



**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,<br>Refinería,<br>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 perdidas 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 esperada 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.<br>- 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

| <b>Código</b> | <b>Equipo</b>                                  |
|---------------|--|
| 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

| <b>EQUIPO: MANLIFT - Genie GS-2032</b> |   |   |
|--|---|---|
| <b>DIA</b>                             | <b>tiempo total de paradas por día (min.)</b> | <b>tiempo total de labor por día (min.)</b> |
| 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           | <b>128</b> |
| Sistema eléctrico   | 3          | 7           | 4            | 1          | 4           | 33           | <b>99</b>  |
| Sistema hidráulico  | 3          | 7           | 4            | 1          | 6           | 35           | <b>105</b> |

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 |
|--------------------|--|--------------|-------------|--|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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              |
| <b>Eléctrico</b>   | 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             |
| <b>Hidráulico</b>  | 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 |
|--------------------|--|--------------|-------------|--|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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           |
| <b>Eléctrico</b>   | 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              |

|                    |                           |        |          |                                |        |
|--------------------|---------------------------|--------|----------|--------------------------------|--------|
| <b>Combustión*</b> | *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 |
|--------------------|---|--------------|-------------|--|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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              |
| <b>Hidráulico</b>  | 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              |
| <b>Lubricación</b> | 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              |
| <b>Eléctrico</b>   | 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 |
|--------------------|---|--------------|-------------|---|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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             |
| <b>Hidráulico</b>  | 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               |
| <b>Lubricación</b> | 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              |
| <b>Eléctrico</b>   |   |              |             |   |                     |



|   |       |           |   |         |
|---|-------|-----------|---|---------|
| 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 |
|--------------------|---|--------------|-------------|--|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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              |
| <b>Eléctrico</b>   | 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 |
|--------------------|---|--------------|-------------|--|---------------------|
| <b>Estructural</b> | 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              |
| <b>Hidráulico</b>  | 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              |
| <b>Lubricación</b> | 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              |

|                               |                                   |       |          |   |        |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------|----------|---|--------|
| <b>Motor a<br/>combustión</b> | Cambiar filtro de aceite de motor | 250h  | OPERADOR | Filtro, Htas menores                            | 30 min |
|                               | cambiar aceite de motor           | 250h  | OPERADOR | Aceite, paño industrial y htas<br>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<br>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 |                               |          |     |                 | <b>S/. 19,879.50</b> |

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                     |
| <b>TOTAL</b> | <b>148450</b>         | <b>59380</b>         | <b>89070</b>              |

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

|            |               |                         |
|------------|---------------|-------------------------|
| <b>n</b>   | 5             | meses                   |
| <b>i</b>   | 0.1           | % tasa de interés       |
| <b>iO</b>  | 20000         | Inversión inicial       |
| <b>Van</b> | S/. 47,387.09 | Valor actual neto       |
| <b>Tir</b> | 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 |
|----------------------------------|---|--|----------------------------|---|--------|
| <b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>     | 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 |
| <b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS</b> | 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



|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>CHECK LIST</b> | Código: F-01-<br>GO-001<br>Versión: 001<br>F. de Aprob:<br>01/03/2022 |
|-------------------|---|

|        |                   |              |                  |       |            |
|--------|-------------------|--------------|------------------|-------|------------|
| TAREA  | SOLDARUR<br>A     | AREA         | Mantenimiento    | FECHA | 14/03/2022 |
| EQUIPO | Máquina de Soldar | MARCA/MODELO | LINCOLN<br>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 estrado               | 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



|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>CHECK LIST</b> | Código: F-01-GO-001<br>Versión: 001<br>F. de Aprob:<br>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



|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>CHECK LIST</b> | Código: F-01-GO-001<br>Versión: 001<br>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



|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>CHECK LIST</b> | Código: F-01-GO-001<br>Versión: 001<br>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



|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>CHECK LIST</b> | Código: F-01-GO-001<br>Versión: 001<br>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

| <b>EQUIPO: SOLDADORA 1 -Moto soldadora miller Botcat 250</b> |   |   |
|--|---|---|
| DIA  | tiempo total de<br>paradas por día (min.) | tiempo total de<br>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                                     |
| <b>TOTAL</b>   | <b>537</b>                                | <b>21063</b>                            |
| <b>MTBF</b>  | <b>846.3</b>                              |   |

|                |     |
|----------------|-----|
| MTTR           | 179 |
| DISPONIBILIDAD | 83% |

---

Anexo N°10: Diagnóstico Soldadora 2

| <b>EQUIPO: SOLDADORA 2 -Moto soldadora miller Botcat 250</b> |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| 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

| <b>EQUIPO: SOLDADORA 3 -Moto soldadora miller Botcat 250</b> |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| 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

| <b>EQUIPO: SOLDADORA 4 -Moto soldadora miller Botcat 250</b> |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| 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

| <b>EQUIPO: ROLADORA</b> |  |                                      |
|-------------------------|--|--------------------------------------|
| 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

| <b>EQUIPO: PLEGADORA</b> |   |   |
|--------------------------|---|---|
| DÍA                      | tiempo total de paradas<br>por día (min.) | tiempo total de<br>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

| <b>EQUIPO: TALADRO DE BANCO - Dimanic</b> |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| 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

| <b>EQUIPO: Máquina de pintura</b> |  |                                      |
|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| 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   |
| <hr/>          |       |       |
| TOTAL          | 294   | 21306 |
| MTBF           | 580.4 |       |
| MTTR           | 98    |       |
| DISPONIBILIDAD | 86%   |       |
| <hr/>          |       |       |

### Anexo N°17: Diagnóstico Compresora

| <hr/>                                     |   |   |
|---|---|---|
| EQUIPO: COMPRESORA 2- Atlas Copco XAS 186 |   |   |
| DÍA                                       | tiempo total de<br>paradas por día (min.) | tiempo total de labor<br>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/>          |       |       |