



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Elaboración de un plan de mantenimiento para el incremento de
la disponibilidad de equipos de taller en la empresa SOLDESP
SAC - Ilo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Valencia Canales, Jose Paulo ([ORCID:0000-0002-7630-1147](https://orcid.org/0000-0002-7630-1147))

ASESOR:

Dr. Davila Hurtado, Fredy ([ORCID:0000-0001-8604-8811](https://orcid.org/0000-0001-8604-8811))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres Hugo Valencia y Elba Canales, por ser quienes forjaron en mí solidos valores y quienes pudieron darme educación necesaria para afrontar la vida, impulsándome siempre a cumplir mis metas trazadas.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por darme la vida y permitirme cumplir mis metas, acompañándome en los momentos más difíciles.

Agradecer a mi familia por el apoyo brindado todo el tiempo que duro el desarrollo de este proyecto

Agradecer también a mi asesor por el apoyo brindado en la elaboración de este proyecto.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo de Investigación	15
3.2. Variables y Operacionalización de Variables	15
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de Análisis de Datos	17
3.7. Aspectos Éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	53

Índice de tablas

Tabla 1. Benchmarks	15
Tabla 2. Técnicas e instrumentos.....	21
Tabla 3. Listado de equipos por codificación	24
Tabla 4. Diagnóstico Manlift	25
Tabla 5. Cuadro de Disponibilidad de Equipos.....	27
Tabla 6. Criticidad por sistema	28
Tabla 7. Cuadro de actividades de mantenimiento de Manlift	32
Tabla 8. Cuadro de actividades de mantenimiento de Máquina de Soldar	33
Tabla 9. Cuadro de actividades de mantenimiento de Roladora	34
Tabla 10. Cuadro de actividades de mantenimiento de Plegadora	35
Tabla 11. Cuadro de actividades de mantenimiento de Taladro de Banco	36
Tabla 12. Cuadro de actividades de mantenimiento de Compresora.....	37
Tabla 13. Cuadro de Nueva Disponibilidad de Equipos	46
Tabla 14. Cuadro de comparativa de disponibilidades de los equipos.....	46
Tabla 15. Listado de insumos, materiales y herramientas	47
Tabla 16. Tabla de flujos	48
Tabla 17. Cálculo del VAN y TIR.....	49

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal elaborar un plan de mantenimiento para el incremento de la disponibilidad de equipos de taller en la empresa SOLDESP SAC en la provincia de Ilo. Como primer objetivo realizamos un diagnóstico del estado actual de los equipos y se pudo determinar cuál es la mejor metodología de mantenimiento que aplicaremos. Este plan de mantenimiento lograra reducir las fallas en los equipos y así incrementamos la disponibilidad de los mismos. En primer lugar, se definieron los conceptos básicos necesarios para el desarrollo de este proyecto. De acuerdo a la evaluación económica con cálculos matemáticos basados en los indicadores VAN y TIR determinamos la viabilidad del presente proyecto. Finalmente, los principales beneficiarios del presente proyecto fueron los trabajadores, operarios y personal administrativos de la empresa.

Palabras clave: VAN, TIR, disponibilidad, diagnóstico.

Abstract

The main objective of this work is to develop a maintenance plan to increase the availability of workshop equipment in the company SOLDESP SAC in the province of Ilo. As a first objective, we will carry out a diagnosis of the current state of the equipment and be able to determine which will be the best maintenance methodology that we will apply. This maintenance plan will reduce equipment failures and thus increase their availability. First, the basic concepts necessary for the development of this project will be defined. According to the economic evaluation with mathematical calculations based on the VAN and TIR indicators, we will determine the viability of this project. Finally, the main beneficiaries of this project will be the workers, operators and administrative staff of the company.

Keywords: VAN, TIR, availability, diagnostic.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, en la gestión del mantenimiento se han determinado algunos problemas. Según trabajos estadísticos del CEIM en Cuba (Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento) cuando las empresas implementan estos sistemas incrementan en un 30% la disponibilidad operativa de los equipos y tienden a reducir en promedio un 20% los costos. Vega Acuña, A. M. (2017).

En el Perú, según el INEI la industria peruana estuvo conformada en un 80.4% por micro empresas, en un 16.2% por grandes empresas y un 3.4% representado por las medianas empresas. Las grandes y medianas empresas tienen los recursos y la capacidad de implementar sistemas integrales de mantenimiento preventivo y predictivo ya que para esto son necesarios estudios y mediciones de los equipos, no siendo así en las micro o pequeñas empresas las cuales se limitan a un mantenimiento correctivo al darse las fallas en los equipos por no contar con los recursos necesarios ni con los planes de mantenimiento. Ccoyllo Meza, J. R., & Claudio Niño, D. M. (2021).

En SOLDESP SAC el problema radica en la falta de disponibilidad y/o fallos de los equipos destinados a trabajos en taller al momento de ponerlos en funcionamiento, básicamente por no contar con un correcto cuidado y mantenimiento de ellos debido a que no se cuenta con el abastecimiento, clasificación y estandarización de los repuestos suficientes que se requieren para realizar las reparaciones en los equipos, así mismo no se tiene el personal capacitado para los trabajos de mantenimiento, ya que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo ni predictivo y solo quedando los trabajos correctivos cuando los equipos fallan y se paraliza el servicio y es así que las consecuencias se ven reflejadas en la pérdida de clientes, tiempo y elevación de los costos. Es así que en la presente tesis planteamos el siguiente problema general: ¿En cuánto se incrementará la disponibilidad de los equipos del taller en la empresa SOLDESP SAC, mediante la elaboración de un plan de mantenimiento?; teniendo como problema específico 1: ¿Cómo hacer un diagnóstico de los equipos del taller, indicando la disponibilidad actual de los equipos?; problema específico 2: ¿Cómo determinar las actividades propias del mantenimiento, acompañado de los formatos o registros respectivos?; problema específico 3: ¿Cómo determinar la nueva disponibilidad teórica,

considerando las actividades del plan de mantenimiento?; problema específico 4: ¿Cómo hacer una evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR?

La presente tesis se justifica debido a que permite garantizar la disponibilidad de los equipos del taller en mayor tiempo posible trayendo como consecuencia mejoras económicas, por ende, permite optimizar el área de mantenimiento, repercutiendo en la mejora del uso, cuidado y control de los equipos de taller, adicionalmente desarrollar un plan de mantenimiento estandarizado e integral, logrando así disminuir significativamente los impactos negativos visualizados en las pérdidas, retrasos y aumento de los costos. Se apoya a las capacidades de los trabajadores de la ciudad de Ilo, a sus conocimientos y habilidades, por lo que de esta manera aumenta el conocimiento y capacitación, generando así mayor empleo en la gente local. Además, la información brindada en este proyecto de tesis sirve para poder realizar algunos estudios similares u otros que tengan a este como base, para poder continuar con la investigación de implementación de un área de mantenimiento en las universidades o institutos del país.

Para el desarrollo del proyecto se ha formulado el objetivo general: Elaborar un plan de mantenimiento para el incremento de la disponibilidad de equipos de taller en la empresa SOLDESP SAC en la provincia de Ilo.

Teniendo como objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de los equipos del taller, indicando la disponibilidad actual de los equipos.
- Determinar las actividades propias del mantenimiento, acompañado de los formatos o registros respectivos.
- Determinar la nueva disponibilidad teórica, considerando las actividades del plan de mantenimiento.
- Hacer una evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR.

Se desarrolló en el presente proyecto la hipótesis general:

- Los equipos de una empresa constituyen gran parte de los materiales esenciales para realizar cualquier actividad mecánica, es por ello que,

elaborando un plan de mantenimiento, lograremos incrementar la disponibilidad de equipos de taller en la empresa SOLDESP SAC, disminuyendo su falta de equipos, deterioro de los mismos y aumentando su vida útil y horas operativas.

Hipótesis específicas:

- Se logrará realizar un diagnóstico de los equipos del taller indicando la disponibilidad actual de los equipos.
- Se logrará determinar las actividades propias del mantenimiento, acompañado de los formatos o registros respectivos.
- Se logrará determinar la nueva disponibilidad teórica, considerando las actividades del plan de mantenimiento
- Se logrará realizar una evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR

II. MARCO TEÓRICO

Encontramos trabajos antecesores al nuestro, dentro del contexto nacional a la tesis de Chávez y Espinoza (2016) de la Universidad Privada del Norte quienes propusieron implantar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo el cual mejore la operatividad en los equipos de la planta de alimentos de la minera la Zanja S.R.L. la cual se realizó con visitas técnicas en el lugar, recopilando la información de los operadores de los equipos en campo y de los supervisores de la planta de alimentos.

La tesis de Pacheco (2018) de la USAT en la cual plantea desarrollar una propuesta para implementar un modelo de mantenimiento preventivo enfocándose en la metodología de mantenimiento RCM y así poder reducir los problemas presentados en los equipos de la empresa HYDRO PATAPO S.A.C. Realizando levantamiento de información y diagnosticar las condiciones previas de los equipos de la empresa, pudiendo así implementar el modelo de mantenimiento.

La tesis de Tuesta (2014) en la UNAC la cual tuvo como objetivo determinar un sistema de gestión de mantenimiento para aumentar la operatividad de los equipos pesados, reduciendo así las paradas no planificadas y disminuyendo el costo inicial, estableció también planes de capacitación y entrenamiento para los operadores de los equipos en el taller de mantenimiento.

Por su parte, en el contexto internacional tenemos la tesis de Puertas (2007) de la USAC la cual tiene como principal objetivo aumentar la confiabilidad de los equipos refrigerantes de la empacadora Toledo S.A. Planta Amatitlán implementando un programa de mantenimiento preventivo basándose en los conceptos básicos de la gestión de mantenimiento en el mundo.

La tesis de Gardella (2011) en la UPV que tiene como objetivo desarrollar la implementación de una metodología de gestión de mantenimiento basándose en la actual inserción de la metodología RCM en plantas de procesos, diseñando protocolos para dichos procedimientos.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Antes de querer clasificar y describir los mantenimientos por sus tipos, es necesario conocer la definición de mantenimiento y que es lo que lo diferencia de la mantenibilidad o capacidad de mantenimiento, lo cual tiende a confundir a los operadores.

Mantenimiento

Está basado en la ejecución de un conjunto de actividades desarrolladas en base a conceptos, criterios y técnicas con la finalidad de mantener una alta operatividad en los equipos y su disponibilidad, disminuyendo las fallas en una línea de producción y lógicamente los costos.

Mantenibilidad

Es la principal característica que determinara el alcance del equipo para recibir un mantenimiento o restauración según lo requiera y pueda sostener su nivel de operatividad o disponibilidad. La mantenibilidad también es reconocida por lograr efectivamente la restauración del producto.

Existen 3 formas principales de aplicar un mantenimiento:

1. Mantenimiento predictivo.
2. Mantenimiento preventivo.
3. Mantenimiento correctivo.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este tipo de mantenimiento radica en encontrar evidencias o señales que nos llevaran a identificar las fallas antes de que ocurran. Estas tareas incluyen: inspecciones, monitoreo y chequeos. De la condición medida depende si se toma la decisión de realizar o no el trabajo correctivo. Debe haber una condición que

exponga una clara tendencia al fallo que determine la conveniencia de realizar estos trabajos.

Ventajas

- Mas confiabilidad. Teniendo los equipos calibrados y los operadores de mantenimiento calificados, obtendremos resultados con gran exactitud.
- Requiere menos personal, disminuyendo los costos del proceso de contratación del personal y del personal mismo.
- Mayor duración de los repuestos. Se busca eficiencia en la duración de los repuestos ya que las revisiones están basadas en los resultados y no en la percepción.

Desventajas

- Cuando se presente una falla, será necesaria la programación del mantenimiento, y se tendrá que esperar la fecha de la segunda revisión porque las urgencias se realizarán bajo programación.
- Altos costos de equipos. Se requiere un alto nivel de precisión en las mediciones y para esto equipos que garanticen estos resultados los cuales suelen tener costos altos.
- El personal debe tener gran capacidad y calificación para estos trabajos, si bien la cantidad del personal es menor, los costos se podrán elevar y disminuirán las opciones en el mercado.
- Alto costo de implementación considerando las paradas de los equipos para su revisión las cuales se realizan de acuerdo a la programación.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se enfoca en los trabajos de sustitución de componentes en intervalos de tiempos determinados sin depender del estado de estos elementos, teniendo en cuenta y pudiendo diferenciar una tarea que se puede

hacer y una que conviene hacer, en muchas situaciones es más conveniente aplicar un mantenimiento predictivo ya que no son invasivos y son menos costosos.

Ventajas

- Comparado con el mantenimiento predictivo puede significar un menor costo.
- Los riesgos de falla o fugas se reducen considerablemente.
- Pocas probabilidades de paradas imprevistas.
- Permite mejorar el control y planificación del mantenimiento en los equipos.

Desventajas

- Es necesario seguir las indicaciones de mantenimiento del fabricante y tener un equipo de trabajo con la experiencia y las capacidades necesarias para poder desarrollar adecuadamente el programa de mantenimiento.
- No se puede determinar con exactitud el grado de desgaste de los componentes o elementos de los equipos.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el tipo de mantenimiento que se aplica para reparar o dar corrección cuando se presentan fallas o averías en los equipos o máquinas.

Dentro del mantenimiento correctivo existen dos tipos, el programado y el no programado. Lo que marca distancia entre ellos es que el no programado significa una corrección del fallo al instante de que haya ocurrido, en cambio el programado significa dar la reparación al fallo cuando se cuenta con todos los recursos necesarios y se puede adaptar a las necesidades de producción.

Ventajas

- Máxima disponibilidad de los equipos en los procesos de producción.
- Se requiere de una mínima capacidad de infraestructura técnica y de análisis.

Desventajas

- Las fallas no son previstas y afectan directamente a la producción.
- Componentes pocos comerciales que pueden fallar.
- Al ser un mantenimiento con corto tiempo disponible para trabajar el resultado final es de baja calidad.

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

Es una metodología altamente reconocida y gran uso en la elaboración de planes de mantenimiento. Inicialmente desarrollado por la industria de la aviación de los Estados Unidos para aumentar la confiabilidad y seguridad de sus equipos, esta metodología viene siendo utilizada en la industria mundial para establecer los procedimientos y estrategias de mantenimiento de activos físicos.

El RCM asegura un programa efectivo centrado en que el nivel de confiabilidad inicial del equipo se mantenga.

DISPONIBILIDAD

Es el factor más importante relacionado al mantenimiento, ya que se determina las limitaciones en la capacidad productiva.

Indica también que tan probable es que un equipo este en operación o listo para operarse. Puede entenderse como el periodo de tiempo que se encuentra en operación un equipo.

Para calcular la disponibilidad de un equipo, es necesario primero obtener dos valores, el MTBF y el MTTR.

COMO MEDIR MTBF

MTBF por sus siglas en ingles "Mean Time Between Failures" significa tiempo medio entre fallas, esta medida va enmarcada al tiempo que transcurre entre una y otra falla, las cuales están relacionadas a causas directas del mantenimiento, sin

considerar a los factores externos que influyen a la producción los cuales no son considerados defectos para estos cálculos.

Tomaremos el tiempo total de operación normal transcurrido un periodo de tiempo predeterminado, en el total de fallas ocurridas en el periodo de tiempo transcurrido.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total que la maquina esta disponible para funcionar}}{\text{total de paradas}}$$

COMO MEDIR MTTR

MTTR por sus siglas en ingles “Mean Time To Repair” significa tiempo medio para reparar, el cual se calcula tomando el tiempo promedio que tomo realizar la corrección o reparación del equipo luego de ocurrida la falla

$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de reparacion}}{\text{numero de fallas}}$$

Luego de haber obtenido los valores del MTBF y el MTTR procedemos finalmente a realizar el cálculo de la disponibilidad, donde es el porcentaje del tiempo que el equipo estuvo funcionando, comparado con el tiempo total disponible para su uso

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

BENCHMARKS DE DISPONIBILIDAD

Las mejores operaciones incluso tienen tiempos muertos, lo que las diferencia de las demás es que teniendo esos tiempos muertos siempre mantienen lo más alto posible esa disponibilidad

En la siguiente tabla mostraremos algunos valores típicos de disponibilidad como referencia y poder hacer una comparativa respecto a los cálculos de disponibilidad obtenidos.

Tabla 1. Benchmarks

Tipo de Proceso	Cuartil			
	Peor	3º	2º	Mejor
Continuo	<78%	78 - 84 %	85 - 91 %	>91%
Batch	<72%	72 - 80 %	81 - 90 %	>90%
Químico, Refinería, Energía	<85%	85 - 90 %	91 - 95 %	>95%
Papel	<83%	83 - 86 %	87 - 94 %	>94%

Fuente: Elaboración Propia

En una situación ideal, deberíamos tener una disponibilidad de los equipos de 99.999%. En la realidad, se espera lograr una disponibilidad mínima del 90%.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El método de análisis de criticidad se encuentra basado en el concepto de riesgo. Esto en base al producto obtenido entre la frecuencia de las fallas y la consecuencia de ocurrir estas y así asignar los recursos necesarios, tanto económicos, humanos y técnicos. De esa manera mitigar los riesgos de fallas con un eficiente plan de mantenimiento.

La frecuencia está relacionada a la cantidad de fallas que presenta el equipo y la consecuencia está asociada con el impacto en la producción, costos correctivos, impactos a la seguridad y medio ambiente.

Para el cálculo de la criticidad se multiplica el factor de frecuencia por la consecuencia (Frecuencia x Consecuencia), siendo la consecuencia la multiplicación del impacto operacional con el impacto por flexibilidad, sumando a este resultado el impacto de costo de mantenimiento con el impacto en la seguridad, higiene y medio ambiente (iO x Flexibilidad) + MTT + SAH.

Factor de frecuencia

- 1: Excelente: menos de 0.5 fallas mensuales
- 2: Bueno: entre 0.5 y 1 falla mensuales
- 3: Promedio: entre 1 y 2 fallas mensuales

4: Frecuente: mayor a 2 fallas mensuales

Impacto operacional

- 1: Perdidas de producción menos al 10%
- 3: Perdidas de producción ente el 10% y el 24%
- 5: Perdidas de producción ente el 25% y el 49%
- 7: Perdidas de producción ente el 50% y el 74%
- 10: Perdidas de producción superiores al 75%

Impacto por flexibilidad operacional

- 1: Se cuenta con equipos de reserva en el taller, tiempos de reparación y logístico pequeños
- 2: Se cuenta con equipos de reserva que puedan cubrir parcialmente la falta de este equipo, tiempos de reparación y logística intermedios
- 4: No se cuenta con equipos de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy largos.

Impactos en costo de mantenimiento

- 1: Costes de reparación, materiales y recursos humanos superiores a 3000 soles
- 2: Costes de reparación, materiales y recursos humanos inferiores a 3000 soles

Impacto en la seguridad, higiene y medio ambiente

- 1: No existe ningún riesgo de perder la vida, afectar la salud o daños medioambientales
- 3: Riesgo mínimo de perder la vida y afectar la salud, accidente ambiental menor, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas
- 6: Riesgo medio de perder la vida, daños importantes a la salud y daños ambientales de difícil recuperación.

8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud personal y/o incidente ambiental mayor.

4	MC	MC	AC	AC	AC
3	MC	MC	MC	AC	AC
2	BC	BC	MC	AC	AC
1	BC	BC	BC	MC	AC
	10	20	30	40	50

Figura 1. Matriz de criticidad

Fuente: Buelvas, C. (2014).

COSTOS DE MANTENIMIENTO

Se considera el costo de mantenimiento de equipos dentro del costo total de un producto al igual que el costo de la materia prima e insumos para la fabricación solo con la diferencia de que los costos de mantenimiento son variables y mensualmente ya que estos dependen de la periodicidad que tengan y si es que son mantenimientos programados o correctivos. Siendo así que el costo de mantenimiento se puede descomponer y dividir en cuatro segmentos:

1. Costos fijos
2. Costos variables
3. Costos financieros
4. Costos de fallo

Costos fijos

Este tipo de costo se caracteriza por ser independiente al costo de producción o ventas de la empresa, es fijo ya que dentro de este se consideran los gastos de alquiler, seguros, mano de obra, servicios generales, etc.

Desde el punto de vista del mantenimiento estos costos están conformados por la mano de obra, materiales y repuesto necesarios para llevar a cabo un

mantenimiento preventivo y correctivo según sea el caso garantizando así, una larga vida a los equipos a mediano y largo plazo, como también la alta disponibilidad de producción de la empresa.

Costos variables

Este tipo de costo es directamente proporcional a la producción realizada, dentro de estos costos se encuentran todos los gastos asociados directamente a la producción tales como, la materia prima, la mano de obra contratada exclusivamente para esa producción, el consumo energético de ese lote, y los mantenimientos correctivos de emergencia que fuesen necesario en caso se den fallas en los equipos.

Estos costos se pueden reducir significativamente aplicando un eficiente plan de mantenimiento, ya que la manera de reducir los costos por mantenimiento correctivo no es dejarlos de hacer si no evitar las fallas de los equipos en plena producción.

Costos financieros

Los costos financieros son los gastos de inversión que realiza la empresa, incluidos los repuestos de almacén y las amortizaciones por la compra de equipos de respaldo, en ciertas cadenas de producción existen equipos indispensables, los cuales tienen que tener equipos de respaldo, esto sucede cuando se requiere un 100% de disponibilidad de equipos sin margen de error a las fallas y posteriores mantenimientos correctivos que generan pérdidas de tiempo

Costos de fallo

Los costos de fallo son aquellos gastos o pérdidas de ganancias que impactan sobre la empresa causadas por actividades directamente relacionadas con el mantenimiento. Tal es así, que si no se implanta una buena metodología de manteamiento el volumen de estos costos puede llegar a ser mayores que los

costos fijos, costos variables y costos financieros. Esto aplica en empresas de servicios como a empresas de producción.

VAN

Es un procedimiento de evaluación que toma en consideración el valor del dinero en función del tiempo con el cual se obtiene la utilidad luego de recuperar la inversión inicial, obteniendo la rentabilidad espera por el inversionista. Mide también los logros resultantes del proyecto a valor del lapso tiempo que dure la evaluación.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Dónde:

BN_t = beneficios netos del periodo (t)

i=tasa de descuento (Tasa de interés)

I_0 =Inversión en el periodo 0

n=Vida útil del Proyecto

TIR

La TIR es el porcentaje que señala que tal rentable es un capital de inversión en un proyecto anualmente o periódicamente (dependiendo del flujo), siempre que hable de una inversión. Su representación matemática es:

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = f$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Este proyecto de tesis es de tipo aplicativo, debido a que está orientado a resolver un problema con respecto al deterioro de los equipos y gastos adicionales en reparaciones de los mismos. Es de diseño no experimental, debido a que no se manipula a la variable y esta indica el objetivo y resultado de nuestro proyecto. Es cuantitativo, de acuerdo al análisis de la variable el estudio realizado es descriptivo, teniendo como finalidad proponer la implementación del área de mantenimiento para la obtención de la optimización de la disponibilidad de los equipos reflejada en porcentaje.

3.2. Variables y Operacionalización de Variables

- Independiente:
 - ✓ Plan de mantenimiento
- Dependiente:
 - ✓ Disponibilidad de equipos

La especificación y detalles de las variables se puede visualizar en la matriz de operacionalización de variables (Ver anexo N°1).

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población

La población está compuesta por todas las fallas que presentan los equipos que se encuentran en el área de taller de mantenimiento de la empresa SOLDESP SAC.

Muestra

La muestra son las fallas que tienen mayor repercusión, frecuencia e impacto causado con respecto a la disponibilidad de los equipos de taller de la empresa SOLDESP SAC.

Muestreo

No probabilístico

3.4. Técnicas e Instrumentos

Tabla 2. Técnicas e Instrumentos

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Observación	Toma de datos de las fallas de los equipos y disponibilidad.	- Check list. - Registro de mantenimiento de los equipos
Revisión documentaria	Búsqueda de datos técnicos de los equipos de taller.	Manuales técnicos de los equipos proporcionadas por los fabricantes

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo del proyecto de tesis se sigue el siguiente procedimiento:

- Inicialmente se realiza un diagnóstico de los equipos del taller indicando la disponibilidad actual de los equipos, esta disponibilidad es la que posteriormente va a ser optimizada con la aplicación de un plan de mantenimiento, la disponibilidad será dada mediante el uso de los check list y el registro de mantenimiento de equipos, utilizando también la técnica de la observación, logrando así tomar la data de las fallas que se encuentren en dichos equipos.
- A continuación, se determina la metodología de mantenimiento a utilizar de acuerdo al diagnóstico realizado, así también como el cálculo de la criticidad en el cual se puede visualizar la frecuencia con la que ocurren las fallas, el impacto operacional ocasionado, la flexibilidad, los costos ocasionados y el impacto en seguridad por cada sistema dado (Estructural, eléctrico e hidráulico) para así poder calcular su consecuencia y posteriormente la criticidad.
- Luego se determinan las actividades propias del mantenimiento, según las condiciones de operación de los equipos acompañado de los formatos o

registros respectivos, para lo cual se aplica la técnica de revisión documentaria la cual será plasmada en una base de datos para ser posteriormente evaluada.

- Se determina la nueva disponibilidad teórica, considerando las actividades del plan de mantenimiento elaborado, de esta manera podremos realizar una comparación de la disponibilidad que se tenía de los equipos de taller con la nueva disponibilidad, y así poder conocer la eficiencia de la aplicación de nuestro plan de mantenimiento.
- Finalmente se realiza una evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR, para determinar la viabilidad del proyecto con respecto a los costos de inversión y los beneficios que se obtienen.

3.6. Método de Análisis de Datos

El método a utilizar en el proyecto de investigación será:

Método analítico, que consiste en separar todas las características del objeto en estudio para observar las causas, la naturaleza y los efectos. Se usa Excel para procesar los datos mediante el cálculo de las fórmulas, para la creación de registros de control y para la redacción de los resultados del análisis se realiza mediante el Microsoft Word, programa en el cual será plasmado con gráficas y tablas, de esta manera es como se puede visualizar los resultados de forma ordenada y sistemática, siguiendo un proceso desde la obtención de los datos hasta los resultados finales.

3.7. Aspectos Éticos

El proyecto se desarrolla de manera responsable y transparente continuando con la línea de la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con los cuales se desarrolló el trabajo evitando situaciones que puedan suponer un conflicto de interés, respetando los derechos de autor. Así también, este proyecto se desarrolla en su totalidad con originalidad brindando los créditos y derechos respectivos a los autores de cada fuente de información estudiada, analizada y plasmada en el presente proyecto, es así que, se realiza una investigación en base a datos estudiados, analizados y con resultados que pueden ser corroborados

científicamente dándole así mayor valor y veracidad a la obtención de los resultados del presente proyecto, instando a que las investigaciones puedan darse de forma transparente, respetando la moral y la ética profesional de cada investigador, lector, profesional o estudiante.

IV. RESULTADOS

4.1. Hacer un diagnóstico de los equipos del taller, indicando la disponibilidad actual de los equipos

La empresa SOLDESP S.A.C. lleva desarrollando servicios en proyectos industriales a lo largo de 10 años, tales como el mantenimiento de plantas industriales, mantenimiento de plantas desalinizadoras, calderería, fabricación y montajes de estructuras metálicas, fabricación y montaje de Piping o Spool en plantas, soldaduras especiales, arenado y pintura, digitalización de planos, entre otros y en específico en su taller principal donde se realizó el presente trabajo de investigación se realizan trabajos de pintura y arenado, y de metal mecánica como la fabricación de estructuras y/o parte de ellas para proyectos como parte de la procesos en los servicios que brinda la empresa.

Esta empresa realiza trabajos en las áreas de mecánica, eléctrica y civil en proyectos de gran envergadura como lo son los proyectos dados por las empresas tales como Angloamerican Quellaveco, Engie y Southern Perú Copper Corporation. Estos servicios no son continuos y son trabajos a demanda, son realizados dependiendo del proyecto que se trabaje, para este caso tomaremos como muestra de evaluación el servicio de reparación de feedwell de espesador de relaves N°2, realizado en la unidad minera Cuajone en el periodo de 01 de Noviembre del 2021 hasta el 06 de Enero del 2022, siendo así que la fabricación de segmentos del feedwell se realizó por un periodo de 36 días en el taller dentro de los cuales se realizó trabajos de preparación de materiales, armado y finalmente se culminó con arenado y pintado de los segmentos, los cuales cuentan con 12 horas de trabajo por día, considerando 10 horas efectivas de trabajo realizando un descuento de 2 horas dentro de las cuales se encuentra la hora de refrigerio y se considera también 30 minutos al inicio de la jornada para la preparación de los equipos y otros 30 minutos al finalizar la jornada para el orden y limpieza final, de esta manera se procede a calcular la disponibilidad de estos. Los datos a tomar serán los obtenidos del trabajo realizado en el taller de la empresa durante este periodo de tiempo.

Tabla 3. Listado de equipos por codificación

Código	Equipo
EQTSOL001	SOLDADORA 1 - Moto soldadora Miller Botcat 250
EQTSOL002	SOLDADORA 2 – Lincoln DC-600
EQTSOL003	SOLDADORA 3 – Hobart RN-400
EQTSOL004	SOLDADORA 4 – Miller DIM-650
EQTROL001	ROLADORA
EQTPLE001	PLEGADORA
EQTTAL001	TALADRO DE BANCO – Dimanic
EQTPIN002	MAQUINA DE PINTURA – Draco
EQTCOM001	COMPRESORA - Atlas Copco XAS 186
EQTMAN001	MANLIFT - Genie GS-2032

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo de MTBF Y MTTR para hallar la disponibilidad del equipo, al Manlift, dicho procedimiento se aplica a todos los demás equipos.

➤ Manlift - Genie GS-2032

Se pudo observar que, del tiempo total de operación del Manlift el cual corresponde a 10 horas por día, se tuvo 10 paradas durante los 36 días de duración del proyecto por problemas con el Manlift, las cuales fueron:

Tabla 4. Diagnóstico Manlift

EQUIPO: MANLIFT - Genie GS-2032		
DIA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	232	368
2	100	500
3	0	600
4	190	410
5	0	600
6	0	600
7	180	420
8	0	600
9	0	600
10	0	600
11	0	600

12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	0	600
16	0	600
17	160	440
18	0	600
19	0	600
20	130	470
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	0	600
25	0	600
26	350	250
27	0	600
28	0	600
29	110	490
30	0	600
31	0	600
32	0	600
33	0	600
34	0	600
35	110	490
36	115	485
<hr/>		
TOTAL	1677	19923
MTBF	1992.3	
MTTR	559	
DISPONIBILIDAD	78%	
<hr/>		

Fuente: Elaboración propia

De aquí, se puede obtener un cálculo para la obtención del MTBF el cual se expresa de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{21600 - (1677)}{10}$$

$$MTBF = 1992 \text{ min}$$

Teniendo como resultado un tiempo medio entre fallas de 33.2 horas o 1992 minutos.

Para la realización del cálculo del MTTR se tomó como data el tiempo promedio que nos llevó realizar la reparación de la máquina de soldar después de la falla, expresándose de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{1677}{10}$$

$$MTTR = 559 \text{ min}$$

Teniendo como resultado un tiempo medio de reparación de 9.32 horas o 559 minutos.

Por lo que, teniendo el MTBF y el MTTR calculamos la disponibilidad de la máquina de soldar:

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{1992}{1992 + 559} \times 100$$

$$\% \text{ Disponibilidad} = 78\%$$

De la misma manera como se obtuvo los resultados de los cálculos de disponibilidad del Manlift - Genie GS-2032, se procedió con los demás equipos a realizar el cálculo de la disponibilidad con lo cual obtuvimos el siguiente resultado como se muestra en la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Cuadro de Disponibilidad de Equipos

ÍTEM	EQUIPO	TIEMPO TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	SOLDADORA 1 - Moto soldadora Miller Botcat 250	537	846	179	83%
2	SOLDADORA 2 – Lincoln DC-600	465	854	155	85%
3	SOLDADORA 3 – Hobart RN-400	480	852	160	84%
4	SOLDADORA 4 – Miller DIM-650	552	845	184	82%
5	ROLADORA	789	1173	263	82%
6	PLEGADORA	570	1054	190	85%
7	TALADRO DE BANCO - Dimanic	405	955	135	88%
8	MAQUINA DE PINTURA - Draco	294	580	98	86%
9	COMPRESORA - Atlas Copco XAS 186	351	865	117	88%
10	MANLIFT - Genie GS-2032	1677	1992	559	78%

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparación de cada equipo son calculados en base al tiempo de trabajo efectivo de los mismos el cual corresponde a 10 horas y al tiempo total acumulado de las paradas. Las paradas de los equipos durante los 36 días en que se tomaron las muestras, se presentan con un tiempo distinto por día cómo se pueden visualizar desde el anexo N.º 19 hasta el anexo N.º 28. Una vez obtenido el tiempo total de cada equipo (MTBF y MTTR). Se calculó la disponibilidad de cada equipo en la cual se refleja que los valores de los resultados se encuentran por debajo de los valores típicos de disponibilidad ideales tanto en procesos de tipo continuo como procesos de tipo batch (por lote) entre otros, tal como se muestra en la tabla N.º 1. Los datos específicos de cálculo para la obtención de los datos de la tabla 5, se encuentran en los anexos.

4.2. Determinar las actividades propias del mantenimiento, acompañado de los formatos o registros respectivos

Análisis de criticidad

Se procedió a realizar un análisis de criticidad del equipo Manlift - Genie GS-2032 con respecto a los elementos que comprenden los sistemas y las consecuencias, de esta misma forma se procedió a realizar el mismo análisis en los demás equipos. El equipo Manlift es un equipo con plataforma de elevación con capacidad de trabajo máxima de 8.13 metros, con una capacidad máxima de carga de 363 kg y capacidad para dos personas en el interior de la plataforma, este equipo trabaja con una alimentación de 24 voltios DC a baterías y con sistema de carga eléctrica de 220V.

En las visitas realizadas para la revisión documentaria del archivo que contempla el histórico del uso de las máquinas se tomó nota llegándose a establecer el siguiente cuadro de criticidad establecido:

Tabla 6. Criticidad por sistema

Sistema	Frecuencia	Impacto op.	Flexibilidad	Costos MTT	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad
Sistema estructural	4	7	4	1	3	32	128
Sistema eléctrico	3	7	4	1	4	33	99
Sistema hidráulico	3	7	4	1	6	35	105

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un análisis de criticidad de los sistemas que componen el equipo, teniendo una alta frecuencia y mediano alto impacto operacional, la flexibilidad operación es alto ya que no se cuenta con equipos de respaldo en casa este quede fuera de servicio y alto impacto ambiental en el sistema hidráulico al tener derrames y fugas de hidrolina del sistema de elevación de la plataforma.

Dentro de cada sistema se encuentran los elementos que los comprenden las cuales se describen de la siguiente manera:

En el sistema estructural se tiene la limpieza general, el ajuste de los pernos de sujeción y el cambio de bujes del tijeral.

En el sistema eléctrico se tiene el cambio de baterías, la verificación de los conectores de batería, revisión de capacidad de carga de baterías, la reparación de puntos de aislamiento dañados, la revisión de falsos contactos en el cableado eléctrico, la limpieza de las conexiones eléctricas, el ajuste de las conexiones eléctricas y mantenimiento al control de elevación y desplazamiento.

En el sistema hidráulico se tiene el mantenimiento de la bomba hidráulica, limpieza del tanque de hidrolina, cambio de filtro de hidrolina, mantenimiento al motor hidráulico, mantenimiento pistón de elevación, cambio de hidrolina y cambio de retenes de pistón.

Se desarrolló un análisis de criticidad considerando la frecuencia los elementos de los sistemas, el impacto operacional causado, la flexibilidad operacional, los costos probables y el impacto causado a la salud y al medio ambiente, dándonos como resultado una consecuencia la cual nos muestra las fallas más críticas, medianamente críticas y de baja criticidad como se verifica en la matriz de criticidad propuesta de la Figura 1, tomando en cuenta la presencia de un operario

permanentemente en el equipo, el cual lo hace un equipo altamente crítico tanto en costos como en seguridad.

Se desarrolló un grupo de actividades de un plan de mantenimiento en específico para cada uno de los equipos de taller involucrados en este trabajo de investigación en función a las actividades que desarrollan y a la exigencia de trabajo que se le da cada uno de ellos independientemente, como sugerencia de aplicación basados en las prácticas que propala la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM y así como también en el diagnóstico realizado a los equipos en una periodicidad determinada.

Estas actividades han sido clasificadas por sistemas ya sean metálico, eléctrico, hidráulico, entre otros. Cada sistema cuenta con un grupo de actividades de mantenimiento a realizar los cuales tienen un tiempo de periodicidad, un responsable de la labor realizada, herramientas y/o equipos a utilizar para la actividad y un tiempo determinado para la ejecución.

La periodicidad de las actividades de mantenimiento se da en base a los días de trabajo realizados.

Sistema estructural:

Limpieza general, es realizado por el operador de manera diaria utilizando paño industrial y/o disolventes en caso sea necesario, durante un lapso de ejecución de 20 minutos, ya que en la inspección visual pudimos observar que la estructura metálica tenía restos de grasa y sumado a la temperatura generada por el trabajo realizado significaba un riesgo.

Apretar pernos de sujeción, es realizado por el mecánico cada 150 horas de trabajo por ser un riesgo de alta criticidad por tener al personal trabajando en altura, esta actividad se realiza durante un lapso de ejecución de 30 minutos.

Cambio de bujes de tijeral, realizado por el operador cada 5000 horas de trabajo mediante el uso de herramientas manuales, durante un lapso de 4 horas.

Sistema eléctrico:

Verificar los conectores de batería, es realizado por el operador cada 150 horas de trabajo mediante la inspección visual, durante un lapso de 30 minutos previo al inicio de labores.

Revisión de capacidad de carga de baterías, es realizada por el eléctrico cada 1000 horas, mediante el uso de medidores de capacidad de carga de baterías y cargador de batería, durante un lapso de 15 minutos.

Reparar puntos de aislamiento dañados, es realizado por el eléctrico de manera trimestral utilizando multímetro, medidor de aislamiento, herramientas menores y cinta aislante en caso sea necesario, una vez identificados los puntos de aislamiento dañados mediante el uso del medidor de aislamiento el cual detecta las fugas en medida de Ohmios, se procede a la reparación utilizando cinta aislante para evitar dichas fugas y posteriormente se verifica el aislamiento utilizando nuevamente el probador de aislamiento y finalmente el multímetro, por lo cual se podrá visualizar el correcto traslado de la energía, el no realizar una reparación de los aislamientos puede significar un ahorro en costos de manteamiento pero con el paso del tiempo va a significar un aumento en el costo del consumo eléctrico por las pérdidas en la conducción que se puedan tener, esta actividad se realiza durante un lapso de ejecución de 1 hora, este es un tiempo máximo, por lo que puede ser menor.

Revisar un falso contacto en el cableado eléctrico, es realizado por el eléctrico cada 150 horas de trabajo mediante la inspección visual la cual corresponde a un lapso de 1 hora.

Limpiar conexiones eléctricas, es realizado por el eléctrico de manera trimestral utilizando limpiadores electrónicos, cinta aislante y paño industrial en caso sea necesario, durante un lapso de ejecución de 1 hora.

Mantenimiento al control de elevación y desplazamiento, es realizado por el operador cada 1000 horas de trabajo mediante la inspección visual el cual corresponde a un lapso de 1 hora.

Ajuste de conexiones eléctricas, es realizado por el eléctrico de manera trimestral utilizando herramientas menores, cinta aislante o auto fundente en caso sea necesario, para asegurar las mismas conexiones y evitar de esta manera las

pérdidas en los hilos conductores, la actividad se realiza durante un lapso de ejecución de 1 hora.

Tabla 7. Cuadro de actividades de mantenimiento de Manlift

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	Apretar Pernos de sujeción	150h	MECANICO	Llave mixta	30 min
	Cambio de bujes de tijeral	5000h	OPERADOR	Htas menores, extractor	4 horas
	Cambio de baterías	5000h	ELECTRICO	Htas menores	30 min
	Verificar los conectores de batería	150h	OPERADOR	Inspección visual	30 min
	Revisión de capacidad de carga de baterías	1000h	ELÉCTRICO	Multímetro y equipos de medición	20 min
Eléctrico	Reparar puntos de aislamiento dañados	150h	ELECTRICO	Multímetro, probador, htas menores y cinta aislante	1 hora
	Revisar un falso contacto en el cableado eléctrico	150h	ELECTRICO	Inspección visual	1 hora
	Limpiar conexiones eléctricas	450h	ELECTRICO	Limpiadores Electrónicos, cinta aislante y paño industrial	1 hora
	Mantenimiento al control de elevación y desplazamiento	1000h	OPERADOR	Multímetro y equipos menores	1 hora
	Ajuste de conexiones eléctricas	450h	OPERADOR	Htas menores, cintas aislante o auto fundente	1 hora
	Mantenimiento de bomba hidráulica	2000h	OPERADOR	Herramientas	4 horas
Hidráulico	Limpieza del tanque de hidrolina	5000h	ELECTRICO	Paños, diluyente	3 horas
	Cambio de filtro de hidrolina	500h	ELECTRICO	Htas menores	30 min
	Mantenimiento al motor hidráulico	2000h	ELECTRICO	Herramientas y materiales	4 horas
	Mantenimiento al pistón de elevación	1000h	ELECTRICO	Limpiadores, paño industrial y htas menores	3 horas
	Cambio de hidrolina	5000h	ELECTRICO	Hidrolina, htas menores	2 horas
	Cambio de retenes de pistón	2000h	ELECTRICO	Htas menores	4 horas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Cuadro de actividades de mantenimiento de Máquina de Soldar

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente dieléctrico	20 min
	Reemplazar etiquetas dañadas	5000h	INGENIERIA	Inspección visual y etiquetas	1 hora
	Soplar o aspirar interiores de la máquina para remoción de polvos	1000h	OPERADOR	Soplador y paño industrial	1.5 horas
	Revisar base y rueda de las máquinas para facilitar su transporte	150	MECANICO	Htas menores	1 hora
	Lubricar ruedas de la base de transporte	150	LUBRICADOR	Lubricante y paño industrial	30 min
	Verificar estado de los cables que no presentes cortes o daños	150	OPERADOR	Inspección visual	30 min
	Revisar conexiones que no presentes deterioro o pérdida de aislamiento	300h	ELECTRICO	Probador, Htas menores y cinta aislante	20 min
	Reparar puntos de aislamiento dañados	300h	ELECTRICO	Multímetro, probador, htas menores y cinta aislante	1.5 horas
Eléctrico	Cambiar cable de porta electrodo y tierras	1000h	ELECTRICO	Cables, Htas menores y cinta aislante	2 horas
	Limpiar conexiones eléctricas	150	ELECTRICO	Limpiadores Electrónicos, cinta aislante y paño industrial	1 hora
	Verificar el funcionamiento de interruptor principal	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Verificar el funcionamiento de luces indicadoras	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Verificar el funcionamiento de la perilla de ajuste de Amperaje	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Verificar el funcionamiento del sistema de ventilación	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Verificar el funcionamiento de los relojes analógicos	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min

Combustión*	*Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	*Cambiar aceite de motor	70h	MECANICO	aceite 10w30	30 min
	*Cambiar filtro de aceite	70h	OPERADOR	Htas menores	30 min
	*Ajuste de carburador	70h	OPERADOR	Htas menores	25 min
	*cambio de filtro de aire	500h	OPERADOR	Htas menores	30 min

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Considerar este ítem con () en caso de que el equipo sea moto soldadora y cuente con motor de combustión interno.

Tabla 9. Cuadro de actividades de mantenimiento de Roladora

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general de la maquina	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	Lubricación manual de partes	70h	LUBRICADOR	Lubricante	1.5 horas
	Apretar Pernos de sujeción	500h	MECANICO	Llaves mixtas	30 min
	Controlar paralelismo de rodillos	250h	MECANICO	Llaves mixtas	40 min
	Controlar deslizamiento de los rodillos	250h	MECANICO	Llaves mixtas	30 min
	Realizar pruebas de alineación del equipo	250h	MECANICO	Nivel	2 horas
	Controlar de perdida de fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
Hidráulico	Inspeccionar que el nivel del fluido hidráulico se encuentre en el nivel permisible	300h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
	Revisar estado de las mangueras que no presentes fugas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min
	Controlar el funcionamiento del sistema hidráulico	1000h	OPERADOR	Inspección visual	1 hora
	Sustitución de filtro de aceite de aspiración	2000h	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 horas
	Sustitución cartucho de filtro de aceite de retorno	1000h	MECANICO	Cartucho, Htas menores	3 horas
	Sustitución fluido hidráulico y limpieza de deposito	2000h	MECANICO	Aceite, paño industrial, disolvente y htas menores	4 horas
	Controlar perdidas de lubricante en la línea de lubricación	70h	OPERADOR	Inspección visual	15 min
Lubricación	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Revisar que el nivel de lubricante se encuentre en el estándar de operación	70h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
	Revisar estado de las mangueras que no presentes fugas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min
Eléctrico	Prueba de aislación	1000h	ELECTRICO	Multímetro, Probador de aislamiento	1 hora

Ajuste de conexiones eléctricas	1000h	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o auto fundente	3 horas
Inspeccionar y hacer revisión del estado y funcionamiento del panel	1000h	ELECTRICO	Probador, multímetro, htas menores	45 min

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Cuadro de actividades de mantenimiento de Plegadora

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	Lubricación manual	70h	LUBRICADOR	Lubricante	1.5 horas
	Apretar Pernos de sujeción	500h	MECANICO	Llaves mixtas	30 min
	Controlar ajuste de chapas de plegado	250h	MECANICO	Llaves mixtas	1 hora
	Revisar que las chapas se encuentren alineadas	250h	MECANICO	Llaves mixtas, comparador de caratula	45 min
	Realizar pruebas de nivelación de la maquina	250h	MECANICO	Nivel	2 horas
Hidráulico	Controlar de perdida de fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Inspeccionar que el nivel del fluido hidráulico se encuentre en el nivel permisible	300h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
	Revisar estado de las mangueras que no presentes fugas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min
	Controlar el funcionamiento del sistema hidráulico	1000h	OPERADOR	Inspección visual	1 hora
	Sustitución de filtro de aceite de aspiración	2000h	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 horas
	Sustitución cartucho de filtro de aceite de retorno	1000h	MECANICO	Cartucho, Htas menores	3 horas
	Sustitución fluido hidráulico y limpieza de deposito	2000h	MECANICO	Hidrolina, paño industrial, disolvente y htas menores	4 horas
	Controlar perdidas de lubricante en la línea de lubricación	70h	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Revisar que el nivel de lubricante se encuentre en el estándar de operación	70h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
Lubricación	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min
	Prueba de aislación	1000h	ELECTRICO	Multímetro, Probador de aislamiento	1 hora
Eléctrico					

Ajuste de conexiones eléctricas	1000h	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o auto fundente	3 horas
Inspeccionar y hacer revisión del estado y funcionamiento del panel	1000h	ELECTRICO	Probador, multímetro, htas menores	45 min

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Cuadro de actividades de mantenimiento de Taladro de Banco

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	Reemplazar etiquetas dañadas	5000h	INGENIERIA	Inspección visual y etiquetas	1 hora
	Soplar o aspirar interiores de la máquina para remoción de polvos	1000h	OPERADOR	Soplador y paño industrial	1.5 horas
	Apretar Pernos de sujeción	150	MECANICO	Llave mixta	30 min
	Verificar estado de los cables que no presentes cortes o daños	150	OPERADOR	Inspección visual	30 min
Eléctrico	Revisar conexiones que no presenten deterioro	300h	ELECTRICO	Probador, Htas menores y cinta aislante	20 min
	Reparar puntos de aislamiento dañados	300h	ELECTRICO	Multímetro, probador, htas menores y cinta aislante	1.5 horas
	Limpiar conexiones eléctricas	150h	ELECTRICO	Limpiadores Electrónicos, cinta aislante y paño industrial	1 hora
	Verificar el funcionamiento de interruptor principal	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Ajuste de conexiones eléctricas	450h	OPERADOR	Htas menores, cintas aislante o auto fundente	1 horas
	Verificar el funcionamiento de la perilla de ajuste de corriente	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Cuadro de actividades de mantenimiento de Compresora

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Estructural	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 min
	Lubricación manual	70h	LUBRICADOR	Lubricante	1.5 horas
	Apretar Pernos de sujeción	500h	MECÁNICO	Llaves mixtas	30 min
	Controlar la válvula de presión mínima	1000h	MECANICO	Llaves mixtas	45 min
	Revisar la válvula de aspiración	1000h	MECANICO	Llaves mixtas, comparador de caratula	30 min
Hidráulico	Controlar de perdida de fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Revisar que el nivel del fluido hidráulico se encuentre en condiciones de operación	150h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min
	Controlar el funcionamiento del sistema hidráulico	4000h	OPERADOR	Inspección visual	1 hora
	Cambio de filtros de aire y separadores	1000h	MECANICO	Filtro, Htas menores	1.5 horas
	Cambio de filtros de aceite de aspiración	1000h	MECANICO	Filtro, Htas menores	1.5 horas
	Cambio de correas	1000h	MECANICO	Correas, Htas menores	2 horas
	Comprobar funcionamiento de válvulas de control y presión	300h	OPERADOR	Inspección visual	50 min
	Sustitución fluido hidráulico y limpieza de deposito	2000h	MECANICO	Aceite, paño industrial, disolvente y htas menores	4 horas
	Controlar perdidas de lubricante en la línea de lubricación	70h	OPERADOR	Inspección visual	15 min
Lubricación	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 min
	Revisar que el nivel de lubricante se encuentre en el estándar de operación	70h	OPERADOR	Inspección visual	5 min
	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	1000h	OPERADOR	Inspección visual	20 min

Motor a combustión	Cambiar filtro de aceite de motor	250h	OPERADOR	Filtro, Htas menores	30 min
	cambiar aceite de motor	250h	OPERADOR	Aceite, paño industrial y htas menores	30 min
	cambiar filtros de combustible	250h	OPERADOR	Filtro, Htas menores	30 min
	Cambiar filtro de aire	1000h	OPERADOR	Filtro, Htas menores	30 min
	Cambiar refrigerante	4000h	OPERADOR	Refrigerante, paño industrial y htas menores	30 min

Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma como se realizó el cuadro de actividades del plan de mantenimiento del Manlift, se procedió a realizar las actividades de mantenimiento con los demás equipos mostradas desde la tabla 7 hasta la tabla 12 donde se detalla las actividades de mantenimiento, las periodicidades, los responsables de ejecutarlas, los equipos y herramientas necesarios y los tiempos de trabajo, cabe resaltar que al ser un taller de producción por lote (tipo batch) no será necesario realizar una parada general para realizar las actividades descritas en el plan de mantenimiento, estas actividades serán programadas en el horario en el cual el equipo no esté en funcionamiento, siendo necesario registrar estas actividades en el formato de registro de mantenimiento presente en el anexo 8 para tener un control de las periodicidades.

4.3. Determinar la nueva disponibilidad teórica, considerando las actividades del plan de mantenimiento

Se realizó el cálculo de MTBF Y MTTR habiéndose aplicado las actividades de mantenimiento, para hallar la nueva disponibilidad del equipo del Manlift, dicho procedimiento se aplica a todos los demás equipos.

➤ Manlift - Genie GS-2032

Se pudo observar que, del tiempo total de operación del Manlift el cual corresponde a 10 horas por día, en un lapso de 36 días se tuvo un total de 300 minutos de paradas por mantenimiento preventivo estipulados en las actividades del plan de mantenimiento, tomando únicamente las actividades de mantenimiento con menor periodicidad de mantenimiento, dentro del lapso de los 36 días de trabajo. Fueron 5 las actividades de mantenimiento comprendidas en cálculo teórico de disponibilidad. Cabe recalcar que no se podrá alcanzar un 100% de disponibilidad de los equipos debido a factores externos al plan de mantenimiento que pueden generar paradas como lo son la desenergización del taller, u otros factores que puedan provocar paradas en los equipos.

De aquí, se puede obtener un cálculo para la obtención del MTBF el cual se expresa de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{21600 - (300)}{1}$$
$$MTBF = 21300 \text{ min}$$

Teniendo como resultado un tiempo medio entre fallas de 355 horas o 21300 minutos.

Para la realización del cálculo del MTTR se tomó como data el tiempo promedio que nos llevó realizar la reparación de la máquina de soldar después de la falla, expresándose de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{300}{1}$$
$$MTTR = 300 \text{ min}$$

Teniendo como resultado un tiempo medio de reparación de 3.3 horas o 330 minutos.

Por lo que, teniendo el MTBF y el MTTR calculamos la disponibilidad de la máquina de soldar:

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{21300}{21300 + 330} \times 100$$
$$\% \text{ Disponibilidad} = 99\%$$

Una vez aplicadas las actividades de mantenimiento por sistema y por equipo en el tiempo en el que los equipos no estén en funcionamiento, la vida útil y rendimiento de cada equipo incrementa debido a la disminución de paradas de los equipos ya que habrá disminución de fallas de los mismos, de esta manera, se cuenta con un aumento en la disponibilidad de uso de los equipos de taller, como se describe en la tabla 14:

Tabla 13. Cuadro de Nueva Disponibilidad de Equipos

ÍTEM	EQUIPO	TIEMPO TOTAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
1	SOLDADORA 1 - Moto soldadora Miller Botcat 250	108	2223	36	98%
2	SOLDADORA 2 – Lincoln DC-600	111	2223	37	98%
3	SOLDADORA 3 – Hobart RN-400	81	2230	27	99%
4	SOLDADORA 4 – Miller DIM-650	54	2237	18	99%
5	ROLADORA	102	2966	34	99%
6	PLEGADORA	144	2952	48	98%
7	TALADRO DE BANCO - Dimanic	105	4448	35	99%
8	MAQUINA DE PINTURA - Draco	72	1786	24	99%
9	COMPRESORA - Atlas Copco XAS 186	114	2222	38	98%
10	MANLIFT - Genie GS-2032	540	5265	180	99%

Fuente: Elaboración Propia

Obtenidos los resultados con la nueva disponibilidad calculada, podemos concluir que la disponibilidad de todos los equipos aumentó en un promedio general de **15%** como se describe en la tabla 15:

Tabla 14. Cuadro de comparativa de disponibilidades de los equipos

ÍTEM	EQUIPO	ANTIGUA DISP.	NUEVA DISP. TEORICA
1	SOLDADORA 1 - Moto soldadora Miller Botcat 250	83%	98%
2	SOLDADORA 2 – Lincoln DC-600	85%	98%
3	SOLDADORA 3 – Hobart RN-400	84%	99%
4	SOLDADORA 4 – Miller DIM-650	82%	99%
5	ROLADORA	82%	99%
6	PLEGADORA	85%	98%
7	TALADRO DE BANCO - Dimanic	88%	99%
8	MAQUINA DE PINTURA - Draco	86%	99%
9	COMPRESORA - Atlas Copco XAS 186	88%	98%
10	MANLIFT - Genie GS-2032	78%	99%

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Realizar una evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR

Para la obtención del VAN y TIR, en la realización de la evaluación económica tomamos la data correspondiente al flujo del ingresos y flujo de egresos mensuales que comprende a la empresa teniendo en cuenta que se encuentra en operación por proyecto activo, contando con una inversión inicial de S/. 20000.00 que corresponde a los insumos, materiales y herramientas los cuales están descritos en cada plan de actividades de mantenimiento, de esta manera se realiza el cálculo para la obtención del VAN y el TIR.

Tabla 15. Listado de insumos, materiales y herramientas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ARTICULO	CANTIDAD	UM	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Filtro de aceite	20	UND	S/. 80.00	S/. 1,600.00
2	Hidrolina	60	GLN	S/. 40.00	S/. 2,400.00
3	Paño industrial 400 unidades	5	UND	S/. 230.00	S/. 1,150.00
4	Lubricantes	5	UND	S/. 90.00	S/. 450.00
5	Refrigerante	2	UND	S/. 45.00	S/. 90.00
6	Juego de llaves mixtas	1	UND	S/. 140.00	S/. 140.00
7	Cinta aislante	50	UND	S/. 7.00	S/. 350.00
8	Auto fundente	10	UND	S/. 69.00	S/. 690.00
9	Etiquetas	10	UND	S/. 0.50	S/. 5.00
10	Filtros de hidrolina	15	UND	S/. 12.00	S/. 180.00
11	Nivel	1	UND	S/. 25.00	S/. 25.00
12	Multímetro	1	UND	S/. 500.00	S/. 500.00
13	Cartuchos de filtro de aceite	10	UND	S/. 125.00	S/. 1,250.00
14	Aceite de motor	10	GLN	S/. 39.00	S/. 390.00
15	Disolvente dieléctrico	5	GLN	S/. 165.90	S/. 829.50
16	Pernos	100	UND	S/. 0.50	S/. 50.00
17	Consumo mensual de luz	5	UND	S/. 1,250.00	S/. 6,250.00
18	Pinzas porta electrodos	12	UND	S/. 60.00	S/. 720.00
19	Fusibles	30	UND	S/. 3.00	S/. 90.00
20	Buges	14	JGO	S/. 50.00	S/. 700.00
21	Pinza a tierra	12	UND	S/. 60.00	S/. 720.00
22	Megómetro	1	UND	S/. 800.00	S/. 800.00
23	Soplador de aire	1	UND	S/. 500.00	S/. 500.00
TOTAL					S/. 19,879.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Flujo de ingresos

Mes	Flujo de ingresos - A	Flujo de egresos - B	Flujo efectivo neto - A B
1	28600	11440	17160
2	29550	11820	17730
3	30000	12000	18000
4	30750	12300	18450
5	29550	11820	17730
TOTAL	148450	59380	89070

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos en el flujo efectivo neto correspondientes al flujo de ingresos vs flujo de egresos y la inversión inicial dada con un valor de S/. 20000.00, los cuales representan la inversión dada para realizar el proyecto en soles (iO), en una cantidad de 5 meses trabajados (n) bajo un interés del 10% (i), se procedió al cálculo del VAN y TIR.

Tabla 17. Cálculo del VAN y TIR

n	5	meses
i	0.1	% tasa de interés
iO	20000	Inversión inicial
Van	S/. 47,387.09	Valor actual neto
Tir	84%	Tasa interna de retorno

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

Según los objetivos previamente planteados al inicio del proyecto, se llegó a la obtención de los resultados los cuales son favorables para el cumplimiento de los mismos, estos son detallados de la siguiente manera:

Con respecto al diagnóstico de equipos de taller, se realizó un registro de mantenimiento con respecto a las labores de los equipos de taller, los proyectos en los cuales se encuentra realizando estas labores y los equipos que tiene en el taller, de esta forma se utilizaron checklist para la detección de las fallas más comunes en estos equipos. Se tomó como base a un proyecto debido a que estos equipos no trabajan constantemente y solo lo hacen durante el tiempo que laboran el proyecto, este proyecto tuvo una duración 67 días de los cuales 36 días se realizaron labores en taller, estos equipos trabajaron en un lapso de 10 horas de las 12 horas de trabajo habitual debido a que las otras 2 horas restantes se utilizaron en limpieza y almuerzo de los trabajadores, es así que con nuestra data pudimos lograr captar los 10 equipos (4 soldadoras, 1 roladora, 1 plegadora, 1 taladro de banco, 1 máquina de pintura, 1 compresora y 1 Manlift) con sus respectivos códigos y fallas las cuales fueron divididas por sistema para un mayor orden y manejo. En este diagnóstico se tomó como ejemplo al equipo Manlift - Genie GS-2032, debido a que es el equipo con fallas y riesgos más críticos dado que mantiene a un trabajador realizando labores en altura permanentemente. Este equipo trabajó durante los 36 días de labores, teniendo un total de 10 paradas por fallas en el equipo las cuales fueron obtenidas de acuerdo al histórico de operatividad y mantenimiento de los equipos en la duración de proyecto con el cual cuentan los operadores de los equipos en físico, dándonos un total de 1677 minutos de tiempo sin laborar (27.95 horas), y procediendo con los cálculos de MTBF y MTTR previa a la obtención del porcentaje de la disponibilidad, se obtuvo un tiempo medio entre fallas de 1992 minutos (33.2 horas) y tiempo medio de reparación de 559 minutos (9.32 horas), teniendo así una disponibilidad del 78%, la cual es una disponibilidad baja y mejorable. De esta forma se realizó el cálculo de todos los demás equipos, los cuales se visualizan en los anexos.

Para el objetivo de determinación de las actividades propias de mantenimiento de los equipos, se tomó como data las fallas más recurrentes obtenidas de cada equipo para la realización de las actividades más eficientes las cuales puedan mermer estas fallas y por lo tanto disminuir la cantidad de paradas de los equipos por fallas. Se realizó también un análisis de criticidad por sistema dado que cada sistema cuenta con distintos tipos de fallas, de esta forma se logró saber cuáles son las fallas más críticas, las fallas medianamente críticas y las fallas no tan críticas y mediante esta clasificación trabajar correctamente las actividades evitando así riesgos mayores en los equipos y aumentando su vida útil. Esta criticidad fue obtenida mediante la evaluación de la frecuencia con la que ocurren las fallas, el porcentaje de pérdidas de producción el cual indica el impacto operacional, el impacto por flexibilidad operacional, el impacto en costos de mantenimiento de ser mayor o menor a 3000 soles, el impacto a la seguridad, higiene y medio ambiente y finalmente la matriz de criticidad. Para la periodicidad de los equipos, el responsable a cargo, las herramientas a utilizar y el lapso de tiempo de realización del mantenimiento seleccionado, se consultó al histórico de fallas y mantenimiento de los equipos y al horómetro en los equipos que contaban este, teniendo así un plan de mantenimiento por equipo dado con actividades con tiempos definidos.

Con respecto a la nueva disponibilidad teórica considerando las actividades del plan de mantenimiento dado a cada equipo de taller de la empresa SOLDESP SAC, se volvió a tomar como ejemplo al Manlift - Genie GS-2032 y se realizaron los nuevos cálculos de MTBF y MTTR para la obtención de la nueva disponibilidad, previamente habiéndose aplicado las actividades de mantenimiento descritas en cada plan de mantenimiento de los equipos de taller. La cantidad total de paradas disminuyó a 4 paradas dando así un total de 540 minutos del equipo sin laborar, el nuevo tiempo medio entre fallas fue de 5265 minutos (87.75 horas) y un tiempo medio de reparación de 180 minutos (3 horas), de esta manera se pudo visualizar un incremento en la disponibilidad final a 97%, muy superior al 78% inicialmente obtenido. De esta misma forma se obtuvo la nueva disponibilidad de todos los equipos de taller la cual dio resultados favorables dando un incremento de entre

10% y 21%, teniendo un incremento promedio entre todos de 15% de disponibilidad.

Para el objetivo de la evaluación económica mediante indicadores VAN y TIR, se logró obtener un resultado beneficioso en la reducción hasta una sola unidad de los montos de dinero generados o aportados con el paso de los meses, siendo un total de valor actual neto de S/. 47387.09 soles y una tasa interna de retorno del 84% positivo, por lo que se indica que el proyecto es viable para la mejora de la disponibilidad de los equipos de taller.

Es así que cumple con nuestro objetivo general, incrementando la disponibilidad de los equipos de taller en la empresa SOLDESP SAC, mediante el planteamiento y selección de las correctas actividades propias de mantenimiento de mantenimiento para cada equipo de taller, con los requerimientos necesarios ya sean materiales, operadores, periodicidad y tiempo de ejecución de cada mantenimiento, obteniendo así la disminución de las fallas dadas en los equipos mediante laboran un proyecto e incrementando también la vida útil de los mismos.

En base al antecedente de la tesis de Chávez y Espinoza (2016), se concluye que el aumento de la disponibilidad es factible realizando un análisis de criticidad y la aplicación de las actividades de un plan de mantenimiento, obteniendo resultados significativos en la disponibilidad final de los equipos los cuales inicialmente se encontraban con fallas críticas y recurrentes.

En referencia al antecedente de la tesis de Pacheco (2018) en donde se plantea desarrollar una propuesta para implementar un modelo de mantenimiento preventivo y así eliminar las fallas ocurridas y reducir al mínimo las paradas planteando un plan de mantenimiento preventivo, la presente tesis logra satisfacer los resultados esperados con respecto a los objetivos planteados sobre la disponibilidad de los equipos para así aumentar la confiabilidad de los mismos.

Con respecto a la tesis de Tuesta (2014) en comparativa a la presente tesis, se concluye que la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo,

logra en ambos casos encontrar las fallas más críticas de los equipos, así también poder plantear las actividades de mantenimiento más eficientes para de esta manera poder disminuir los problemas de disponibilidad de equipos y la ocurrencia de las fallas.

Se concluye también, tomando como base a la tesis de Puertas (2007), que la confiabilidad de los equipos aumenta debido a la implementación del plan de mantenimiento preventivo, de esta manera, se logra eficientemente prevenir la ocurrencia de fallas en los equipos lo cual repercute positivamente en la disponibilidad de los equipos para realizar los labores.

En comparativa a la tesis Doctoral de Gardella (2011), se concluye que un análisis de criticidad de los equipos previo a la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo es fundamental, debido a que ayuda a desarrollar otros métodos de cálculo en los cuales se presentaran distintas variables.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de los equipos del taller, encontrándose que la totalidad se encuentran en mal estado, así como no existe un registro de control de sus actividades lo que complicó la obtención de la disponibilidad, aun así, mediante criterios asumidos en conjunto con los operarios a cargo del taller se logró determinar la misma siendo un resultado de un aumento de 15% de disponibilidad promedio.
- Para la determinación de las actividades propias del mantenimiento a elaborar se empleó el análisis de criticidad con el cual se logró encontrar las fallas más críticas ya sean presentadas cada cierto tiempo o frecuentemente, dentro de ellas las más críticas fueron las pérdidas y derrame de fluido hidráulico por el impacto medio ambiental que presentaban y fallas eléctricas en los motores, de esta manera, se designaron las actividades de mantenimiento más eficientes para poder corregir este problema.
- Con el criterio de cero fallas debido a una adecuada aplicación de las actividades de mantenimiento preventivo plantadas, se determinó los nuevos índices de disponibilidad de los equipos, obteniéndose un promedio de 15% de aumento de la disponibilidad de los equipos las cuales se encontraban por debajo del promedio de 80% de disponibilidad.
- Mediante una evaluación económica considerando el flujo de ingreso y el flujo de egreso mensual de la empresa, se logró realizar el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 84% y el Valor Actual Neto (VAN) de S/. 47,387.09 dando como resultado un impacto positivo para este proyecto con respecto a la reducción de costos y aumento de beneficios.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un diagnóstico y actualización de actividades de mantenimiento cada 2 años, para mantener la misma eficiencia y no incrementar las fallas o frecuencia de las mismas.
- Se recomienda la implementación del presente proyecto con la finalidad de poder conseguir el correcto empleo de los equipos de taller de la empresa, incluyendo la instrucción del personal para la realización de las actividades.
- Se recomienda que en la aplicación de este proyecto sean estrictos con el control de los mantenimientos y respetar las periodicidades para así asegurar la disponibilidad y mantener el criterio de cero fallas.

REFERENCIAS

1. Buelvas Díaz, C. E. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.
2. Chávez Salazar, H., & Espinoza Giron, R. E. (2016). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja SRL.
3. Tuesta Yliquin, J. M. (2014). Plan de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos Pesados de la Empresa OBRAINSA.
4. Puertas Jerez, J. L. (2007). Incremento de disponibilidad en equipos críticos de refrigeración de Empacadora Toledo, SA, Planta Amatitlán (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
5. Gardella González, M. (2011). Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
6. Bado, P., & Fharide, L. (2018). Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la empresa Hydro Patapo SAC.
7. Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59.
8. Chávez, H., & Espinoza, RE (2016). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera La Zanja SRL (Tesis de

licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/7661>

9. Chávez, H., & Espinoza, RE (2016). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera La Zanja SRL (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/7661>
10. Tesén, Martha. (2021). "Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa S.R.L.," Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2021. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3800>.
11. Puertas Jerez, Jorge Luis (2007) Incremento de disponibilidad en equipos críticos de refrigeración de Empacadora Toledo, S.A., Planta Amatitlán. Maestría thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
12. Tapia, JE (2020). Evaluación de la gestión de mantenimiento para la implementación del módulo ERP SAP PM en una avícola, Trujillo 2021 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/27316>
13. Compara Software. (2020). Frecuencia de Mantenimiento: ¿Qué es y Cómo se Calcula? Recuperado de <https://blog.comparasoftware.com/frecuencia-de-mantenimiento/?amp>
14. Genielift. (2006). Plataformas de tijera eléctricas. Recuperado de <https://www.genielift.com/docs/default-source/product-specifications>

15. CMMS. (2021). GUIA PARA HACER UN ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS. Recuperado de <https://www.sedisa.com.pe/servicios/sin-categoria/guia-para-hacer-un-analisis-de-criticidad-de-equipos>
16. CMMS. (2021). Evaluación de criticidad de equipos – Método de jerarquización. Recuperado de <https://cmms.pe/evaluacion-de-criticidad-de-equipos-metodo-de-jerarquizacion/>
17. Amaya, M (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa extruplas S.A. (Tesis de Pregrado). Universidad politécnica salesiana: Cuenca.
18. Fernandez, C. (2017). El mantenimiento de los equipos Man Lift de la empresa Lift Rental Solutions SAC., Lima 2017 (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo: Lima.
19. BRR. (2021). 5 claves Para El Correcto Mantenimiento De Motores Eléctricos. Recuperado de <https://brr.mx/5-claves-para-el-correcto-mantenimiento-de-motores-electricos/>
20. Fragas, Y. S., Peña, D. M., & Alfonso, P. M. H. (2015). Sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de equipos (módulos administración y solicitud de servicio). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24, 85-90.
21. Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y desarrollo*, 19(1), 25-37.
22. Grajales, D. H. M., Candelario, M. P., & Sánchez, Y. O. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et technica*, 1(30), 155-160.
23. campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad

(RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica, 23(1), 51-59.

24. Garcia Mallqui, E. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS SA.
25. Cruz Agustín, P. C. (2019). Propuesta de implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de equipos en el área de chancado de la planta concentradora.
26. Hung, A. J. (2009). Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC; Reliability Centered Maintenance as a Strategy to support availability and forced outages indicator. Ingeniería energética, 30(2), 13-a.
27. POLO QUINTERO, O. Y. (2016). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA SOLUCIONES DE INGENIERIA Y MECANIZADOS SAS LA JAGUA DE IBIRICO, CESAR (Doctoral dissertation).

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
PLAN DE MANTENIMIENTO	Es el conjunto de actividades preventivas que se desarrollaran en los bienes de una empresa basados en diferentes metodologías de aplicación de mantenimiento y así llegar a cumplir las metas. (EUROFINS)	El plan se desarrolla en la evaluación y diagnóstico de fallas de los equipos, precisando el nivel de gravedad que puedan tener los equipos.	Datos técnicos de máquinas	% de manuales = Total de máquinas / Manuales técnicos disponibles	Unidad
			Criticidad de fallas	% relativo = Frecuencia de falla / Total de fallas	Unidad
			Documentación de registro	Formatos	Unidad
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	Es el factor más importante relacionado al mantenimiento, ya que se determina las limitaciones en la capacidad productiva. Indica también que tan probable es que un equipo este en operación o listo para operarse. Puede entenderse como el periodo de tiempo que se encuentra en operación un equipo. (ALS GLOBAL)	Es la tasa porcentual que determina el funcionamiento de un equipo respecto al tiempo total disponible para su uso. Cálculo: Disponibilidad % = (Tiempo de producción / Tiempo programado para producir) * 100	confiabilidad	MTBF = (tiempo total disponible) / (número de paradas)	Unidad
			mantenibilidad	MTTR = (tiempo total de reparaciones) / (número de reparaciones)	Unidad

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°2: Checklist máquina de soldar



CHECK LIST	Código: F-01- GO-001 Versión: 001 F. de Aprob: 01/03/2022
-------------------	---

TAREA	SOLDARUR A	AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022
EQUIPO	Máquina de Soldar	MARCA/MODELO	LINCOLN DC600	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
----------	------	---------	------	---------------

Protección completa del equipo y en buenas condiciones	X			
Ventilador en buen estado	X			
Ruedas en buen estado		X		
Enchufe en buen estado	X			
Fusible en estados sin intervención	X			
Porta electrodo en buen estado	X			
Grampa a tierra en buen estado	X			
Cable de alimentación de energía en buen estado	X			
Cable de grampa a tierra en buen estado	X			
Cable de porta electrodo en buen estado	X			
Se encuentra conectada a tierra	X			
Terminales de soldar en buen estado	X			
Interruptor de encendido en buen estado	X			

Luz piloto en buen estado	X			
Regulador de amperaje en buen estado	X			
Indicador de corriente en buen estado	X			

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

Anexo N°3: Checklist roladora



CHECK LIST	Código: F-01-GO-001 Versión: 001 F. de Aprob: 01/03/2022
-------------------	---

TAREA		AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022
EQUIPO		Roladora	MARCA/MODELO	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
----------	------	---------	------	---------------

Rodillos en buen estado	X			
Gato de la botella no presenta abolladuras		X		Presenta abolladuras y fuga de fluidos
Válvula de alivia de gato de botella en buen estado	X			
Flechas de rodillos en buen estado	X			
La palanca no presenta deformidades		X		
Nivel de aceite de gato de botella	X			
Base superior sin abolladuras	X			
Base inferior sin abolladuras	X			
Motor eléctrico en buen estado		X		

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

Anexo N°4: Checklist Plegadora



CHECK LIST	Código: F-01-GO-001 Versión: 001 F. de Aprob: 01/03/2022
-------------------	--

TAREA		AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022
EQUIPO		Dobladora hidráulica	MARCA/MODELO	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
----------	------	---------	------	---------------

Maquina completa (inspección visual)	X			
Tanque para aceite hidráulico	X			
Motor principal de bomba hidráulica	X			
Visualizador digital de longitud de tope posterior	X			
Ajuste de tablero eléctrico	X			
Motor de regulación de altura de cortina	X			
Matriz y punzón	X			
Sistema de avance de tope posterior	X			
Block de distribución hidráulico y componentes	X			
Pintura externa		X		

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

--	--

Anexo N°5: Checklist taladro de banco



CHECK LIST	Código: F-01-GO-001 Versión: 001 F. de Aprob: 01/03/2022
-------------------	--

TAREA		AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022
EQUIPO	Taladro de Banco	MARCA/MODELO	DINAMIC	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
----------	------	---------	------	---------------

Manivela en buenas condiciones	X			
Broca limpia y afiada	X			
Resguardos y protecciones adecuados		X		
cables eléctricos en buenas condiciones		X		Algunos de los cables se encuentran sin aislamiento
base del taladro afianzada y firme		X		No se encontraba con algún punto de sujeción segura
botón de arranque y parada en buen estado	X			

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

Anexo N°6: Checklist compresora



CHECK LIST	Código: F-01-GO-001 Versión: 001 F. de Aprob: 01/03/2022
-------------------	--

TAREA		AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022
EQUIPO	Compresora de aire	MARCA/MODELO	ATLAS COPCO XAS 186	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
----------	------	---------	------	---------------

Estructura general	X			
Unidad compresora	X			
Válvula de alivio	X			
Motor	X			
Mangueras	X			
Correas	X			
Barra de tiro	X			
Neumáticos	X			
Frenos de estacionamiento	X			
Batería	X			
Cables de batería	X			
Radiador	X			

Entrador de aceite	X			
Ventilador	X			
Tablero de control	X			
Amperímetro	X			
Medidor de presión de aire	X			

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

Anexo N°7: Checklist manlift



CHECK LIST

Código: F-01-
GO-001
Versión: 001
F. de Aprob:
01/03/2022

TAREA	AREA	Mantenimiento	FECHA	14/03/2022	
EQUIPO	Manlift	MARCA/MODELO	GENIE 2032	HORA	10:00

ARTICULO	BIEN	NO BIEN	N.A.	OBSERVACIONES
Plataforma / Riel en buen estado	X			
Estado de secciones de pluma	X			
Llantas		X		Presenta desgaste por uso
Extintor de fuego		X		No presenta extintor
Bocina		X		Se encuentra desconectada
Dispositivo de sujeción	X			
Fluidos hidráulicos	X			
Mangueras	X			
Cables y conexiones	X			
Conector de control en buen estado	X			
Inspección general del manlift	X			
Freno automático	X			
Dirección	X			

REALIZADO POR: NOMBRE Y CARGO	REVISADO POR: NOMBRE Y CARGO

--	--

Anexo N°8: Registro de mantenimiento

		<h2>BITÁCORA DE MANTENIMIENTO</h2>			
Fecha:					
DATOS DEL TECNICO ENCARGADO					
NOMBRE:				CELULAR:	
DNI:				FIRMA	
DESCRIPCION DEL EQUIPO					
EQUIPO	MARCA/MODELO	DESCRIPCION DETALLADA DEL EQUIPO			
MANTENIMIETNO PREVENTIVO					
REVISION 1	REVISION 2	REVISION 3	REVISION 4	REVISION 5	REVISION 6
MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
OBSERVACIONES:					
ELABORO			AUTORIZO		
NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA		

Anexo N°9: Diagnóstico Soldadora 1

EQUIPO: SOLDADORA 1 -Moto soldadora miller Botcat 250		
DIA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	63	537
3	0	600
4	0	600
5	52	548
6	0	600
7	0	600
8	0	600
9	0	600
10	50	550
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	39	561
16	0	600
17	0	600
18	0	600
19	0	600
20	34	566
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	0	600
25	98	502
26	0	600
27	0	600
28	0	600
29	45	555
30	0	600
31	0	600
32	55	545
33	0	600
34	60	540
35	0	600
36	41	559
TOTAL	537	21063
MTBF	846.3	

MTTR	179
DISPONIBILIDAD	83%

Anexo N°10: Diagnóstico Soldadora 2

EQUIPO: SOLDADORA 2 -Moto soldadora miller Botcat 250		
DIA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	0	600
3	55	545
4	0	600
5	52	548
6	0	600
7	0	600
8	0	600
9	0	600
10	43	557
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	41	559
16	0	600
17	0	600
18	0	600
19	0	600
20	34	566
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	41	559
25	0	600
26	0	600
27	0	600
28	43	557
29	0	600
30	0	600
31	66	534
32	0	600
33	51	549
34	0	600
35	0	600
36	39	561

TOTAL	465	21135
MTBF	853.5	
MTTR	155	
DISPONIBILIDAD	85%	

Anexo N°11: Diagnostico Soldadora 3

EQUIPO: SOLDADORA 3 -Moto soldadora miller Botcat 250		
DIA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	0	600
3	0	600
4	0	600
5	0	600
6	44	556
7	0	600
8	39	561
9	0	600
10	0	600
11	0	600
12	61	539
13	0	600
14	0	600
15	54	546
16	0	600
17	0	600
18	0	600
19	0	600
20	49	551
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	0	600
25	63	537
26	0	600
27	0	600
28	0	600
29	36	564
30	0	600
31	0	600
32	33	567
33	0	600
34	0	600

35	60	540
36	41	559
TOTAL	480	21120
MTBF	852	
MTTR	160	
DISPONIBILIDAD	84%	

Anexo N°12: Diagnóstico Soldadora 4

EQUIPO: SOLDADORA 4 -Moto soldadora miller Botcat 250		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	57	543
2	0	600
3	43	557
4	0	600
5	0	600
6	72	528
7	0	600
8	0	600
9	0	600
10	63	537
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	45	555
16	0	600
17	0	600
18	57	543
19	0	600
20	0	600
21	0	600
22	41	559
23	0	600
24	0	600
25	0	600
26	68	532
27	0	600
28	0	600
29	0	600
30	0	600
31	0	600
32	46	554

33	0	600
34	60	540
35	0	600
36	0	600
TOTAL	552	21048
MTBF	844.8	
MTTR	184	
DISPONIBILIDAD	82%	

Anexo N°13: Diagnóstico Roladora

EQUIPO: ROLADORA		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	94	506
3	0	600
4	0	600
5	0	600
6	125	475
7	0	600
8	0	600
9	0	600
10	0	600
11	0	600
12	0	600
13	117	483
14	0	600
15	0	600
16	0	600
17	0	600
18	0	600
19	132	468
20	0	600
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	0	600
25	0	600
26	111	489
27	0	600
28	0	600
29	0	600
30	0	600

31	0	600
32	103	497
33	0	600
34	0	600
35	0	600
36	107	493
TOTAL	789	20811
MTBF	1173	
MTTR	263	
DISPONIBILIDAD	82%	

Anexo N°14: Diagnóstico Plegadora

EQUIPO: PLEGADORA		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	82	518
3	73	527
4	0	600
5	0	600
6	0	600
7	0	600
8	0	600
9	98	502
10	0	600
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	0	600
16	70	530
17	0	600
18	66	534
19	0	600
20	0	600
21	0	600
22	0	600
23	0	600
24	0	600
25	0	600
26	61	539
27	0	600
28	0	600

29	0	600
30	0	600
31	0	600
32	67	533
33	0	600
34	0	600
35	53	547
36	0	600
TOTAL	570	21030
MTBF	1053.75	
MTTR	190	
DISPONIBILIDAD	85%	

Anexo N°15: Diagnóstico Taladro de Banco

EQUIPO: TALADRO DE BANCO - Dimanic		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	38	562
2	0	600
3	30	570
4	45	555
5	0	600
6	0	600
7	0	600
8	0	600
9	31	569
10	0	600
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	64	536
15	0	600
16	58	542
17	0	600
18	0	600
19	0	600
20	0	600
21	0	600
22	0	600
23	63	537
24	0	600
25	0	600
26	0	600

27	0	600
28	0	600
29	0	600
30	0	600
31	0	600
32	0	600
33	0	600
34	41	559
35	0	600
36	35	565
<hr/>		
TOTAL	405	21195
MTBF	955	
MTTR	135	
DISPONIBILIDAD	88%	
<hr/>		

Anexo N°16: Diagnóstico Máquina de Pintura

EQUIPO: Máquina de pintura		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	0	600
2	19	581
3	0	600
4	23	577
5	0	600
6	0	600
7	25	575
8	13	587
9	0	600
10	0	600
11	18	582
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	35	565
16	0	600
17	25	575
18	16	584
19	0	600
20	20	580
21	0	600
22	0	600
23	23	577
24	0	600

25	0	600
26	16	584
27	0	600
28	14	586
29	0	600
30	19	581
31	0	600
32	0	600
33	0	600
34	0	600
35	13	587
36	15	585
TOTAL	294	21306
MTBF	580.4	
MTTR	98	
DISPONIBILIDAD	86%	

Anexo N°17: Diagnóstico Compresora

EQUIPO: COMPRESORA 2- Atlas Copco XAS 186		
DÍA	tiempo total de paradas por día (min.)	tiempo total de labor por día (min.)
1	22	578
2	0	600
3	0	600
4	27	573
5	0	600
6	0	600
7	0	600
8	41	559
9	0	600
10	0	600
11	0	600
12	0	600
13	37	563
14	0	600
15	0	600
16	34	566
17	0	600
18	0	600
19	0	600
20	31	569
21	0	600
22	0	600

23	0	600
24	0	600
25	0	600
26	40	560
27	0	600
28	0	600
29	0	600
30	47	553
31	0	600
32	0	600
33	39	561
34	33	567
35	0	600
36	0	600
<hr/>		
TOTAL	351	21249
MTBF	864.9	
MTTR	117	
DISPONIBILIDAD	88%	
<hr/>		