELES NACIONALES S.A." sostiene que con un correcto plan de mantenimiento aumenta la competitividad económica, buscando lograr la meta de monitorear todos y cada uno de sus equipos haciendo que las fallas frecuentes sean cada día cosa del pasado.

En el Perú poco a poco se va teniendo claro la relación que tiene el mantenimiento preventivo, con la disminución de fallas, con la reducción de costos y la rentabilidad que esto genera, si bien es cierto aún se tiene una gran brecha por recorrer, pero se va encaminando.

Acuña (2016) en Perú, en su tesis titulada, "DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES KENWORTH EN LA EMPRESA TRANSPORTES HAGEMSA", afirma que, con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, la empresa ordenó sus procesos y aminoró en 20% su costo anual por reparaciones por fallas, creando mayor capacidad de respuesta de sus unidades ya que se contaba con más disponibilidad y así se podía brindar una mejor respuesta de servicio al cliente.

Bringas (2020) en Perú, en su tesis titulada, "PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR

LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA TRANSPORTES ARANDA S.A.C", manifiesta en su tesis como resultado, que existe un impacto positivo en cuanto a la disminución de fallas y por ende aumento de la rentabilidad de la empresa luego de aplicar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, esto al comparar antes y luego de la aplicación de mejora.

Específicamente en Lima, se va tomando en cuenta esta metodología de mantenimiento como parte fundamental en sus procesos ya que ayudan a generar menos paradas no programadas por fallas frecuentes, aumento de disponibilidad en el equipo, calidad de servicio y aumento en la rentabilidad.

Cruz (2017) en Perú, en su tesis titulada, "PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE ENVASADO, EN LA EMPRESA ANYPSA CORPORATION S.A. 2017", sostiene en su tesis que, después de haber implementado la mejora en el área de envasado se logró maximizar los indicadores de mantenimiento; el tiempo promedio entre fallas MTBF aumento de 35 a 95 horas, tiempo medio de reparación MTTR disminuyo de 4.5 a 2.5 horas y la disponibilidad se logró aumentar de 87% a 97% respectivamente.

Yparraguirre (2018) en Perú, en su tesis titulada, "ESTUDIO DE PARADAS DE MÁQUINA Y PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO FÁBRICA DE ENVASES DE LATA LUX S.A." indica que, gracias al estudio de las paradas por fallas en las máquinas se logrará identificar a las máquinas con mayores tiempos de paradas a quienes se le aplicaría el mantenimiento preventivo logrando así una mayor disponibilidad mejorando la que se tuviese actualmente.

Así también algunos otros autores mencionan en sus investigaciones lo siguiente:

Según Barrera y Estrada (2017) realizó una tesis titulada “PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA FLOTAS DE CAMIONES MODELO MACK, EN EL PLANTEL LOS COCOS (ALCALDÍA DE MANAGUA)” Managua, Nicaragua. La investigación consistió en desarrollar un mantenimiento preventivo para la flota de camiones modelo Mack, que se encuentran en las instalaciones del taller Plantel Los Cocos (Alcaldía de Managua). En la cual se le solicitó la información y documentación al personal asignado a los procesos de inspección o mantenimiento preventivo para así obtener información básica del proceso de mantenimiento que ellos realizan. La administración de la alcaldía junto a la planeación, organización y control tanto de su departamento como de sus recursos, siendo estos esenciales en la gestión para alargar la vida útil de los equipos, básicamente se juzga en minorar el deterioro que ocasiona su utilización en una actividad puntual. Es importante que las instituciones públicas gestionen sus procesos de mantenimiento, condicionen el manejo eficiente de los recursos disponibles con resultado satisfactorio si se demanda desde un punto de vista técnico. Para conocer el estado de la administración y control del mantenimiento de la flota vehicular Mack se realizó un análisis y diagnóstico de la situación actual del mantenimiento vehicular, con la información relevante se plantearon metas buscando maximizar los factores positivos y así eliminar los negativos. La certeza en el diseño de un plan estratégico es conocer a detalle las particularidades de la flota vehicular, lo que facilitará de manera racional a buscar la solución más acertada al establecer un plan definido, para contrarrestar el carácter fortuito de las intervenciones de un mantenimiento

emergente a beneficio de un mantenimiento preventivo sistemático en todos los aspectos anteriores y desarrollando la tecnología adecuada al mantenimiento preventivo para la flota vehicular Mack, minimizando en 25% las fallas frecuentes que nos permita alargar la vida útil de cada vehículo.

Según Atz (2018) realizó una tesis titulada "PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SERVICIO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO" Chimaltenango, Guatemala.

Dio como resultado el diagnóstico de las fallas más frecuentes en los equipos de lavadoras y secadoras del servicio de lavandería del Hospital Nacional de Chimaltenango, encontrando fallas en los sistemas de control mecánico, eléctrico y electrónico por falta de un programa de mantenimiento preventivo a lavadoras y secadoras, ya que se determinó que los equipos del servicio de lavandería reciben únicamente mantenimiento correctivo al momento de darse un paro por alguna falla.

Esto sirvió para el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para las lavadoras y secadoras del servicio de lavandería, el cual define las rutinas programadas para los equipos en un periodo trimestral, describiendo todos los pasos a realizar en cada una de las actividades programadas, las cuales se basan en el manual del fabricante de los equipos y en las indicaciones técnicas del ingeniero de mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Según Timoteo (2022) realizó una tesis titulada "PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA MOLINERA PARA REDUCIR PÉRDIDAS" Chiclayo, Perú. La presente investigación tiene como finalidad proponer un

plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas de producción y utilidades económicas. En la primera parte se realizó el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento dentro de la empresa relacionada con las pérdidas de producción que son generadas por las fallas de los equipos. En el año 2018 se produjeron un total de 366 188 sacos de arroz dejándose de producir por fallas en sus equipos un total de 57 172 sacos de arroz de 50 kg. Asimismo, se detectaron un total de 544,5 horas de parada por el funcionamiento incorrecto de los equipos. La disponibilidad anual de los equipos fue de 86,5% y la confiabilidad de 27,6 horas, mantenibilidad de 3,65 horas; dejando de percibir S/ 8 57 587,50 en utilidades. En la segunda parte se utilizó el análisis de criticidad, el árbol lógico de fallas, planes de mantenimiento en equipos críticos como lo son los elevadores de cangilones, el selector, zaranda vibratoria y los clasificadores. Se consideraron actividades semanales, quincenales y mensuales que deben aplicarse para el buen funcionamiento de las máquinas evaluadas y seleccionadas. Con ello, se logra incrementar la producción en 57 173 sacos de arroz de 50 kg, obteniendo nuevos ingresos promedios valorizados en S/. 857 587,50 anuales. Asimismo, la disponibilidad se incrementa en 5,5% y la confiabilidad a 48,2; la mantenibilidad se redujo en 0,8 horas y así también las horas de parada de 544,5 en 220,5 horas. En la tercera parte se evaluó el valor actual neto (VAN) obteniendo un total de S/ 2 257 567,66; con una tasa interna de retorno (TIR) de 811%; un PRI de 0,1 y un beneficio/costo de S/. 2,8 que indica que los beneficios son mayores a los costos. Con esto se concluye que la propuesta es viable y rentable.

Según León (2016) realizó una tesis titulada "PROPUESTA DE UN PROGRAMA
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR LOS COSTOS

OPERATIVOS EN EL CALDERO DE LA EMPRESA INDUSTRIAL CENTER WASH"

Trujillo, Perú. El presente trabajo tuvo como objetivo la propuesta de un Programa de Mantenimiento Preventivo en el caldero, para reducir los costos operativos de la empresa Industrial Center Wash SAC. Dedicada al lavado industrial de Denim. La problemática se basa en falta de un Programa de Mantenimiento Preventivo para el caldero ya que la empresa mucho recurre al mantenimiento correctivo. El objetivo principal de este trabajo es la Propuesta de un Mantenimiento Preventivo y así reducir los costos operativos. Para lograr el mencionado objetivo se realizó primero un diagnóstico de cómo se está llevando el mantenimiento, esto se realizó fundamentalmente para conocer la situación actual del caldero, con la finalidad de proponer mejoras que ayuden alcanzar el objetivo propuesto. Por último, se realizó una proyección de 5 años de la evaluación económica y financiera, del Programa de Mantenimiento Preventivo y la cual nos indica que los beneficios mensuales serán de S/.2827.78 nuevos soles, además se obtuvo un TIR del 4% que es mayor que COK que es del 3% y un VAN de S/. 9360.16 nuevos soles por lo que este proyecto es viable.

Según Ccoyo (2021) realizó una tesis titulada "PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS DE LA EMPRESA INVERSIONES MILLMA PERÚ SAC" Lima, Perú. El objetivo principal de la tesis es proponer un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Inversiones Millma Perú SAC. Se diagnosticó la situación actual de las máquinas, lo cual muestra que ocho máquinas presentan valores de disponibilidad mayor al 90%, y cinco máquinas presentan valores de disponibilidad en rango de 85% a 90%. Se identificó los equipos

críticos en base a sus fallas, los cuales son: la máquina nro. 3, 4 y 5 con un nivel de criticidad de 88, 92 y 120. Toda la información recabada permitió el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Inversiones Millma Perú SAC, el cual considera la planificación y control de las actividades de mantenimiento en base a los equipos críticos, mediante el software MP versión 10, dando como resultado que la propuesta es viable económicamente, además permite a la empresa disminuir gastos de un 60.23%.

Según Vásquez (2018) realizo una tesis titulada "PROPUESTA DE UN PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MÁQUINA DESMOLDEADORA EN LA EMPRESA FUNVESA, CALLAO 2018" Callao, Lima. Planteó como objetivo elaborar un plan de mantenimiento preventivo eléctrico para incrementar la productividad minimizando los paros por fallas en la empresa FUNVESA. Esta investigación corresponde al tipo aplicado, con diseño cuasi experimental, de nivel correlacional se obtuvo con datos de 24 semanas antes y 24 semanas después, esto se determinó como resultado que la productividad aumentó en un 21.66%, la eficacia en un 12.16%, mientras que la eficiencia aumentó en 24.64%, lo que concluye que se debe implementar la propuesta del plan de mantenimiento en la empresa FUNVESA. Callao 2018.

Como Bases Teóricas se mencionan las siguientes:

El diagrama causa efecto que es una representación gráfica propone la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado.

Centra la atención de todos los componentes del grupo en un problema específico de forma sistemática y estructurada. Para la elaboración del diagrama se requiere 8 pasos:

Figura 1 Pasos para la elaboración del diagrama de causa efecto



Fuente: Aiteco

El diagrama de Pareto el cual es una representación gráfica de datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los puntos prioritarios que hay que tratar.

Para la elaboración del diagrama Pareto se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

Ordenar los factores de mayor a menor en función de la magnitud de ellos.

Hallar la magnitud total del conjunto de factores.

Calcular el porcentaje total que representa cada factor, así como del porcentaje acumulado

Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal, en el eje izquierdo la magnitud de cada factor y por el eje derecho los porcentajes. Se trazan las barras correspondientes a cada factor.

Escribir junto al diagrama cualquier información necesaria de los datos o del diagrama.

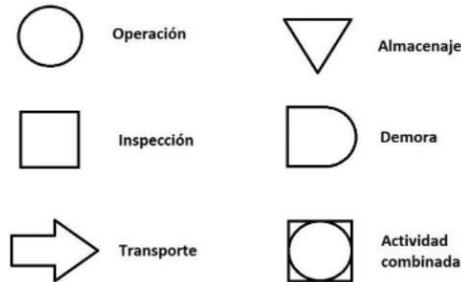
Figura 2 Ejemplo de Diagrama de Pareto



Fuente: Tudela SA

El diagrama de proceso que es una representación gráfica de los acontecimientos que se producen durante una serie de acciones u operaciones y de la información concerniente a los mismos. Durante un proceso tienen lugar cinco tipos de acciones: operación, transporte, inspección, demora y almacenaje. Se representan los símbolos empleados para estas acciones o su combinación. (ASME)

Figura 3 Diagrama de Operaciones



Según, Carro (2015) la productividad es un índice que implica en la mejora del proceso productivo. La mejora radica en la comparación beneficiable entre la cantidad de materiales utilizados (entradas o insumos) y la cantidad de bienes y servicios producidos (salidas o productos).

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

$$Productividad Parcial = \frac{Salida Total}{Una Entrada}$$

$$Productividad Total = \frac{Bienes y servicios producidos}{Mano de Obra + Capital + Materia Prima + Otros}$$

Según Solés (2014) define al AMEF como una herramienta que se usa para llevar a cabo una planificación en la calidad, la finalidad de su elaboración es la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueda presentar un producto, servicio o dentro de un proceso. Existe 3 tipos de AMEF, descritos a continuación:

AMEF DE SISTEMA (S-AMEF): el cual asegura la compatibilidad de los componentes de un sistema.

AMEF DE DISEÑO (D-AMEF): este reduce los riesgos por error en el diseño.

AMEF DE PROCESO (P-AMEF): su finalidad es revisar los procesos de con el objetivo de detectar posibles fuentes de error.

Así también podemos mencionar al mantenimiento preventivo que se define como la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc...) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo. ORDER (2010).

Hay tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento; el cuál es primordial para realizar una labor de mantenimiento de calidad. Estos son los tres tipos principales de mantenimiento preventivo:

Mantenimiento programado: Se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.

Mantenimiento predictivo: Es realizado al final del período estimado máximo de utilización.

Mantenimiento de oportunidad: Se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.

Podemos mencionar y definir algunos términos a tener en cuenta:

Avería

Estado caracterizado por la incapacidad para realizar la función requerida.

Eficiencia

Capacidad para reducir el mínimo de recursos utilizados para lograr los objetivos de la empresa. Hacer de manera correcta las cosas.

Estudio de tiempos

Consiste en la medición del tiempo de una muestra del desempeño de un trabajador con el objetivo de emplearla como base para establecer un tiempo estándar.

Falla

Evento que hace cesar la funcionalidad requerida.

Frecuencia

En términos de mantenimiento se puede decir que es medible por el número de desperfectos en un intervalo de tiempo.

Mantenimiento Correctivo

Consiste en reparar una maquina y/o equipo, después que esta ha sufrido una avería, es decir recuperar el estado de la maquina o equipo.

Mantenimiento Preventivo

Conjunto de acciones planificadas que se realizan en periodos establecidos en máquinas y/o equipos teniendo un programa de actividades semestrales o anuales de inspección, limpieza, lubricación, reparación, etc.

Planificación

Es un proceso mediante el cual las personas establecen una serie de pasos y parámetros a seguir antes del inicio de un proyecto.

Después de exponer todo lo anterior, describo según mi investigación que dentro de una empresa de servicios se ha visto que las grúas torre presentan un gran número de paradas llegando a los 44 paros anuales y esto debido a las fallas frecuentes.

Estos tipos de máquina tienen malos indicadores debido a un inadecuado mantenimiento realizado, a la inexistencia de un análisis de criticidad y a personal no capacitado.

Si en estas maquinarias no hay una disminución y persisten las fallas frecuentes se tendrán como resultado: desgaste de máquinas, altos costos de mantenimiento y una rentabilidad muy baja.

Para que estos tipos de máquinas mejoren en lo que contempla a la presencia de fallas frecuentes se pretende proponer la aplicación de un mantenimiento preventivo que ayude a la optimización de las fallas frecuentes dando como resultados indicadores positivos.

1.2. Formulación del problema

¿La propuesta de implementación del mantenimiento preventivo disminuirá fallas frecuentes en las máquinas torres grúa de una empresa de servicios, Lima, 2022 ?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer la implementación del mantenimiento preventivo para disminuir fallas frecuentes en las máquinas torres grúa de una empresa de servicios, Lima, 2022.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar un diagnóstico situacional de las fallas frecuentes en las máquinas torres grúa de una empresa de servicios, Lima, 2022.
- b) Proponer la implementación del mantenimiento preventivo para disminuir fallas frecuentes en las máquinas torres grúa de una empresa de servicios, Lima, 2022. en sus tres etapas:

Diagnóstico

Propuesta

Evaluación

- c) Elaborar la relación costo-beneficio de la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo para disminuir fallas frecuentes en las máquinas torres grúa de una empresa de servicios, Lima, 2022.

Figura 4 Torre grúa



CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Enfoque o paradigma: cuantitativo / cualitativa, mixto.

De acuerdo a la obra titulada “Metodología de la Investigación”, Hernández (2014) afirma que: el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Así también menciona que: el enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.

Y finalmente sostiene que: los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos.

Nivel: explicativo, proponiendo el uso de herramientas.

Tipo: evaluativa, se evalúa el uso de las herramientas a utilizar.

Diseño: no experimental, por la razón de cambiar una situación adversa y por lo que es una propuesta mas no una implementación.

Así también en la obra titulada “Metodología de la Investigación”, Hernández (2014) sostiene que: la investigación no experimental es el estudio que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural

para analizarlos.

2.2. Población y Muestra (materiales, instrumentos y métodos)

Población: 15 máquinas torres grúas

Muestra: 5 máquinas torres grúas

Materiales: En el siguiente proyecto de investigación se hizo uso de los siguientes materiales:

- ✓ Materiales de oficina
- ✓ Laptop
- ✓ Instalaciones de la empresa

Cabe mencionar que la selección de la muestra tuvo como criterio los equipos que tuvieran más de 40 fallos al año.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas que se usaron para conseguir una información confiable, objetiva y válida que nos permita plantear la "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA DISMINUIR FALLAS FRECUENTES EN LAS MÁQUINAS TORRES GRÚAS DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS", son la encuesta con su instrumento el cuestionario y la observación con su instrumento la inspección visual, para así poder obtener y elaborar información de modo rápido y eficaz. Esta data obtenida posibilitará conocer y establecer el mejor tipo de mantenimiento a usar para la empresa.

Instrumentos:✓ **cuestionario:**

Conjunto de preguntas formuladas por escrito a una población en específica para que opinen sobre un problema o tema en general. La encuesta desde el punto de vista del método, es una forma específica de interrelación social la cual tiene por objetivo recolectar datos para la investigación.

✓ **Inspección Visual:**

Es un instrumento específico de recolección de datos, que su aplicación requiere el uso de la técnica de observación.

Los instrumentos que se aplicarán cumplen con tres requisitos fundamentales que son:

Confiability, que nos permitirá conocer el grado de coherencia y consistencia de los resultados producidos;

Validez, que nos da el nivel en que el instrumento mide una variable; y

Objetividad, que indica el nivel en que los instrumentos son permeables a los errores y tendencias del investigador que lo administra, califica e interprete.

Métodos:✓ **Método de Análisis**

Para esta investigación utilizaremos el estudio de datos cuantitativos de donde se deduce el desarrollo mediante el cual se establece y usa la información recolectada a fin de poder relacionar, analizar, extraer significados y conclusiones.

2.4. Procedimiento

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL DE LA EMPRESA	Ishikawa: Se identificaron las causas raíces que causan el problema de las fallas frecuentes en las maquinas torres grúas de la empresa de servicios.
	Encuesta: Se sometió a encuesta a los trabajadores de las áreas involucradas para conocer la opinión acerca de la problemática.
	Observación: Se procedió a observar las distintas máquinas, su modo de reparación y funcionamiento.
	Pareto: Se utilizó el método 80/20 para maximizar el criterio de evaluación.
	Diagrama flujo: se usó para ver el paso a paso de las actividades en la atención de las máquinas y evaluar los tiempos de estas.
PROPUESTA DE MEJORA	Análisis de Modo y Efecto de las Fallas (AMEF de Proceso): Se implementará para identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.
	Programa de Mantenimiento: Se implementará un programa de mantenimiento para mejorar la operatividad de las máquinas que están en procesos y así reducir tiempos muertos.
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN: El Valor Actual Neto deberá ser positivo.

Tabla 1 Procedimiento

2.5. Aspectos Éticos

- ✓ **Confidencialidad y privacidad:** La data recolectada es confidencial.

Nadie, a excepción de los investigadores, tenemos acceso a la data. Al utilizar dicha data, aseguramos que nadie identifique, o relacione la información con el participante.

- ✓ **Principios:** Los encargados de la investigación somos responsables de llevar el estudio con honestidad, prudencia y responsabilidad.

✓ **Respeto:** Se Considera el principio ético más importante a tener en cuenta en la investigación, esto quiere decir que los investigadores buscaremos realizar la presente investigación con el más profundo respeto hacia las personas.

✓ **Autonomía:** Todos los involucrados en la presente investigación estamos y actuamos con libertad individual.

✓ **Veracidad:** La data presentada en esta investigación es real, autentica y no puede ser trucada.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la realidad actual de la empresa

3.1.1 Diagrama de Flujo

Para proponer un mantenimiento y seleccionar el tipo que debería emplearse es necesario ilustrar el paso de las operaciones que se realizan en esta área, así que se realizará un diagrama de flujo, esto nos permitirá comprender y estudiarlo para proponer el tipo de mantenimiento eficiente a utilizar.

Luego de recabar información y observar los diagramas de flujo de las fallas que se producen dentro de un periodo de 30 días nos da como resultado que solo se utiliza el mantenimiento de tipo correctivo cada vez que ocurre un problema en el equipo o maquinaria, pero no existe un mantenimiento preventivo periódico que pueda ayudar a minimizar el índice de fallas al cabo de 30 días. (ver anexo 01)

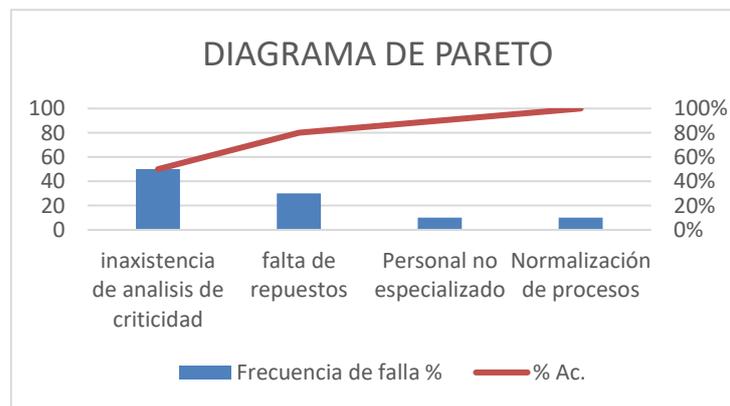
3.1.2 Diagrama de Pareto

Después de haber reunido la información para calificar las causas del problema de estudio en los equipos de la empresa de servicios, se elaboró un diagrama de Pareto con la finalidad de asignar un orden de prioridades que pueda reforzar nuestra propuesta para llegar a un tipo de mantenimiento correcto.

TABLA DE FRECUENCIAS			
Problemas	Frecuencia de falla %	% Ac.	Encuestados
Inexistencia de Análisis de criticidad	50	50%	3
falta de repuestos	30	80%	1
Personal no especializado	10	90%	2
Normalización de procesos	10	100%	4
Total, de 10 personas encuestadas	100		10

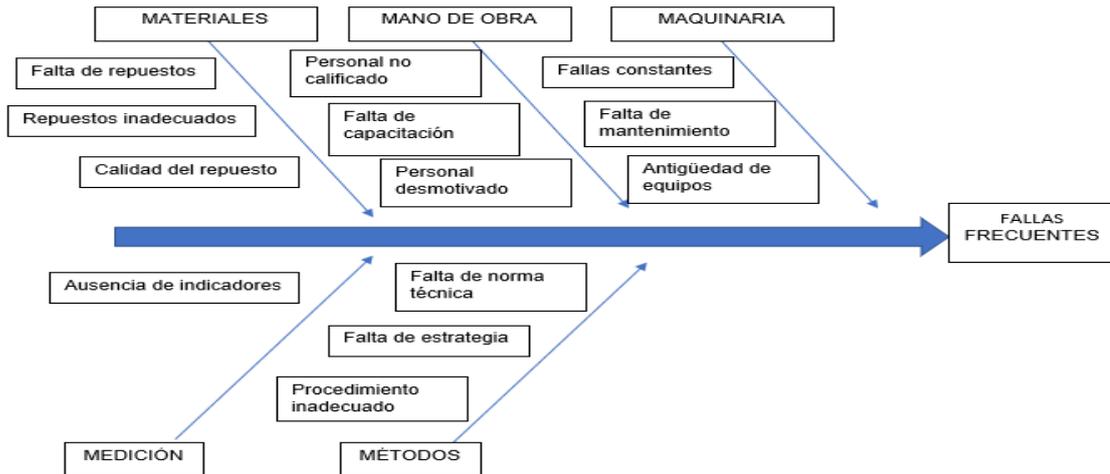
Tabla 2. Tabla de Frecuencias

Figura 5. Diagrama de Pareto



3.1.3 Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

Figura 6. Diagrama de Ishikawa



Para lograr un éxito en la propuesta de solución del problema principal del área de mantenimiento de la empresa de servicios se ha elaborado un Diagrama de Causa y Efecto en base a las evidencias halladas y la información brindada por los responsables del área. Donde se pueden apreciar las principales causas que tienen efecto directo en el problema principal, esto nos permitirá analizar con profundidad el tipo de trabajo que viene adoptando el área.

Entre las causas halladas podemos mencionar: mala reparación, falta de repuestos, procedimiento inadecuado, ausencia de indicadores.

3.1.4 Encuesta

Como primer punto se menciona las condiciones actuales de la empresa referido a mantenimiento, para esto se hizo uso del instrumento como es el cuestionario; que fue dirigida al gerente de la empresa y empleados respectivamente en donde se evidencia lo siguiente: (ver anexo 02, 04)

- ✓ No existe una idea de prevención de los equipos en obra.
- ✓ No hay una renovación de equipos.
- ✓ Stock de repuestos mínimos.
- ✓ No existe capacitación en materia de mantenimiento.
- ✓ Los tiempos de paradas del equipo pueden llegar hasta las 4 horas.
- ✓ El personal indica que un correcto mantenimiento ayudaría en la optimización de los equipos.

3.1.5 Observación

Para esta técnica se utilizó el instrumento como es la inspección visual donde se utilizó una cámara fotográfica y una laptop que permitió registrar las evidencias encontradas respecto a la situación actual de la empresa en relación a las variables de investigación y también nos ayudó a guardar la información encontrada. Esto nos permitió evidenciar lo siguiente:

- ✓ No existen stock de repuestos.
- ✓ Los mantenimientos son solo correctivos.
- ✓ Maquinas con más de 10 años de antigüedad.

- ✓ Personal técnico insuficiente.
- ✓ 5 fallas aproximada por mes en los equipos.

3.2. Propuesta de Mejora

3.2.1 Reporte de Fallas Globales

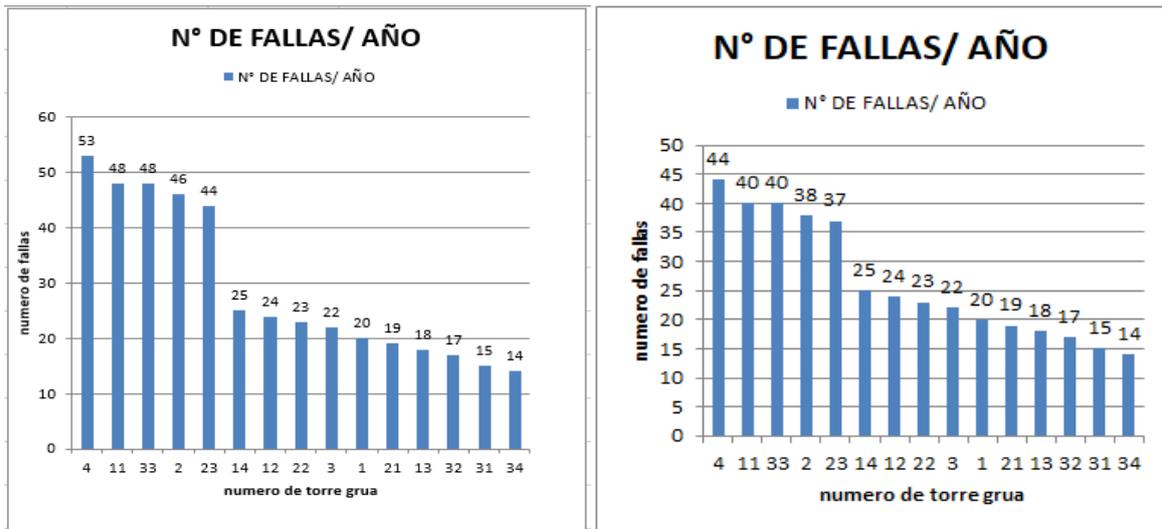


Figura 7. Numero de fallas año 2021-2022

Interpretación: Dado que en las 5 primeras grúas se encuentran la mayor cantidad de fallas se procede a trabajar con ellos.

NUMERO DE TORRE GRUA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	N° DE FALLAS/ AÑO 2021	TPPR	TPEF	DISPONIBILIDAD	TASA DE FALLAS	CONFIABILIDAD	TASA DE REPARACIONES	MANTENIBILIDAD
TORRE-04	336	168	53	6.364	3.182	33%	0.314	20.52%	0.157	54.7%
TORRE-11	313.6	156.8	48	6.533	3.267	33%	0.306	23.69%	0.153	51.3%
TORRE-33	302.4	151.2	48	6.300	3.150	33%	0.317	23.69%	0.159	51.3%
TORRE-02	253.4	126.7	46	5.557	2.779	33%	0.360	25.46%	0.180	49.5%
TORRE-23	225.4	112.7	44	5.077	2.538	33%	0.394	26.39%	0.197	48.6%
TOTAL	1430.8	715.4	238.8							

Tabla 3 Resumen de reportes de fallas y Parámetros de Mantenimiento 2021

3.2.2 Parámetros de Mantenimiento

ITEM	NUMERO DE TORRE GRUA	Nº Fallas (Veces/año)	Tiempo para reparar (TPR) Hr/año	Tiempo entre falla (TEF) (Hr/año)	TPEF (Hr)	TPRF (Hr)	λ (Tasa de fallas)	μ (Tasa de reparaciones)	t	Disponibilidad	Confiabilidad	Mantenibilidad
		C	A	B	E=B/C	D=A/C	1/E	1/D	A+B	$D = \frac{MBTF}{MTBF + MTR}$	$C(t) = e^{-\lambda t}$	$M(t) = 1 - e^{-\lambda t}$
1	4	44	240	398.3134921	9.05	5.45	0.11	0.18	638.31	62.40%	49.41%	68.97%
2	11	40	224	367.0634921	9.18	5.60	0.11	0.18	591.06	62.10%	52.51%	65.20%
3	33	40	216	314.9801587	7.87	5.40	0.13	0.19	530.98	59.32%	50.95%	62.59%
4	2	38	181	300.6944444	7.91	4.76	0.13	0.21	481.69	62.42%	54.40%	63.63%
5	23	37	161	404.8611111	10.94	4.35	0.09	0.23	565.86	71.55%	59.62%	72.76%
	TOTAL	199	1022	1785.912698								
λ	LAMBDA: Tasa de fallas (Nº de averías por unidad de tiempo)				Fallas/horas de operación							
μ	MIU: Tasa de reparación (Nº de reparaciones por unidad de tiempo)				reparaciones / horas en falla							
t	Tiempo total para producir											
e	2.71828											

Tabla 4 Parámetros de Mantenimiento proyectados al año 2022

En la siguiente tabla se muestran los valores mejorados de los 3 indicadores de mantenimiento de los 5 equipos con alto número de fallos al año. Esto luego de realizar todo el procedimiento del uso de técnicas y herramientas de nuestra propuesta de implementación de mantenimiento preventivo.

Para llegar a esta reducción de fallos al año y aumentar nuestros indicadores de mantenimiento se realizó todo un procedimiento que se ira desarrollando con la información recolectada.

3.2.3 Análisis de Criticidad

Nº	Numero de Torre Grúa	Frecuencia (F)	Severidad					Nivel de criticidad	
			Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costos de Mtto.	Impacto de Seguridad y Medio Ambiente	Total	Valor	Categoría
1	4	4.4	9	4	3	8	60	264	C
2	11	4	9	4	3	8	60	240	C
3	33	4	8	4	2	8	48	192	C
4	2	3.8	8	4	2	8	48	182.4	C
5	23	3.6	8	4	2	8	48	172.8	C

Tabla 5 Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del equipo

En la tabla 5 nos muestra luego del análisis de criticidad que las 5 torres grúas seleccionadas como muestra tienen un nivel crítico de acuerdo a la matriz de criticidad (ver anexo 03).

Con la información obtenida se procede a analizar cada torre grúa. De este modo las fallas de las torres grúas, se representan en la tabla 6, las cuáles son evaluadas mediante la metodología AMEF.

Ítem	Descripcion de Falla
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto
2	Tarjeta electrónica de control averiada
3	Contactador elevacion primera en corto
4	Cable metalico picado
5	Motor de elevacion quemado
6	Reductor de elevación trabado
7	Falla en parte movil del sistema de freno
8	Rectificador de freno en corto
9	Contactador de freno elevación quemado
10	Reductor de giro trabado
11	Motor de giro en corto
12	Temporizador electrónico de carro bloqueado
13	Contactador de freno de carro quemado

Tabla 6 Análisis de las fallas críticas de las torres grúas

3.2.4 Índice de riesgo Para cada falla

De acuerdo al análisis de modo y efecto de falla y clasificación obtenida a través del NPR (Número de prioridad de riesgo), se selecciona las fallas inaceptables y de reducible aceptable, para poder ejecutar estrategias de plan de mantenimiento, centrado en la confiabilidad.

Así podemos mostrar los resultados por torre grúa:

Torre grúa 4: Fallas inaceptables 2 y fallas de reducción deseable 3. (ver anexo 06)

Torre grúa 11: fallas de reducción deseable 3. (ver anexo 07)

Torre grúa 33: fallas inaceptables 2 y fallas de reducción deseable 6. (ver anexo 08)

Torre grúa 2: fallas inaceptables 1 y fallas de reducción deseable 2. (ver anexo 09)

Torre grúa 23: fallas de reducción deseable 2. (ver anexo 10)

3.2.4 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

A continuación, se desarrollan las AMEF para cada falla crítica de cada grúa torre, a través de hojas de información y decisiones que son usadas en esta herramienta.

En estas hojas de información por grúa se detalla lo siguiente: función, falla funcional, modo de falla-causa, y efecto de falla-lo que sucede cuando falla. (ver anexos 11,12,13,14,15)

En las hojas de decisión se detalla lo siguiente: tareas propuestas, frecuencia inicial, realización de la tarea, y costo por prevención. (ver anexos 16,17,18,19,20)

Lo anterior mencionado nos ayudara a elaborar nuestro plan de mantenimiento para cada equipo.

3.2.4 Plan de mantenimiento preventivo

Tomando en cuenta todo lo recabado como información a través de las técnicas y procedimientos de ingeniería se desarrolló planes de mantenimiento preventivo para cada torre grúa los cuales nos detallan las tareas a realizar, la frecuencia y persona a realizarla con el objetivo de disminuir las fallas frecuentes en los equipos. (ver anexos 21,22,23,24,25)

3.3. Evaluación Económica

Para realizar la proyección se hizo uso de las fallas y tiempos del año pasado de las 5 torres grúas que presentaban estado crítico. Así como se muestra en la siguiente tabla.

NUMERO DE TORRE GRUA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	N° DE FALLAS/ AÑO 2021	COSTOS POR REPARACIONES S/
TORRE-04	336	168	53	75798
TORRE-11	313.6	156.8	48	74142
TORRE-33	302.4	151.2	48	67176
TORRE-02	253.4	126.7	46	54576
TORRE-23	225.4	112.7	44	52344
TOTAL	1430.8	715.4	239	324036

Tabla 7 Fallas y tiempos año 2021

La tabla 7 muestra el tiempo, el número de fallas, además de los costos por reparaciones de las 5 torres grúas que se evaluaron en el año 2021, siendo el total de éstos S/ 324036.

NUMERO DE TORRE GRUA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	N° DE FALLAS/ AÑO 2022	COSTOS POR REPARACIONES S/
TORRE-04	240	398	44	42110
TORRE-11	224	367	40	41190
TORRE-33	216	315	40	37320
TORRE-02	181	301	38	30320
TORRE-23	161	405	37	29080
TOTAL	1022	1786	199	180020

Tabla 8 Fallas y tiempos año 2022

En la tabla 8 se muestra los tiempos, fallas y costos proyectados para todo el año

2022 de las 5 torres grúa, siendo el total de estos S/. 180020.

3.3.1 Comparación de indicadores de los años 2021- 2022

NUMERO DE TORRE GRUA	TIEMPO TOTAL	TPPR	TPEF	DISPONIBILIDAD	TASA DE FALLAS	CONFIABILIDAD	TASA DE REPARACIONES	MANTENIBILIDAD
TORRE-04	504	6.364	3.182	33%	0.314	20.52%	0.157	54.7%
TORRE-11	470	6.533	3.267	33%	0.306	23.69%	0.153	51.3%
TORRE-33	454	6.300	3.150	33%	0.317	23.69%	0.159	51.3%
TORRE-02	380	5.557	2.779	33%	0.360	25.46%	0.180	49.5%
TORRE-23	338	5.077	2.538	33%	0.394	26.39%	0.197	48.6%

Tabla 9 Resumen de indicadores de mantenimiento año 2021

En la tabla 9 se presenta el resumen de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de cada uno de las 5 torres grúas evaluados en el año 2021.

NUMERO DE TORRE GRUA	TIEMPO TOTAL	TPPR	TPEF	DISPONIBILIDAD	TASA DE FALLAS	CONFIABILIDAD	TASA DE REPARACIONES	MANTENIBILIDAD
TORRE-04	638	5.455	9.053	62.401%	0.110	49.4%	0.183	69.0%
TORRE-11	591	5.600	9.177	62.102%	0.109	52.5%	0.179	65.2%
TORRE-33	531	5.400	7.875	59.321%	0.127	51.0%	0.185	62.6%
TORRE-02	482	4.763	7.913	62.424%	0.126	54.4%	0.210	63.6%
TORRE-23	566	4.351	10.942	71.548%	0.091	59.6%	0.230	72.8%

Tabla 10 Resumen de indicadores de mantenimiento año 2022

En la tabla 10 se presenta el resumen de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de cada uno de las 5 torres grúas proyectados en el año 2022.

PREVENCIÓN	
NUMERO DE TORRE GRUA	COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO S/
TORRE-04	S/. 3,800.00
TORRE-11	S/. 1,450.00
TORRE-33	S/. 2,950.00
TORRE-02	S/. 2,050.00
TORRE-23	S/. 1,200.00
TOTAL	S/. 11,450.00

Tabla 11 Costo por mantenimiento preventivo de las torres grúas

En la tabla 11 se muestran los totales de los costos por mantenimiento preventivo que se determinaron para cada uno de las 5 torres grúas. El cual da como monto total S/.11 450.

3.3.2 Costo-Beneficio

NUMERO DE TORRE GRUA	TPR (Hrs/año) ANTES	TPR (Hrs/año) DESPUÉS	AHORRO EN HORAS PERDIDAS (Hrs/año)	COSTOS DE REPARACIÓN (N.S/año -2021)	COSTOS DE REPARACIÓN (N.S/año-2022)	AHORRO (N.S/año)
TORRE-04	336	240	96	S/. 75,798.00	S/. 42,110.00	S/. 33,688.00
TORRE-11	313.6	224	89.6	S/. 74,142.00	S/. 41,190.00	S/. 32,952.00
TORRE-33	302.4	216	86.4	S/. 67,176.00	S/. 37,320.00	S/. 29,856.00
TORRE-02	253.4	181	72.4	S/. 54,576.00	S/. 30,320.00	S/. 24,256.00
TORRE-23	225.4	161	64.4	S/. 52,344.00	S/. 29,080.00	S/. 23,264.00
PAGO PLANILLA AÑO 2021 POR HORAS NO TRABAJADAS				S/. 15,000.00	S/. 0	S/. 0
COSTO DE POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO					S/. 11,450.00	
TOTAL				S/. 339,036.00	S/. 180,020.00	S/. 144,016.00

Tabla 12 Resumen de los costos por reparación año 2021-2022 y el ahorro obtenido

En la tabla 12 se puede apreciar el antes y después de los tiempos por reparación,

costos de las torres grúas; así como el ahorro en soles. Además del pago de planilla de las horas no trabajadas en el 2021; dando un costo total de S/. 339,036.00 mientras que para el año 2022 se estima que el costo será de S/. 180,020.00 ya que se suma los costos por mantenimiento preventivo.

El beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es: $B. \text{ ahorro} = S/.$

144,016

	Año 2021	Año 2022	AHORRO
GASTO POR NATURALEZA (REPARACIONES)	339,036	180,020	159,016
PLANILLAS PARA TODO EL AÑO	50,400	50,400	-
COSTO TOTAL AÑO	389,436	230,420	159,016

Tabla 13 Resumen de los costos totales año 2021-2022

En la tabla 13 se observa los costos totales generados en el 2021 y 2022, siendo éstos S/. 389,436 y S/. 230,420 respectivamente; se aprecia además que hay un ahorro de S/. 159,016.

Estado de resultados	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33
Costos operativos		1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42	1,469.42
Gastos Administrativos		120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Utilidad antes del impuesto		11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92	11,661.92
Impuestos		3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58	3,498.58
Utilidad neta		8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34	8,163.34

Tabla 14 Estado de Resultados

Flujo de Caja	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33	13,251.33
Egresos		4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41	4,954.41
Flujo de Caja	-17,633.00	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93	8,296.93
Flujo de Caja acumulado		-9,336.08	-1,039.15	7,257.78	15,554.70	23,851.63	32,148.55	40,445.48	48,742.40	57,039.33	65,336.25	73,633.18	81,930.10

Tabla 15 Flujo de Caja

Indicadores financieros		Costo Beneficio	
	COK		
	10%		
VAN	38,900	VAN Ingresos	S/ 90,290.50
TIR	47%	VAN Egresos	S/ 33,757.81
PRI (años)	2.1252	B/C	2.67

Tabla 16. Indicadores financieros y costo-beneficio-2022

1. Los ingresos proyectados mensuales corresponden al beneficio obtenido por el ahorro anual (159016) entre 12.
2. Los costos operativos mensuales, ya incluyen el costo de depreciación (10%) en los estados financieros, más no en el flujo de caja por no ser efectivo.
3. Se considera un COK del 10%.
4. Por cada sol de inversión se obtiene 2.67 soles de beneficio.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Limitaciones

Las limitaciones que se tuvieron en la recolección de información en el desarrollo de la investigación, podemos mencionar las siguientes:

Al no tener una gestión de mantenimiento no había mucha data en cuanto a registros así que se trabajó con la información de los últimos 12 meses.

Los cuestionarios realizados no se pudieron realizar a todo el personal de la empresa ya que se encontraban laborando en distintas obras, así que solo fue a la gerencia, técnico electromecánico y operadores de torre en planta.

4.2. Interpretación Comparativa

Como resultados obtenidos con respecto a la propuesta de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de servicios es conseguir disminuir en un 17% las fallas frecuentes de los equipos con mas de 40 fallos al año, así que para llegar a este resultado debemos de cumplir todo lo desarrollado anteriormente sin descartar poder mejorarlo.

Al respecto (Timoteo Lluen, 2022) en su tesis mediante su propuesta de un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de reducir perdidas de producción y utilidades económicas consiguió incrementar la producción en 57 173 sacos de arroz de 50 kg, obteniendo nuevos ingresos promedios valorizados en S/. 857 587,50 anuales. Asimismo, la disponibilidad se incrementa en 5,5% y la confiabilidad a 48,2; la mantenibilidad se redujo en 0,8 horas y así también las horas de parada de 544,5 en 220,5 horas.

Asimismo (Leon Flores, 2016) en su tesis realizada como propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar los costos operativos nos indica como resultado que los beneficios mensuales serán de S/.2827.78 nuevos soles, además se obtuvo un TIR del 4% que es mayor que COK que es del 3% y un VAN de S/. 9360.16 nuevos soles por lo que su proyecto es viable.

Como también (Vasquez Pinchi, 2018) en su tesis propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de las máquinas, en sus resultados concluye que se logró incrementar la productividad en un 22% y además menciona que también aumento la eficiencia y eficacia consiguiendo un 24% mas en eficiencia y 18% mas en eficacia habiendo una relación directa entre ellas.

4.3. Conclusiones

- Se consigue como resultado con la propuesta del mantenimiento preventivo reducir las fallas frecuentes de las grúas identificadas como críticas según el análisis de criticidad en un 17%.
- Se logra elaborar gracias a las herramientas de ingeniería un diagnóstico de las posibles causas de las fallas frecuentes, así como la información de cada equipo crítico.
- Se logra realizar un diagnóstico sobre los equipos e identificar los críticos para luego proponer mejoras apoyados por el AMEF, obteniendo finalmente el tipo de mantenimiento preventivo.

- Al implementar el mantenimiento preventivo en los equipos críticos se obtiene una relación de que por cada sol invertido se tiene S/ 2.67 de beneficio, esto nos indica que nuestra propuesta es rentable.
- La aplicación de esta investigación en el área de torres grúas será de un gran aporte ya que hoy en la actualidad las empresas que cuentan con este tipo de equipos no tienen alguna gestión de mantenimiento que les permitan elegir el correcto tipo de mantenimiento que les ayude a reducir sus fallas y les permita ser un negocio mucho más rentable.

REFERENCIAS

Acuña Escalante, E. (2016). Diseño de un plan estratégico de mantenimiento preventivo para una flota de tractocamiones kenworth en la empresa transportes Hagemsa. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.

Atz Tuy, M. (2018). Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para el servicio de lavandería del hospital nacional de Chimaltenango. Chimaltenango, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Barrera López, E., y Estrada Baquedano, Z. (2017). Propuesta de mantenimiento preventivo para flotas de camiones modelo Mack, en el plantel los cocos (alcaldía de Managua). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería Uni-Rupap.

Bringas Contreras, J. (2020). Propuesta de mejora mediante un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la rentabilidad de la empresa transportes Aranda s.a.c. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.

Ccoyo Castillo, C. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Inversiones Millma Perú sac. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.

Cruz Espinoza, R. (2017). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el área de envasado, en la empresa Anypsa Corporation s.a. 2017. Lima, Perú: Universidad Privada del Norte.

Gardella Gonzalez, M. (2010). Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Gil Sandoval, H. (2018). Propuesta de un plan mantenimiento preventivo eléctrico para mejorar la productividad de la maquina desmoldeadora en la empresa Funvesa, Callao 2018. Callao, Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Guevara Mendoza, R., y Osorio Azaquita, P. (2014). Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicios de transporte interdepartamentales. Barranquilla, Colombia: Universidad Autónoma del Caribe.

León Flores, A. (2016). Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el caldero de la empresa industrial Center Wash. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.

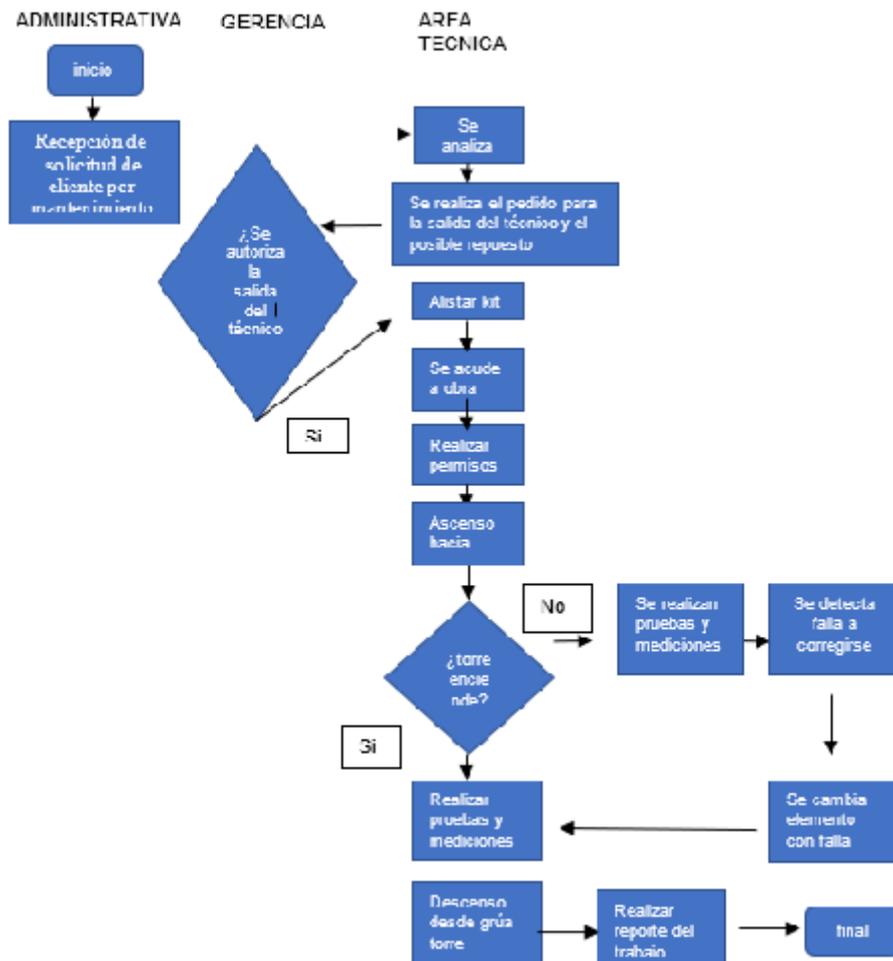
Silva Franco, A. (2015). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea quantum de la empresa papeles nacionales s.a. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

Timoteo Lluen, D. (2018). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera para reducir pérdidas. Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Yparraguirre Zelada, Y. (2018). Estudio de paradas de máquina y propuesta de plan de mantenimiento preventivo fábrica de envases de lata Lux s.a. Lima, Perú: Universidad Privada del Norte.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Diagrama de flujo – mantenimiento correctivo



ANEXO N° 02. *Cuestionario 1*

Gerente de la Empresa de Servicios	
CUESTIONARIO 1	RESPUESTAS:
1. ¿Cuál es el año de fabricación que tienen las grúas?	El año de fabricación está entre 1997- 2005.
2. ¿Existen registros históricos de averías o daños de las grúas?	No existen.
3. ¿Con qué frecuencia presentan las fallas las grúas?	Algunas presentan cada 4 días, semanalmente, quincenalmente, mensualmente o bimensual.
4. ¿Cuales son las fallas mas frecuentes de las grúas?	Fallan mayormente sistema electrónico de giro, carro y elevación, así también mecánico como poleas y cable metálico.
5. ¿Se realizan tareas aisladas de mantenimiento preventivo para la conservación de las maquinas?	No, pero puede ser una muy buena opción.
6. ¿Existe un plan de mantenimiento en la empresa?	No, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento.
7. ¿Las reparaciones son terciarizadas y lo realizan especialistas?	No son terciarizadas.
8. ¿La empresa cuenta con stock de repuestos?	La empresa cuenta con un reducido número de repuestos.
9. ¿La empresa cuenta con personal calificado para realizar tareas de mantenimiento?	Sí, pero solo cuenta con un único personal calificado.
10. ¿La empresa capacita a sus trabajadores en materia de mantenimiento?	No existe capacitación alguna en tema de mantenimiento.
11. ¿La empresa capacita a sus operadores para el buen uso de las grúas?	No, debido a que contrata personal con experiencia.

ANEXO N° 03. Matriz de criticidad

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

ANEXO N° 04. Cuestionario 2

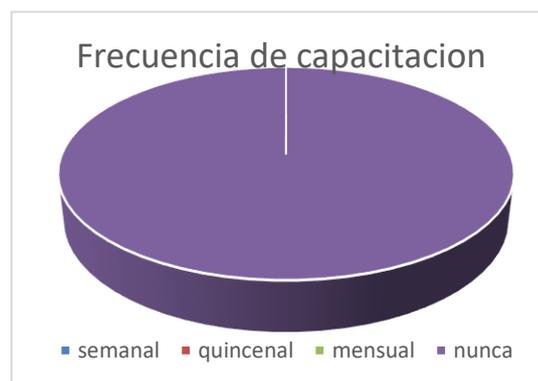
CUESTIONARIO

1 ¿Recibe Ud. capacitaciones sobre mantenimiento mecánico?



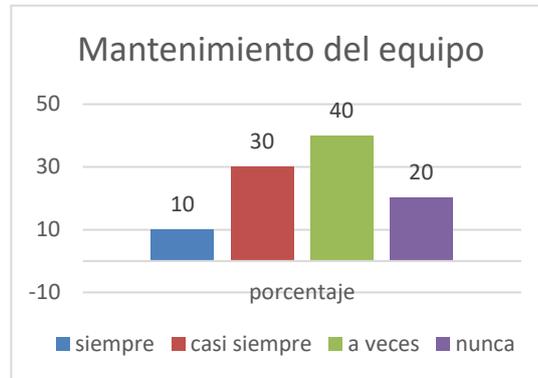
Según la encuesta el 95% de los operadores no recibió capacitación en mantenimiento y el 5% afirmaron recibir capacitación en mantenimiento mecánico.

2. ¿Con qué frecuencia la empresa brinda capacitación sobre mantenimiento mecánico?



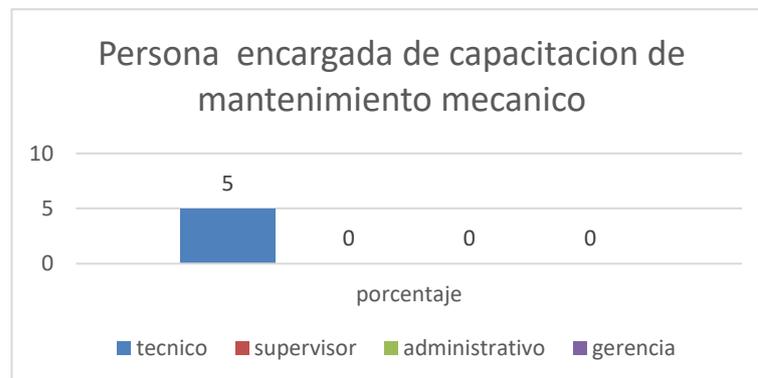
El gráfico nos muestra que no existe una frecuencia en capacitación en mantenimiento en ningún intervalo de tiempo.

3. ¿Puede afirmar que el equipo que operara tiene el mantenimiento preventivo en su primer día de trabajo?



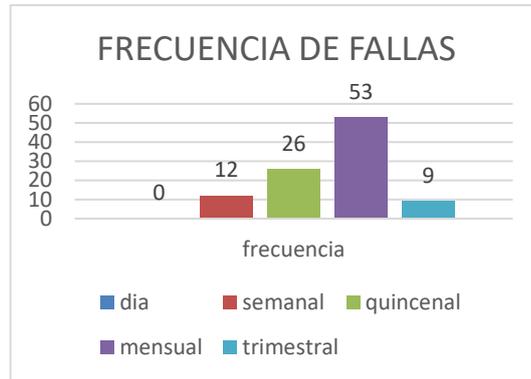
En La figura, muestra las respuestas en porcentaje donde siempre obtiene 10, casi siempre 30, a veces 40, y nunca 20, esto con respecto si pueden afirman que el equipo cuenta con su mantenimiento preventivo.

4. ¿ Qué persona realiza las capacitaciones de mantenimiento mecánico?



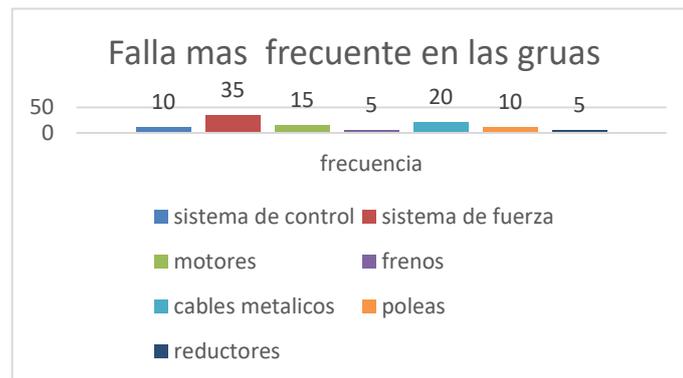
En la figura, se muestra que es casi nula la capacitación en mantenimiento mecánico, donde solo personal técnico obtiene el 5%.

5. ¿Cuál es la frecuencia en que se presentan las fallas en las grúas?



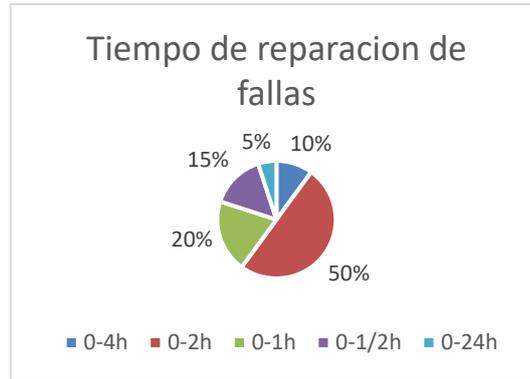
En la figura, se muestra que las fallas se producen en un porcentaje mas alto mensualmente con 53%, seguido de quincenal con 26%, luego de forma semanal con 12% y por último trimestralmente con 9%.

6. ¿Cuál es la falla mas común que se presenta en las grúas?



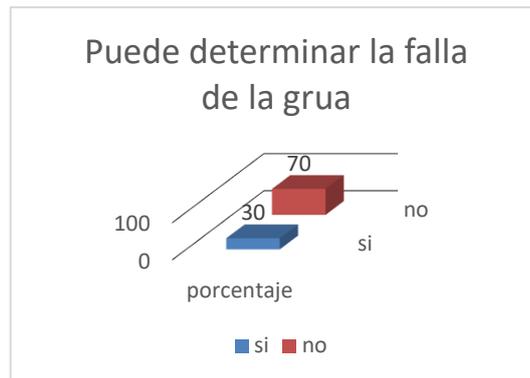
En la figura, se muestra que las falla mas frecuente se presenta en el sistema de fuerza con 35%, cables metálicos 20%, motores 15%, sistema de control y poleas 10%, y por ultimo frenos y reductores 5%.

7. ¿Qué tiempo aproximadamente demora la reparación de la falla?



En la figura, se muestra que las reparaciones son mayormente en un tiempo de 0-2h con 50%, de 0-1h con 20%, de 0-1/2h con 15%, de 0-4h con 10%, y por último de 0-24h con 5%.

8. ¿ En caso de fallas, podría determinar de forma exacta cuál sería la falla en la grúa?



En la figura, se muestra que los operadores encuestados que pueden determinar la falla de la grúa son un 30%, mientras que los que no pueden determinar son en mayor numero con un 70%.

9. ¿Si se produjera una falla, que haría?

Accion durante la falla



En figura, se muestra que la gran mayoría que es el 80% de los operadores pararía la grúa, mientras que lo operadores que intentarían reparar solo es el 20%.

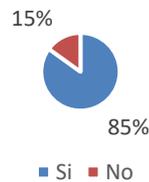
10. ¿A quien avisarían por la falla en la grúa?



En la figura, se muestra que la mayoría de los operadores encuestados daría aviso al técnico con un 80%, luego al administrativo con un 18%, y por ultimo al gerente con un 2%.

11. ¿Consideras que el Programa de Mantenimiento Preventivo contribuye a mejorar el patrimonio de la empresa?

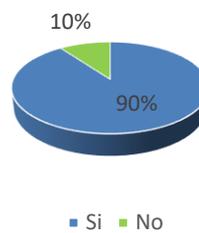
Programa de mantenimiento preventivo y patrimonio



En la figura, según la encuesta se muestra que los operadores en un 85% piensan que el programa de mantenimiento preventivo colabora en mejorar el patrimonio de la empresa, mientras que un 15% mencionan que no influye.

12. ¿Consideras que la disponibilidad de los activos contribuye a la mejora de la productividad?

Relacion Disponibilidad entre Productividad



En la figura, según la encuesta se muestra que los operadores en un 90% consideran que la disponibilidad de los activos influyen en la productividad, mientras que el 10% restantes piensan lo contrario.

ANEXO N° 05. Rango Número de prioridad de riesgo

SEVERIDAD		
EFFECTO	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO PARA AMECF DE DISEÑO	FILE
Peligros; sin alarma	El incidente afecta la operación segura de la unidad, sin alarma	10
Peligros; con alarma	El incidente afecta la operación segura de la unidad, con alarma	9
Muy Arriba	La unidad es inoperable con pérdida de función primaria	8
Alto	La unidad es operable pero en un nivel muy reducido del funcionamiento	7
Moderado	La unidad es operable pero en un nivel reducido del funcionamiento	6
Bajo	La unidad es operable a un nivel reducido de funcionamiento	5
Muy Bajo	Las personas ajenas a la unidad notan los defectos	4
De menor importancia	El operador de la unidad nota los defectos	3
Muy de menor importancia	Solo el personal de mantenimiento nota los defectos	2
Ninguno	Ningún Efecto	1

DETECCION		
DETECCION	CRITERIOS: PROBABILIDAD DE LA DETECCION POR CONTROL DE DISEÑO	FILE
Incertidumbre absoluta	El control de diseño no detecta una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente; o no hay control de diseño	10
Muy alejado	La probabilidad muy alejada de que el control de diseño detecte una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	9
Alejado	La probabilidad alejada de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	8
Muy bajo	La probabilidad muy baja de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	7
Bajo	La probabilidad baja de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	6
Moderado	La probabilidad moderada de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	5
Moderadamente Alto	La probabilidad moderada alta de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	4
Alto	La alta probabilidad de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	3
Muy Alto	La probabilidad muy alta de que el control de diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	2
Casi Seguro	El control de diseño detectará casi ciertamente una causa potencial del incidente o del modo de falla subsecuente	1

OCURRENCIA		
PROBABILIDAD DE INCIDENTE	PORCENTAJE DE AVERIAS	FILE
Muy arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes Repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes Ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15000	3
	1 en 150000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1500000	1

	NPR	>	200	Inaceptable	(I).
200 >	NPR	>	125	Reducción deseable	(R).
125 >	NPR			Aceptable	(A).

ANEXO N° 06. Número de prioridad de riesgo torre grúa #4

TORRE GRÚA D12 # 4		Índices de riesgos			Resultados	
Ítem	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación de la falla
					G*O*D	
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	8	6	8	384	INACEPTABLE
2	Tarjeta electrónica de control averiada	8	5	7	280	INACEPTABLE
3	Contactador elevación primera en corto	8	2	7	112	ACEPTABLE
4	Cable metálico picado	10	3	7	210	INACEPTABLE
5	Motor de elevación quemado	9	3	7	189	REDUCCIÓN DESEABLE
6	Reductor de elevación trabado	9	1	8	72	ACEPTABLE
7	Falla en parte móvil del sistema de freno	9	3	7	189	REDUCCIÓN DESEABLE
8	Rectificador de freno en corto	9	4	7	252	INACEPTABLE
9	Contactador de freno elevación quemado	9	2	8	144	REDUCCIÓN DESEABLE
10	Reductor de giro trabado	9	1	7	63	ACEPTABLE
11	Motor de giro en corto	9	1	7	63	ACEPTABLE
12	Temporizador electrónico de carro bloqueado	7	1	7	49	ACEPTABLE
13	Contactador de freno de carro quemado	8	2	7	112	ACEPTABLE

ANEXO N° 07. Número de prioridad de riesgo torre grua #11

TORRE GRUA MC 80 # 11		Índices de riesgos			Resultados	
Ítem	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación de la falla
					G*O*D	
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	8	3	8	192	REDUCCIÓN DESEABLE
2	Tarjeta electrónica de control averiada	8	2	7	112	ACEPTABLE
3	Contactador elevación primera en corto	8	2	7	112	ACEPTABLE
4	Cable metálico picado	10	1	7	70	ACEPTABLE
5	Motor de elevación quemado	9	1	7	63	ACEPTABLE
6	Reductor de elevación trabado	9	1	8	72	ACEPTABLE
7	Falla en parte móvil del sistema de freno	9	1	7	63	ACEPTABLE
8	Rectificador de freno en corto	9	2	7	126	REDUCCIÓN DESEABLE
9	Contactador de freno elevación quemado	9	2	8	144	REDUCCIÓN DESEABLE
10	Reductor de giro trabado	9	1	7	63	ACEPTABLE
11	Motor de giro en corto	9	1	7	63	ACEPTABLE
12	Temporizador electrónico de carro bloqueado	7	2	7	98	ACEPTABLE

ANEXO N° 08. Número de prioridad de riesgo torre grúa #33

TORRE GRÚA MC85 B # 33		Índices de riesgos			Resultados	
Ítem	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación de la falla
					G*O*D	
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	8	2	8	128	REDUCCIÓN DESEABLE
2	Contactador elevación primera en corto	8	6	7	336	INACEPTABLE
3	Cable metálico picado	10	2	7	140	REDUCCIÓN DESEABLE
4	Motor de elevación quemado	9	1	7	63	ACEPTABLE
5	Reductor de elevación trabado	9	1	8	72	ACEPTABLE
6	Falla en parte móvil del sistema de freno	9	2	7	126	REDUCCIÓN DESEABLE
7	Rectificador de freno en corto	9	3	7	189	REDUCCIÓN DESEABLE
8	Contactador de freno elevación quemado	9	6	8	432	INACEPTABLE
9	Motor de giro en corto	9	1	7	63	ACEPTABLE
10	Temporizador electrónico de carro bloqueado	7	4	7	196	REDUCCIÓN DESEABLE
11	Contactador de freno de carro quemado	8	3	7	168	REDUCCIÓN DESEABLE

ANEXO N° 09. Número de prioridad de riesgo torre grúa #2

TORRE GRÚA MC45 # 2		Índices de riesgos			Resultados	
Ítem	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación de la falla
					G*O*D	
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	8	2	8	128	REDUCCIÓN DESEABLE
2	Contactador elevación primera en corto	8	4	7	224	INACEPTABLE
3	Cable metálico picado	10	1	7	70	ACEPTABLE
4	Motor de elevación quemado	9	1	7	63	ACEPTABLE
5	Falla en parte móvil del sistema de freno	9	1	7	63	ACEPTABLE
6	Rectificador de freno en corto	9	3	7	189	REDUCCIÓN DESEABLE
7	Contactador de freno elevación quemado	9	1	8	72	ACEPTABLE
8	Motor de giro en corto	9	1	7	63	ACEPTABLE
9	Temporizador electrónico de carro bloqueado	7	1	7	49	ACEPTABLE
10	Contactador de freno de carro quemado	8	2	7	112	ACEPTABLE

ANEXO N° 10. Número de prioridad de riesgo torre grúa #23

TORRE GRÚA MC65 # 23		Índices de riesgos			Resultados	
Ítem	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación de la falla
					G*O*D	
1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	8	3	8	192	REDUCCIÓN DESEABLE
2	Contactador elevación primera en corto	8	2	7	112	ACEPTABLE
3	Cable metálico picado	10	1	7	70	ACEPTABLE
4	Motor de elevación quemado	9	1	7	63	ACEPTABLE
5	Falla en parte móvil del sistema de freno	9	1	7	63	ACEPTABLE
6	Rectificador de freno en corto	9	2	7	126	REDUCCIÓN DESEABLE
7	Contactador de freno elevación quemado	9	1	8	72	ACEPTABLE
8	Contactador de distribución averiado	9	1	7	63	ACEPTABLE
9	Temporizador electrónico de carro bloqueado	7	2	7	98	ACEPTABLE
10	Contactador de freno de carro quemado	8	1	7	56	ACEPTABLE

ANEXO N° 11. Hoja de información de torre grúa #4

HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
ELEMENTO:		TORRE GRÚA D12 #4		Fecha realización:	2022	Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO
COMPONENTE:		SISTEMA DE IZAJE		Fecha revisión:	2022	Revisado por:	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa)		EFECTO DE FALLA (Qué sucede cuando falla)		
1	ELEVAR Y DESCARGAR CARGAS CON UN MÁXIMO DE 2500KG EN SIMPLE REENVIO Y 5000KG EN DOBLE REENVIO	FALLA DEL SISTEMA DE GIRO NO PERMITIENDO EL MOVIMIENTO EN NINGUNA DIRECCIÓN	1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	Paro funcional del sistema de giro imposibilitando las maniobras del equipo. Se hace necesario el mantenimiento correctivo reconectando el equipo en 3 horas.		
			2	Tarjeta electrónica de control averiada	Averia en curso provocando un mal control del sistema de giro, se necesitara programar cambio del elemento		
		FALLA DEL SISTEMA DE ELEVACION NO PERMITIENDO LEVANTAR NI BAJAR ALGUNA CARGA	1	Cable metalico picado	Paro del equipo por fractura del cable metalico, se hara necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 12 horas.		
			2	Motor de elevación quemado	Paro del equipo imposibilitando la elevación y bajada de cargas, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 12 horas.		
			3	Falla en parte móvil del sistema de freno	Paro del equipo por deslizamiento excesivo en el sistema de frenado, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 4 horas.		
			4	Rectificador de freno en corto	Paro del equipo por inhabilitación y bloqueo del freno de motor, se hace necesario el cambio su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3 horas.		
			5	Contactador de freno elevación quemado	Paro del equipo imposibilitando el movimiento del motor por frenado permanente, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3.6 horas.		

ANEXO N° 12. Hoja de información de torre grúa #11

HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
ELEMENTO:		TORRE GRÚA MC 80 #11		Fecha realización:	2022	Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO
COMPONENTE:		SISTEMA DE IZAJE		Fecha revisión:	2022	Revisado por:	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa)		EFECTO DE FALLA (Qué sucede cuando falla)		
1	ELEVAR Y DESCARGAR CARGAS CON UN MÁXIMO DE 2500KG EN SIMPLE REENVIO Y 5000KG EN DOBLE REENVIO	FALLA DEL SISTEMA DE GIRO NO PERMITIENDO EL MOVIMIENTO EN NINGUNA DIRECCIÓN	1	Tarjeta de fuerza en corto	Paro funcional del sistema de giro imposibilitando las maniobras del equipo. Se hace necesario el mantenimiento correctivo reconectando el equipo en 3 horas.		
		FALLA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN NO PERMITIENDO LEVANTAR NI BAJAR ALGUNA CARGA	1	Rectificador de freno en corto	Paro del equipo por inhabilitación y bloqueo del freno de motor, se hace necesario el cambio su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3 horas.		
			2	Contactador de freno elevación quemado	Paro del equipo imposibilitando el movimiento del motor por frenado permanente, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3.6 horas.		

ANEXO N° 13. Hoja de información de torre grúa #33

HOJA DE INFORMACIÓN RCM								
ELEMENTO:		TORRE GRÚA MC 85B #33		Fecha realización:	2022		Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO
COMPONENTE:		SISTEMA DE IZAJE		Fecha revisión:	2022		Revisado por:	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa)		EFECTO DE FALLA (Qué sucede cuando falla)			
1	ELEVAR Y DESCARGAR CARGAS CON UN MÁXIMO DE 2500KG EN SIMPLE REENVIO Y 5000KG EN DOBLE REENVIO	FALLA DEL SISTEMA DE GIRO NO PERMITIENDO EL MOVIMIENTO EN NINGUNA DIRECCIÓN	1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	Paro funcional del sistema de giro imposibilitando las maniobras del equipo. Se hace necesario el mantenimiento correctivo reconectando el equipo en 3 horas.			
		FALLA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN NO PERMITIENDO LEVANTAR NI BAJAR ALGUNA CARGA	1	Contactor de elevación primera en corto	Paro del equipo imposibilitando el movimiento del motor en primera velocidad, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3.7 horas.			
			2	Cable metálico picado	Paro del equipo por fractura del cable metálico, se hara necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 12 horas.			
			3	Falla en parte móvil del sistema de freno	Paro del equipo por deslizamiento excesivo en el sistema de frenado, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 4 horas.			
			4	Rectificador de freno en corto	Paro del equipo por inhabilitación y bloqueo del freno de motor, se hace necesario el cambio u cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3 horas.			

ANEXO N° 14. Hoja de información de torre grúa #2

HOJA DE INFORMACIÓN RCM								
ELEMENTO:		TORRE GRÚA MC 45 #2		Fecha realización:	2022		Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO
COMPONENTE:		SISTEMA DE IZAJE		Fecha revisión:	2022		Revisado por:	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa)		EFECTO DE FALLA (Qué sucede cuando falla)			
1	ELEVAR Y DESCARGAR CARGAS CON UN MÁXIMO DE 2500KG EN SIMPLE REENVIO Y 5000KG EN DOBLE REENVIO	FALLA DEL SISTEMA DE GIRO NO PERMITIENDO EL MOVIMIENTO EN	1	aTarjeta electrónica de fuerza en corto	Paro funcional del sistema de giro imposibilitando las maniobras del equipo. Se hace necesario el mantenimiento correctivo reconectando el equipo en 3 horas.			
		FALLA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN NO PERMITIENDO LEVANTAR NI BAJAR ALGUNA CARGA	1	Contactor de elevación primera en corto	Paro del equipo imposibilitando el movimiento del motor en primera velocidad, se hace necesario su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3.7 horas.			
			2	Rectificador de freno en corto	Paro del equipo por inhabilitación y bloqueo del freno de motor, se hace necesario el cambio su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3 horas.			

ANEXO N° 15. Hoja de información de torre grúa #23

HOJA DE INFORMACIÓN RCM								
ELEMENTO:		TORRE GRÚA MC 65 #23		Fecha realización:	2022		Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO
COMPONENTE:		SISTEMA DE IZAJE		Fecha revisión:	2022		Revisado por:	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa)		EFECTO DE FALLA (Qué sucede cuando falla)			
1	ELEVAR Y DESCARGAR CARGAS CON UN MÁXIMO DE 2500KG EN SIMPLE REENVIO Y 5000KG EN DOBLE REENVIO	FALLA DEL SISTEMA DE GIRO NO PERMITIENDO EL MOVIMIENTO EN	1	Tarjeta electrónica de fuerza en corto	Paro funcional del sistema de giro imposibilitando las maniobras del equipo. Se hace necesario el mantenimiento correctivo reconectando el equipo en 3 horas.			
		FALLA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN NO PERMITIENDO LEVANTAR NI BAJAR ALGUNA CARGA	1	Rectificador de freno en corto	Paro del equipo por inhabilitación y bloqueo del freno de motor, se hace necesario el cambio su cambio lo antes posible reconectando el equipo en 3 horas.			

ANEXO N° 16. Hoja de decisión de torre grúa #4

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
ELEMENTO			TORRE GRÚA D12 #4										Realizado por:	Fecha de realización:			
COMPONENTE			SISTEMA DE IZAJE							Tareas "a falta de"			Revisado por:	Frecuencia inicial:	Realiza la tarea	Costo por prevención (\$/.)	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3					Tareas Propuestas	a: año m: mes s: semana		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3								
							O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	S	S	S				Verificación visual y mediciones de parámetros eléctricos.	M	Técnico	850.00	
1	A	2	S	N	N	S							No existe mantenimiento programado				
1	B	1	S	S	N	S	S	S	S				revisión de estructura del cable metálico	M	Operador	900.00	
1	B	2	S	N	N	S	S						toma de medidas eléctricas, megado de la bobina de motor	M	Técnico	850.00	
1	B	3	S	S	N	S	S						Medición eléctrica de la bobina y verificación de tensión de resortes	M	Técnico	600.00	
1	B	4	S	N	N	S	N						Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	350.00	
1	B	5	S	N	N	S	S						Inspección visual de funcionamiento y medición de parámetros eléctricos	M	Técnico	250.00	
																3,800.00	

ANEXO N° 17. Hoja de decisión de torre grúa #11

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
ELEMENTO			TORRE GRÚA MC80 #11										Realizado por:	Fecha de realización:			
COMPONENTE			SISTEMA DE IZAJE										Revisado por:				
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial a: año m: mes s: semana d: día	Realiza la tarea	Costo por prevención (S/-)
F	FF	FM	H	S	E	O	S 1	S 2	S 3	H 4	H 5	S 4					
							O1	O2	O3								
							N1	N2	N3								
1	A	1	S	N	N	S	N	S	S				Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	850	
1	B	1	S	N	N	S	N						Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	350	
1	B	2	S	N	N	S	N						Inspección visual de funcionamiento y medición de parametros eléctricos	M	Técnico	250	
																1450	

ANEXO N° 18. Hoja de decisión de torre grúa #33

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
ELEMENTO		TORRE GRÚA MC 85B #33										Realizado por:	Fecha de realización:				
COMPONENTE		SISTEMA DE IZAJE										Revisado por:					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial a: año m: mes s: semana	Realiza la tarea	Costo por prevención (S/.)
F	FF	FM	H	S	E	O	S 1	S 2	S 3	H 4	H 5	S 4					
							O1	O2	O3								
1	A	1	S	N	N	S	N	S	S				Verificación visual y mediciones de parametros electricos.	M	Técnico	850	
1	B	1	S	N	N	S	N						Inspección visual de funcionamiento y medición de parametros electricos	M	Técnico	250	
1	B	2	S	S	N	S	S	S	S				revisión de estructura del cable metalico	M	Operador	900	
1	B	3	S	S	N	S	S						Medición electrica de la bobina y verificación de tensión de resortes	M	Técnico	600	
1	B	4	S	N	N	S	N						Medicion de voltaje de entrada	M	Técnico	350	
																	2,950.00

ANEXO N° 19. Hoja de decisión de torre grúa #2

HOJA DE DECISIÓN RCM																
ELEMENTO		TORRE GRÚA MC 45 #2										Realizado por:	GIANCARLO BRIONES ALFARO	Fecha de realización:	2022	
COMPONENTE		SISTEMA DE IZAJE										Revisado por:				
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial a: año m: mes s: semana d: día	Realiza la tarea	Costo por prevención (S/.)
F	FF	FM	H	S	E	O	S 1	S 2	S 3	H 4	H 5	S 4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	N	S	S				Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	850
1	B	1	S	N	N	S	N						Inspección visual de funcionamiento y medición de parametros eléctricos	M	Técnico	850
1	B	2	S	N	N	S	N						Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	350
															2050	

ANEXO N° 20. Hoja de decisión de torre grúa #23

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
ELEMENTO		TORRE GRÚA MC 65 #23										Realizado por:	Fecha de realización:		2022		
COMPONENTE		SISTEMA DE IZAJE										Revisado por:					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial a: año m: mes s: semana d: día	Realiza la tarea	Costo por prevención (S/.)
F	FF	FM	H	S	E	O	S 1	S 2	S 3								
							O1	O2	O3								
							N1	N2	N3	H 4	H 5	S 4					
1	A	1	S	N	N	S	N	S	S				Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	850	
1	B	1	S	N	N	S	N						Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	350	
																1,200.00	

ANEXO N° 21. Plan de mantenimiento de torre grúa #4

PLAN DE MANTENIMIENTO											PM N°	1					
ELEMENTO	TORRE GRÚA D12 #4							Fecha realización				Realizado por					
COMPONENTE	SISTEMA DE IZAJE							2022				GIANCARLO BRIONES ALFARO					
ITEM	TAREAS A REALIZAR	Frecuencia	Realiza la tarea	MES													
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
1	Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	revisión de estructura del cable metalico	M	operador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	toma de medidas eléctricas, megado de la bobina de motor	T	técnico			X				X			X			X	
4	Medición electrica de la bobina y verificación de tension de resortes	M	técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	Medición de voltaje de entrada	M	técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	Inspección visual de funcionamiento y medición de parametros eléctricos	M	técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NOVEDADES ENCONTRADAS		ESTADO DE LA TAREA		FRECUENCIA TAREA													
		Programado		x			D	D	D	D	D	S	S	S	M	M	X
		Cumplido					T	T	T	X	C	C	C	A	A		

ANEXO N° 22. Plan de mantenimiento de torre grúa #11

PLAN DE MANTENIMIENTO											PM N°	2					
ELEMENTO	TORRE GRÚA MC 80 #11								Fecha realización			Realizado por					
COMPONENTE	SISTEMA DE IZAJE								2022			GIANCARLO BRIONES ALFARO					
ITEM	TAREAS A REALIZAR	Frecuencia	Realiza la tarea	MES													
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
1	Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Inspección visual de funcionamiento y medicion de parametros eléctricos	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NOVEDADES ENCONTRADAS		ESTADO DE LA TAREA		FRECUCENCIA TAREA													
		Programado		X			D	Diaria		S	Semanal		M	Mensual	X		
		Cumplido					T	Trimestral		C	Semestral		A	Anual			

ANEXO N° 23. Plan de mantenimiento de torre grúa #33

PLAN DE MANTENIMIENTO											PM N°	3				
ELEMENTO	TORRE GRÚA MC 85B #33							Fecha realización				Realizado por				
COMPONENTE	SISTEMA DE IZAJE							2022				GIANCARLO BRIONES ALFARO				
ITEM	TAREAS A REALIZAR	Frecuencia	Realiza la tarea	MES												
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Inspección visual de funcionamiento y medicion de parametros eléctricos	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Revisión de estructura del cable metalico	M	Operador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Medición electrica de la bobina y verificación de tensión de resortes	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOVEDADES ENCONTRADAS		ESTADO DE LA TAREA		FRECUCENCIA TAREA												
		Programado		X			D	Diana		S	Semanal		M	Mensual	X	
		Cumplido					T	Trimestral		C	Semestral		A	Anual		

ANEXO N° 24. Plan de mantenimiento de torre grúa #2

PLAN DE MANTENIMIENTO											PM N°	4				
ELEMENTO	TORRE GRÚA MC 45 # 2							Fecha realización				Realizado por				
COMPONENTE	SISTEMA DE IZAJE							2022				GIANCARLO BRIONES ALFARO				
ITEM	TAREAS A REALIZAR	Frecuencia	Realiza la tarea	MES												
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Inspección visual de funcionamiento y medición de parametros eléctricos	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Medición de voltaje de entrada	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOVEDADES ENCONTRADAS		ESTADO DE LA TAREA		FRECUENCIA TAREA												
		Programado		X			D	D	D	D	S	S	S	M	M	X
		Cumplido					T	T	T	C	C	C	A	A		

ANEXO N° 25. Plan de mantenimiento de torre grúa #23

PLAN DE MANTENIMIENTO											PM N°	5				
ELEMENTO	TORRE GRÚA MC 65 #23										Fecha realización	Realizado por				
COMPONENTE	SISTEMA DE IZAJE										2022	GIANCARLO BRIONES ALFARO				
ITEM	TAREAS A REALIZAR	Frecuencia	Realiza la tarea	MES												
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	Verificación visual y mediciones de parametros eléctricos.	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Medición de voltaje	M	Técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOVEDADES ENCONTRADAS		ESTADO DE LA TAREA		FRECUENCIA TAREA												
		Programado		X			D	Diaría		S	Semanal		M	Mensual	X	
		Cumplido					T	Trimestral		C	Semestral		A	Anual		