



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos en una empresa de postes de concreto, sede Sullana.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Pintado Jimenez, Luz Graciela (orcid.org/0000-0002-1720-4566)

Vílchez Talledo, Cesar Danilo (orcid.org/0000-0001-8625-8261)

ASESOR:

MBA. Rivera Calle, Omar (orcid.org/0000-0002-1199-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, RIVERA CALLE OMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos en una empresa de postes de concreto, sede Sullana.", cuyos autores son VILCHEZ TALLEDO CESAR DANILO, PINTADO JIMENEZ LUZ GRACIELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 24 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
RIVERA CALLE OMAR DNI: 02884211 ORCID: 0000-0002-1199-7526	Firmado electrónicamente por: ORIVERAC el 08-08- 2024 08:00:06

Código documento Trilce: TRI - 0833098





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, VILCHEZ TALLEDO CESAR DANILO, PINTADO JIMENEZ LUZ GRACIELA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos en una empresa de postes de concreto, sede Sullana.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CESAR DANILO VILCHEZ TALLEDO DNI: 42565925 ORCID: 0000-0001-8625-8261	Firmado electrónicamente por: CVILCHEZT el 24-07- 2024 21:28:45
LUZ GRACIELA PINTADO JIMENEZ DNI: 47747673 ORCID: 0000-0002-1720-4566	Firmado electrónicamente por: LGPINTADOJ el 24-07- 2024 21:33:17

Código documento Trilce: TRI - 0833096

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, por sus enseñanzas en valores, a mi esposa Cinthia, por su paciencia, por su comprensión. Y sobre todo a mis hijos que son la parte fundamental en mi vida para seguir superándome y vencer las adversidades sin desfallecer.

César Vílchez

Dedico esta tesis principalmente a Dios por darme vida salud y sabiduría. De igual forma, a mis padres y familia por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida.

Luz Pintado

Agradecimiento

Agradezco al encargado de mantenimiento, José Manrique Sánchez por el apoyo desinteresado hacia mi persona, a la empresa Caplina S.A.C. Sullana por brindarme las facilidades y viabilidad de sus instalaciones.

César Vilchez

Mi total agradecimiento a la empresa Caplina S.A.C Sullana y al jefe de mantenimiento por la oportunidad brindada y el apoyo para hacer realidad que este proyecto se cumpliera.

Luz Pintado

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de los autores	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	13
III. RESULTADOS	18
IV. DISCUSIÓN	28
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	39
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelo matriz de criticidad.....	19
Tabla 2. Criterios de evaluación de criticidad.....	20
Tabla 3. Perdida monetaria de los equipos con riesgo alto, medio y bajo.....	21
Tabla 4. Perdida monetaria de los equipos con riesgo alto, medio y bajo.....	22
Tabla 5. Promedio del MTTR, MTBF y disponibilidad.....	23
Tabla 6. Presupuesto estimado al año.....	24
Tabla 7. Equipos y herramientas para incluir.....	26
Tabla 8. Promedio de los meses (Abril – Mayo – Junio).....	27
Tabla 9. Nueva perdida con reducción en función a la confiabilidad.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de modo de falla.....	18
Figura 2. Factor de criticidad de la maquina.....	21

Resumen

La presente investigación busca implementar un plan de Mantenimiento Preventivo con el fin de incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos, tuvo como objetivo Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos en una empresa de Postes de concreto sede Sullana. En tal sentido, se planteó una investigación del tipo aplicada con su enfoque mixto del tipo pre-experimental, con una población y muestra de 11 equipos, para ello se evaluó la disponibilidad de los equipos, el MTTR y el MTBF antes de y después de la implementación del plan de mantenimiento. Obteniendo como resultados que la disponibilidad de equipos se encontraba en 85.16%, el MTTR en 4.59 y el MTBF 26.02 en promedio; posteriormente se diseñó el plan de mantenimiento preventivo, asignándose un presupuesto de 40 500.00 soles al año, además se mencionaron los equipos, herramientas, fichas técnicas de los equipos de estudio, y la normativa vigente en Perú y el responsable de las actividades, con un promedio de revisiones y cambios de 7 días; por último, después de implementar el plan de mantenimiento, se obtuvo una nueva disponibilidad de 99.16%, un MTTR de 1 y un MTBF de 133.58 generando una considerable mejora.

Palabras clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, organización, evaluación, tiempos.

Abstract

This research seeks to implement a Preventive Maintenance plan in order to increase the availability of electromechanical equipment, its objective was to implement a preventive maintenance plan to increase the availability of electromechanical equipment in a concrete pole company at Sullana headquarters. In this sense, an applied type of research was proposed with its mixed approach of the pre-experimental type, with a population and sample of 11 teams, for this the availability of the teams, the MTTR and the MTBF before and after the implementation of the maintenance plan. Obtaining as results that the availability of equipment was at 85.16%, the MTTR at 4.59 and the MTBF 26.02 on average; Subsequently, the preventive maintenance plan was designed, assigning a budget of 40,500.00 soles per year. In addition, the equipment, tools, technical sheets of the study equipment, and the regulations. In force in Peru and the person responsible for the activities, were mentioned, with a 7 day; average of revisions and changes; Finally, after implementing the maintenance plan, a new availability of 99.16%, an MTTR of 1 and an MTBF of 133.58 were obtained, generating a considerable improvement.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, organisation, evaluation, times

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, adaptándose a las necesidades cambiantes de las empresas y la tecnología. Algunos aspectos clave de su evolución, son el enfoque proactivo; Que originalmente, el mantenimiento preventivo se centraba en rutinas periódicas y planificadas para evitar fallos. Que ocasionan las paradas de máquina, utilizando datos históricos y técnicas predictivas para anticipar problemas antes de que ocurran y así aumentar la disponibilidad en los equipos electromecánicos. Sumado a esto la Tecnología y la digitalización, como el Internet de las cosas (IoT), sensores y análisis de datos han revolucionado el mantenimiento preventivo. Ahora, los equipos pueden monitorearse en tiempo real, lo que permite una detección temprana de anomalías y una respuesta más rápida. Las personalizaciones en los planes de mantenimiento preventivo ahora se adaptan a las características específicas de cada equipo. Considerándose la criticidad, el entorno operativo y las recomendaciones del fabricante (Van, 2022).

El mantenimiento tiene una larga historia que se remonta a la misma existencia de las máquinas. Sin embargo, el mantenimiento industrial, en su forma organizada y sistemática, surgió a principios del siglo XX. Los primeros casos documentados parecen haber ocurrido en fundiciones de Estados Unidos y en el ámbito militar durante la Primera Guerra Mundial. Para 1920, ya se estaban llevando a cabo labores de mantenimiento en plantas industriales, y entre 1928 y 1930, surgieron las primeras consultoras en esta área (Pérez, 2021).

La Segunda Guerra Mundial y el período posterior actuaron como impulsores para el desarrollo del mantenimiento. Fue en este momento cuando se introdujeron programas de mantenimiento preventivo, como la inspección de aviones antes de cada vuelo y el reemplazo de componentes posterior a una cantidad de horas de su funcionamiento. Esto reveló la importancia de comprender el estado de los equipos y la rentabilidad del reemplazo para conservarlos de manera eficiente (Pérez, 2021).

A partir de 1945, se redujo la criticidad de los fallos mediante el diseño de redundancia de componentes, y se formalizaron técnicas de ensayo y medidas físicas para evaluar

la probabilidad de fallo de cada componente. En la década de 1960, se comenzaron a aplicar sistemáticamente técnicas de fiabilidad, lo que permitió predecir los costos derivados de los fallos y calcular la rentabilidad. También en esta época se iniciaron estudios más profundos en el área (Pérez, 2021).

Sin embargo, fue en la década de 1970 cuando surgieron claramente dos enfoques principales en el análisis del mantenimiento, configurando dos escuelas de pensamiento distintas: la Escuela Soviética y la Escuela Occidental. La primera, desde un enfoque constructivo y biológico, introdujo conceptos relacionados con la salud y el envejecimiento, enfocándose en gran medida en el mantenimiento preventivo con diversas técnicas que siguen siendo relevantes hoy en día. Por otro lado, la escuela occidental implementó conceptos económicos que ayudaron a definir la rentabilidad de las operaciones de mantenimiento (Pérez, 2021). Posteriormente con la implementación de nuevas tecnologías la información ha ido llegando a más lugares y la automatización de los procesos han ayudado a optimizar los tiempos y recursos en mayor medida.

A su vez, la optimización de recursos forma parte crucial en el mantenimiento preventivo ya que incluye una mayor eficiencia, se priorizan las tareas según su impacto en la producción y la seguridad. Y por último la integración con la gestión de activos que a, considerando el ciclo de vida completo de los equipos y su relación con otros procesos empresariales. En conclusión, el mantenimiento preventivo ha pasado de ser reactivo a proactivo, aprovechando la tecnología y personalizando las estrategias para mejorar la disponibilidad de los equipos electromecánicos. Permitiendo el mantenimiento preventivo un ahorro del 8 – 12% en comparación con el mantenimiento correctivo. Y a su vez aumentando la disponibilidad de los equipos. Ya que se ha demostrado que un plan de mantenimiento preventivo bien implementado puede aumentar la disponibilidad global en un 5%.

A nivel internacional, Álvarez y Rodríguez (2022), en las empresas industriales de España tienen diferentes tipos de procesos y equipos empleados, donde estos equipos se basan en multietapas, encontrándose fallas en sus equipos y esto se debe a que no tienen un mantenimiento constante; estos equipos al ser de multietapas algunas veces

existen fallas de algún componente, teniendo como consecuencia a las paradas con respecto a estos procesos de producción en la empresa.

Según, Gordeev y Zakharenko (2020), se ha evidenciado en Rusia que las empresas industriales constan con diversas áreas, teniendo como punto principal al área de mantenimiento de los equipos electromecánicos empleados en las empresas; lo cual, es esencial tener un mantenimiento constante de estos equipos electromecánicos para que se pueda evitar ocurrencias de fallas, generando la disminución de costos económicos de mantenimiento y reparaciones de estos equipos.

De la misma forma, Hardt et al. (2021), en la Republica Checa, estas empresas industriales no cuentan con un adecuado mantenimiento preventivo en cuanto a estos equipos electromecánicos, teniendo como consecuencia los altos costes operativos, como para el mantenimiento y para la producción; de esta manera conduce a las constantes fallas en estos equipos y a una baja disponibilidad, presentándose interrupciones inesperadas de la producción.

Asimismo, Islam et al. (2020), en Indonesia estas empresas industriales no cuentan con un apoyo para la implementación del mantenimiento preventivo de estos equipos electromecánicos, teniendo como consecuencia a las paradas e interrupciones en el proceso de producción y las bajas disponibilidades de estos.

Además, Zhang et al. (2020), en China estos equipos electromecánicos debido a la tecnología avanzada son más complejos, generando muchas fallas en sus equipos a consecuencia de que no cuentan con un mantenimiento preventivo conveniente para la empresa, ocasionando grandes pérdidas económicas y graves, y altos costos en los mantenimientos preventivos.

Además, Pinto et al. (2020), en Portugal, se ha observado que algunas empresas están priorizando el mantenimiento en sus planes y estrategias de producción. Para abordar esto, están optando por implementar un plan estratégico en contextos industriales, utilizando la metodología (TPM) con el objetivo de reducir las pérdidas causadas por ineficiencias.

Por otro lado, Pérez et al. (2021), en Ecuador, es primordial ya que al aplicarlo mejora su productividad, considerando tres factores tales como su costo, plazo y calidad; garantizando su actividad de la maquinaria también se respalda el presupuesto y el tiempo.

En cuanto, Uribe (2020), en Perú, en el sector textil, implementaron un enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de las máquinas. Este enfoque les ha permitido tener un mayor control sobre las fallas recurrentes, los costos asociados y el impacto en la producción, entre otros aspectos clave. Esto facilita la identificación de las fallas más críticas y el establecimiento de un cronograma de mantenimiento con instrucciones específicas que benefician a la empresa.

Asimismo, Vergara et al., (2022), en Piura, la ausencia de un plan de mantenimiento ha resultado en insatisfacción por parte de los clientes y pérdidas económicas para las empresas. Esto se debe al aumento del tiempo que las máquinas permanecen inactivas y al incremento de los costos asociados a su mantenimiento.

A nivel local, en la ciudad de Sullana la empresa de Postes de concreto. Constituida en el año 2016, se dedica a la fabricación de postes de concreto armado centrifugado, para líneas aéreas eléctricas de baja y media tensión desde 5 Mt. Hasta 29 Mt, a su vez la empresa fábrica accesorios de concreto vibrado; Como ductos y cajas, para servicios de electrificación de poblaciones, líneas de transmisión, instalación de alumbrado y tendido de líneas telefónicas y/o Telecable y obras civiles. Cuenta con plantas a nivel nacional en ciudades como Lima, Tacna, Sullana e Iquitos. En la actualidad la empresa cuenta con 25 trabajadores, el área de gerencia, contabilidad, administración y el supervisor de planta, ubicados en las oficinas de la ciudad de lima. En la planta sede de Sullana se encuentran el encargado de planta, responsable de planta y/o producción, mantenimiento, almacenero y/o vigilante y personal de producción.

La empresa describía su situación problemática debido a la carencia de un plan de mantenimiento preventivo, identificándolo como una debilidad significativa. Esta situación provocaba paradas frecuentes en los equipos debido a averías y ajustes,

resultando en demoras en los proyectos, períodos de inactividad en la producción y altos costos en mantenimiento correctivo.

Así mismo, se realizó un inventario de activos. Y una recopilación de reportes correctivos de los últimos 5 años de fallas. Determinando que por medio de la data se observa que el equipo electromecánico más crítico, es la Maquina centrifuga, teniendo una cantidad de 22 fallas equivalente a un 15.5% de las fallas acumuladas. Así mismo, se promedió la disponibilidad de los cuatro últimos meses obteniendo un 87.71%

En esta investigación se centra en el área de mantenimiento, determinando que es la encargada de proporcionar eficiencia, en los servicios de mantenimiento correctivo a los equipos electromecánicos de planta, y está bajo la supervisión del encargado de mantenimiento.

Con lo explicado anteriormente, se planteó este problema general, ¿En qué medida se podrá incrementar la disponibilidad de los equipos electromecánicos con la implementación de un plan de mantenimiento en una empresa de Postes de concreto sede Sullana? Asimismo, se plantean los problemas específicos ¿Cuál es la disponibilidad de los equipos electromecánicos en una empresa de Postes de concreto sede Sullana?, ¿Cuál es el diseño del plan de mantenimiento en una empresa de Postes de concreto sede Sullana?, ¿Cuál es la disponibilidad de los equipos electromecánicos después de la implementación del plan de mantenimiento en una empresa de Postes de concreto sede Sullana?

Por lo tanto, esta fundamentación se basa en un enfoque teórico respaldado por fuentes confiables, lo cual permite la evaluación de ambas variables. Además, cuenta con una justificación metodológica que facilita el desarrollo de instrumentos para evaluar estas variables desde un marco teórico y mediante la operacionalización de las mismas. También ofrece una justificación social, ya que esta investigación contribuirá a mejorar la disponibilidad de equipos electromecánicos en las empresas industriales mediante un enfoque adecuado de mantenimiento preventivo. Finalmente, presenta una justificación práctica al buscar aumentar la disponibilidad de los equipos electromecánicos para mejorar la producción en las empresas industriales.

Esta investigación ha planteado el objetivo general, Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos electromecánicos en una empresa de Postes de concreto sede Sullana. De esta manera se tiene los siguientes objetivos específicos, Diagnosticar la disponibilidad de los equipos electromecánicos en una empresa de Postes de concreto sede Sullana, Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de Postes de concreto sede Sullana, Evaluar la disponibilidad de los equipos electromecánicos después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en una empresa de Postes de concreto sede Sullana.

De tal manera, en el artículo de Álvarez y Rodríguez (2022) quienes analizaron en las empresas industriales de España, su influencia del tipo de componentes y funcionamiento sobre la selección de su estrategia de mantenimiento preventivo en máquinas industriales de etapas múltiples; teniendo una metodología tipo descriptiva. Se obtuvo como resultado que la comparación entre diferentes mantenimientos preventivos, mantenimiento de programación preventiva (PPM) proporcionando resultados de eficiencia y disponibilidad muy interesantes en sus componentes. Concluyendo que, con la creación de una matriz multidimensional, se selecciona una mejor estrategia mantenimiento preventivo (PPM, IPPM o intervalo entre PPM e IPPM) para cada componente de su multietapa máquina en función de sus condiciones de funcionamiento, tipo de componente y tiempos de mantenimiento individuales, lo cual, esta matriz puede ser empleada por otras máquinas multietapa de fabricación industrial donde se decide la mejor estrategia de mantenimiento para sus componentes.

Por otra parte, Rébula et al. (2023) en Brasil definieron el intervalo entre su prevención e intervenciones de mantenimiento para su equipo clave de producción en empresa siderúrgica; teniendo su metodología con un enfoque cualitativo y tipo descriptivo. Se obtuvo como resultado que se estableció una frecuencia ideal entre mantenimiento preventivo en una máquina enderezadora, máquina pesada capaz de enderezar objetos de metal laminado en condiciones frías, lo cual, al ser un equipo crítico para su conjunto de proceso de producción, preocupaciones sobre su confiabilidad, disponibilidad y costos generales de producción y mantenimiento; además se empleó el método AHP

para que se jerarquice su periodicidad de mantenimiento preventivo más adecuada. Concluyendo que la aplicación del método AHP para que se jerarquice su periodicidad de mantenimiento se basó en reemplazar piezas basado en su vida útil, horas de inactividad para un mantenimiento preventivo, confiabilidad de equipo, costo de materiales y mano de obra; asimismo, se identificó una periodicidad de mantenimiento preventivo quincenal como la más adecuada para su dispositivo analizado.

Duais et al. (2022) en Arabia Saudita, se propuso el uso de una fórmula matemática para establecer intervalos óptimos en las operaciones de mantenimiento preventivo de máquinas, con el objetivo de reducir el tiempo esperado de falla. La metodología empleada fue de tipo descriptiva y diseño no experimental. Como resultado, las operaciones de mantenimiento preventivo contribuyeron a aumentar el tiempo promedio de operación entre fallas de las máquinas evaluadas. Antes de la implementación del mantenimiento preventivo, el tiempo promedio entre fallas de la máquina Alba 26 era de 6.87898, mientras que después aumentó a 9.77866, representando un incremento del 42%. Para el equipo Crupp 21, el incremento fue del 46%. Esto lleva a la conclusión de que las operaciones de mantenimiento preventivo están efectivamente aumentando la confiabilidad de estos equipos y mejorando su tiempo promedio de operación entre fallas.

Pillado et al. (2022) en México quienes demostraron un sistema de mantenimiento preventivo como un componente clave del procesamiento general de estas organizaciones; su metodología es descriptiva con un diseño no experimental. Obteniendo como resultado que a través del diagrama de flujo se demuestran los diversos pasos a seguir para que se implemente y se mantenga un sistema de este tipo, de tal manera se ha registrado un mejoramiento del tiempo medio entre fallas de 1.176 horas a 1.699 horas, eliminando variaciones entre programas de 79.5 horas a solo 17 horas. Teniendo como conclusión que el elemento clave de este mantenimiento preventivo inicia en técnicas de mantenimientos que pasa por una efectividad de un equipo, estandarización de prácticas de mantenimiento, encuadrando un mantenimiento preventivo hasta estos obstáculos, restricciones y éxitos de estos mantenimientos preventivos.

Ben et al. (2021) en Indonesia investigaron el efecto de mantenimiento preventivo en confiabilidad de sus máquinas en planta embotelladora; teniendo una metodología cuantitativa. Su resultado en cuanto al mantenimiento autónomo (AM) de su equipo establecido como parte de su establecimiento de un eficiente programa de PM para que mejore sus confiabilidades de sus máquinas críticas que se caían de manera continua y con respecto a su confiabilidad de su embotelladora se incrementó de 55.30% a 70.80%, mientras que su EBI y paletizados se incrementó de 89.20% y 87.20% a un 92% y 90.50%. Llegando a concluir que de acuerdo a sus resultados demostraron que existe una falta de comprensión de causa raíz de falla de equipo por parte de su equipo de mantenimiento, donde la planificación, programación y ejecución de sus actividades de mantenimiento no cumplía para que se disminuya sus averías de máquinas y pérdidas de tiempo en su planta.

Hardt et al. (2021) en Suiza, se desarrolló una implementación hipotética y práctica de mantenimiento preventivo, basada en una adaptación única de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Metodológicamente se enmarca en un estudio descriptivo con un diseño no experimental. Como resultado de este enfoque innovador, se verificó e implementó en equipos industriales, enfrentando el desafío de incorporar tecnologías de la Industria 4.0. Esta tecnología se centra en la recopilación y análisis exhaustivo de datos operativos de diversos componentes y usuarios en distintas condiciones, promoviendo mejoras innovadoras en el mantenimiento de equipos para clientes. Se concluye que este enfoque innovador para el mantenimiento preventivo de equipos complejos tiene el potencial de aumentar la eficiencia tanto en la producción como en el mantenimiento de numerosas empresas industriales.

Islam et al. (2020) en Indonesia implementaron su mantenimiento preventivo utilizando el análisis de daño de su máquina; teniendo su metodología de enfoque cuantitativo. Se obtuvo como resultado del FMEA que se utilizará para calcular el RPN (Número de prioridad de riesgo) para cada falla y brindar las recomendaciones que se realizarán en el mantenimiento cuando el valor del RPN sea igual o superior a 125 horas de trabajo; por ello, al utilizar el FMEA, encontramos tres tipos de fallas en sus máquinas como la fuga del componente, el golpe de la máquina y el componente roto. Obteniendo como

conclusión que hay cinco componentes de motor que deben repararse, por lo tanto, sus componentes son la fuga del radiador del ventilador JCW, el golpe fuerte del cilindro, la fuga del tubo de lubricante CVS en la salida del motor, fuga en la lubricación rápida del carril y baja presión del aceite lubricante del balancín.

De tal manera, Mago et al. (2020) en Colombia, quienes implementaron un mantenimiento preventivo y predictivo a estos equipos de procesos de producción en esta empresa; su metodología es de tipo cualitativo y cuantitativo, mediante un análisis documental. Teniendo como resultado que apoyarían a estos servicios que presta EQUIACEROS SAS, donde esto es indispensable que estos equipos no se paralizen en ninguna circunstancia, ya que esta industria metalmecánica requiere de niveles altos de producción. Concluyendo que esta investigación es apoyar a otros estudios futuros que adquiera una mejor gestión de mantenimiento, aplicando habilidades que permitan que se lleve un control de operaciones, realizando continuidades y rutinas de inspección, de esta manera mejorará estos indicadores de fiabilidad de estos equipos.

De tal forma, Martins et al. (2020) en Portugal, se implementaron métodos y filosofías para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo en una empresa de soluciones energéticas, utilizando una metodología de investigación-acción. Después de identificar sus principales problemas, se aplicó una estrategia de mantenimiento mixto basada en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esto resultó en varios logros, como el desarrollo e implementación de un método para clasificar críticamente los equipos según su importancia para el proceso de producción, la creación de un nuevo diagrama de flujo para la gestión del plan de mantenimiento preventivo, y la reducción del tiempo perdido en mantenimiento preventivo (PM). Se introdujeron nuevos indicadores clave de desempeño (KPIs) y se mejoró la tasa de cumplimiento de los planes de mantenimiento, logrando un incremento del 12%. Como resultado final, se proyectó una reducción de €120,060 en costos. La principal contribución de este trabajo fue capacitar a los trabajadores en diversas herramientas para hacer que la función de mantenimiento sea más eficiente.

Zhang et al. (2020) en China, quienes investigaron sobre sus optimizaciones combinadas de mantenimiento preventivo de equipos mecánicos; su metodología fue enfoque cuantitativo y tipo descriptivo. Hallando que se determinó piezas de mantenimiento específicas y sus métodos de mantenimiento para luego adquirir una distribución de costo de mantenimiento y vida útil de acuerdo con los datos históricos, con confiabilidad como restricción combinada con la duración del modelo de reemplazo de servicio para que se optimice el mantenimiento preventivo del dispositivo de acción de algún tipo de equipo mecánico, reduciendo de manera efectiva el costo de mantenimiento y mejorar la eficiencia del mantenimiento. Concluyendo que después de que se recopila el costo de mantenimiento y datos de falla de estos componentes, estimando los parámetros y se decide el mantenimiento combinado de su vida útil; además, mediante su análisis de aplicación anterior, científicidad y viabilidad de la combinación se verifica el modelo de toma de decisiones de mantenimiento, conduciendo a mejorar el nivel de soporte de mantenimiento de equipos.

De tal manera, para profundizar sus variables de estudio se buscó información de autores especialista en mantenimiento preventivo, (Hardt et al., 2021), por ello considero que eliminar anomalías del equipo que influyen indirectamente en su operación. Asimismo, (Mago et al., 2020; Robatto et al., 2022), considera como que garantiza su disponibilidad de equipos, evita fallas críticas, determina el período de vida útil de sus equipos y reduce costos de mantenimiento.

Para la segunda variable de estudio se buscó información de autores especialista en disponibilidad, (Islam et al., 2020), encontrando que este es definido como mantener su calidad y eficiencia de tiempos. Por otro lado, (Buenaño et al., 2019; Flores et al., 2020), se considera como la proporción de tiempo en que su equipo se encuentra en condiciones de ser utilizado, es un porcentaje de equipos en un momento determinado o que es un porcentaje de tiempo que un equipo se encuentra capaz para su operatividad dentro de su procesamiento.

De acuerdo con Hardt et al. (2021), la principal teoría es El Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés), seguido de la reducción de fallas. Por otro lado,

(Martins et al., 2023), se tiene al Mantenimiento centrado en confiabilidad o también llamado RCM por sus siglas en inglés.

Con respecto a sus dimensiones de mantenimiento preventivo se consideró sus propuestas de Hardt et al. (2021) considerando su dimensión como su metodología TPM. Asimismo, se tiene dimensiones como mantenimiento preventivo, análisis de modo y efecto de falla (FMEA) y análisis de criticidad. (Pillado et al., 2022; Van et al., 2022). Además, sus dimensiones como criticidad de equipos, análisis de modo y efecto de falla, registro de actividades de mantenimiento y plan de mantenimiento propuesto. Asimismo, (Guaitarilla, 2019), Considera como ventaja garantizar su mayor confiabilidad y disponibilidad en sus equipos, asegurando y ampliando su vida útil de sus equipos de producción.

$$MTBF = \frac{\textit{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\textit{Números de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

Los indicadores para evaluar el mantenimiento preventivo se medirán mediante las siguientes dimensiones, que incluyen los indicadores detallados a continuación: diagnóstico inicial (situación actual, mediciones y registros de horas de operación) y plan de mantenimiento (planificación, organización, evaluación y control de equipos).

Guaitarilla (2019) menciona que una de las teorías relacionadas a la variable disponibilidad se encuentran la reducción de averías inesperadas y los periodos muertos de un equipo; asimismo (Rébula et al., 2023); se tiene las teorías de la disminución de los riesgos de fallas.

En cuanto sus dimensiones de su disponibilidad se consideró sus propuestas de Álvarez y Rodríguez (2022), Arévalo (2021), quienes consideran sus dimensiones como tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de recuperación (MTTR). Además, (Buenaño et al., 2019), se considera como dimensiones a la eficiencia y eficacia de equipos.

$$MTTR = \frac{\textit{Suma de tiempos de reparación}}{\textit{Números de intervenciones realizadas}}$$

Indicadores para la variable disponibilidad será evaluada mediante las siguientes dimensiones, a su vez se considera sus indicadores; los mismos que se describen a continuación: Indicadores de KPI (Disponibilidad (MTBF), Confiabilidad (MTTR) y Mantenibilidad (MTBF) y Tiempos (Tiempo de fallas, Tiempo de funcionalidad y Tiempo de reparación).

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MBTF}{MBTF + MTTR} \times 100$$

Considerando los problemas y objetivos identificados, se formuló la siguiente hipótesis general: mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se espera aumentar la disponibilidad de los equipos electromecánicos en la empresa de Postes de Concreto sede Sullana en un rango entre el 3% y el 6%. Asimismo, se derivaron las siguientes hipótesis específicas: un diagnóstico adecuado mejorará la disponibilidad de los equipos electromecánicos, el diseño de un plan de mantenimiento preventivo contribuirá a mejorar su disponibilidad, y una evaluación efectiva asegurará dicha disponibilidad en la empresa de Postes de Concreto sede Sullana.

II. METODOLOGÍA

Este estudio se clasifica como aplicado, ya que busca adaptar conocimientos teóricos y técnicos para su aplicación práctica, asegurando cumplir con los tiempos y objetivos establecidos. El propósito principal es implementar un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de incrementar la disponibilidad de los equipos electromecánicos en la empresa de postes de concreto ubicada en Sullana.

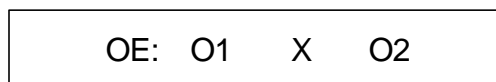
En concordancia con lo expuesto, Ruiz y Valenzuela (2021) afirman que el propósito de la investigación aplicada es ofrecer conocimientos que puedan ser implementados de manera directa y rápida en la sociedad o en el sector industrial.

De acuerdo con **su enfoque de investigación** es mixto, ya que implica la recolección de datos numéricos como el tiempo perdido en atender fallas mecánicas, la disponibilidad mecánica, el tiempo medio entre fallas, entre otros indicadores. Además, se llevará a cabo una descripción detallada del mantenimiento preventivo y la disponibilidad. Según Molano y Cárdenas (2020), estos enfoques mixtos son considerados controvertidos debido a la combinación de paradigmas subyacentes, que integran métodos tanto cualitativos como cuantitativos.

Tal y como señalan Fernández et al. (2021), el diseño pre experimental se emplea para explorar un fenómeno específico mediante la administración de un tratamiento o estímulo a un grupo de control. Esto se realiza con el propósito de formular hipótesis y luego medir una o varias variables para evaluar los resultados.

Se empleará un diseño de investigación pre experimental, ya que se investigará un único grupo de equipos electromecánicos después de implementar un plan de mantenimiento preventivo. Se parte del supuesto de que esta intervención generará cambios significativos en la disponibilidad de los equipos.

Para lo cual, se empleó el siguiente esquema:



Dónde:

OE: Objeto de Estudio - Paradas de equipos electromecánicos

O1: Pre-Test - Diagnosticar la disponibilidad

X: Aplicación - Mantenimiento preventivo

O2: Post Test - Diagnosticar la disponibilidad

Variable 1: Plan de mantenimiento preventivo.

Definición conceptual: Se considera como una cadena de tareas planeadas para que afronte su origen de fallas potenciales de sus activos, pudiendo planear y programar basándose en su utilización y tiempo o estado de su equipo (Rayme y Diaz, 2021).

Definición operacional: El plan de mantenimiento son actividades o estrategias que sirven para mejorar la utilización de los equipos en los cuales se consideran el mantenimiento preventivo o correctivo.

Variable 2: Disponibilidad.

Definición conceptual: La proporción de tiempo en que su equipo se encuentra en condiciones de ser utilizado, es un porcentaje de equipos en un momento determinado o que es un porcentaje de tiempo que un equipo se encuentra capaz para su operatividad dentro de su procesamiento (Buenaño et al., 2019).

Definición operacional: La disponibilidad de equipos sirve para medir como está el equipo en función al Horómetro de cada uno o de la distancia recorrida. Así mismo nos indica que tanto esta disponibles el equipo para su utilización.

Población:

Es el grupo de personas, fenómenos o cosas sobre las que los investigadores tienen interés de conocer más a fondo el tema y han sido delimitados en el análisis del problema de estudio (Fuentes et al., 2020). Por ende, se tomó en cuenta los 11 equipos electromecánicos en la empresa se postes de concreto sede Sullana.

Criterios de inclusión: Se considerará equipos electromecánicos netamente de la empresa de Postes de Concreto sede Sullana.

Criterios de exclusión: No se considera equipos electromecánicos que sean prestados, alquilados o nuevos adquiridos por la empresa de Postes de Concreto sede Sullana, durante la investigación.

Muestra:

Hace referencia a una cantidad en específico del total de la población de estudio, en otras palabras, es aquel conjunto de cosas, individuos o fenómenos que serán participes en la investigación por los cuales se tiene un mayor interés según sus características (Noreña, 2020). Por tanto, es relevante dar a conocer ciertos criterios de inclusión y exclusión que sean establecidas de manera adecuada. Respecto a la muestra se consideró los equipos electromecánicos de la empresa de postes de concreto, sede Sullana. Respecto a la muestra se consideró 11 equipos electromecánicos de la empresa de postes de concreto sede Sullana que forman parte directa del área de producción.

Muestreo:

Fuentes et al (2020) consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios por los que se elige un subconjunto de una población para que sea representativo de toda la población. En cuanto al tipo de muestreo será censal, Armijo et al. (2021) aluden que en este tipo de muestreo se toma en cuenta todas las unidades de análisis de la investigación; por las cuales se muestra el interés por sus características e inclusión para su debido estudio. Dando por hecho, que en la presente se tendrá en cuenta todos los equipos electromecánicos pertenecientes a la mencionada empresa.

Unidad de análisis

El presente estudio será desarrollado en la Empresa de Postes de Concreto sede Sullana. Por ende, se toma en cuenta a los equipos electromecánicos de la empresa.

Técnicas de recolección de datos

La primera técnica será **la observación directa**, donde el investigador observará el objeto de estudio en su estado actual y registrará la disponibilidad de equipos electromecánicos en la Empresa Postes de concreto, sede Sullana. antes y después del desarrollo del programa de mantenimiento preventivo

La segunda técnica será el **Análisis documental**, que nos permitirá analizar los datos recopilados de los documentos obtenidos.

La tercera técnica será **la entrevista**, Se programará una entrevista para el técnico encargado de mantenimiento para validar la información actual del sistema de mantenimiento en los equipos electromecánicos.

Según Cisneros et al. (2022) el proceso de recolección de datos ya sea directamente o a través de un entorno virtual, se realiza utilizando diversas técnicas que se encuentran predefinidas en la etapa de desarrollo del proyecto de investigación, es decir, el proceso es el mismo que realiza el investigador antes de la ejecución del proyecto.

Instrumentos de recolección de datos

Guía de observación.

En cuanto a las guías de observación acerca de hora perdida en atender falla mecánica, se aplicará para extraer datos acerca de la disponibilidad, precisamente de las fallas y los tiempos necesarios para poder calcularla, aunado a ello, esta será útil para cumplir el primer y tercer objetivo de investigación.

Guía evaluación de plan de mantenimiento está dedicada a extraer datos que permitan cumplir el segundo objetivo.

Guía de análisis documental.

En este sentido, se utiliza una guía documental ayudará a extraer los datos acerca de las normas y estándares acerca del mantenimiento preventivo, rescatando los datos más importantes de los documentos encontrados.

Guía de entrevista.

Se empleará una guía de entrevista al técnico encargado del mantenimiento, la aplicación de ello ayudará a plasmar el proceso de mantenimiento bajo la perspectiva del personal que se encuentra involucrado, por lo que, permitirá dar un diagnóstico más preciso del problema y como diseñar un plan de mantenimiento adecuado, es decir, cumplir el primer y segundo objetivo.

A ello, López et al. (2019) el instrumento permite recolectar información necesaria para plantear sus resultados, además un instrumento debe cumplir con dos elementos fundamentales: validez y confiabilidad.

Validez y confiabilidad.

Por otro lado, la validación de instrumentos de recolección de datos se hizo por medio del juicio de expertos, para la guía de observación, guía de análisis documental y entrevista; los tres expertos considerados tienen el grado de magister y uno en ingeniería mecánica y dos especialistas en ingeniería industrial.

Método de análisis de datos

En primer lugar, se realizó una evaluación estadística de la normalidad, en este caso se aplicará la prueba de Shapiro puesto que la muestra está compuesta de 11 máquinas, posteriormente para determinar la probabilidad de mejora para la cual se plantea utilizar T Studen o Wilcoxon, el cual será seleccionado de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad.

Aspectos éticos

El presente estudio plasma los aspectos éticos según la Universidad César Vallejo la cual se basa en:

Autenticidad, el tesista tuvo la capacidad para decidir analizar e interpretar de manera autónoma los datos recogidos durante el desarrollo de la investigación.

Beneficencia, esta investigación buscó implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos, cuidado del medio ambiente y seguridad en la empresa Postes de concreto, sede Sullana.

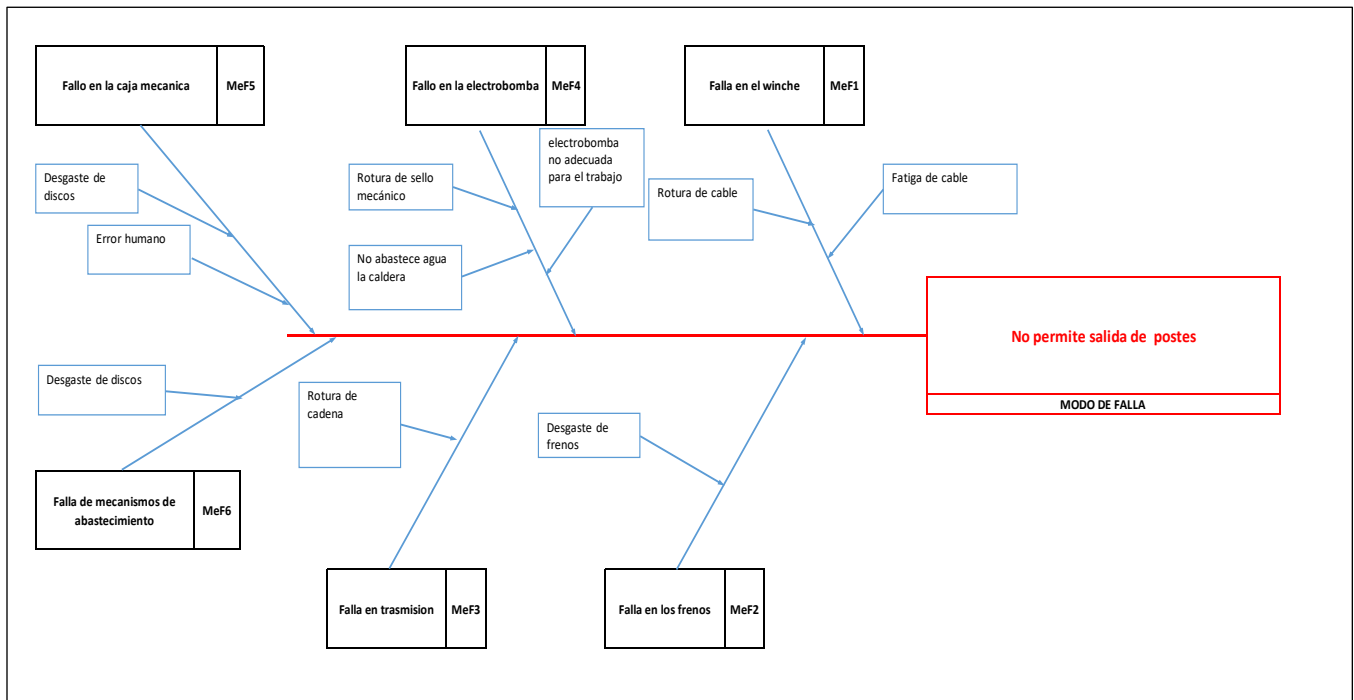
Autonomía, el tesista tuvo la capacidad para decidir analizar e interpretar de manera autónoma los datos recogidos durante el desarrollo de la investigación.

III. RESULTADOS

En la siguiente figura se observa el árbol de fallas de los componentes que sirven de apoyo para la producción de los postes, se encuentran la falla en el Winche, falla en la electrobomba, fallo en la caja mecánica, falta de mecanismo de abastecimiento, falla en transmisión y fallo en los frenos, los cuales repercuten de manera directa con la salida de los postes, por lo que el pedido se rechaza.

Figura 1.

Árbol de modo de falla.



Fuente: elaboración propia

Para alcanzar este objetivo se evaluó la disponibilidad de cada equipo con un tiempo programado de 200h, para obtener este tiempo se tomaron en cuenta 8h de trabajo por 25 días al mes, también se tomó en cuenta los tiempos que se emplearon para reparar cada falla y la cantidad de estas, además con la ayuda de los indicadores mencionados se calculó el MTTR y el MTBF, finalmente con todos los datos antes mencionados se

llegó a calcular la disponibilidad por cada equipo. Los cuales se muestran en las tablas del anexo 5. Después de realizar la evaluación de disponibilidad por cada uno de los equipos se planteó una tabla resumen con el fin de obtener un promedio total de la disponibilidad de equipos.

Durante la inspección de los equipos se encontró un impacto de 10 siendo el más significativo con mayor consecuente y un valor de perdida monetaria de S/ 17519. Una pérdida total de S/112,022

mensual. Por lo general se indican fallos en la mayoría de los equipos de trabajo.

Tabla 1.

Modelo matriz de criticidad.



Nota: Elaboración propia

A: Criticidad Alta, pintado rojo

B: Criticidad Media, pintado amarillo

C: Criticidad Baja, pintado verde

Tabla 2.

Criterios de evaluación de criticidad.

	CRITERIO	PUNTAJE
1. FRECUENCIA DE FALLAS		
a.	Menos de una falla por año	1
b.	Entre 1 y 6 fallas por año	2
c.	Entre 7 y 12 fallas por año	3
d.	Entre 12 y 50 fallas por año	4
e.	Mayor a 50 fallas por año	5
2. Impacto Operacional		
a.	Parada total del equipo	10
b.	Parada del subsistema y repercute sobre otros	7
c.	Impacta en niveles de calidad	5
d.	No genera ningún efecto significativo	1
3. Flexibilidad operacional- MTTR		
a.	Menos de 3 horas	1
b.	Entre 4 y 8 horas	2
c.	Entre 9 y 24 horas	3
a.	Más de 24 horas	4
4. Costo de mantenimiento		
a.	Menos de 50,000 soles	1
b.	Mayor a 50,000 soles	2
5. Impacto a la seguridad		
a.	Afecta a la seguridad humana	8
b.	Afecta al ambiente e instalaciones causando daños severos	6
c.	Provoca daños menores al ambiente e instalaciones	3
d.	No provoca daños a las personas o instalaciones.	1

Nota: Elaboración propia

Figura 2.

Factor de criticidad de la maquina

ITEM	MAQUINA - EQUIPO	MODELO	CECO	INFLUENCIA SOBRE					CTR	
				FRECUENCIA	PRODUCCION		MANTTO	SEGURIDAD		
					FF	IO				FO
1	WINCHE DE SALIDA	PS1-CENT 1-WS-1	103	2	5	2	1	6	17	NC
2	WINCHE DE ENTRADA	PS1-CENT 1-WE-2	103	4	5	2	1	6	17	MC
3	MAQUINA CENTRIFUGA	PS1-CENT1-MC-3	103	3	3	2	1	8	15	MC
4	WINCHE DE SALIDA	PS1-CENT2-WS-1	103	3	5	2	1	6	17	MC
5	WINCHE DE ENTRADA	PS1-CENT2-WE-2	103	3	5	2	1	6	17	MC
6	MAQUINA CENTRIFUGA	PS1-CENT2-MC-3	103	1	3	2	1	8	15	MC
7	TECLE ELECTRICO	PS1-LLEN4-TE-1	103	3	10	4	1	3	44	C
8	TECLE ELECTRICO	PS1-LLEN4-TE-2	103	3	10	4	1	3	44	C
9	MEZCLADORA DE TOLVA	PS1-MESC7-MT-	103	3	3	2	1	6	13	MC
10	MEZCLADORA TIPO OLLA	PS1-MESC7-MC-1	103	3	3	2	1	1	8	MC
11	CALDERA	PS1-SEC8-CALD-1	103	2	1	4	1	6	11	NC

Elaboración propia

Tabla 3. Perdida monetaria de los equipos con riesgo alto, medio y bajo.

ITEM	EQUIPOS	IMPACTO SOBRE PRODUCCION	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	VALOR	TIPO	PERDIDA(MENSUAL)
1	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	5	2	17	34	C	8431
2	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	5	4	17	68	B	7038
3	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	3	3	15	45	B	7835
4	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)	5	3	17	51	B	9269
5	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)	5	3	17	51	B	9429
6	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	3	1	15	15	B	8249
7	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	10	3	44	132	A	16065
8	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)	10	3	44	132	A	17519
9	MEZCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	3	3	13	39	B	9435
10	MEZCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)	3	3	8	24	B	9923
11	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1	1	11	11	C	8829

Elaboración propia

Tabla 4. promedio del MTTR, MTBF y disponibilidad

PROMEDIO LOS MESES (DICIEMBRE-ENERO-FEBRERO-MARZO)							
ITEM	EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	HORAS PROGRAMADAS	HORAS PARA REPARAR	INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
1	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	200	26.45	5.75	4.60	30.18	86.78%
2	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	200	22.08	13.25	1.67	13.43	88.96%
3	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	200	24.58	7.75	3.17	22.64	87.71%
4	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)	200	29.08	7.25	4.01	23.58	85.46%
5	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)	200	29.58	7.5	3.94	22.72	85.21%
6	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	200	25.88	3	8.63	58.04	87.06%
7	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	200	25.20	7.25	3.48	24.11	87.40%
8	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)	200	27.48	7	3.93	24.65	86.26%
9	MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	200	29.60	8	3.70	21.30	85.20%
10	MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)	200	31.13	8.25	3.77	20.47	84.44%
11	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	200	55.40	5.75	9.63	25.15	72.30%
PROMEDIO TOTAL			29.68	7.34	4.59	26.02	85.16%

Nota: Elaboración propia

Después de realizar el promedio de disponibilidad de equipos en el periodo de estudio se obtuvo un 85.16%, después de tener esta data, se prosiguió con el desarrollo del segundo objetivo, el cual busca diseñar un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de Postes de concreto sede Sullana.

Inicialmente se entrevistó al jefe de área con el fin de conocer el tiempo que toma realizar el mantenimiento por cada equipo, el tiempo promedio entre las fallas, entre otros aspectos fundamentales para el desarrollo de la propuesta; la mencionada entrevista se puede apreciar en el anexo 2B. En base a la información recolectada en la encuesta, los conocimientos adquiridos y el análisis documental se diseñó en plan de mantenimiento preventivo, el cual tiene como **objetivo** garantizar que los equipos de la instalación operen durante un mínimo de 2400 horas anuales con máxima eficiencia, con el fin de reducir significativamente la necesidad de mantenimientos correctivos en un plazo de 6 meses. Esto permitirá prolongar la vida útil de los equipos, aumentar la productividad tanto de la maquinaria como del personal operativo, minimizar los gastos por mantenimiento y reparaciones, evitar la pérdida de materia prima y reducir los riesgos de accidentes laborales, todo ello con un manejo eficiente de los recursos y sin ampliar considerablemente las existencias del almacén, posteriormente se estableció el presupuesto estimado necesario para poder llevar a cabo las actividades planificadas.

Tabla 5. Presupuesto estimado al año

Conceptos	Monto estimado
Salario del técnico de mantenimiento	S/. 30 000.00
Coste de talleres programados al año	S/. 2 000.00
Inventario centralizado de repuestos	S/. 5 000.00
Otros gastos	S/. 3 500.00
Total, estimado anualmente	S/. 40 500.00

Nota: Elaboración propia

Para obtenerte el monto estimado de salario del técnico se multiplico su salario mensual de 2500 por los doce meses del año; para determinar los costos de talleres programados al año, se han tomado en cuenta cuatro talleres con un costo unitario de 500 soles; respecto al inventario centralizado se han tomado en cuenta todos los repuesto con lo que se tiene que contar previamente con la finalidad de elaborar el plan de mantenimiento, se detalla en el anexo 6A; dentro de otros gastos se está tomado un estimado referente casi al 7% para cualquier imprevisto. Como tercer punto importante dentro de un plan de mantenimiento se tuvo en consideración maquinaria y equipos considerados dentro de las

labores de mantenimiento.

Tabla 6. Equipos y herramientas para incluir

Parte mecánica	Parte eléctrica
– Grasea	– Pinza Amperimétrica
– Pistola de pulverizar	– Juego de desarmadores
– Juego de llaves mixtas	– Multitester
– Juego de llaves Allen	– Prensas terminales
– Llave francesa.	– Cuchilla
– Martillo	
– Juego de dados	
– Jugo de desarmadores de golpe	
– Alicata de presión	

Nota: Elaboración propia

Como cuarto punto, fue importante incluir un histórico referente al mantenimiento que se realizaba en los equipos dentro de planta. Incluidos en el Anexo 6B.

Como quinto punto se tuvo en cuenta las fichas técnicas de los equipos con la finalidad de conocer su estructura y componentes a nivel interno, también es importante conocer las recomendaciones del fabricante, las garantías con las que cuentan los equipos, el tiempo de vida útil esperado, entre otros, las fichas técnicas de los equipos se presentan en el anexo 6C.

Para un adecuado plan de mantenimiento es necesario tener conocimiento de las normas a cumplir en Perú, las cuales son:

- Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo N° 594, Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

En el anexo 6B, referente al mes de mayo, se planearon 26 actividades, en el mes de junio se tuvieron en cuenta 30 actividades, y en el mes de julio y agosto se plantearon 31 actividades (detallado por fecha en el anexo anteriormente mencionado).

Después de tener el plan de mantenimiento preventivo y ejecutarse con los equipos dentro de la empresa, se volvió a evaluar los indicadores iniciales, con el fin de conocer la mejora obtenida con el plan de mantenimiento. El tiempo promedio programado de 180 h, con las mismas 8h de trabajo por 25 días al mes, se volvió a calcular el MTTR y el MTBF, y al igual que en la situación inicial con todos los datos antes mencionados se calculó la disponibilidad por cada equipo. Los cuales se muestran en las tablas del anexo 6E.

Después de realizar la evaluación de disponibilidad mejorada por cada uno de los equipos se planteó una tabla resumen con el fin de obtener un promedio total de la nueva disponibilidad de equipos. Donde actualmente se tiene un promedio de disponibilidad de 99.16%.

Tabla 7. Promedio de los meses (Abril – Mayo – Junio)

PROMEDIO LOS MESES (ABRIL-MAYO-JUNIO)								
ITEM	EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	TIEMPO PARA REPROGRAMAR	TIEMPO PARA REPARAR		INTERVENCIONES	MTRR	MTBF	DISPONIBILIDAD
			HORAS	MINUTOS				
1	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	184	2.56	153.33	1.67	1.53	108.87	98.61%
2	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	184	2.22	133.33	1.67	1.33	109.07	98.79%
3	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	168	2.06	123.67	2.00	1.03	82.97	98.77%
4	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)	184	2.16	129.33	1.67	1.29	109.11	98.83%
5	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)	184	1.98	119.00	1.67	1.19	109.21	98.92%
6	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	168	1.71	102.67	1.67	1.03	99.77	98.98%
7	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	200	0.71	42.67	1.33	0.53	149.47	99.64%
8	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)	200	0.54	32.67	1.00	0.54	199.46	99.73%
9	MEZCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	168	0.74	44.33	1.00	0.74	167.26	99.56%
10	MEZCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)	168	0.50	30.00	1.00	0.50	167.50	99.70%
11	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	168	1.32	79.00	1.00	1.32	166.68	99.22%
PROMEDIO TOTAL			1.50		1.42	1.00	133.58	99.16%

Nota: Elaboración propia

Después de la mejora la inspección de los equipos se encontró un impacto de 2 siendo grado de significancia muy reducido con menor consecuencia y un valor de perdida monetaria de S/ 453. Una pérdida total de S/5450. Por lo que el grado de mejora es muy significativo.

Tabla 8. Nueva perdida con reducción en función a la confiabilidad

ITEM	EQUIPOS	IMPACTO SOBRE PRODUCCIÓN	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	VALOR	TIPO	PERDIDA(MENSUAL)
1	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	2	1	10	10	C	815
2	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	2	1	10	10	B	708
3	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	2	1	15	15	B	657
4	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)	2	1	10	10	B	687
5	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)	2	1	10	10	B	632
6	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	2	1	15	15	B	545
7	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	1	1	7	7	A	453
8	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)	1	1	7	7	A	347
9	MEZCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	1	1	12	12	B	236
10	MEZCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)	1	1	12	12	B	159
11	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1	1	8	8	C	210

Comparación de indicadores.

Monetaria

Antes de la mejora

Costo total de paradas: S/. 112022

Después de la mejora

Costo total de paradas: S/. 5450

Índice de mejora:

$$\frac{112022 - 5450}{112022}$$

95%

La metodología proporcionó una mejora económica del 95%, en relación a la falla de equipos.

Disponibilidad:

Antes de la mejora

85,16%

Después de la mejora

99,16%

Índice de mejora:

$$\frac{99.16 - 85.16}{99.17}$$

14%

La metodología basada en la confiabilidad aumento la disponibilidad en un 14%, lo que indicó resultados positivos para la empresa.

Tabla 9. Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DISPONIBILIDAD PRE TEST	11	100,0%	0	0,0%	11	100,0%
DISPONIBILIDAD POST TEST	11	100,0%	0	0,0%	11	100,0%

Fuente: SPSS V25

Antes de aplicar la prueba estadística se determinó la normalidad de los valores de la disponibilidad antes y después de la aplicación del estímulo mediante la prueba de Shapiro Wilk (tabla 11), por ser el número de datos inferior a 50.

Tabla 10. Cálculo de la normalidad para la disponibilidad mediante Shapiro Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISPONIBILIDAD PRE TEST	,345	11	,001	,637	11	,000
DISPONIBILIDAD POST TEST	,209	11	,195	,872	11	,082

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS V25

En el caso, del pre test se observa que los valores de la disponibilidad, presenta un valor de Sig. de a 0,00 esto significa que presenta una curva no paramétrica, y en el caso del post test presenta un valor de Sig. De 0,82 esto significa que presenta una curva paramétrica, por lo que se puede concluir que al ser ambas curvas diferentes es una prueba no normal.

Se utilizará la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas se probó la hipótesis:

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
DISPONIBILIDAD POST TEST - DISPONIBILIDAD PRE TEST	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	11 ^b	6,00	66,00
	Empates	0 ^c		
	Total	11		

a. DISPONIBILIDAD POST TEST < DISPONIBILIDAD PRE TEST

b. DISPONIBILIDAD POST TEST > DISPONIBILIDAD PRE TEST

c. DISPONIBILIDAD POST TEST = DISPONIBILIDAD PRE TEST

Fuente: SPSS V25

Estadísticos de contraste

	DISPONIBILIDAD POST TEST - DISPONIBILIDAD PRE TEST
Z	-2,934 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,003

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: SPSS V25

La prueba de Wilcoxon, presenta un valor menor a 0,0'5 esto significa que los datos son diferentes y que si se realizó un cambio en la disponibilidad en los equipos electromecánicos después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

IV. DISCUSIÓN

En el objetivo general de la investigación se implementó un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de incrementar la disponibilidad de los equipos electromecánicos utilizados en la fabricación de postes, el plan de mantenimiento preventivo se centra en mantener los equipos y activos en campo en óptimas condiciones de funcionamiento mediante una calendarización de las actividades, mientras que Uribe en su investigación se centra en un mantenimiento centrado en la confiabilidad, el cual emplea técnicas de mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo y proactivo de forma integrada para aumentar la fiabilidad en que una máquina funcionará de forma constante durante un ciclo de vida. Se tuvo además un árbol de fallas que indica como problema principal la no salida de postes problemas en las máquinas y equipos que solventan su producción, además que existe una programación de 200h en función a su planificación de mantenimiento y para el equipo WINCHE una valoración de riesgo de 96 indicando un valor alto, sin embargo, el tiempo de paradas de este equipo al mes se evidencia en un total de 25 horas, con lo cual las pérdidas monetarias no significan el valor más alto (S/. 19049), por otro lado, la caldera tiene un tiempo de parada mensual promedio de 54 horas, teniendo un valor de pérdida de S/ 34425.

Por otro lado, en la investigación de Al-Duais et al. (2022), propusieron utilizar una fórmula matemática con el fin de establecer los intervalos óptimos para desarrollar las operaciones de mantenimiento preventivo; Ben. (2021), en su estudio también plantea la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, mientras que en la presente investigación se utilizó un plan de mantenimiento preventivo, este mantenimiento, en sus diversas formas y métodos, tiene como fin mejorar la disponibilidad operativa y la eficiencia global de una empresa. Al implementar estrategias preventivas, predictivas y correctivas, se busca no solo minimizar los tiempos de inactividad no planificados, sino también optimizar el rendimiento de máquinas y equipos clave. Esto se traduce en una mayor fiabilidad de los procesos productivos y una reducción de costos asociados a averías imprevistas, promoviendo así un entorno de trabajo más estable y rentable.

En el primer objetivo específico, la disponibilidad se considera como la proporción de tiempo en que el equipo se encuentra en condiciones de ser utilizado. En la presente investigación se obtuvo que la disponibilidad actual promedio de los equipos fue de 85.16%, de igual forma, la investigación de Gonzales (2021) contó con una disponibilidad de 90.1% y en la investigación de Gutiérrez (2023) se tuvo un 79% de disponibilidad, como se puede apreciar en los referentes existe un índice de disponibilidad superior y otro inferior, sin embargo, en ambos casos se han realizado propuestas de mejora con la finalidad de incrementar la disponibilidad; la cual es de suma importancia puesto que brinda la oportunidad de entender los posibles riesgos que pueden impactar en el funcionamiento del equipo, garantizando que la fiabilidad sea evaluada desde una perspectiva de riesgo en vez de depender exclusivamente de opiniones individuales. Por otra parte se tiene que en la presente investigación el MTTR y el MTBF se encuentran en 4.59 y en 26.02 respectivamente, mientras que en la investigación de Gonzales (2021) se encuentran en 1.29 y en 9.42 y en la de Gutiérrez (2023) se encuentran en 4 y 14.23 respectivamente, como podemos apreciar en las investigaciones antes mencionada el tiempo medio entre fallas (MTBF) presenta una variación significativa a diferencia del tiempo medio de relación (MTTR) no es muy variable puesto que las investigaciones antes mencionadas están enfocadas a un tipo de máquinas relativamente similares.

Por otro lado, en la investigación de Uribe (2021), inicialmente la disponibilidad de máquinas se encontraba en un 74%, mostrando una situación inicial menos favorable en comparación con los estudios previamente mencionados. No obstante, a través de la implementación de estrategias de mantenimiento proactivo y la optimización de los tiempos de reparación busca mejorar los indicadores. Estos hallazgos subrayan la importancia de gestionar la disponibilidad de los equipos de manera efectiva, no solo para garantizar la operatividad continua, sino también para minimizar los tiempos de inactividad y optimizar la confiabilidad del proceso productivo.

En el segundo objetivo específico, el diseño del mantenimiento preventivo reducen las averías imprevistas, y toda la empresa se ve beneficiada, puesto que puede anticipar a los problemas en un porcentaje alto, este plan se realizó a partir de la entrevista al jefe de mantenimiento y la data obtenida donde se determinó el tiempo promedio en que se

demora en reparar cada máquina, y tomando en cuenta otros datos tales como el promedio de los tiempos tomados respecto a las fallas, la rapidez de reparación, y más, se tuvo un plan de mantenimiento con el objetivo de garantizar que los equipos de la instalación operen durante un mínimo de 2400 horas anuales con máxima eficiencia, el mantenimiento se realizará con un tiempo promedio de 7 días de cada uno, pero teniendo en cuenta diferentes días para cada actividad, Gonzales (2021) en su investigación tuvo un periodo de mantenimiento de un poco más variado, teniendo máquinas con un mantenimiento quincenal, semanal y mensual, por otro lado Gutiérrez (2023), planteó su mantenimiento preventivo con un periodo mensual. Se realizó el plan de mantenimiento y con ello se plantearon formatos para el seguimiento y control de estos datos, como el check List de actividades, formato de costos de mantenimiento, seguimiento de horas de reparación y formato de paradas de máquinas y equipos. Se estableció un plan de mantenimiento detallado, acompañado de formatos diseñados para el seguimiento y control de los datos, como listas de verificación de actividades, registros de costos de mantenimiento, seguimiento de horas de reparación y formatos de registro de paradas de máquinas y equipos.

En la investigación de Uribe (2020), para la aplicación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se tuvieron en consideración las causas de las fallas, de tal forma que permitieron mejorar la disponibilidad de la máquina en estudio mediante el registro de diferentes frecuencias de mantenimiento y a partir de ello se elaboró el cronograma de actividades. En conclusión, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo ha demostrado ser altamente beneficioso para las empresas, puesto que redujo significativamente las averías imprevistas y mejoró la eficiencia operativa de los equipos. La clave del éxito radica en la aplicación sistemática de formatos estructurados para el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.

En el tercer objetivo específico, Mejorar la disponibilidad en el mantenimiento preventivo fue fundamental para garantizar que los equipos estén operativos cuando más se necesitan, ayudando a reducir costos, mejorar la eficiencia operativa, construir una operación más segura e incrementar la satisfacción del cliente. Después de la aplicación del mantenimiento preventivo, se volvió a evaluar los indicadores de disponibilidad, MTTR

y MTBF, obteniendo un aumento significativo en los resultados. La disponibilidad alcanzó un impresionante 99.16%, lo que representa un incremento del 14% respecto a la disponibilidad inicial. En la investigación de Gonzales (2021), después de implementar el mantenimiento preventivo, se logró una disponibilidad del 98%, mejorando en un 7.9%.

Por su parte, Gutiérrez (2023) presentó una mejora del 11%, alcanzando una disponibilidad del 90%. Estos resultados destacan cómo la planificación organizada del mantenimiento puede transformar los procesos operativos. En cuanto al MTTR, se observó una disminución significativa de 3.59 a solo 1 hora después de las mejoras. En la investigación de Gonzales (2021), el MTTR final fue de 0.16 horas, equivalente a un promedio de 9.6 minutos, evidenciando una notable eficiencia en las reparaciones. Gutiérrez (2023) también logró reducir su MTTR a 3 horas, disminuyendo 1 hora en comparación con la situación inicial. En términos de MTBF, se alcanzó un valor de 133.58, casi quintuplicando la medida inicial, lo que indica una notable mejora en la fiabilidad operativa de los equipos.

En la investigación de Al-Duais et al. (2022), donde se aplicó un enfoque matemático para establecer los intervalos de mantenimiento preventivo en dos máquinas específicas, se obtuvo una mejora del 42% y 46% respectivamente en las máquinas en el indicador de MTTR respectivamente y una mejora del 12% en la disponibilidad de estas. En el estudio de Pillado et al., el MTBF mejoró en un impresionante 44.47%, subrayando la efectividad del mantenimiento preventivo estructurado en optimizar la confiabilidad y rendimiento de los equipos industriales. En conclusión, la implementación de estrategias efectivas de mantenimiento preventivo fue crucial para transformar positivamente la operación de equipos industriales. Mejoró la disponibilidad de los activos y demostró ser fundamental no solo para asegurar que los equipos estén operativos cuando más se necesitan, sino también para reducir costos, aumentar la eficiencia operativa y garantizar un entorno de trabajo más seguro.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que la disponibilidad promedio de equipos es de 85.16% en una jornada de 8h por 25 días al mes, donde el equipo con mayor disponibilidad es el Tecele eléctrico (PS1-LLEN4-TE-1) con un 87.40%, mientras que la Caldera (PS1-SEC8- CALD-1) es el equipo con menor disponibilidad con un 72.30%, esto se debe a que solo se cuenta con una caldera en el proceso productivo y por ende este es el equipo que sufre de mayor sobre esfuerzo, siendo la falla de la electrobomba y la falla de ventilación por tiro inducido los principales problemas dentro de la operación, por otro lado la falla que se presenta en los tecles eléctricos es la falla en los frenos; las falla presente en los Winches de salida y los de entrada son los mismos, la fatiga de cable que es falla en el equipo en sí, la maquina centrifuga presenta falla en la caja mecánica y en los tambores; la mezcladora tipo olla presenta fallos en la transmisión y por último, la mezcladora de tolva presenta fallos en el mecanismo de abastecimiento.

Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de garantizar que los equipos de la instalación operen durante un mínimo de 2400 horas anuales con máxima eficiencia, con el fin de reducir significativamente la necesidad de mantenimientos correctivos en un plazo de 6 meses. Esto permitirá prolongar la vida útil de los equipos, aumentar la productividad tanto de la maquinaria como del personal operativo, minimizar los gastos por mantenimiento y reparaciones, evitar la pérdida de materia prima y reducir los riesgos de accidentes laborales, todo ello con un manejo eficiente de los recursos y sin ampliar considerablemente las existencias del almacén, asignándose un presupuesto de 40 500.00 soles anuales, además se mencionaron los equipos y herramientas utilizados en las actividades de mantenimiento junto con sus fichas técnicas para conocer más acerca de los equipos de estudio, y la normativa vigente en Perú y el responsable de las actividades, con un promedio de revisiones y cambios de 7 días y se dio el seguimiento adecuado mediante el check List de actividades, formato de costos de mantenimiento, seguimiento de horas de reparación y formato de paradas de máquinas y equipos. Todo esto con la intención de tener un mayor control sobre las actividades vinculadas con el mantenimiento y de esta manera hacer seguimiento para la mejora continua.

Se concluye que la nueva disponibilidad de equipos se encuentra en 99.16%, obteniendo un aumento del 14% respecto a la situación inicial, donde el equipo con mayor disponibilidad sigue siendo el teclé eléctrico (PS1-LLEN4-TE-1), pero ahora se encuentra con un 99.73% de disponibilidad, por otro lado el equipo con menor disponibilidad ahora es el Winche de salida (PS1-CENT 1-WS-1) con un 98.61%, dejando por encima a la caldera (PS1-SEC8- CALD-1), la cual inicialmente era el equipo con una menor disponibilidad y después de la ejecución de la propuesta se encuentra con un total de 99.22% de disponibilidad.

VI. RECOMENDACIONES

Además de los aspectos clave mencionados anteriormente en el área de mantenimiento preventivo, es primordial considerar otros elementos para optimizar aún más la gestión de activos industriales. Uno de estos aspectos es la evaluación de la criticidad de los equipos. La criticidad proporciona una medida del impacto que tendría una falla en un dispositivo particular sobre la operación global de la empresa. Esto permite priorizar adecuadamente los recursos y establecer la frecuencia óptima para realizar actividades de mantenimiento preventivo. Equipos críticos que afecten directamente la producción o la seguridad deben recibir atención prioritaria, asegurando que estén siempre en óptimas condiciones de operación.

Además, herramientas como el árbol de fallas y la tabla de los 5 porqués son cruciales para realizar diagnósticos precisos y profundizar en la raíz de los problemas. El árbol de fallas es una técnica que permite desglosar las causas potenciales de una falla específica, identificando las causas raíz y ayudando a diseñar estrategias efectivas de mitigación y prevención. Por otro lado, la tabla de los 5 porqués es una herramienta sencilla pero poderosa para explorar las causas subyacentes de un problema repetitivo o crítico, fomentando un enfoque sistemático para resolver problemas y mejorar continuamente los procesos de mantenimiento.

Se recomienda hacer un seguimiento exhaustivo de las actividades para tener una mayor información registrada y de esta manera implementar otras herramientas de ingeniería que permitan mejorar otros aspectos dentro de la organización con el fin de obtener una mejora integral de todo el sistema.

Además de las prácticas estándar de mantenimiento preventivo y el uso de herramientas como el árbol de fallas y la tabla de los 5 porqués, es crucial establecer un seguimiento exhaustivo de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento. Esto implica mantener registros detallados de cada intervención realizada, desde inspecciones rutinarias hasta reparaciones mayores. El seguimiento exhaustivo no solo proporciona una base de datos robusta para análisis retrospectivos y la mejora continua del proceso de mantenimiento, sino que también sienta las bases para implementar otras herramientas

avanzadas de ingeniería. Estas herramientas pueden incluir técnicas de análisis de datos avanzadas como el análisis de causa raíz utilizando métodos estadísticos o de aprendizaje automático para identificar patrones ocultos en los datos de mantenimiento.

Además, la implementación de sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadora o software de gestión de activos permite una gestión más eficiente y efectiva de todas las actividades de mantenimiento. Estos sistemas no solo ayudan a programar y asignar tareas de mantenimiento de manera óptima, sino que también facilitan la generación de informes y análisis que pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas.

Otra área importante para mejorar integralmente el sistema es la aplicación de prácticas de mantenimiento predictivo, que se basan en el monitoreo continuo de parámetros operativos clave para prever posibles fallos antes de que ocurran. Esto se puede lograr mediante tecnologías como el monitoreo de condición basado en sensores, análisis de vibraciones, termografía infrarroja, entre otras técnicas avanzadas.

Por último, se recomienda ir actualizando constantemente las herramientas con las que se trabaja el mantenimiento de los equipos puesto que después de cierto tiempo de uso estas herramientas van sufriendo desgaste y esto genera una demora en los tiempos de mantenimiento, aparte que constantemente van saliendo al mercado nuevas herramientas que optimizan el trabajo en las diferentes áreas.

REFERENCIAS

ÁLVAREZ, Francisco y RODRÍGUEZ, David. Analysis of the influence of component type and operating condition on the selection of preventive maintenance strategy in multistage industrial machines: A case study. *Machines* [en línea]. Marzo-mayo 2022, n° 5. [Fecha de consulta: 31 de abril de 2024]. Disponible en <https://acortar.link/LdPSGk>

AL-DUAIS, Fuad, MOHAMED, A-Ba, JAWA, Taghreed y SAYED-AHMED, Neveen. Optimal periods of conducting preventive maintenance to reduce expected downtime and its impact on improving reliability. *Computational Intelligence and Neuroscience* [en línea]. Marzo, 2022, n° 1. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/7sUL3g>

ARÉVALO, Heinz. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa Perupast S.R.L. Tesis (Maestro en Ingeniería industrial con mención en gestión de operaciones y logística). Lambayeque: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2021. Disponible en <https://acortar.link/5MOo2k>

ARMIJO, Iván, ASPILLAGA, Carolina, BUSTOS, Claudio, CALDERÓN, Ana, CORTÉS, Cristian, FOSSA, Pablo, MELIPILLAN, Roberto. y VIVANCO, Anastassia. Manual de Metodología de Investigación. Chile: Universidad del Desarrollo 2021. 109 pp. Disponible en <https://acortar.link/HOXe6L>

BEN, Jacob, MOHAMED, Aezeden y MUDULI, Kamalakanta. Effect of preventive maintenance on machine reliability in a beverage packaging plant. *Revista International Journal of System Dynamics Applications* [en línea]. Julio-setiembre 2021, n° 3. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/K3J1b1>

BUENAÑO, Luis, VILLAGRÁN, Wilson y SANTILLÁN, Carlos. Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en su gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles. *Revista Científica FIPCAEC* [en línea]. Octubre-diciembre 2019, n° 2. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en

<https://acortar.link/7zvTYI>

CISNEROS, Alicia, GUEVARA, Axel, URDÁNIGO, Johnny y GARCÉS, Julio. Técnicas e instrumentos para recolección de datos que apoyan a la investigación científica en tiempo de pandemia. Dominio de la ciencia [en línea]. Enero - marzo 2022, n°2 [Fecha de consulta 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/71J6Hk>

FERNÁNDEZ, José, PURIHUAMÁN, Celso, LÓPEZ, Oscar y SÁNCHEZ, Manuel. Metodología de la investigación científica y tecnológica. Ecuador: Edited by Colloquium, 2021. 120 pp. ISBN:978-9942-814-97-5. Disponible en <https://acortar.link/gR7P22>

FLORES, Marcelo, MEDINA, Deyaneira, VARGAS, Diana y REMACHE, Byron. Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. Revista CienciAmérica [en línea]. Agosto-octubre 2020, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/BE1rES>

FUENTES, Deivi, TOSCANO, Aníbal, MALVACEDA, Eli, DÍAZ, José y DÍAZ, Leonardo. Metodología de la investigación: conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables. 1.a ed. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2021. 115 pp. ISBN: 978-958-764-879-9. Disponible en <https://acortar.link/37sOet>

GONZALES, Ana. Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para aumenta la disponibilidad de las máquinas de la empresa NJ SERGER, Chimbote – 2021. Tesis (Titulado en Ingeniero industrial) Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2021. disponible en <https://acortar.link/StDOj9>

GORDEEV, O. y ZAKHARENKO, V. Diagnostics of electromechanical equipment by electrical power consumption parameters. Journal of Physics: Conference Series [en línea]. Mayo-junio 2020, n° 1. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/xIGBah>

GUAITARILLA, José. Plan de mantenimiento preventivo para la máquina industrial de la empresa Fluoroplásticos S.A.S. Tesis (Titulado en Ingeniería Mecánica). Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2019. Disponible en <https://acortar.link/TFTnnl>

GUTIERREZ, Héctor. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la empresa de metalmecánica, Cajamarca 2022. Tesis (Titulado en Ingeniería Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2023. Disponible en <https://acortar.link/cyBXtK>

HARDT, Filip, KOTYRBA, Martin, VOLNA, Eva y JARUSEK, Robert. Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified TPM methodology for Industry 4.0. Applied Sciences [en línea]. Junio-julio 2021, n° 15. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/nohgPr>

ISLAM, Sri, LESTARI, Tika, FITRIANI, Anisa y WARDANI, Dilla. The implementation of preventive maintenance using machine damage analysis: a case study of power plant machine. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea]. Mayo-junio 2020. n° 1. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/iTLXbV>

LÓPEZ, Raúl, AVELLO, Raidell, PALMERO, Diana, SÁNCHEZ, Samuel y QUINTANA, Moisés. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. Revista Cubana de medicina military [en línea]. Diciembre, 2019, n° 3. [Fecha de consulta: 9 de junio de 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/wH1xVO>

MAGO, María, PEREA, Brenda y LÓPEZ, Henry. Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS. Revista Universidad Libre [en línea]. Octubre-noviembre 2020, n°18. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/eax2RI>

MAGO, María y ROCHA, Sebastián. Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS. Ciencia y Poder Aéreo [en línea]. Julio-diciembre 2021, n° 2. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/8cP5gv>

MARTINS, L., SILVA, F., PIMENTEL, C. CASAIS, R. y CAMPILHO, R. Improving preventive maintenance management in an Energy Solutions Company. Procedia

Manufacturing [en línea]. 2020, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/tGGFXR>

MOLANO, Marilyn y CÁRDENAS, María. Estado del arte del método mixto en la investigación método cualitativo y método cuantitativo. Semillas del Saber [en línea]. 2020, vol.1, pp.1-8. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/GI9XQH>

NOREÑA, Diego. Diccionario de Investigación. Lima: Universidad de Lima, 2021. 73 pp. <https://acortar.link/s6sClw>

PEREZ, Félix. Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga (Colombia): Universidad Santo Tomás, 2021. 27pp. Disponible en: <https://acortar.link/bzntvz>

Perez, José, ARGUELLO, Elvis y MORENO, Rodrigo. Análisis de productividad en rodamientos de alto desempeño hidrostático para máquinas rotativas y turbinas hidráulicas. Polo del Conocimiento: Revista científico – profesional [en línea]. Septiembre 2021, n° 9. [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/FKqINK>

PINTO, G., SILVA, F., FERNANDES, N., CASAIS, R., BAPTISTA, A. y CARVALHO, C. Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. International Journal of Industrial Engineering and Management [en línea]. 2020, n.3, pp.192-204. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/LjMARE>

PILLADO, Martín, CASTILLO, Velia y RIVA, Jorge. Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo [en línea]. Enero-junio 2022, n° 24. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/86xIIB>

RAYME, Maricielo y DIAZ, Jorge. Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. Revista de Investigación Científica y

Tecnológica [en línea]. Julio-diciembre 2021, n° 1. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/YgM1FT>

ISSN: 2810-8248

RÉBULA, Ualison, DONATO, Hilda, GABRIEL, Carlos y MARTINS, Henrique. Straightening machine preventive maintenance intervention plan based on AHP: a case study in a steel company in Brazil. *Operations Management Research* [en línea]. Abril 2023, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/YgM1FT>

ROBATTO, Simón, GAMACHE, Michel y DOYON, Philippe. Current practices for preventive maintenance and expectations for predictive maintenance in East-Canadian mines. *Revista Mining* [en línea]. Noviembre-diciembre 2022, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/WXxTNH>

RUIZ, Carlos y VALENZUELA, Marisel. Metodología de la investigación. 1.^a ed. Lima: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, 2021. 17 pp. ISBN:978-612-48962-1-7. Disponible en: <https://acortar.link/Kmsibl>

URIBE, Sophia. Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil. *Ingeniería Industrial* [en línea]. 2021, n.038. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2023] Disponible en <https://acortar.link/s0UtIN>

VAN, Heletjé, DEPREZ, Laurens y BOUTE, Robert. A dynamic "Predict, then optimize" Preventive maintenance approach using operational intervention data. *Revista European Journal of Operational Research* [en línea]. Enero 2022, n° 1. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/n6kbd2>

VERA, Andrés y TORRES, Roberto. Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación* [en línea]. 2021, vol. 4, n.8. [Fecha de consulta: 10 de mayo

de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/xyVU9q>

VERGARA, Jorge, QUIROZ, Yimmy y SOJO, Julio. Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota de tracto remolcadores de la Empresa Iberoamericana de Transporte S.R.L. Tesis (Ingeniero Industrial). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2022. Disponible en <https://acortar.link/PP0xFG>

ZHANG, Yangyang, JIA, Yunxian, WU, Weiyi, YIN, Xuyang y DING, Shenhu. Research on combination optimization of preventive maintenance of mechanical equipment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea]. Diciembre 2020, n° 1. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2023]. Disponible en <https://acortar.link/OkC70I>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables


Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Plan de mantenimiento preventivo	El plan de gestión de mantenimiento son estrategias que se consideran en un mantenimiento de máquinas de tipo preventivo y programado definido y como una operatividad, productividad y plan de mantenimiento (Chávez y Ángelo, 2022)	El plan de mantenimiento son actividades o estrategias que sirven para mejorar la utilización de los equipos en los cuales se consideran el mantenimiento preventivo o correctivo.	Planificación	N° de horas Programadas de Mantenimiento	Razón
				N° de capacitaciones	
				Días programados para el mantenimiento	
				Costo de Mantenimiento	
			Organización	N° Personal asignado al Mantenimiento	
				Características de los equipos	
			Evaluación	Porcentaje y cumplimiento de mantenimiento	
Disponibilidad	(Álvarez y Mejía, 2022) Se puede considerar que la disponibilidad está relacionada con el mantenimiento preventivo, está	La disponibilidad de equipos sirve para medir como está el equipo en función al Horómetro de cada uno o de la distancia recorrida.	Indicadores de KPI	Disponibilidad %	Razón
				Confiability (MTTR)	
				Mantenibilidad (MTBF)	
			Tiempos	Tiempo de fallas	
				Tiempo de funcionalidad	

	<p>definida como el desarrollo o mejoramiento de su disponibilidad de sus equipos.</p>	<p>Así mismo nos indica que tanto esta disponibles el equipo para su utilización.</p>		<p>Frecuencia de fallas</p>	
				<p>Tiempo de reparación</p>	


Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

2A. Entrevista al jefe para la variable mantenimiento

	ENTREVISTA AL JEFE DE MANTENIMIENTO
Objetivo de la entrevista	
Fecha y lugar	
entrevistado:	
Pregunta	Respuesta
¿Cuál es el tiempo estándar de reparación por equipo?	
¿Conque la frecuencia se presentan las fallas en los equipos?	
¿Cuántas son las capacitaciones en Mantenimiento que recibe el personal?	
En relación con la pregunta anterior ¿En qué temas se debería capacitar al personal?	
¿Cuántas personas son asignadas al mantenimiento de los equipos?	
¿Cuántos días se programan para el mantenimiento??	

2B. Formato de paradas de máquinas y equipos.

				Formato de Paradas de Máquinas y Equipos			
Ítem	Equipo		Descripción	Código		Mes	
	Fecha	Operador		Tipo	Hora de inicio	Hora de fin	Total, de horas
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
						Total	0

2C. Formato de horas de reparación

		Formato de horas de reparación					
		Código	Tiempo total (Horas)				Tiempo Promedio (horas)
Ítem	Equipo		Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
1	WINCHE DE SALIDA	PS1-CENT 1-WS-1					
2	WINCHE DE ENTRADA	PS1-CENT 1-WE-2					
3	MAQUINA CENTRIFUGA	PS1-CENT1-MC-3					
4	WINCHE DE SALIDA	PS1-CENT2-WS-1)					
5	WINCHE DE ENTRADA	PS1-CENT2-WE-2					
6	MAQUINA CENTRIFUGA	PS1-CENT2-MC-3					
7	TECLE ELECTRICO	PS1-LLEN4-TE-1					
8	TECLE ELECTRICO	PS1-LLEN4-TE-2					
9	MEZCLADORA DE TOLVA	PS1-MESC7-MT-1					
10	MEZCLADORA TIPO OLLA	PS1-MESC7-MO-2					
11	CALDERA	PS1-SEC8-CALD-1					

2D. Cálculo de MTTR, MTBF y disponibilidad

ITEM	EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	HORAS PARA			MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
		HORAS PARA	HORAS DE	INTERVENC			
1	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)				División entre Horas para reparar e intervenciones	División entre la resta de horas programas menos las horas para reparar y el número de intervenciones	División entre MTBF y la suma del MTTR y MTBF
2	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)						
3	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)						
4	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)						
5	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)						
6	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)						
7	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)						

8	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)							
9	MEZCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)							
10	MEZCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)							
11	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)							

2E. Hoja Check List de Inspección

	HOJA CHECK LIST DEL CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO
	ÁREA DE MANTENIMIENTO- CAPLINA

Encargado de Mantenimiento
Ejecutor de mantenimiento

Mes de inspección

Equipo a inspeccionar	Actividades de inspección	Se realizo		Observaciones
		SI	NO	
WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	Inspección del estado y lubricación del cable de Acero			
	Lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite del reductor de tracción			
	Limpieza y engrase de piñones			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	Inspección del estado y lubricación del cable de acero			
	Lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite del reductor de tracción			


	Limpieza y engrase de piñones			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	Inspección del estado y/o cambio de tambores			
	Inspección y lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite de caja de cambio			
	Limpieza y engrase de Cadena de transmisión			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
	Inspección del estado de disco de embrague			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
WINCHE DE SALIDA (PS1- CENT2-WS-1)	Inspección del estado y lubricación del cable de acero			
	Lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite del reductor de tracción			
	Limpieza y engrase de piñones			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
WINCHE DE ENTRADA (PS1- CENT2-WE-2)	Inspección del estado y lubricación del cable de acero			
	Lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite del reductor de tracción			
	Limpieza y engrase de piñones			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			

	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	Inspección del estado y/o cambio de tambores			
	Inspección y lubricación de chumaceras			
	Inspección del nivel de aceite de caja de cambio			
	Limpieza y engrase de Cadena de transmisión			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
	Inspección del estado de disco de embrague			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	Inspección del estado y lubricación de la cadena de elevación			
	Lubricación de rodamientos de apoyo de grúa y carro			
	Inspección y Calibración del sistema de frenado hasta 3.5 mm			
	Inspección de botonera y pulsadores			
	Limpieza y comprobación de los fines de carrera			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
TECLE ELECTRICO (PS1- LLEN4-TE-2)	Inspección del estado y lubricación de la cadena de elevación			
	Lubricación de rodamientos de apoyo de grúa y carro			
	Inspección y Calibración del sistema de frenado hasta 3.5mm			
	Inspección de botonera y pulsadores			

	Limpieza y comprobación de los fines de carrera			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
MESCLADORA DE TOLVA (PS1- MESCT-MT-1)	Inspección del estado y lubricación de la cadena de transmisión			
	Inspección y lubricación de chumaceras			
	Inspección y Calibración del sistema de discos de abastecimiento de tolva			
	Inspección del estado y lubricación del cable de acero			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
MESCLADORA TIPO OLLA (PS1- MESCT-MO-2)	Inspección del estado y lubricación de la cadena de transmisión			
	Inspección y lubricación de chumaceras			
	Inspección de faja de transmisión			
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			
CALDERA (PS1- SEC8- CALD-1)	Inspección de faja de ventilador			
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)			

	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)			
	Inspección de electrobomba			
	Inspección y lubricación de chumaceras de pared			
	Inspección de válvulas de seguridad			
	Inspección de llenado de nivel de agua automático			
	Limpieza de quemador			

2F. Formato de costos de mantenimiento

	FORMATOS DE ACTIVIDADES DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO
	ÁREA DE MANTENIMIENTO- CAPLINA

Encargado de Mantenimiento	Mes de inspección	Turno		
Ejecutor de mantenimiento		Mañana		Tarde

Equipo a inspeccionar	Actividades de inspección	Lista de materiales				Costos				
		Materiales				Tiempo de actividad	Costo de materiales	Mano de obra	Mantenimiento programado	Costo total
WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	Inspección del estado y lubricación del cable de acero									
	Lubricación de chumaceras									
	Inspección del nivel de aceite del reductor de tracción									
	Limpieza y engrase de piñones									
	Comprobar funcionamiento de equipo (ruidos y vibraciones)									
	Limpieza, apriete y ajuste de tablero eléctrico. Medir (V) (A) (T)									

Validación de los instrumentos de recolección de datos

Experto: Mg. Gerardo Sosa Panta

Variable: Plan de mantenimiento preventivo

Ficha de entrevista al jefe de mantenimiento


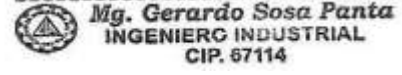
Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	N° de Programadas Mantenimiento horas de Mantenimiento	¿Cuál es el tiempo estándar de reparación por equipo?	1	1	1	1	
	N° de capacitaciones	¿Cuántas son las capacitaciones en mantenimiento que recibe el personal?	1	1	1	1	
	Días programados para el mantenimiento	¿Cuántos días se programan para el mantenimiento??	1	1	1	1	
Organización	N° Personal asignado al Mantenimiento	¿Cuántas personas son asignadas al mantenimiento de los equipos?	1	1	1	1	

Nombre del instrumento	Ficha de entrevista al jefe de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Recolectar datos de las actividades y de los equipos electromecánicos de planta.
Nombres y apellidos del experto	Gerardo Sosa Panta
Documento de identidad	03591940
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	969666758
Firma	 
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable disponibilidad

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Indicadores KPI	Disponibilidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Confiabilidad (MTTR)		1	1	1	1	
	Mantenibilidad (MTBF)	Tiempo total de operaciones	1	1	1	1	
Tiempos	Tiempo de fallas	Número de fallas	1	1	1	1	
	Tiempo de funcionalidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Frecuencia de fallas	Tiempo total de paradas	1	1	1	1	
	Tiempo de reparación	Número de fallas	1	1	1	1	



Nombre del instrumento	Paradas de máquinas y horas de reparación
Objetivo del instrumento	Medir los valores del Tiempo Medio de Reparación (MTTR), Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y la disponibilidad de los equipos.
Nombres y apellidos del experto	Gerardo Sosa Panta
Documento de identidad	03591940
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente

Número telefónico	969666758
Firma	 
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable Plan de mantenimiento preventivo

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	Costo de Mantenimiento	Formatos de actividades de costos de mantenimiento programado	1	1	1	1	
Organización	Características de los equipos	Formato de ficha técnica	1	1	1	1	
Evaluación	Porcentaje y cumplimiento de mantenimiento	Hoja check List del cumplimiento del mantenimiento programado	1	1	1	1	

Nombre del instrumento	Actividades de Costos y cumplimiento del mantenimiento programado
Objetivo del instrumento	
Nombres y apellidos del experto	Gerardo Sosa Panta
Documento de identidad	03591940
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	969666758

Firma	  Mg. Gerardo Sosa Panta INGENIERO INDUSTRIAL CIP. 67114
Fecha	18 /11 / 2023


Experto: Dr. García Yovera Abraham José

Variable: Plan de mantenimiento preventivo

Ficha de entrevista al jefe de mantenimiento

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	N° de horas Programadas de Mantenimiento	¿Cuál es el tiempo estándar de reparación por equipo?	1	1	1	1	
	N° de capacitaciones	¿Cuántas son las capacitaciones en mantenimiento que recibe el personal?	1	1	1	1	
	Días programados para el mantenimiento	¿Cuántos días se programan para el mantenimiento??	1	1	1	1	
Organización	N° Personal asignado al Mantenimiento	¿Cuántas personas son asignadas al mantenimiento de los equipos?	1	1	1	1	


Nombre del instrumento	Ficha de entrevista al jefe de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Recolectar datos de las actividades y de los equipos electromecánicos de planta.
Nombres y apellidos del experto	García Yovera Abraham José
Documento de identidad	80270538
Años de experiencia en el área	16 años

Máximo Grado Académico	Dr. Gestión Pública
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	979405778
Firma	 Firma del evaluador Dr. Gestión Pública Mg. Gestión del Talento Humano Ingeniero Industrial DNI 80270538
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable disponibilidad

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Indicadores KPI	Disponibilidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Confiabilidad (MTTR)		1	1	1	1	
	Mantenibilidad (MTBF)	Tiempo total de operaciones	1	1	1	1	
Tiempos	Tiempo de fallas	Número de fallas	1	1	1	1	
	Tiempo de funcionalidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Frecuencia de fallas	Tiempo total de paradas	1	1	1	1	
	Tiempo de reparación	Número de fallas	1	1	1	1	


Nombre del instrumento	Paradas de máquinas y horas de reparación
Objetivo del instrumento	Medir los valores del Tiempo Medio de Reparación (MTTR), Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y la disponibilidad de los equipos.
Nombres y apellidos del experto	García Yovera Abraham José
Documento de identidad	80270538
Años de experiencia en el área	16 años
Máximo Grado Académico	Dr. Gestión Pública
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	979405778

Firma	 <i>Firma del evaluador</i> <i>Dr. Gestión Pública</i> <i>Mg. Gestión del Talento Humano</i> <i>Ingeniero Industrial</i> <i>DNI 80270538</i>
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable Plan de mantenimiento preventivo

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	Costo de Mantenimiento	Formatos de actividades de costos de mantenimiento programado	1	1	1	1	
Organización	Características de los equipos	Formato de ficha técnica	1	1	1	1	
Evaluación	Porcentaje y cumplimiento de mantenimiento	Hoja check List del cumplimiento del mantenimiento programado	1	1	1	1	

Nombre del instrumento	Actividades de Costos y cumplimiento del mantenimiento programado
Objetivo del instrumento	Determinar los costos y el cumplimiento del mantenimiento programado de los equipos electromecánicos.
Nombres y apellidos del experto	García Yovera Abraham José
Documento de identidad	80270538
Años de experiencia en el área	16 años
Máximo Grado Académico	Dr. Gestión Publica
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	979405778

Firma	 Firma del evaluador Dr. Gestión Pública Mg. Gestión del Talento Humano Ingeniero Industrial DNI 80270538
Fecha	18 /11 / 2023

Experto: Deciderio Enrique Díaz Rubio

Variable: Plan de mantenimiento preventivo

Ficha de entrevista al jefe de mantenimiento

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	N° de horas Programadas de Mantenimiento	¿Cuál es el tiempo estándar de reparación por equipo?	1	1	1	1	
	N° de capacitaciones	¿Cuántas son las Capacitaciones en mantenimiento que recibe el personal?	1	1	1	1	
	Días programados para el mantenimiento	¿Cuántos días se programan para el mantenimiento??	1	1	1	1	
Organización	N° Personal asignado al Mantenimiento	¿Cuántas personas son asignadas al mantenimiento de los equipos?	1	1	1	1	


Nombre del instrumento	Ficha de entrevista al jefe de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Recolectar datos de las actividades y de los equipos electromecánicos de planta.
Nombres y apellidos del experto	Deciderio Enrique Díaz Rubio
Documento de identidad	16728343
Años de experiencia en el área	18 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana

Institución	Universidad Señor de Sipán
Cargo	Docente
Número telefónico	979993561
Firma	
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable disponibilidad

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Indicadores KPI	Disponibilidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Confiabilidad (MTTR)		1	1	1	1	
	Mantenibilidad (MTBF)	Tiempo total de operaciones	1	1	1	1	
Tiempos	Tiempo de fallas	Número de fallas	1	1	1	1	
	Tiempo de funcionalidad	Tiempo programado	1	1	1	1	
	Frecuencia de fallas	Tiempo total de paradas	1	1	1	1	
	Tiempo de reparación	Número de fallas	1	1	1	1	


Nombre del instrumento	Paradas de máquinas y horas de reparación
Objetivo del instrumento	Medir los valores del Tiempo Medio de Reparación (MTTR), Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y la disponibilidad de los equipos.
Nombres y apellidos del experto	Deciderio Enrique Díaz Rubio
Documento de identidad	16728343
Años de experiencia en el área	18 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Señor de Sipán
Cargo	Docente
Número telefónico	979993561

Firma	
Fecha	18 /11 / 2023

Formatos de registro para la variable Plan de mantenimiento preventivo

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Planificación	Costo de Mantenimiento	Formatos de actividades de costos de mantenimiento programado	1	1	1	1	
Organización	Características de los equipos	Formato de ficha técnica	1	1	1	1	
Evaluación	Porcentaje y cumplimiento de mantenimiento	Hoja check List del cumplimiento del mantenimiento programado	1	1	1	1	

Nombre del instrumento	Actividades de Costos y cumplimiento del mantenimiento Programado
Objetivo del instrumento	Determinar los costos y el cumplimiento del mantenimiento programado de los equipos electromecánicos.
Nombres y apellidos del experto	Deciderio Enrique Díaz Rubio
Documento de identidad	16728343
Años de experiencia en el área	18 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Señor de Sipán
Cargo	Docente
Número telefónico	979993561

Firma	
Fecha	18 /11 / 2023

Anexo 5. Análisis complementario

6A. presupuesto de repuestos necesarios

ACTIVIDAD	COSTO
Cable	S/600
Tambores (15unid Por rueda, P. unit S/20)	S/300
Chumacera de eje	S/55
Cadena de transmisión	S/200
Discos de abastecimiento de tolva (juego de discos)	S/80
Cambio de la cadena de elevación	S/776
Cambio de rodamientos de apoyo de grúa y carro (6 unid por carrito)	S/600
Cambio de faja de ventilador por rotura (Unid)	S/10
Cambio de sello mecánico de electrobomba (Unid)	S/256
Cambio de válvulas de seguridad Cambio de discos de freno por desgaste (Unid)	S/600

6B. Mantenimientos previos realizados

INFORME DE REPARACION DEL MOTOR DE CENTRÍFUGA CHICA

Sullana 30 de marzo del 2021

ING. Alejandro Aspícueta Motta

SR. José Elías Querevalu Polino

Mediante el siguiente informe detalló los trabajos realizados para poner operativa la máquina centrífuga de fabricación de postes de 11 metros

Se rebobinado barniz y orneo los campos magnéticos del motor, engrasaron los rodamientos, se cambio disco de embrague, se rellenaron tornaron y balancearon las uñas de impulso del disco de embrague, se cambiaron los tambores, mantenimiento de collerin y se instaló el motor

Se probó el funcionamiento el motor con un molde de 9 metros quedando operativa la máquina centrífuga para futuras fabricación de postes de 9 y 11 metros

Recomendaciones:

Siempre la caja de cambios tiene que tener su aceite en buenas condiciones y cambio cada tres meses según su uso de trabajo

Revisar y regular según su trabajo las uñas de embrague

Mantenimiento de chumaceras ruedas locas y tambores para tener un rodamiento eficaz a la hora de centrifugar los moldes con sus respectivos poste

Operar correctamente los cambios al momento de centrifugar

ATENTAMENTE

JOSE MANRIQUE SANCHEZ

TEC.ELECTRICISTA

SULLANA, 12 DE OCTUBRE DEL 2022

INFORME MAQUINA CENTRIFUGA DE GRANDE PLANTA I SULLANA

ING. ALEJANDRO ASPILCUETA MOTA
ING. EDUARDO NAJAR ASPILCUETA
SR. JOSE ELIAS QUEREVALU POLINO

RECIBAN MI MAS CORDIALES SALUDAS, CUMPLO CON INFORMAR LO SIGUIENTE:

EL DIA DE HOY 12 DE OCTUBRE NOS ENCONTRABAMOS EN PLENA PRODUCCION DE POSTES DE 13 METROS Y TENIAMOS UN POSTE DANDO VUELTA EN LA CENTRIFUGA, CUANDO DERREPENTE SE ESCUCHO UN SONIDO FUERTE Y LA MAQUINA SE PARO. FUIMOS A REVISAR QUE HABIA PASADO ENCONTRANDO EL EJE DEARRASTRE QUEBRADO Y CHUMACERAS PRODUCTOR DE IMPACTO FUERTE QUE RECIBIERON

PARA DARLE SOLUCION SE REQUIERE EL SIGUIENTE MATERIAL VALORIZADO EN LA ZONA:

- 3 CHUMACERAS DE 2"-----	S/. 540
- 1 EJE DE 1.60 m DE 2"-----	200
- TRABAJO DE TORNO CANAL CHAVETERO (3) -----	300
- TRABAJO DE TORNO CORTE DE CONOS (2) -----	200
- 3 BUGES -----	105
- PERNOS 5/8 -----	30
- GASTOS DE MOVILIDADES -----	50

	S/. 1,425

CABE RECORDAR QUE TENEMOS POR CUMPLIR PEDIDOS POR LO TANTO NECESITAMOS CON URGENCIA TENER ABILITADO LA MAQUINA CENTRIFUGA. SIN OTRO PARTICULAR ME DESPIDO ESPERANDO NOS PROPORCIONEN DICHO MATERIAL PARA DAR SOLUCION

OSCAR MIGUEL ORMACHEA DEL AGUILA

JOSE MANRIQUE SANCHEZ

FICHA TÉCNICA -N° 4

CODIGO	MAQUINA- EQUIPO				
PS1-CENT2-WS-1	WINCHE DE SALIDA - MARCA TULKA OKLA 800				
UBICACIÓN	Especificaciones Técnicas				
CENTRIFUGADO 17M					
AÑO DE INSTALACIÓN				2001	
Motor				s/placa color celeste	
Pifión Simple de	1" x 12 dientes (Hueco de 1 X)				
PiRón Simple de	1" x 20 dientes (Hueco de 1 X)				
Cadena Simple de	1" x 1.15 mls				
Cable Extra Flexible de	1/2" x 25 mts				
Fecha	Materiales	Descripción de la tarea	Realizado		



FICHA TÉCNICA -N° 5

FICHA TÉCNICA -N° 5					
CODIGO	MAQUINA- EQUIPO				
PS1-CENT2-WE-2	WINCHE DE ENTRADA				
UBICACIÓN	Especificaciones Técnicas				
CENTRIFUGADO 17M					
AÑO DE INSTALACIÓN				2001	
Motor				sin placa con reductor	
N°				197S415 - 0	
Tambor				color amarillo	
N" EV				21 E	
N" EV				13 FR	
Piflón Doble				1" x 19 dientes (Huevo de 2" Ø)	
Piflón Doble				1" x 19 dientes (Huevo de 2" Ø)	
Cadena simple de	1" 1.40 mts				
Cable Emra Flexible de	% x 25 mts				
2 Chumacera de	1X Ø				
Fecha	Materiales	Descripción de la tarea	Realizado		



6D. Disponibilidad de equipos pretest

Disponibilidad del Winche de Salida (PS1-CENT 1-WS-1)

WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	26.70	5	5.34	34.66	86.65%
ENERO	200	20.00	6	3.33	30.00	90.00%
FEBRERO	200	28.30	5	5.66	34.34	85.85%
MARZO	200	30.80	7	4.40	24.17	84.60%
TOTAL	800	105.80	23	4.60	30.18	86.78%
PROM	200	26.45	5.75	4.60	30.18	86.78%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de Winche de entrada (PS1-CENT 1-WE-2)

WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	15.00	15	1.00	12.33	92.50%
ENERO	200	25.00	10	2.50	17.50	87.50%
FEBRERO	200	28.30	12	2.36	14.31	85.85%
MARZO	200	20.00	16	1.25	11.25	90.00%
TOTAL	800	88.30	53	1.67	13.43	88.96%
PROM	200	22.08	13.25	1.67	13.43	88.96%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de maquina centrifuga (PS1-CENT1-MC-3)

MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	28.30	8	3.54	21.46	85.85%
ENERO	200	23.30	6	3.88	29.45	88.35%
FEBRERO	200	25.00	7	3.57	25.00	87.50%
MARZO	200	21.70	10	2.17	17.83	89.15%
TOTAL	800	98.30	31	3.17	22.64	87.71%
PROM	200	24.58	7.75	3.17	22.64	87.71%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de Winche de salida (PS1-CENT2-WS-1)

WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	28.80	7	4.11	24.46	85.60%
ENERO	200	27.50	9	3.06	19.17	86.25%
FEBRERO	200	31.70	5	6.34	33.66	84.15%
MARZO	200	28.30	8	3.54	21.46	85.85%
TOTAL	800	116.30	29	4.01	23.58	85.46%
PROM	200	29.08	7.25	4.01	23.58	85.46%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de Winche de entrada (PS1-CENT2-WE-2)

WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	30.80	7	4.40	24.17	84.60%
ENERO	200	26.70	6	4.45	28.88	86.65%
FEBRERO	200	30.00	8	3.75	21.25	85.00%
MARZO	200	30.80	9	3.42	18.80	84.60%
TOTAL	800	118.30	30	3.94	22.72	85.21%
PROM	200	29.58	7.5	3.94	22.72	85.21%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de maquina centrifuga (PS1-CENT2-MC-3)

MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	20.00	3	6.67	60.00	90.00%
ENERO	200	28.30	2	14.15	85.85	85.85%
FEBRERO	200	27.00	4	6.75	43.25	86.50%
MARZO	200	28.20	3	9.40	57.27	85.90%
TOTAL	800	103.50	12	8.63	58.04	87.06%
PROM	200	25.88	3	8.63	58.04	87.06%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de tecla eléctrica (PS1-LLEN4-TE-1)

TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	23.30	9	2.59	19.63	88.35%
ENERO	200	21.70	6	3.62	29.72	89.15%
FEBRERO	200	25.00	7	3.57	25.00	87.50%
MARZO	200	30.80	7	4.40	24.17	84.60%
TOTAL	800	100.80	29	3.48	24.11	87.40%
PROM	200	25.20	7.25	3.48	24.11	87.40%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de tecla eléctrica (PS1-LLEN4-TE-2)

TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	26.50	6	4.42	28.92	86.75%
ENERO	200	23.70	5	4.74	35.26	88.15%
FEBRERO	200	28.00	8	3.50	21.50	86.00%
MARZO	200	31.70	9	3.52	18.70	84.15%
TOTAL	800	109.90	28	3.93	24.65	86.26%
PROM	200	27.48	7	3.93	24.65	86.26%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de mezcladora de tolva (PS1-MESC7-MT-1)

MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	33.30	10	3.33	16.67	83.35%
ENERO	200	26.70	8	3.34	21.66	86.65%
FEBRERO	200	26.70	5	5.34	34.66	86.65%
MARZO	200	31.70	9	3.52	18.70	84.15%
TOTAL	800	118.40	32	3.70	21.30	85.20%
PROM	200	29.60	8	3.70	21.30	85.20%

Nota: Elaboración propia

Disponibilidad de mezcladora tipo olla (PS1-MESC7-MO-2)

MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
DICIEMBRE	200	30.00	6	5.00	28.33	85.00%
ENERO	200	28.00	8	3.50	21.50	86.00%
FEBRERO	200	29.80	9	3.31	18.91	85.10%
MARZO	200	36.70	10	3.67	16.33	81.65%
TOTAL	800	124.50	33	3.77	20.47	84.44%
PROM	200	31.13	8.25	3.77	20.47	84.44%

Nota: Elaboración propia

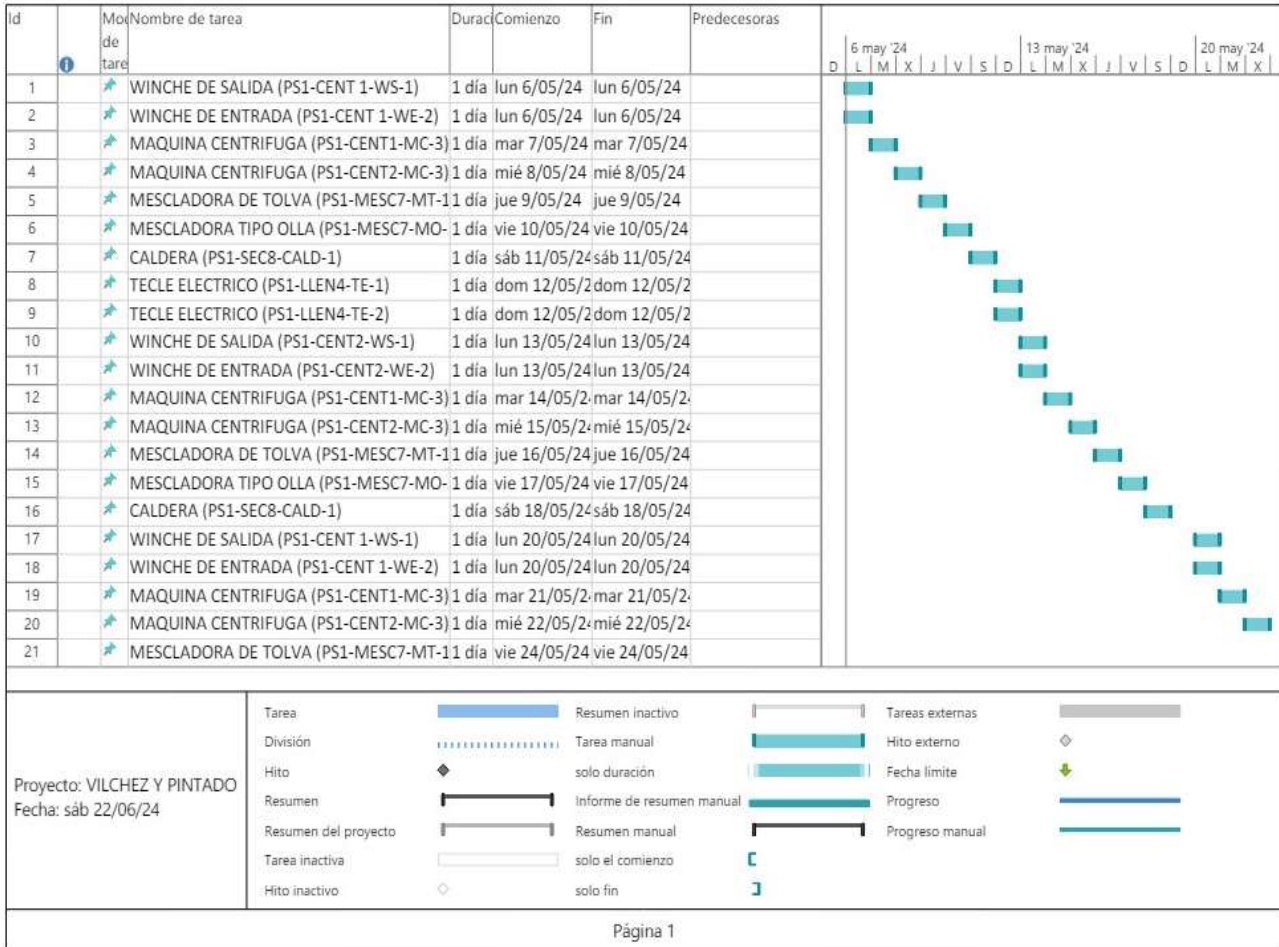
Disponibilidad de caldera (PS1-SEC8-CALD-1)

CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO (Min)	TIEMPO	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
		PARA REPARAR (Horas)				
DICIEMBRE	200	50.00	5	10.00	30.00	75.00%
ENERO	200	75.00	6	12.50	20.83	62.50%
FEBRERO	200	63.30	5	12.66	27.34	68.35%
MARZO	200	33.30	7	4.76	23.81	83.35%
TOTAL	800	221.60	23	9.63	25.15	72.30%
PROM	200	55.40	5.75	9.63	25.15	72.30%

Nota: Elaboración propia

6D. Diagrama del plan de mantenimiento



Id	Mod de tare	Nombre de tarea	Durac	Comienzo	Fin	Predecesoras	6 may '24																		
							13 may '24							20 may '24											
							D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	
64	★	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1 día	sáb 29/06/24	sáb 29/06/24																				
65	★	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	1 día	lun 1/07/24	lun 1/07/24																				
66	★	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	1 día	lun 1/07/24	lun 1/07/24																				
67	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	1 día	mar 2/07/24	mar 2/07/24																				
68	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	1 día	mié 3/07/24	mié 3/07/24																				
69	★	MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	1 día	jue 4/07/24	jue 4/07/24																				
70	★	MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-	1 día	vie 5/07/24	vie 5/07/24																				
71	★	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1 día	sáb 6/07/24	sáb 6/07/24																				
72	★	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)	1 día	dom 7/07/24	dom 7/07/24																				
73	★	TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)	1 día	dom 7/07/24	dom 7/07/24																				
74	★	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)	1 día	lun 8/07/24	lun 8/07/24																				
75	★	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)	1 día	lun 8/07/24	lun 8/07/24																				
76	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	1 día	mar 9/07/24	mar 9/07/24																				
77	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	1 día	mié 10/07/24	mié 10/07/24																				
78	★	MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	1 día	jue 11/07/24	jue 11/07/24																				
79	★	MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-	1 día	vie 12/07/24	vie 12/07/24																				
80	★	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1 día	sáb 13/07/24	sáb 13/07/24																				
81	★	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	1 día	lun 15/07/24	lun 15/07/24																				
82	★	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	1 día	lun 15/07/24	lun 15/07/24																				
83	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	1 día	mar 16/07/24	mar 16/07/24																				
84	★	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	1 día	mié 17/07/24	mié 17/07/24																				

Proyecto: VILCHEZ Y PINTADO
Fecha: sáb 22/06/24

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

Id	Mo de tare	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras	6 may '24			13 may '24			20 may '24						
							D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
127	*	MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-	1 día	vie 23/08/24	vie 23/08/24														
128	*	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1 día	sáb 24/08/24	sáb 24/08/24														
129	*	WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)	1 día	lun 26/08/24	lun 26/08/24														
130	*	WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)	1 día	lun 26/08/24	lun 26/08/24														
131	*	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)	1 día	mar 27/08/24	mar 27/08/24														
132	*	MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)	1 día	mié 28/08/24	mié 28/08/24														
133	*	MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)	1 día	jue 29/08/24	jue 29/08/24														
134	*	MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-	1 día	vie 30/08/24	vie 30/08/24														
135	*	CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)	1 día	sáb 31/08/24	sáb 31/08/24														

Proyecto: VILCHEZ Y PINTADO
Fecha: sáb 22/06/24

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

6E. Disponibilidad de equipos postest

Disponibilidad después del PM del Winche de salida (PS1-CENT 1-WS-1)

WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT 1-WS-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	184	2.67	2	1.33	90.67	98.55%
MAYO	184	3	2	1.50	90.50	98.37%
JUNIO	184	2	1	2.00	182.00	98.91%
TOTAL	552	7.67	5	1.53	108.87	98.61%
PROM	184	2.56	1.666666667	1.53	108.87	98.61%

Disponibilidad después del PM del Winche de entrada (PS1-CENT 1-WE-2)

WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT 1-WE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	184	2.58	2	1.29	90.71	98.60%
MAYO	184	2.08	2	1.04	90.96	98.87%
JUNIO	184	2.00	1	2.00	182.00	98.91%
TOTAL	552	6.67	5	1.33	109.07	98.79%
PROM	184	2.22	1.666666667	1.33	109.07	98.79%

Disponibilidad después del PM de máquina centrífuga (PS1-CENT 1-WE-2)

MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT1-MC-3)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	168	2.3	3	0.77	55.23	98.63%
MAYO	168	2.08	2	1.04	82.96	98.76%
JUNIO	168	1.8	1	1.80	166.20	98.93%
TOTAL	504	6.18	6	1.03	82.97	98.77%
PROM	168	2.06	2	1.03	82.97	98.77%

Disponibilidad después del PM del Winche de salida (PS1-CENT2-WS-1)

WINCHE DE SALIDA (PS1-CENT2-WS-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	184	2.13	2	1.07	90.93	98.84%
MAYO	184	2.25	2	1.13	90.88	98.78%
JUNIO	184	2.08	1	2.08	181.92	98.87%
TOTAL	552	6.47	5	1.29	109.11	98.83%
PROM	184	2.16	1.666666667	1.29	109.11	98.83%

Disponibilidad después del MP del Winche de entrada (PS1-CENT2-WE-2)

WINCHE DE ENTRADA (PS1-CENT2-WE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	184	2.03	2	1.02	90.98	98.89%
MAYO	184	1.92	2	0.96	91.04	98.96%
JUNIO	184	2	1	2.00	182.00	98.91%
TOTAL	552	5.95	5	1.19	109.21	98.92%
PROM	184	1.98	1.666666667	1.19	109.21	98.92%

Disponibilidad después del MP de Máquina centrífuga (PS1-CENT2-MC-3)

MAQUINA CENTRIFUGA (PS1-CENT2-MC-3)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	168	2.08	2	1.04	82.96	98.76%
MAYO	168	1.72	2	0.86	83.14	98.98%
JUNIO	168	1.33	1	1.33	166.67	99.21%
TOTAL	504	5.13	5	1.03	99.77	98.98%
PROM	168	1.71	1.666666667	1.03	99.77	98.98%

Disponibilidad después del MP de Tecele eléctrico (PS1-LLEN4-TE-1)

TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	200	0.97	2	0.48	99.52	99.52%
MAYO	200	0.50	1	0.50	199.50	99.75%
JUNIO	200	0.67	1	0.67	199.33	99.67%
TOTAL	600	2.13	4	0.53	149.47	99.64%
PROM	200	0.71	1.333333333	0.53	149.47	99.64%

Disponibilidad después del MP de Tecele eléctrico (PS1-LLEN4-TE-2)

TECLE ELECTRICO (PS1-LLEN4-TE-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	200	0.63	1	0.63	199.37	99.68%
MAYO	200	0.58	1	0.58	199.42	99.71%
JUNIO	200	0.42	1	0.42	199.58	99.79%
TOTAL	600	1.63	3	0.54	199.46	99.73%
PROM	200	0.54	1	0.54	199.46	99.73%

Disponibilidad después de MP de Mezcladora de tolva (PS1-MESC7-MT-1)

MESCLADORA DE TOLVA (PS1-MESC7-MT-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	168	0.83	1	0.83	167.17	99.50%
MAYO	168	0.75	1	0.75	167.25	99.55%
JUNIO	168	0.63	1	0.63	167.37	99.62%
TOTAL	504	2.22	3	0.74	167.26	99.56%
PROM	168	0.74	1	0.74	167.26	99.56%

Disponibilidad después de MP de mezcladora tipo olla (PS1-MESC7-MO-2)

MESCLADORA TIPO OLLA (PS1-MESC7-MO-2)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	168	0.8	1	0.80	167.20	99.52%
MAYO	168	0.33	1	0.33	167.67	99.80%
JUNIO	168	0.37	1	0.37	167.63	99.78%
TOTAL	504	1.50	3	0.50	167.50	99.70%
PROM	168	0.50	1	0.50	167.50	99.70%

Disponibilidad después de MP de caldera (PS1-SEC8-CALD-1)

CALDERA (PS1-SEC8-CALD-1)

MES	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO PARA REPARAR	NUMERO DE INTERVENCIONES	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
ABRIL	168	2	1	2.00	166.00	98.81%
MAYO	168	1.08	1	1.08	166.92	99.36%
JUNIO	168	0.87	1	0.87	167.13	99.48%
TOTAL	504	3.95	3	1.32	166.68	99.22%
PROM	168	1.32	1	1.32	166.68	99.22%

Anexo 6. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Oscar Miguel Ormachea del Águila, identificado con DNI N° 47334721, en mi calidad de Administrador. De la Empresa Postes Caplina S.A.C. Con R.U.C N° 20601413729, sucursal ubicada en la ciudad de Sullana. Av. José María Raygada N° 1290 A.H.9 de octubre.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Vilchez Talledo César Danilo, identificado con DNI N° 42565925, y a la señorita Pintado Jiménez Luz Graciela, identificado con DNI N° 47747673, estudiantes del IX ciclo de la Carrera profesional de Ingeniería industrial, para que utilice la siguiente información de la empresa:

- Inventario de equipos electromecánicos.
- Data de fallas de los últimos 5 años.
- Fichas técnicas de cada equipo.
- Imágenes de activos.

Con la finalidad de que pueda desarrollar su () Informe estadístico, (x) Trabajo de Investigación, () Tesis para optar el Título Profesional.

() Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

() Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, o

(x) Mencionar el nombre de la empresa.



Oscar M. Ormachea del Águila
POSTES CAPLINA S.A.C.
ADMINISTRADOR

Administrador

Oscar Miguel Ormachea del Águila

DNI: 47334721

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

Vilchez Talledo César Danilo

DNI: 42565925



Firma del Estudiante

Pintado Jiménez Luz Graciela

DNI: 47747673