



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad
de máquinas de la empresa Metalmecánica " Generando
Soluciones Industriales SAC" Mediante la Metodología AMEF

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Benites Callacna, Michelle Maite (orcid.org/0000-0002-7378-2950)

Hidalgo Vega, Carlos Eduardo (orcid.org/0000-0002-9902-5755)

ASESOR:

Mg. Zavaleta Zavaleta, Heber Augusto (orcid.org/0000-0003-3964-0198)

LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA :

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO - PERÚ

2023

Dedicatoria

El presente trabajo de indagación lo dedicamos en primer lugar a Dios, por darnos la energía de seguir en el proceso de lograr nuestras metas.

a nuestros padres, por brindarnos su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta hermosa carrera, la ingeniería, debido a ellos hemos conseguido convertirnos en lo que somos ahora.

Para nuestros familiares, que desde un principio nos brindaron su apoyo con amor y confianza en nosotros y en nuestros sueños.

Y por último las personas que nos han respaldado y nos han impulsado a que esta indagación se realice con éxito en particular a todos aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

Merecen un agradecimiento particular a nuestros padres que con su dedicación nos ayudaron a culminar este proyecto y nos dieron el aliento suficiente para seguir adelante y no desvanecer cuando nos parecía complicado.

A nuestro asesor por su apoyo y consejos en la ejecución de esta presente tesis, gracias a sus consejos y conocimientos hoy nos podemos sentirnos dichosos y contentos.

A la empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C, por ofrecerme las comodidades para trabajar en el sector de nuestra conveniencia, de tal forma se pudo elaborar nuestra presente tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	vii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población y Muestra	11
3.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área de mecánica de banco	14
Tabla 2. Área de Soldadura	14
Tabla 3. Número de fallas del área mecánica de banco	15
Tabla 4 . Número de fallas del área de soldadura.....	15
Tabla 5. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de mecánica de banco	16
Tabla 6. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área mecánica de banco	17
Tabla 7. Cálculo de la disponibilidad actual del área mecánica de banco	18
Tabla 8. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de soldadura ..	19
Tabla 9. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área de soldadura	19
Tabla 10. Cálculo de la disponibilidad actual del área de soldadura	20
Tabla 11. Encuesta de evaluación al sistema de gestión de mantenimiento	22
Tabla 12. Valores de referencia para los índices de conformidad	23
Tabla 13. Análisis de criticidad del área mecánica de banco	24
Tabla 14. Análisis de criticidad del área de soldadura	25
Tabla 15. Resultado de criticidad del área mecánica de banco	26
Tabla 16. Resultado de criticidad del área de soldadura.....	26
Tabla 17 Aplicación de amef en el área mecánica de banco - Taladro de columna ..	27
Tabla 18 Aplicación de amef en el area de soldadura – Maquina de soldar Solandina	28
Tabla 19. Resultados IPR Actual	29
Tabla 20. Resultados IPR Proyectado	29
Tabla 21. Registro de control diario de mantenimiento	31
Tabla 22. Registro de ficha de inspección de mantenimiento semanal	32
Tabla 23. Registro de intervención de mantenimiento	33
Tabla 24. Registro de cronograma de capacitaciones	34
Tabla 25. Registro stock de repuesto	34
Tabla 26. Registro de Máquinas	35

Tabla 27. Plan de mantenimiento preventivo para el área mecánica de banco – Taladro columna	36
Tabla 28. Plan de mantenimiento preventivo para el Plasma.....	37
Tabla 29. Plan de mantenimiento preventivo para el Esmeril de mano	38
Tabla 30. Plan de mantenimiento preventivo para el Esmeril de banco	39
Tabla 31. Plan de mantenimiento preventivo para el torno	40
Tabla 32. Plan de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca solandina	41
Tabla 33. Plan de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca PTK	42
Tabla 34. Plan de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca crow.....	43
Tabla 35. Plan de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca dewalt.....	44
Tabla 36. Plan de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Compresor de aire.....	45
Tabla 37. Tabla Número de fallas área mecánica de banco.	46
Tabla 38. Tabla número de fallas área soldadura	47
Tabla 39. Cálculo del tiempo promedio de reparación(MTRR) del área de mecánica de banco después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.....	47
Tabla 40. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área mecánica de banco después de aplicar el mantenimiento preventivo	48
Tabla 41. Cálculo de la disponibilidad del área mecánica de banco después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo	49
Tabla 42. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de soldadura después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo	50
Tabla 43. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área de soldadura después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo	51
Tabla 44. Cálculo de la disponibilidad del área de soldadura después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.....	52
Tabla 45. Comparación de resultados del área mecánica de banco	53

Tabla 46. Comparación de resultados del área de soldadura	53
Tabla 47. Frecuencia de fallas	71
Tabla 48. Impacto operacional.....	71
Tabla 49. Flexibilidad operacional.....	72
Tabla 50. Costos Mantenimiento	72
Tabla 51. Impacto a la seguridad y medio ambiente	72
Tabla 52. Índice de prioridad de riesgo	73
Tabla 53. Escala de severidad, ocurrencia y detección	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	61
-----------------------	----

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se presenta un programa de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Generando Soluciones Industriales SAC cuyo objetivo es minimizar fallas o paradas por falta de un mantenimiento dejando así retrasos en la productividad.

Para obtener dicho análisis se realizó un estudio cuantitativo del tipo aplicada. Se determinó la disponibilidad y criticidad actual de las máquinas en el periodo de enero a junio del 2022, teniendo como resultados: disponibilidad 83,41 % del área mecánica de banco y 84.78% para el área de soldadura.

Es entonces que se elaboró documentos de gestión y un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas), luego de proponer este plan de mantenimiento obtuvimos teóricamente los siguientes resultados de disponibilidad de 93.50% para el área de mecánica de banco y un 93,20% para el área de soldadura, resultados que se esperan corroborar luego de la aplicación del plan establecido.

Se concluye que es necesario la aplicación del plan de mantenimiento por ser de suma importancia y que nos ayudara a estar organizados y sobre todo a tener nuestras máquinas operativas y así evitar paradas innecesarias que afectan la productividad.

Palabras Clave: Plan de Mantenimiento, Indicadores de Mantenimiento, Sistemas de Gestión.

ABSTRACT

This research work proposes of a maintenance plan to improve the availability of the machines of the company Generando Soluciones Industriales SAC, whose objective is to minimize failures or stoppages due to lack of maintenance, thus leaving delays in productivity.

In order to obtain this analysis, a quantitative study of the applied type was carried out. We determined the criticality and current availability of the machines in the period from January to June 2022, having as results: availability 83.41% of the mechanical bench area and 84.78% for the welding area.

It is then that management documents and a preventive maintenance plan based on the FEA (Failure Mode and Effect Analysis) methodology were elaborated, after proposing this maintenance plan we obtained theoretically the following results of availability of 93.20% for the bench mechanics area and 92.60% for the welding area, so the results that are expected to be corroborated after the application of the established plan.

It is concluded that the application of the maintenance plan is necessary because it's extremely important, so will help us to be organized and above all to have our machines operative and thus avoid unnecessary stoppages that affect productivity.

Keywords: Maintenance Plan, Maintenance Indicators, Management Systems

I.INTRODUCCIÓN

Basadas en la aplicación de los conceptos de mantenimiento preventivo, las empresas han optado por sumarse al cuidado de sus máquinas, sin embargo, con el continuo uso de sus maquinarias en un periodo de tiempo a corto o mediano plazo, éstas traen posibles desarreglos y es necesario aplicar el concepto de mantenimiento. (Diestra, 2017).

Consecuentemente, las actividades de mantenimiento se han constituido el complemento de lograr niveles altos de productividad, pues sus apropiadas actividades están al mismo nivel que las de producción (CEN – European Committee for Standardization, 2002).

Ha sido necesario implementar acciones que vayan hacia un cambio estructural en las políticas de mantenimiento y lograr aplicar estándares de clase mundial, que incluyen un conjunto de actividades que reorientan las estrategias hacia la operación de los equipos y tienen un enfoque de mantenimiento proactivo, disciplinario y con prácticas estandarizadas, gestión autónoma, competitivo y con índices altos de desempeño. Se determinó la necesidad de redimensionar el plan de mantenimiento de la empresa a fin de establecer retos y oportunidades que merecían ser valorados. Es bien conocido que la principal actividad del mantenimiento constituye asegurar el correcto funcionamiento de todos los componentes y equipos, así como la conservación de las máquinas en el tiempo (Mora, 2000).

Generando Soluciones Industriales S.A.C es una empresa que ofrece, reparación y mantenimiento de embarcaciones pesqueras especializados en el área de calderería y soldadura , en la actualidad existe muchas paradas imprevistas de las máquinas como consecuencia de una ausencia de un plan de mantenimiento, hoy en día únicamente el mantenimiento aplicado es correctivo, de manera que la maquinaria se van deteriorando y así ocasionando retrasos en la producción, es decir no cuenta con una planificación de control en sus máquinas para que se pueda investigar donde se produjo la falla y así poder tomar acciones correctivas.

Frente a la identificación de esta problemática se planteó el desarrollo de la presente investigación en busca de alternativas de mejora mediante la aplicación de modernas metodologías de mantenimiento, para lo que se formuló lo siguiente:

¿Cómo incrementar la disponibilidad de las maquinarias de la empresa metal mecánica Generando Soluciones Industriales SAC, basado en la metodología AMEF?

El desarrollo de esta investigación tiene una relevancia social ya que permite mejor desarrollo al personal en cuanto a la operatividad de la maquinaria, pues se mejora la disponibilidad de los equipos. Asimismo, se justifica económicamente en la medida que la mejora de la disponibilidad de la maquinaria significara mejora de la productividad y como consecuencia mejoras económicas para la empresa.

Para el desarrollo de esta investigación se consideró como objetivo general aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa metalmecánica “Generando Soluciones Industriales S.A.C”, mediante un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología AMEF. Asimismo, se consideró como objetivos específicos los siguientes: 1) Evaluar la disponibilidad actual de las máquinas herramientas; 2) Determinar la criticidad de las máquinas herramientas aplicando la metodología AMEF; 3) Elaborar plan de mantenimiento preventivo, basado en la metodología AMEF y preparar formatos de control de actividades; 4) Calcular y proyectar la disponibilidad de las máquinas herramientas aplicando el plan de mantenimiento preventivo, basado en la metodología AMEF ; 5) Evaluación de costos y recuperación de la inversión.

II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de esta investigación se tomó como antecedentes estudios desarrollados en el ámbito local, nacional e internacional, así:

(Campos, 2018) En su estudio propuso un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para aumentar la rentabilidad en la empresa de transporte Sayvan EIRL, la escasa disponibilidad de activos y los altos costos de reparación tienen un impacto en la utilidad de la empresa. Utilizó la metodología RCM y la herramienta de análisis de criticidad, para potenciar tareas de mantenimiento preventivo, logrando incrementar la disponibilidad promedio de operatividad de 7 volquetes e incrementar la rentabilidad en un 36.4%.

(Espejo, 2018) Basándose en un sistema de mantenimiento preventivo a través el método AMEF, realizó un diagnóstico actual de sus máquinas, luego empleó el Análisis de Modo y Efecto Falla que le sirvió para plantear y elaborar un estudio de riesgo. Examinó el desarrollo de fabricación y diseño, identificó oportunidades para las fallas que se puede conducir el disgusto del cliente, teniendo como resultado el aumento de su índice de mantenibilidad y disponibilidad de los tornos con un incremento en 8.18% de disponibilidad.

(Diestra, 2017) Mediante un Diagrama de Pareto y con la realización de un Plan de Mantenimiento, determinó: cuales son los equipos que presentan mayor número de averías y tiempo a reparar, logrando disminuir la cifra de averías (76 a 46) y el tiempo total de reparación (347 a 111.5 horas) de las máquinas críticas, teniendo como resultado el aumento del tiempo disponible de operación de 5797 a 6032.5 horas y a su vez mejoró la disponibilidad de 94.35% a 98.19% y aumentando el 4% de operatividad de las máquinas, el autor concluye que con la implementación del plan de mantenimiento preventivo disminuyó el número de falla y así logro incrementar la operatividad de sus máquinas.

(Caparachin, 2019) utilizó los conceptos del Mantenimiento basado en la Confiabilidad (RCM o Reliability Centred Maintenance), haciendo uso de un estudio de Modo de

falla, efectos y criticidad y Análisis de Pareto, elaboró un estudio de la data en su área de trabajo, así como también las averías que impiden su disponibilidad generando un incremento de costo por mantenimiento en sus maquinarias. Es por ello que realizó un estudio de Pareto, clasificando los componentes más críticos de la chancadora: lubricación (42.70%), mandíbulas (21.35%) y eje secundario (16.85%) y por medio del Análisis de Modo y Falla, Efecto y Criticidad pudo obtener 2 fallas intolerables (16.67%), 3 fallas de reducción necesaria (25%) y 7 fallas tolerables (58.33%).

(Caceres, 2017) evaluó un estudio de máquinas de tal manera que le permita reducir las fallas, determinó los indicadores de mantenimiento real del equipo (TPEF, TPPR, confiabilidad, mantenibilidad, criticidad, Pareto, AMEF), teniendo como resultados la mejora de la Confiabilidad de Operación de la Flota CAT 793F, Confiabilidad Humana: Disminución de periodo de la realización en 24.83%. el mantenimiento de los equipos: TPPR incremento en 8.18% y la mantenibilidad de la flota aumento en 26.86%. Confiabilidad de la Unidad: el TPEF mejoró en 34.98% y la Confiabilidad en 13.01% Confiabilidad de Procesos: mejoró en 4.82% y el OEE de la Flota en 13.76%

(Aliaga & Grey, 2021) empleó una recolección de datos que se obtuvieron por entrevistas realizadas al jefe comandante teniente Brigadier, al Jefe de Operaciones Departamental, al Capitán y a un Bombero Voluntario, pudo obtener la información necesaria para realizar el cálculo y hallar los valores de los indicadores de mantenimiento. En promedio de todos los vehículos obtuvo los siguientes valores: disponibilidad 40.90%, confiabilidad 31.35% y mantenibilidad 42.38% y a través de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento son: disponibilidad 89.40%, confiabilidad 91.47% y mantenibilidad 55.25%.

A continuación, se muestran algunos conceptos de la presente investigación:

El mantenimiento es el conjunto de procedimientos basados a mantener los equipos e instalaciones en operación durante el mayor tiempo factible, obteniendo una mejor disponibilidad y con el máximo rendimiento evitando que estos prevengas fallas.

Fundamentado en los conceptos del ciclo Deming se logran detectar fallas o actividades innecesarias, para luego tomar decisiones que nos permitan solucionarlos a través de 04 etapas. (Espejo, 2018).

1. Plan: La única manera de corregir nuestros objetivos es tener claro cuáles son y qué pasos daremos para lograrlos
2. Hacer: Poner en práctica lo planeado
3. confirmación: Utilizar los recursos entregados para verificar que se hayan alcanzado los objetivos proyectados.
4. Acción: Corregir los errores y hacer y potenciar aquello que a salido bien.

A continuación, podemos diferenciar los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo. - Consiste en reparar la falla o avería una vez que se ha producido ya sea en máquinas o equipos que operan con imperfección.
- Mantenimiento Preventivo. Consiste en prevenir las fallas en la operatividad de los equipos que comprenden el proceso productivo. Para este mantenimiento debemos realizar una inspección continua de los equipos que nos permitan obtener indagación durante su operación. Buscando el incremento del tiempo de operatividad del equipo y la reducción de fallas. Mayormente se aplica a las máquinas que poseen mayor utilidad en el proceso de producción, ya sea en seguridad del trabajador y medio ambiente.

Las ventajas más importantes de mantenimiento preventivo son:

- ✓ Mejoramiento de los equipos en situaciones de riesgo.
- ✓ Decrecimiento de duración de parada de equipos.
- ✓ Mejor conservación de las máquinas.
- ✓ Adecuada programación de actividades para el personal de mantenimiento
- ✓ Disminución de mantenimiento correctivo

Para efectuar este tipo de mantenimiento debemos de tener en cuenta:

- ✓ Establecer un registro técnico de equipos, con manuales, planos y componente de cada equipo.
- ✓ Efectuar trabajos diariamente mediante procedimientos técnicos.

- ✓ Establecer un pronóstico de inspección de continuidad de aplicación del mantenimiento preventivo, indicando la fecha de ejecución.
- ✓ Anotar reparaciones, repuestos y costos que ayuden a proyectar.

Mantenimiento Predictivo. - Consiste en hacer una elaboración constante a las maquinas herramientas para poder encontrar si las variables de las maquinas cambian y pronosticar los errores antes de que se produzcan. (Diestra, 2017)

Para el análisis de fallas de componentes críticos que se puede presentar en una empresa, representa un riesgo, para un buen control es necesario contar con un área de mantenimiento encargados de la mejora de cada equipo o máquina.

Con esta técnica nos ayuda a predecir la falla que presenta una máquina, de manera que pueda sustituirse en un tiempo planificado antes que falle, disminuyendo los desperfectos y costos, así como el tiempo parado de la máquina.

Lo primero que debemos hacer es identificar las fallas actuales: cuáles son, cuándo ocurrieron. lo siguiente será determinar los motivos de la falla (uso inadecuado del equipo, mala lubricación, etc.). Cada falla deberá ser planteado con una acción correctiva en particular. Por lo que es necesario crear informes de gravedad, soluciones y herramientas para cada falla.

Análisis de Criticidad nos permite fijar prioridades de las maquinas o equipos, realizando cálculos de distintos indicadores con el propósito de conseguir el grado de criticidad de los equipos y las inspecciones anuales que se deben realizar, para así disminuir el gasto redundante de labores preventivas, se calcula mediante la siguiente formula:

$$AC = \text{Frecuencia} \times \text{Gravedad}.$$

Frecuencia: Representa a la cifra de averías que presenta el equipo evaluado, según Anexo2. Tabla 53.

Gravedad: (Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + Costo mantenimiento+ Impacto seguridad y ambiente).

- Impacto Operacional = Capacidad que se deja de producir cuando sucede una falla, según Anexo 3. Tabla 54
- Flexibilidad Operacional = Disposición de una máquina para ser reemplazado, según Anexo 4. Tabla 55.
- Costo Mantenimiento = Costos relacionados a la falla, según Anexo 5. Tabla 56.
- Impacto seguridad y ambiente = Califica los daños a las personas, máquinas y medio ambiental, según Anexo 5. Tabla 57.

La criticidad se denomina por medio de una matriz de frecuencia por consecuencia de las fallas. En un eje representa la frecuencia de fallas y en otro las consecuencias en los cuales incurrirá el equipo en estudio si sucede una falla, según Anexo 6.

El Análisis de Modo y Efectos de Fallas, es un método que nos permite precisar fallas en la elaboración, procesos y sistemas, así mismo valorar y agrupar de manera imparcial sus efectos, elementos de identificación y causas, de esta manera, evitaremos su suceso y obtener un norma documentado de prevención.

Las ventajas latentes del AMEF, es un instrumento o documento dinámico, con eso se puede reunir y ordenar investigaciones acerca del producto, sistema en general y procesos.

Beneficios potenciales de AMEF

- Reconocer los probables defectos es el sistema, producto o proceso.
- Se debe saber a fondo el artículo, el proceso o el sistema.
- Determinar las consecuencias que origina cada falla.
- Evaluó los niveles de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Reconocer el origen de las posibles fallas.
- Evaluarlas mediante de indicadores específicos la relación entre: gravedad, detectabilidad y ocurrencia.
- Testificar o enumerar los procesos de acción para reducir los riesgos.

- Detallar las oportunidades de mejoras.
- Estudiar el informe de AMEF como revisión de capacitación en los procesos.

(Calderon, Gonzales, Licon, Molina, & Thierry, 2010)

Etapas de análisis AMEF

1. Establecer un grupo de trabajo: Se realizará una cuadrilla de labores de 4 o 5 personas que dispongan conocimientos del proceso, servicio o producto que se están ejecutando. Lo conceptual es que el equipo sea multidisciplinado e introduzcan diversos perfiles.
2. Detallar los posibles fallos: La función esencial de este grupo es detallar todas las oportunas fallas que pueden aparecer a complicar la fluidez y la operatividad normal de un determinado proceso de productividad.
3. Ordenar un índice de prioridades: Después de encontrar las posibilidades consecuencias, estas deben ser separadas según su eficacia. hay posibilidades de ordenar un modelo de clasificaciones por calidad de:
 - Severidad: Con cada circunstancia hallada se le dará una valorización entre 1 y 10
 - Incidencia: En caso de encontrar falla se le asigna un valor desde 1 a 10
 - Detección: Si se halla incidencias se le asigna un valor entre 1 y 10

IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) se da como consecuencia del producto de las calificaciones asignadas de las ocurrencias de fallas, la severidad de falla y detección de falla, con el fin de otorgar prioridad a las intervenciones, según table N°53

$$IPR=S \times O \times D$$

S: severidad de las consecuencias. O: ocurrencia de falla. D: capacidad que se detecta a tiempo.

La importancia de cada riesgo se cuantifica según los siguientes rangos: (Número de Prioridad de Riesgo)

NPR > 200 Inaceptable (I).

200 > NPR >125 Reducción deseable (R).

125 > NPR Aceptable (A).

(Diestra, 2017) .

Los Indicadores de Gestión de Mantenimiento son aquellos valores que cooperan a una mejor visión y evalúan diferentes aspectos de gestión en mantenimiento basándose en monitorear la planificación, programación y control. Teniendo como primer objetivo el área de mantenimiento la cual se encarga de obtener el logro índice de eficiencia a favor de la producción, posteriormente se describen los siguientes indicadores de mantenimiento:

Disponibilidad es la probabilidad que una máquina o equipo se mantenga operativo para la producción en tiempo determinado, esto quiere decir que no maquina o equino no presente fallas. Se define mediante el tiempo medio entre fallas y de reparación. Se calcula mediante la fórmula:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Dónde:

D: Disponibilidad

MTBF: Tiempo promedio entre fallas.

MTTR: Tiempo promedio de reparación

✓ **Tiempo promedio entre fallas (MTBF)= (TPEF)**

Este indicador consiste en el periodo que va ocurriendo las fallas en los equipos, lo que significa que la maquina o equipo permanece operativo sin presentar fallas no programadas.

Para realizar el cálculo, se va utiliza la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo total de reparación}}{\text{N}^\circ \text{ fallas}}$$

✓ **Tiempo promedio de reparación (MTTR)= (TPPR)**

Este indicador permitirá saber lo importante de las averías que se encuentran en los equipos teniendo en cuenta el tiempo medio hasta su solución y el tiempo para restaurar un equipo o máquina por el personal de mantenimiento.

Este indicador debe ser lo menos posible para así evitar que la producción presente paradas y pérdidas económicas en la empresa.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de para o reparación}}{\text{N}^\circ \text{ fallas}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Es una investigación aplicada de nivel descriptivo debido a que busca las causas y los efectos que originan un fenómeno determinado para hacer un planteamiento de mejora; además corresponde a un diseño no experimental, en la categoría transversal, con la determinación de describir la variable y estudiar su incidencia en una determinada ocasión.

3.2. Variables y Operacionalización

Se planteó como variables las siguientes:

Dependiente:

Disponibilidad de las maquinas

- Independiente:

Sistema de Mantenimiento Preventivo.

La operacionalización de las variables se muestra en detalle en el Anexo 1.

3.3. Población y Muestra

La población materia de estudio está conformada por 26 máquinas de la empresa “Generando Soluciones Industriales S.A.C”, las cuales han sido tomadas en su totalidad. Se realizó el muestreo por conveniencia dado que la muestra es igual a población.

3.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Entrevistas:

Se realizó entrevista al personal de trabajo encargado del uso de máquinas o equipos, para así conocer las fallas que presentaban cada máquina o equipo en la cual nos permitió conocer el estado actual en que se encontraban las máquinas de la empresa.

Revisión de Documentos

Se procedió a revisar los documentos y con información obtenida de las fichas técnicas de las máquinas se determinó el estado situacional.

Observación

Se observó el funcionamiento de cada maquinaria por los trabajadores, de tal manera que nos permitió conocer el uso correcto de cada una de ellas.

3.5. Procedimientos

Se empleó la técnica de la entrevista con el propósito de poder recopilar los datos e información de los diferentes procesos de producción y mantenimiento, formulando un listado de preguntas específicas que nos permitió obtener la información necesaria para la investigación. Las respuestas a las preguntas fueron dadas por el supervisor y operadores, previo a ellos se dispuso de los cuadernos de reportes de ocurrencias por parte de los operadores.

Gracias a la información obtenida se pudo obtener la condición actual de operación de equipos y máquinas de la Empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C, para determinar su disponibilidad actual.

Con la información obtenida se calculó la criticidad de las máquinas, obteniendo el rango crítico que presenta cada una de ellas. Sobre estos resultados se procedió a desarrollar la aplicación de la metodología AMEF. Para ellos se elaboró cuadros que sugiere esta metodología AMEF y que permiten valorar los diferentes tipos de fallas en cada una de las maquinarias con lo cual se determinó los estados de criticidad y las proyecciones para la mejora de la disponibilidad de cada máquina.

El siguiente formato tabla N°11 sirvió para evaluar la actual gestión de mantenimiento, el cual, consta de 20 preguntas, con una puntuación mínima de 0 y una puntuación máxima de 2. El resultado máximo obtenido es de 40 puntos.

3.6. Método de análisis de datos

Con la información obtenida durante la investigación, se ingresaron a cuadros Excel previamente elaborado, lo que nos permitió conocer cuáles son las principales fallas que presenta cada máquina de la Empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C. posteriormente con los datos obtenidos se desarrolló el plan de mantenimiento, que permita posteriormente hacer un seguimiento para su aplicación.

3.7. Aspectos éticos.

En la investigación se presentó datos reales, tomado por los registros y reportes de la Empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C, teniendo la autorización del Gerente General de la empresa a fin de ejecutar la presente investigación, así mismo en cuanto a la información de los equipos será bajo una rigurosa fidelidad debido que son tomadas únicamente para el desarrollo de esta investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Hacer evaluación de las máquinas para determinar su disponibilidad actual.

Para obtener a disponibilidad actual, teniendo en cuenta lo siguiente.

Se tomó un periodo de estudio de 06 meses (enero – junio del 2022).

Para el tiempo total de operación, se tomó 08 horas de trabajo al día, seis días a la semana (lunes – sábados) haciendo un total de 1152 horas en los 06 meses.

- 08 horas de trabajo al día x 06 días de la semana = 48 horas semanal
- 48 horas semanal x 4 semanas = 192 horas mensuales
- 192 horas por mes x 06 meses = 1152 horas en los 06 meses

Las máquinas herramientas de la empresa Generando Soluciones Industriales SAC, se encuentran actualmente divididos en dos áreas: Mecánica de Banco y Soldadura, las cuales mencionamos a continuación:

Tabla 1. Área de mecánica de banco

Área	Máquina	Cantidad
Mecánica de banco	Talado de Columna	01
	Plasma	01
	Esmeril de mano	08
	Esmeril de banco	01
	Torno Paralelo	01

Tabla 2. Área de Soldadura

Área	Máquina	Cantidad
Soldadura	Máquina de Soldar Marca Solandina	05
	Máquina de Soldar Marca PTK	02
	Máquina de Soldar Marca Crow	05
	Máquina de Soldar Marca Dewalt	01
	Compresor	01

A continuación, se especifican el número de fallas y horas de reparación por áreas, tomadas de los registros de mantenimiento de la empresa, por un periodo de 6 meses (enero – junio del 2022).

Tabla 3. Número de fallas del área mecánica de banco

Área	Máquina	Cantidad	N° fallas	Horas de reparación
Mecánica De Banco	Talado de Columna	01	10	168
	Plasma	01	8	160
	Esmeril de mano	08	18	192
	Esmeril de banco	01	7	150
	Torno Paralelo	01	9	170

Nota. Fuente: Entrevista al jefe de operaciones

Tabla 4 . Número de fallas del área de soldadura

Área	Máquina	Cantidad	N° fallas	Horas de reparación
Soldadura	Máquina de Soldar Marca Solandina	05	15	168
	Máquina de Soldar Marca PTK	02	17	176
	Máquina de Soldar Marca Crow	05	8	159
	Máquina de Soldar Marca Dewalt	01	9	165
	Compresor de aire	01	4	163

Nota. Fuente: Entrevista al jefe de operaciones

Después de que determinamos los números de fallas de las maquinas del área de mecánica de banco y soldadura, posteriormente se empieza a calcular la disponibilidad actual de las máquinas.

Calculamos la disponibilidad actual del área mecánica de banco y soldadura, se empleó lo reportes de la empresa durante un periodo de 06 meses.

Área Mecánica de banco

El tiempo promedio de reparación MTRR

$$MTRR = \frac{\text{Horas de para o de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Taladro de columna:

$$MTRR = \frac{168}{10} = 16.8$$

Tabla 5. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de mecánica de banco

Máquina	N° Fallas	Horas de reparación	MTRR
Talado de Columna	10	168	16.8
Plasma	8	160	20
Esmeril de mano	18	192	10.6
Esmeril de banco	7	150	21.43
Torno Paralelo	9	170	19.88

El Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo total de reparación}}{\text{N° fallas}}$$

- Taladro de columna

$$MTBF = \frac{1152 - 168}{10} = 98.4$$

Tabla 6. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área mecánica de banco

Máquina	N° fallas	Tiempo total de operación	Horas de reparación	Tiempo disponible de operación	MTFB
Talado de Columna Plasma	10	1152	168	984	98.4
Esmeril de mano	18	1152	192	960	53.3
Esmeril de banco	7	1152	150	1002	143.14
Torno Paralelo	9	1152	170	982	109.11

Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- Taladro Columna

$$D = \frac{98.4}{98.4 + 16.8} = 0.8542 \times 100\% = 85.42 \%$$

Tabla 7. Cálculo de la disponibilidad actual del área mecánica de banco

Máquina	N° fallas	Horas de reparación	Tiempo disponible de operación (hrs)	MTTR	MTBF (HRS)	Disponibilidad (%)
Talado de Columna	10	168	984	16.8	98.4	85.42
Plasma	8	160	992	20	124	86.11
Esmeril de mano	18	192	960	10.6	53.3	83.41
Esmeril de banco	7	150	1002	21.43	143.14	86.97
Torno Paralelo	9	170	982	18.88	109.11	85.24

De acuerdo a la tabla desarrollada en el área mecánica de banco se demostró que el mínimo porcentaje de disponibilidad es de 83.41% la cual corresponde al esmeril de mano, por lo cual con el diseño del plan de mantenimiento preventivo se logrará incrementar la disponibilidad de las máquinas herramientas.

Área Soldadura

El tiempo promedio de reparación MTRR

$$MTRR = \frac{\text{Horas de para o de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$MTRR = \frac{168}{15} = 11.2$$

Tabla 8. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de soldadura

Maquina	N° fallas	Horas de reparación	MTRR
Máquina de Soldar Marca Solandina	15	168	11.2
Máquina de Soldar Marca PTK	17	176	10.35
Máquina de Soldar Marca Crow	8	159	19.88
Máquina de Soldar Marca Dewalt	9	165	18.3
Compresor de aire	7	163	23.28

El Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo total de reparación}}{\text{N° fallas}}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$MTBF = \frac{1152 - 168}{15} = 65.6$$

Tabla 9. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área de soldadura

Máquina	N° fallas	Tiempo total de operación	Horas de reparación	Tiempo disponible de operación	Mtbf
Máquina de Soldar Marca Solandina	15	1 152	168	984	65.6
Máquina de Soldar Marca PTK	17	1 152	176	976	57.41
Máquina de Soldar Marca Crow	8	1 152	159	993	124.125
Máquina de Soldar Marca Dewalt	9	1 152	165	987	109.66

Compresor de aire	7	1 152	163	989	141.28
-------------------	---	-------	-----	-----	--------

Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$D = \frac{65.6}{65.6 + 11.2} = 0.8542 \times 100\% = 85.42 \%$$

Tabla 10. Cálculo de la disponibilidad actual del área de soldadura

Máquina	N° fallas	Horas de reparación	Tiempo disponible de operación (hrs)	MTTR	MTBF (HRS)	Disponibilidad (%)
Máquina de Soldar Marca Solandina	15	168	984	11.2	65.6	85.42
Máquina de Soldar Marca PTK	17	176	976	10.35	57.41	84.78
Máquina de Soldar Marca Crow	8	159	993	19.88	124.12	86.19
Máquina de Soldar Marca Dewalt	9	165	987	18.3	109.66	85.69
Compresor de aire	7	163	989	23.28	141.28	85.85

De acuerdo a la tabla desarrollada en el área de soldadura se demostró que el mínimo porcentaje de disponibilidad es de 84.78% la cual corresponde a la máquina de soldar inversora PTK, por lo cual con el plan de mantenimiento preventivo se logrará incrementar la disponibilidad de las máquinas herramientas.

Se aplicó una encuesta a los operadores de las máquinas del taller de mecánica para precisar cuáles son las causas más notables que determinan las deficiencias del mantenimiento

Tabla 11. Encuesta de evaluación al sistema de gestión de mantenimiento

FORMATO N° 01 - SISTEMA DE GESTION MANTENIMIENTO					
EMPRESA : Generando Soluciones Industriales SAC					
RESPONSABLE : Vilela Gutierrez Fernando Jose			FECHA : 15/04/2022		
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES			PUNTAJE PROMEDIO
		0	1	2	
1	¿ Existe un plan de gestión de mantenimiento en la empresa ?	No	No se	Si	0
2	¿ Cuenta con conocimiento básico sobre mantenimiento ?	No	Regular	Si	0
3	¿ En qué estado cree Ud. que se encuentran los equipos ?	Malo	Regular	Bueno	0
4	¿ Realiza personal calificado las reparaciones ?	No	No se	Si	0
5	¿ La empresa cuenta con repuestos en stock ?	No	A veces	Si	0
6	¿ Existe un inventario de herramientas y repuestos ?	No	A veces	Si	1
7	¿ Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los equipos ?	No	A veces	Si	1
8	¿ Se planifica los mantenimiento a los equipos ?	No	A veces	Si	0
9	¿ Cree Ud. que es importante contar con un plan de mantenimiento?	No	A veces	Si	2
10	¿ La empresa cuenta con documentos sobre reparaciones o mantenimiento realizado ?	No	A veces	Si	0
11	¿ Se realizan reportes de las intervenciones mecánicas ?	No	A veces	Si	0
12	¿ Existe un organigrama en la empresa?	No	Algunos	Si	0
13	¿ Cree Ud. que la empresa necesita un plan de mantenimiento?	No	A veces	Si	2
14	La empresa ¿ Esta presta a recibir propuesta de mejora ?	No	A veces	Si	2
15	¿ Si se contara con un plan de mantenimiento se realizaría un mejor trabajo?	No	A veces	Si	2
16	¿ Solo se realizan mantenimientos correctivos a los equipos?	No	A veces	Si	1
17	¿ Cree Ud. que la empresa debe capacitar a sus trabajadores ?	No	A veces	Si	2
18	¿ La empresa cuenta con presupuesto para el stock de repuestos ?	No	A veces	Si	0
19	¿ Lleva un control de gastos de mantenimiento de cada equipo?	No	A veces	Si	0
20	¿ Cree Ud. que los informes aportan información para la toma de decisiones ?	No	A veces	Si	2
				Total Puntuación	15

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

Realizado la encuesta se obtuvo un puntaje promedio de 17, este se divide entre el puntaje máximo 40 y multiplicamos por 100 para obtener como resultado 37.5% y comparamos en la Tabla N°12, para poder establecer el estado del sistema de mantenimiento, indicando que tiene un sistema muy deficiente.

Tabla 12. Valores de referencia para los índices de conformidad

VALORES DE REFERENCIA PARA LOS ÍNDICES DE CONFORMIDAD	
ÍNDICE DE CONFORMIDAD %	ESTADO DEL SISTEMA DE GESTIONS DE MANTENIMIENTO
<41	Sistema muy deficiente
41 – 60	Sistema deficiente , pero mejorable
61 – 75	Sistema bueno
76 – 85	Sistema muy bueno
>85	Sistema excelente

Nota. Fuente : (Aliaga & Grey, 2021)

4.2. Determinar la criticidad de las máquinas aplicando la metodología AMEF

Para determinar la criticidad de las máquinas se emplea la siguiente fórmula

$$\mathbf{AC = Frecuencia \times Gravedad.}$$

Para considerar el nivel de criticidad se detalla en la figura N°1(Matriz de criticidad) y para los criterios de análisis se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla 47. Frecuencia De Fallas

Tabla 48. Impacto Operacional

Tabla 49. Flexibilidad Operacional

Tabla 50. Costos De Mantenimiento

Tabla 51. Impacto a la Seguridad y Medio Ambiente

En la tabla 13 se calcula los niveles de criticidad del área mecánica de banco y se observa que el nivel más crítico es la maquina: taladro de columna y esmeril de mano y el sistema semi-critico el plasma y el torno paralelo, finalmente el esmeril de banco es un sistema no crítico.

✓ **Taladro de columna:**

Gravedad: $(4 \times 4) + 4 + 4 = 24$

AC: $5 \times 24 = 120$

Tabla 13. Análisis de criticidad del área mecánica de banco

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL ÁREA MECÁNICA DE BANCO DE LA EMPRESA GENERANDO SOLUCIONES INDUSTRIALES SAC						
MÁQUINA	IMP. OP.	FLEX. OP.	COSTOS MMTTO	IMP. S.M.A	FRECUENCIA FALLA	NIVEL DE CRITICIDAD
Taladro de Columna	4	4	4	4	5	120
Plasma	3	3	4	2	3	45
Esmeril de mano	4	4	4	3	5	115
Esmeril de banco	2	2	3	2	3	27
Torno Paralelo	3	3	4	4	3	51

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Análisis de criticidad del área de soldadura

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL ÁREA DE SOLDADURA DE LA EMPRESA GENERANDO SOLUCIONES INDUSTRIALES SAC						
MÁQUINA	IMP. OP.	FLEX. OP.	COSTOS MMTTO	IMP. S.M.A	FRECUENCIA FALLA	NIVEL DE CRITICIDAD
Máquina de Soldar Marca Solandina	5	4	4	3	4	108
Máquina de Soldar Marca PTK	4	4	4	3	5	115
Máquina de Soldar Marca Crow	2	3	3	2	3	33
Máquina de Soldar Marca Dewalt	3	3	3	2	3	42
Compresor de aire	3	2	3	2	2	22

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultado de criticidad del área mecánica de banco

Nivel de Criticidad	Cantidad
Critico	2
Semi Critico	2
No critico	1

Nota. Resultados de análisis de criticidad del área de soldadura.

Tabla 16. Resultado de criticidad del área de soldadura

Nivel de Criticidad	Cantidad
Critico	2
Semi Critico	1
No critico	2

Aplicación de metodología AMEF a las máquinas más críticas.

Por medio de esta técnica, se analizó el modo de falla, el efecto y la causa que presentan actualmente las máquinas más críticas. Para determinar NPR se ha efectuado la valoración correspondiente para ser considerado como:

- NPR >200 Inaceptable (I)
- 200 > NPR < 125 reducción deseable (R)
- 125 > NPR Aceptable

Se eligió a la máquina más crítica de cada área, es decir aquella que haya presentado más fallas, lo que nos sirvió como muestra para el resto de máquinas.

En el área mecánica de banco se eligió la maquina denominada taladro de columna y en el área de soldadura se eligió la máquina denominada máquina de soldar, según como se detalla la tabla N°13 y N°14.

Tabla 17. Aplicación de amef en el área mecánica de banco - Taladro de columna

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA																		
Máquina: Taladro		Marca:		Modelo:		Serie:		Fecha										
Sistemas	Descripción del componente	Modo de falla	Causa	Daño		Situación Actual					Acciones Recomendadas	Responsable	Evaluación de Mejoras					
				Inicial	Final	O	S	D	NPR	Resultados			Acción Correctiva	O	S	D	NPR	Resultados Proyectados
Eléctrico	Motor Eléctrico	Circuitos quemados	Recalentamiento	Motor quemado	Parada	7	8	8	448	Inaceptable	Controlar temperatura del motor	Técnico Electricista	Cambio motor	4	4	4	64	Acceptable
	Tablero de control	Arranque deficiente	Bajo voltaje	Demoras al encendido	Parada	8	6	3	144	Deseable	Inspecciones	Técnico Electricista	Revisión de cables eléctricos	3	5	4	60	Acceptable
Mecánico	transmisión	Velocidad lenta	Faja de transmisión	Perforación lenta	Parada	7	10	4	280	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambio de fajas	3	7	4	84	Acceptable
	Rodamientos	desgaste	fricción	Baja presión	Parada	8	7	9	504	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambio rodamiento	5	5	3	75	Acceptable
	Bomba y manguera refrigeración	Transportar refrigerante	Fuga de refrigerante	Desgaste de material	Derrame refrigerante	4	6	6	144	Deseable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambiar mangueras y filtros	3	4	2	24	Acceptable

Tabla 18. Aplicación de amef en el área de soldadura – Maquina de soldar Solandina

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA																		
Máquina: Soldar		Marca: Solandina		Modelo:			Serie:			Fecha								
Sistemas	Descripción del componente	Modo de falla	Causa	Daño		Situación Actual					Acciones Recomendadas	Responsable	Evaluación de Mejoras					
				Inicial	Final	O	S	D	NPR	Resultados			Acción Correctiva	O	S	D	NPR	Resultados Proyectado
Eléctrico	Cable porta electrodo y cable tierra	Cable y conectores sulfatados	Recalentamiento	No hace arco eléctrico	Parada	8	8	8	512	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambio de cables	5	4	4	80	Acceptable
	Tablero de control	Arranque deficiente	Bajo voltaje	Demoras al encendido	Parada	7	7	9	441	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Revisión de cables eléctricos	6	5	4	120	Deseable
Eléctrico	Ventilador	Obstrucción	Recalentamiento	Impide soldar	Parada	7	9	9	567	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Mntto ventilador	5	4	2	40	Acceptable
	Interruptor de polaridad	Circuito interrumpido	Fin de tiempo	No enciende	Parada	9	7	9	567	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambio interruptor	4	5	5	100	Acceptable
	Fusibles	Cortocircuito	Perdida de fase	Interrupción de energía	Parada	8	7	6	336	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambiar fusible	3	8	3	72	Acceptable

Resumen de cálculo del NPR actual y proyectado

Tabla 19. Resultados NPR Actual

Nivel falla	Cantidad Falla	Resultados
Inaceptable	8	80%
Deseable	2	20%
Aceptable	0	0%

En argumento, podemos decir que 08 fallas son inaceptables (80%) ,2 fallas deseables (20%) y 0 fallas aceptables (0%).

Tabla 20. Resultados NPR Proyectado

Nivel falla	Cantidad Falla	Resultados
Inaceptable	0	0%
Deseable	1	10%
Aceptable	9	90%

Se deduce que realizando las acciones preventivas descritas en el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) se puede reconocer los problemas más comunes que presentan las máquinas. Se logra identificar el nivel de prioridad de riesgo NPR para realizar los periodos de tiempo de actividad de mantenimiento para alcanzar disminuir las fallas imprevistas que vienen afectando la baja disponibilidad de las máquinas de la empresa Generando Soluciones Industriales SAC.

4.3. Elaborar programa de mantenimiento preventivo, basado en la metodología AMEF y preparar formatos de control de actividades.

De acuerdo a los estudios anteriores se han hallado distintas fallas en las maquinas herramientas de la empresa, es por ello que comenzamos a elaborar nuestro programa de mantenimiento preventivo con un rol de labores. Posteriormente mostraremos nuestros formatos de control elaborados para saber cómo desempeñarse ante posibles fallas que se ejecutaran en las futuras programaciones.

En dichos formatos mostraremos la lista de labores que se debe realizar para las maquinas herramientas, es decir su aplicación se realizara para las dos áreas mecánica de banco y soldadura.

- ✓ Ficha de Inspección: Se deberán registrar las partes inspeccionadas, especificando el tiempo de duración de la actividad. En la observación se deberá indicar el estado de las piezas o mecanismos y si es necesaria la intervención
- ✓ Ficha de Intervención: Se registrará las actividades de reparación el tiempo de duración de la actividad y los repuestos utilizados.

Enfocarnos en que se realice de una forma adecuada y responsable para mantener las maquinas herramientas operativas y así aumentar la disponibilidad, demostrando que un sistema de gestión de plan de mantenimiento preventivo es de gran utilidad.

Por consiguiente, las fichas deben ser llenadas por el operador y firmadas por el supervisor de operaciones

Tabla 21.Registro de control diario de mantenimiento

REGISTRO DE CONTROL DIARIO DE MANTENIMIENTO – N°			
Fecha :			
Equipo: Taladro de columna	Marca:	Serie:	
Ejecutor : Rodríguez Garay Cristian		Jefe de Taller: Atoche Julca Ivan	
Hora Inicio : 10:00 am		Hora Final: 10:20am	
Elementos a Revisar	Bueno	Regular	Malo
Limpieza General	X		
Piñones	X		
Fajas	X		
Nivel de Lubricación	X		
Filtros (Aceite, Aire)	X		
Cables eléctricos	X		
Ventilación	X		
Pernos		X	
Amperaje y Voltaje	-		
Tenaza	-		
Porta-Electrodo	-		
Carbones	-		
Encendido	X		
Apagado	X		
Vibraciones y Ruidos	X		
Observaciones: tiempo hora total 1h			

Nota. Fuente: Elaboración propia

Comentario: Realizando la evaluación previa con los registros de control diario de manteniendo hemos llegado a la conclusión de que tenemos 90% de bueno, un 10% de regular y un 0%de malo

Tabla 22. Registro de ficha de inspección de mantenimiento semanal

REGISTRO DE FICHA DE INSPECCION DE MANTENIMIENTO SEMANAL – N°		
Fecha :		
Equipo: Taladro de columna	Marca :	Serie
Ejecutor : Rodríguez Garay Cristian		Jefe de Taller: Atoche Julca Ivan
Mecanismo /Componente	Actividad a realizar	Observación
Sistema Eléctrico	Revisión de cables eléctricos , motor eléctricos y tablero eléctrico	Cable con empalme , se procedió a corregir
Sistema Mecánico	Revisión de portabrocas ,fajas , mecanismo de velocidades	Conforme
Lubricación	Engrase a columna de taladro	Conforme
Hora Inicio: 08:10am		Hora Final: 09:10am

Nota. Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla cada inspección de mantenimiento a realizar en caso de alguna observación esta debe ser especificada y clara para aplicar las medidas de control.

Tabla 23. Registro de intervención de mantenimiento

REGISTRO DE INTERVENCION DE MANTENIMIENTO – N°						
Hora Inicio : 11:30am			Hora Final : 12:30pm			
Equipo: Taladro Columna		Marca:		Serie		
Ejecutor : Rodríguez Garay Cristian			Jefe de Taller: Atoche Julca Ivan			
Tipo De Mantenimiento	Preventivo	X	Correctivo		N° Falla : 01	
Problema	Mecánico		Eléctrico	X	Lubricación	
Criticidad	Alta		Media		Baja	X
Descripción del Trabajo			Acción Correctiva			
Enchufe eléctrico quemado			Se procedió al cambio de nuevo enchufe eléctrico			
Hora Inicio: 09:00am			Hora Final: 09:15am			

Nota. Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla la intervención de mantenimiento a la máquina y la acción correctiva tomada.

Tabla 24. Registro de cronograma de capacitaciones

REGISTRO DE CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES – N°			
Nombre del curso : Uso adecuado de herramientas eléctricas			
Ponente: Ing. Marco Idone Lopez			Fecha:
Hora Inicio: 11:00am		Hora Final: 12:00am	Total Horas:1h
N°	Nombre y Apellidos	DNI	Cargo
1	Fernando Vilela Gutierrez	73457192	Calderero
2	Harold Oliva Calderon	74743144	Operario
3	Cristian Rodriguez Garay	44995569	Calderero
4	Abner Reyes Garcia	71943497	Soldador
5	Alex Fiestas Vega	80226378	Calderero
6	Robinson Romero	71519055	Soldador
7	Gustavo Idone	41026520	Calderero
8	Luis Moreno Echevarria	73856151	Operario

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Registro stock de repuesto

REGISTRO DE STOCK DE REPUESTOS – N°	
Nombre del repuesto: Enchufe industrial IP44/67	
Marca : Mennekes	
Modelo: Industrial IP44 3P +T	Serie: 14828
Fabricante: Corporacion electro industrial JM S.A.C	Año de Fabricación: 2022
Proveedor: Corporacion electro industrial JM S.A.C	Teléfono Proveedor : 01- 4936666
Motivo de Uso de repuesto : enchufe de taladro quemado	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Comentario: Este registro nos ayudara a organizar, planificar y controlar las entradas y salidas de repuestos.

Tabla 26. Registro de Máquinas

REGISTRO DE MAQUINAS – N°		
Nombre de la máquina: Taladro de columna		
Marca : Dayton	Modelo :40PM08	
N° Serie : F12-951	Año de fabricación: 2020	
Capacidad porta broca: 3- 20mm	12 velocidades : 160 – 3000 r.p.m	
Dimensión mesa trabajo : 335 x 335mm	Peso total: 85kg	
Distancia porta broca a columna : 215mm		
Voltaje: 230	Porta broca: B22	
Tipo de motor:	Altura: 1635mm	Cono Morse: MT3
Motor: 650w	Velocidad r.p.m	
Característica de la maquina:		

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Programa de mantenimiento preventivo para el área mecánica de banco – Taladro columna

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - TALADRO DE COLUMNA												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Cambio de aceite en la transmisión	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Verificar el estado del motor	Téc. Mecanico		X		X		X		X		3	12
Lubricación de mecanismos en general	Téc. Mecanico		X			X		X		X	1	4
Verificar correas y polea	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Revisión de bomba de lubricación	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de cables eléctricos	Téc. Eléctrico	X		X		X		X		X	1	5
Verificación de husillo	Téc. Mecanico		X		X		X			X	2	8
Revisión de palanca de avance manual	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Pintar el taladro si es necesario	Téc. Mecanico			X		X		X		X	3	12
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Total											21	90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Programa de mantenimiento preventivo para el Plasma

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – PLASMA												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Cambio de aceite en la transmisión	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Verificar el estado del motor	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Lubricación de mecanismos en general	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Verificar correas y polea	Téc. Mecanico		X			X		X		X	3	12
Verificar manguera de antorcha	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Cambio de cable tierra	Téc. Eléctrico		X		X		X		X		2	8
Verificación de manómetros	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Revisión de interruptor marcha	Téc. Eléctrico			X			X			X	1	3
Pintar carcasa del plasma si es necesario	Téc. Mecanico			X			X			X	1	3
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	1	5
Total											19	80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Programa de mantenimiento preventivo para el Esmeril de mano

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – ESMERIL DE MANO												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X		1	7
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	2	10
Cambio de carbones	Téc. Mecanico		X		X		X		X		3	12
Desmontar tapa lateral y limpiar el motor	Téc. Mecanico		X			X		X		X	3	12
Cambio de rodamientos	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Revisión de rebobinado motor	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de mango de esmeril	Téc. Eléctrico	X		X		X		X		X	2	10
Verificar interruptor de encendido	Téc. Mecanico				X		X			X	2	8
Revisión de bridas y tuercas de apoyo	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de guardas de esmeril	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	1	5
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X		X		X		X		3	12
Total											23	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Programa de mantenimiento preventivo para el Esmeril de banco

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – ESMERIL DE BANCO												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	10
Cambio de ruedas abrasivas	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	8
Revisión de eje	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	6
Cambio de rodamientos	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	8
Revisión de rebobinado motor	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	8
Revisión de	Téc. Eléctrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	5
Verificar interruptor encendido	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	8
Revisión de bridas y tuercas de apoyo	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	3	9
Revisión de guardas de esmeril	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	4	6
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X	X	X	X	X	X	X	X	2	8
Total											23	85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Programa de mantenimiento preventivo para el torno

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – TORNO												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	2	10
Lubricación de husillo y bancada	Téc. Mecanico		X		X		X		X		3	12
Verificar fluido refrigerante	Téc. Mecanico		X			X			X		2	6
Cambio de fusibles	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Cambio de aceite	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de motor	Téc. Eléctrico			X				X		X	2	6
Verificar correas y poleas	Téc. Mecanico		X		X		X			X	2	8
Engrasar piñones	Téc. Mecanico		X			X		X			3	9
Verificar filtros de aceite	Téc. Mecanico			X				X			4	6
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X			X			X		2	6
Total											25	88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Programa de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca solandina

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MAQUINA DE SOLDAR MARCA SOLANDINA												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	2	10
Cambio de cable tierra	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Cambio de porta electrodo	Téc. Mecanico		X			X			X		2	6
Verificar estado de rueda desplazamiento	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Revisar manija regulador amperaje	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de terminales	Téc. Eléctrico	X		X		X		X		X	1	5
Verificar estado careta soldar	Téc. Mecanico				X		X			X	2	8
Revisión motor y ventilador	Téc. Mecanico		X			X		X			3	9
Verificar los fusibles y reemplazar	Téc. Mecanico			X				X			4	6
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Total											23	85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Programa de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca PTK

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MAQUINA DE SOLDAR MARCA PTK												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	2	10
Cambio de cable tierra	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Cambio de porta electrodo	Téc. Mecanico		X			X		X	X	X	2	10
Limpieza de tarjetas eléctricas	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Revisar manija regulador amperaje	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Revisión de terminales	Téc. Eléctrico	X		X		X		X		X	2	10
Verificar estado careta soldar	Téc. Mecanico		X		X		X			X	2	8
Revisión motor y ventilador	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Verificar los fusibles y reemplazar	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Total											21	95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Programa de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca crow

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MAQUINA DE SOLDAR MARCA CROW												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Cambio de cable tierra	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Cambio de porta electrodo	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Limpieza de tarjetas eléctricas	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	6
Revisar regulador amperaje	Téc. Mecanico			X			X			X	1	3
Revisión de terminales	Téc. Eléctrico	X		X		X		X		X	1	5
Verificar estado careta soldar	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Revisión motor y ventilador	Téc. Mecanico			X			X		X		2	6
Verificar los fusibles y reemplazar	Téc. Mecanico			X			X		X		2	6
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Total											19	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Programa de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Maquina soldar marca dewalt

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MAQUINA DE SOLDAR MARCA DEWALT												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Cambio de cable tierra	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Cambio de porta electrodo	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Limpieza de tarjetas eléctricas	Téc. Mecanico		X			X		X		X	3	12
Revisar regulador amperaje	Téc. Mecanico			X		X		X		X	2	8
Revisión de terminales	Téc. Eléctrico		X		X		X		X		2	8
Verificar estado careta soldar	Téc. Mecanico		X		X		X		X		2	8
Revisión motor y ventilador	Téc. Mecanico			X			X			X	1	3
Verificar los fusibles y reemplazar	Téc. Mecanico			X			X			X	1	3
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	1	5
Total											19	80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Programa de mantenimiento preventivo para el área de soldadura – Compresor de aire

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MAQUINA COMPRESOR DE AIRE												
Actividades	Especialista	Frecuencia en horas									Tiempo Hora/Act	Tiempo Hora / Semestral
		50	150	200	250	300	350	400	450	500		
Limpieza general a la máquina	Téc. Mecanico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	9
Verificar cables eléctricos	Téc. Mecanico	X		X		X		X		X	2	10
Cambio de rodamientos	Téc. Mecanico		X		X		X		X		3	12
Calibración de presostato	Téc. Mecanico		X			X			X		2	6
Lubricación rodamientos	Téc. Mecanico		X		X			X		X	2	8
Cambiar filtros de aire	Téc. Mecanico		X			X		X		X	2	8
Cambio de aceite	Téc. Eléctrico			X				X			2	4
Verificar válvulas de control	Téc. Mecanico		X		X		X			X	2	8
Revisión motor y ventilador	Téc. Mecanico		X			X		X			3	9
Verificar los fusibles y reemplazar	Téc. Mecanico			X				X			4	6
Probar la firmeza de la máquina	Téc. Mecanico		X			X			X		2	6
Total											25	87

Fuente: Elaboración propia

4.5. Determinar la nueva disponibilidad proyectada de las máquinas herramientas bajo las condiciones del plan de mantenimiento preventivo.

Se considera según el NPR que se solucionara el 80% de todas las fallas actuales en todas las máquinas, existiendo aun el 20% de fallas deseables y aceptables.

A continuación, se calcula los nuevos resultados proyectados, obtenidos luego de la aplicación del programa de mantenimiento preventivo basado en la metodología AMEF.

Para determinar los indicadores de mantenimiento se tomó un tiempo de 6 meses (julio a diciembre) y con un tiempo total de operación de 08 horas de lunes a sábados, teniendo como resultado 1,152 horas.

De esta manera se determinará los nuevos indicadores de las máquinas, se hace uso del número de fallas y horas de reparación como se muestran en las siguientes tablas, posteriormente calculamos la disponibilidad proyectada del área mecánica de banco y soldadura, después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 37. Tabla Número de fallas área mecánica de banco.

Área	Maquina	N° fallas	Horas de reparación
	Talado de Columna	4	90
Mecánica	Plasma	4	80
De Banco	Esmeril de mano	5	100
	Esmeril de banco	4	85
	Torno Paralelo	4	88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Tabla número de fallas área soldadura

Área	Maquina	N° fallas	Horas de reparación
Soldadura	Máquina de Soldar Marca Solandina	6	85
	Máquina de Soldar Marca PTK	7	95
	Máquina de Soldar Marca Crow	4	75
	Máquina de Soldar Marca Dewalt	5	80
	Compresor de aire	4	87

Fuente: Elaboración propia

Área Mecánica de banco

El tiempo promedio de reparación MTRR

$$MTRR = \frac{\text{Horas de para o de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Taladro de columna:

$$MTRR = \frac{90}{4} = 22.5.$$

Tabla 39. Cálculo del tiempo promedio de reparación(MTRR) del área de mecánica de banco después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo.

MÁQUINA	N° FALLAS	HORAS DE REPARACION	MTRR
Talado de Columna	4	90	22.5
Plasma	4	80	20
Esmeril de mano	5	100	20
Esmeril de banco	4	85	21.5
Torno Paralelo	4	88	22

El Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operacion} - \text{Tiempo total de reparacion}}{\text{N}^\circ \text{ fallas}}$$

- Taladro de columna

$$MTBF = \frac{1152 - 90}{4} = 265.5$$

Tabla 40. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área mecánica de banco después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo

MÁQUINA	Nº FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN	HORAS DE REPARACION	TIEMPO DISPONIBLE DE OPERACIÓN	MTFB
Talado de Columna	4	1 152	90	1062	265.5
Plasma	4	1 152	80	1072	268
Esmeril de mano	5	1 152	100	1052	210.4
Esmeril de banco	4	1 152	85	1067	266.8
Torno Paralelo	4	1 152	88	982	245.5

Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- Taladro Columna

$$D = \frac{98.4}{98.4 + 22.5} = 0.932 \times 100\% = 93.22 \%$$

Tabla 41. Cálculo de la disponibilidad del área mecánica de banco después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo

MÁQUINA	N° FALLAS	HORAS DE REPARACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE DE OPERACIÓN (HRS)	MTTR	MTBF (HRS)	DISPONIBILIDAD (%)
Taladro de Columna	4	90	1062	22.5	98.4	93.2
Plasma	4	80	1072	20	268	93
Esmeril de mano	5	100	1052	20	210.4	91.1
Esmeril de banco	4	85	1067	21.5	266.8	92.5
Torno Paralelo	4	88	982	22	245.5	91.7

En la tabla N°41 podemos observar que el número de fallas y el tiempo de reparación han disminuido, de tal manera que se pudo mejorar la operatividad de las máquinas.

Área Soldadura

El tiempo promedio de reparación MTRR

$$MTRR = \frac{\text{Horas de para o de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$MTRR = \frac{85}{6} = 14.17$$

Tabla 42. Cálculo del tiempo promedio de reparación MTRR del área de soldadura después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo

MÁQUINA	Nº FALLAS	HORAS DE REPARACIÓN	MTRR
Máquina de Soldar Marca Solandina	6	85	14.17
Máquina de Soldar Marca PTK	7	95	13.6
Máquina de Soldar Marca Crow	4	75	18.8
Máquina de Soldar Marca Dewalt	5	80	16
Compresor de aire	4	87	21.8

El Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo total de reparación}}{\text{Nº fallas}}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$MTBF = \frac{1152 - 85}{6} = 177.8$$

Tabla 43. Cálculo del tiempo promedio entre fallas MTBF del área de soldadura después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo

MÁQUINA	N° FALLAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN	HORAS DE REPARACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE DE OPERACIÓN	MTFB
Máquina de Soldar Marca Solandina	6	1 152	85	1067	177.8
Máquina de Soldar Marca PTK	7	1 152	95	1057	151
Máquina de Soldar Marca Crow	4	1 152	75	1077	269.25
Máquina de Soldar Marca Dewalt	5	1 152	80	1072	214.4
Compresor de aire	4	1 152	87	1065	266.3

Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- Máquina de soldar marca solandina

$$D = \frac{178}{178 + 14.17} = 0.923 \times 100\% = 92.6 \%$$

Tabla 44. Cálculo de la disponibilidad del área de soldadura después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo

MÁQUINA	N° FALLAS	HORAS DE REPARACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE DE OPERACIÓN (HRS)	MTTR	MTBF (HRS)	DISPONIBILIDAD (%)
Máquina de Soldar Marca Solandina	6	85	1067	14.17	178	92.6
Máquina de Soldar Marca PTK	7	95	1057	13.6	151	91.74
Máquina de Soldar Marca Crow	4	75	1077	18.8	269.25	93.5
Máquina de Soldar Marca Dewalt	5	80	1072	16	214.4	93.1
Comprensor de aire	4	87	1065	21.8	266.3	92.4

Tabla de Comparación de Resultados.

Tabla 45. Comparación de resultados del área mecánica de banco

MÁQUINA	DISPONIBILIDAD ACTUAL (%)	DISPONIBILIDAD PROYECTADA (%)
Talado de Columna	85.21	93.2
Plasma	86.11	93
Esmeril de mano	83.41	91.1
Esmeril de banco	86.97	92.5
Torno Paralelo	85.24	91.7

Tabla 46. Comparación de resultados del área de soldadura

MÁQUINA	DISPONIBILIDAD ACTUAL (%)	DISPONIBILIDAD PROYECTADA (%)
Máquina de Soldar Solandina	85.41	92.6
Máquina Soldar Inversora PTK	84.78	91.74
Máquina Solar Inversora Crown	86.19	93.5
Máquina Soldar Inversora Dewalt	85.69	93.1
Compresor	85.85	92.4

4.6. Evaluación de costo para el programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las maquinas.

4.6.1. Beneficio económico en reducción de horas perdidas.

Tabla 47. Tabla de beneficio debido a la reducción de horas perdidas – Mecánica de Banco

Maquina	MTTR actual (hrs/mes)	MTTR mejora (hrs/mes)	Ahorro en horas perdidas (hrs/mes)	Costos de operación (USD/hr)	Ahorro (USD/mes)
Taladro de columna	168	90	78	45	3510.00
Plasma	160	80	80	35	2800
Esmeril de mano	192	100	92	30	2760
Esmeril de banco	150	85	65	30	1950
Torno	170	88	82	45	3690
Total					14.710

Fuente: Elaboración propia

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 14710.00 \frac{USD}{\text{año}}$$

Tabla 48. Tabla de beneficio debido a la reducción de horas perdidas – Soldadura

Maquina	MTTR actual (hrs/mes)	MTTR mejora (hrs/mes)	Ahorro en horas perdidas (hrs/mes)	Costos de operación (USD/hr)	Ahorro (USD/mes)
Maquina soldar Soldanina	168	85	83	40	3320
Maquina soldar PTK	176	95	81	35	2835
Maquina soldar Crow	159	75	84	35	2940
Maquina soldar Dewalt	165	80	85	35	2975
Compresor de aire	163	87	80	40	3200
Total					15.270

Fuente: Elaboración propia

Se calculó el beneficio económico en reducción de fallas.

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 15.270 \frac{USD}{\text{año}}$$

4.6.2 Costos para el programa de mantenimiento predictivo

Tabla 49. Tabla de costos en mantenimiento predictivo en las máquinas herramientas

Acción	Frecuencia	Costo unitario (USD)	Costo total (USD/año)
Análisis aceite	12 veces/año	15.00	180
Análisis vibracional a los rodamientos	12 veces/año	15.00	180
Análisis termo gráfico	12 veces/año	15.00	180
Total			540.00

Fuente: Elaboración propia

Costo total en mantenimiento preventivo: $630.00 \times 10 \text{ máquinas} = 5400\text{USD}$

4.6.3. Costos para el programa de mantenimiento preventivo

Tabla 50. Tabla de costos en mantenimiento preventivo en las máquinas herramientas.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Sistema Mecánico			
Mantenimiento de motor	1	100.00	100.00
Mantenimiento de rodamientos	1	95.00	95.00
Engranajes	1	50.00	50.00
Bomba refrigeración	1	50.00	50.00
Ventilación	1	75.00	75.00
Aceite	1	90.00	90.00
Limpieza y pintura	1	80.00	80.00
Sistema Eléctrico			
Cables eléctricos	1	100.00	100.00
Tableros eléctricos	1	90.00	90.00
Enchufe electrico industrial	1	30.00	30.00
Interruptor de encendido	1	80.00	80.00
Fusibles	1	60.00	60.00
Total			900.00

Fuente: Elaboración propia

Costo total en mantenimiento preventivo: 900.00 x 10 máquinas = 900 USD

4.6.4 Beneficio útil

Tabla 51. Tabla resumen de los costos en mantenimiento.

Ahorro en horas perdidas	+ 29.980.00 USD/año
Costos predictivos	- 5 400.00 USD/año
Costos preventivos	- 9 000.00 USD/año
Beneficio útil	15.580.00USD/año

Tabla 52. Inversión en activos fijos

Activos fijos	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Vibrómetro PCE-VD 3	1	4500.00	4500.00
Cámara termográfica PCE-TC 31.	1	4000.00	4000.00
Equipo de alineamiento láser	1	1800.00	1800.00
Instrucción al personal	8	100	800
Costo total			11.100

Fuente: Elaboración propia

4.6.5 Retorno operacional de la inversión.

$$R. O. I = \frac{\text{Inversion inicial}}{\text{Beneficio util}}$$

$$R. O. I = \frac{11.100}{15.580.00}$$

$$R. O. I = 0.7 \text{ años} \approx 9 \text{ meses}$$

V. DISCUSIÓN

En la evaluación del cálculo de la disponibilidad actual de las máquinas de la empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C. se realizaron encuestas al operador a cargo de cada máquina, se concluyó que los problemas más significantes fueron la falta de un programa de gestión de mantenimiento, capacitación a personal, lo que ocasiona que no se tenga una planeación eficiente. Ver tabla 11.

En primer lugar, se evaluó la disponibilidad actual de las maquinas herramientas, recopilando la información de los tiempos de operación y paradas en un periodo de 06 meses, teniendo como resultado lo siguiente: para el área de soldadura un 84.78% y un 83.41% en el área de mecánica de banco.

Con los resultados analizados se comprueba que la disponibilidad actual de la máquina de la empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C es regular y es por eso que es necesario focalizarnos en el tiempo para remediar estos resultados y así mejorar la disponibilidad de las máquinas.

Asimismo (Diestra, 2017) analizó y clasificó cada una de las máquinas herramientas según la cantidad de fallas que tenga , con los datos obtenidos realizó un análisis situacional basado en un registro de inspecciones por un periodo de 06 meses , luego de ello realiza una lista de cada una de sus máquinas con los que cuenta la empresa, dicha documentación sirvieron para la elaboración de su plan de mantenimiento para la mejora disponibilidad de las maquinas herramientas y así logrando evitar paradas innecesarias en la empresa , teniendo como resultados el incremento de la disponibilidad de 94.35% a 98.19%, aumentando el 4% de operatividad de las máquinas , con la presente tesis también se basa en la evaluación actual de las maquinas herramientas con los datos obtenidos por los registros de mantenimiento de la empresa en un periodo de 06 meses teniendo como resultados para el área de soldadura un 84.78% y un 83.41% en el área de mecánica de banco , después de aplicar el programa de mantenimiento preventivo mediante la metodología AMEF se obtuvo el incremento disponibilidad de 93.5% en el área de soldadura y 93.2% en el área mecánica de banco.

(Espejo, 2018) a través el método AMEF, realizó un diagnóstico actual de sus máquinas para luego realizar el Análisis de Modo y Efecto Falla que sirve para plantear y elaborar un estudio de riesgo, examinó el desarrollo de fabricación y diseño un plan de mantenimiento basado en la metodología AMEF obteniendo como resultado el aumento de disponibilidad de los tornos con un incremento en 8.18% de disponibilidad , en la presente tesis también se hace uso del método AMEF , el resultado obtenido se detalla en la tabla N°19 y N°20 ,el IPR actual con un promedio inaceptable 80% , deseable 20% y 0% aceptable , por lo tanto el plan de mantenimiento preventivo se enfocara en las fallas más críticas de las maquinas herramientas , después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo se proyectó el cálculo IPR , se obtuvo un 0% de falla inaceptable , 10% fallas aceptables y 90% fallas aceptables.

Para la elaboración del análisis de criticidad se empleó las tablas recomendadas por (Aliaga & Grey, 2021), aplicó la técnica de criticidad en sus equipos con la finalidad de conocer cuál era el equipo con mayor criticidad estableciéndolos en 3 rangos (crítico , semicritico y no critico),ayudándose de la matriz de criticidad pudo conocer cuales fueron dichos equipos críticos ; en la presente tesis también se hace uso de la técnica de análisis de criticidad a las maquinas , se obtuvo la criticidad actual de la maquinas como resultado en el área mecánica de banco : 02 máquinas críticas , 02 semicritica y 01 no crítica y en el área de soldadura : 02 máquinas críticas , 01 semicritica y 02 no critica

Este análisis permitió conseguir el grado de criticidad que representa cada máquina herramienta y las inspecciones que debemos realizar, para así evitar paradas innecesarias que afecten la productividad.

En el desarrollo de la presente investigación se implementará las proyecciones del plan de mantenimiento asegurando que aumentará favorablemente la disponibilidad de las maquinas obteniendo grandes cambios y mejoras en la productividad.

En la tabla N°45 y N°46 se aprecia la comparación de resultados de disponibilidad actual y proyectada de las máquinas, teniendo favorablemente aumento de disponibilidad de 93.5% en el área de soldadura y 93.2% en el área mecánica de banco, debido al plan de mantenimiento basado en la metodología AMEF. Estos resultados son semejantes a la tesis de (Espejo, 2018) Basándose en un sistema de mantenimiento preventivo mediante el método AMEF, realizó un diagnóstico actual de sus máquinas para luego realizar el Análisis de Modo y Efecto Falla que sirve para plantear y elaborar un estudio de riesgo, con lo cual pudo conocer las causas a las fallas de las maquinas herramientas donde realizo su estudio e identifico oportunidades para las fallas que pueden conducir el disgusto del cliente con la finalidad de que con la elaboración del plan de mantenimiento disminuya las fallas y por consiguiente un aumento de disponibilidad en los equipos.

En la investigación de (Suniaga, 2010) utilizó la metodología AMEF, resalta cuales fueron las fallas más rutinarias en las maquinas , determinó los indicadores de mantenimientos actuales de sus maquinarias pesada alcanzó 75% de disponibilidad, debido a este problema aplicó un mantenimiento preventivo utilizando el análisis de AMEF, teniendo una mejora de incremento de disponibilidad en el rango del 75% al 95% ,de tal manera se busca reducir las intervenciones correctivas en la empresa Generando Soluciones Industriales S.A.C , el resultado obtenido se detalla en la tabla N°45 y 46 , teniendo una mejora de rango 83.41% al 93.5 para el área mecánica de banco y 84.78% al 93.20 para el área de soldadura .

En el estudio de (Humberto, 2021) , implementó formatos de control ,formatos de inspección , ficha de intervenciones , formato de registro de los equipos, elaboró encuesta al área de mantenimiento de compañía de bomberos evaluó la actual gestión de mantenimiento , los resultados fueron un sistema de mantenimiento muy deficiente y optó por usar el método AMEF teniendo como resultado proyectado de mejora de disponibilidad de 89.40% , en la presente tesis también se realizó una encuesta a los operadores de las máquinas del taller de mecánica para precisar cuáles son las causas más notables que determinan las deficiencias del mantenimiento , los resultados fueron semejantes debido a que no existe un mantenimiento planificado , es por ello que se elaboró un plan de mantenimiento mediante la metodología AMEF, obteniendo resultados de mejora de disponibilidad en las máquinas.

Mi investigación se precisa las siguientes fortalezas, se logró mejorar la disponibilidad de las máquinas cumpliendo el programa de mantenimiento basado en la metodología Amef, con una disponibilidad actual en el área de mecánica d banco 84.78% obteniendo una mejora al 93.5%, de igual manera para el área de soldadura con un rango de 84.78% al 93.20% de disponibilidad proyectada.

La presente investigación tiene algunas debilidades como la falta de información y capacitación sobre el mantenimiento actual de las maquinas , deberíamos tener un factor de servicio para salvaguardar la programación de mantenimiento.

VI. CONCLUSIONES

Luego de la elaboración de la presente tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Haciendo uso de los registros de mantenimiento por parte de la empresa por un periodo de 6 meses se pudo conocer el estado actual de las máquinas de la empresa: disponibilidad actual del área mecánica de banco 83.41% y del área de soldadura 84.78%, debido a que no presentaban ningún programa de mantenimiento preventivo.
2. Se realizó un análisis de criticidad a todas las máquinas herramientas de la empresa logrando identificar en el área mecánica de banco: 02 máquinas críticas taladro de columna y esmeril de mano, semicríticas el plasma y torno ; no crítica esmeril de banco y en el área de soldadura : 02 máquinas de soldar críticas marca soldandina y PTK , semicrítica máquina de soldar dewalt y no crítica la máquina de soldar crow y el compresor de aire.
3. Con la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo, basado en la metodología AMEF y preparar formatos de control de actividades se disminuyó el número de fallas y el tiempo total de reparación.
4. Los nuevos resultados obtenidos a través de la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo basado en la metodología AMEF en el área de mecánica de banco con mayor porcentaje de 93.2 % y en el área de soldadura 92.6%, lo cual aplicando un buen mantenimiento preventivo puede mejorar la vida útil de las máquinas y teniendo una mejor productividad.
5. El análisis económico referente al programa de mantenimiento preventivo basado en el análisis AMEF para mejorar la disponibilidad de máquinas de la empresa "Generando Soluciones Industriales S.A.C.", tiene una inversión de 11.100.00 USD, beneficio útil de 16 580 USD/año, con un periodo de retorno de la inversión de 9 meses, siendo efectivo para la empresa

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda registrar todas las actividades de intervención que se realicen en las maquinas a través de los formatos de control establecidos con el propósito de tener en cuenta el tipo de falla más continuo.
- Se recomienda acción inmediata por parte del área de logística para la compra de los repuestos requeridos.
- Asignar responsables y personal calificado para realizar el control de mantenimiento con el fin de obtener una mejor disponibilidad en las maquinas
- Se recomienda llevar un archivo estadístico sobre las averías en las maquinas con el fin de implementar mejoras continuas.
- Capacitar al personal acerca de la importancia de un adecuado mantenimiento a las máquinas.
- Se recomienda emplear el método AMEF para minimizar al máximo el mantenimiento correctivo.

REFERENCIAS

- ALBERTO, I. G.-R. (2020). *Gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa tablenorte s.a.c la victoria_sede principal*. obtenido de para la obtencion de titulo profesional
- ALEJANDRA, G. F. (2018). *Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa comercial molinera San Luis SAC, 2018*. Obtenido de Para obtener el grado de presgrado
- Aliaga, N. A., & Grey, A. J. (2021). *Sistema de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehiculos de la compañía de bomberos de trujillo*. universidad cesar vallejo, trujillo.
- ANGEL, P. T. (2022). *Propuesta de mejora de gestion de mantenimientode equipode soporte de instalacion en una empresa que producey comercializa de gas natural*. obtenido de universidad peruana de ciencias aplicadas (para obtner el titulo profesional)(peru)
- ANTHONIO FIGUEROGA PEREZ, H. R. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de trabajo en el area de trabajo en el area de material rodante del s.t.c*. obtenido de unidad profesional interdisciplinaria de ingenieriy ciencias sociales y administrativas (para obtener el titulo profesional)(mexico d.f)
- ATUAN, S. A. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccanica industrial*. obtenido de universidad industrial de santader (para obtner el titulo profesional)
- bisleivys, b. (OCTUBRE de 2011). *Mantenimiento preventivo y correctivode los equipos informaticos de la red ambulatorio del instituto de salud publica en san felix EDO.BOLIVAR*. Obtenido de Universidad nacional experimental de guayana (para obtner el titulo profesional) (guayana)
- Caceres, R. (2017). *Aplicacion de la Gestion de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a la flota de Camiones de Acarreo Caterpillar 793F de una Compañia Minera para el Mejoramiento de Confiabilidad Operacional. (tesis para obtener el titulo profesional)*. Universidad Nacional Del Santa, Nuevo Chimbote.
- Calderon, V., Gonzales, G., Licon, J., Molina, A., & Thierry, L. (2010). *El control de calidad como una herramienta para el incremento de la calidad en el departamento de impresión de Farias Process*. Instituto Nacional Politecnico, Mexico.

- Campos, V. .. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la empresa de transporte Sayvan E.I.R.L. .* chiclayo : Universidad catolica santo toribio de mongrovejo (Para obtener el título de posgrado).
- Canovas, J. G. (2015). *Mejora de diseño de un servicio mediante la metodología AMFE. Una aplicación en una empresa hotelera .* cartegena : universidad politecnica de cartagena (Para obtener el título profesional).
- Caparachin, E. (2019). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mediante KPI de Mantenimiento , Aplicada a la Chancadora de Quijada de la Planta Concentradora Polimetálica Minera Lincuna SA. (tesis para obtener bachiller).* Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- CARLOS, V. T. (2010). *Diseño de plan de mantenimiento preventivo para la empresa extruplas s.a.* obtenido de para obtener el título universitario
- Castillo, C. J. (202). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa millma peru sac.* obtenido de universidad tecnología del peru (para obtener el título profesional)
- Castro Ava, L. A. (2012). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento para aumentar la confiabilidad de los equipos críticos en la empresa agroindustrial laredo S.A.A.* Obtenido de universidad privada del norte (para obtener el título profesional)
- CESAR AGUSTO NAULA OCHOA, J. M. (2019). *Propuesta de una metodología para el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la línea de corte de materia prima en la empresa tugal.* obtenido de universidad politecnica salesiana (para obtener el título profesional) (ecuador)
- Condori Astuyaure, M. S.-H. (2021). *Aplicación de la metodología AMEF para disminuir los costos de mantenimiento en una planta de bloques de concreto en el año 2019.* Obtenido de universidad privada del norte (para obtener el título universitario)
- Condori, E. A. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mecánico con la metodología RCM2, para la aplicación en una chancadora cónica MP1000; de una empresa minera cuprífera del sur del Perú, 2020.* Obtenido de Tesis: Universidad Continental (para obtener título profesional)
- Cotos Barreto, J. G. (2020). *Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una planta de alimentos balanceado en la liberta trujillo.* Obtenido de universidad cesar vallejo (para obtener en título profesional)

- Diestra, M. (2017). Incremento de la operatividad de las maquinas mediante un plan de gestion de mantenimiento preventivo. (*Tesis de titulo profesional*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- ENRIQUE, V. R. (MAYO de 2013). *Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa retesa s.a.* obtenido de universidad tecnologia de queretaro.(para obtner el titulo profesional)(mexico)
- Espejo, A. (2018). Diseño de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de los tornos de la Empresa Full Maquinarias S.A. (*Tesis para obtener el titulo profesional*). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.
- Francia, M. d. (2022). 'Regresemos a clases': especialistas en educación y salud analizan el desarrollo de las clases presenciales en el país.
- GABRIELA, B. M. (2017). *Mejoramiento de la gestion de maquinarias pesada con la metologia amef.* obtenido de universidad san ignacio de loyola (para obtner el titulo universitario) (peru)
- Guillermo, G. P., & Fabricio, M. C. (2021). *Analisis del sistema de produccion de una planta de galvanizado : Propuesta de un plan de mantenimiento aplicado analisis modal de fallos y efectos y Housekeeping.* Guayaquil - Ecuador : Universidad politecnica salesiana (Para obtner el titulo preofesional .
- Humberto, A. N. (2021). *Sistema de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehiculos de la compañía de bomberos de trujillo.* universidad cesar vallejo, trujillo.
- Iman Giles, M. A., & Reque Velasquez, J. O. (2020). *Gestion de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa tablenorte S.A.C. La victoria - sede principal .* Pimentel : Universidad señor se sipan (Para obtener el titulo profesional).
- kene, G. B. (2017). *Mantenimiento preventivo en empresas del sector construccion de la region San Martin , Tarapoto 2017.* Trujillo -Peru: Universidad Cesar vallejo (Para obtner el titulo profesional).
- L.M, S. (2010). *Diseño del programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria pesada perteneciente a la empresa Venezuelan Heavy Industries CA (VHICOA).* Guayna, Venezuela.
- Lugo, C. A. (2004). *Implementacion de un analisis de modo y efecto de falla en una linea de manufactura para juguetes.* universitaria : Universidad autonoma de nuevo leon (Para la obtcion de maestria).

- LUIS, G. G. (16 de OCTUBRE de 2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificacion para la linea de produccion en la empresa latecer s.a.c.* obtenido de para obtener el titulo profesional
- Luis, T. H. (2016). *Plan de mantenimiento preventivo de equipos criticos en la empresa esparraguera, como medida de asegurar su disponibilidad* . Obtenido de Univerdidad nacional de trujillo (para obtner el titulo profesional)(peru)
- Maria, D. S. (OCTUBRE de 2010). *Plan de mantenimientopara maquinas de la empresa spilfer c.a.* obtenido de universidad simon bolivar (venezuela)
- Mata Garcia, E. R. (2016). *Implementacion del mantenimiento predictivo para los equipos criticos de proceso de secado en una empresa papelera.* Obtenido de universidad privida del norte (para obtener el titulo universitario)
- Miguel Angel, A. D. (2021). *Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los indices de confiabilidad en la empresa Kusimayu S.A.C.* Lima : Universidad Continental (Para obtner el titulo profesional).
- Miranda Salinas, Y. R. (2020). *Implmentacion de un plan de mantenimiento predictivo por analisis de vibraciones en equipos rotativos criticoen termoelectrica santodomingode los olleros.* Obtenido de universidad privada del norte (para obtner el titulo universitario)
- Monsalve Ramos, C. J. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino el chamesino S. A. C. para incremetar su productividad* . Obtenido de Universidad catolica santo (para obtner el titulo profesional)
- Monsalve Ramos, C. J. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino el chamesino S.A.C.para incrementar su productividad* . Obtenido de universidad catolica santo toribio de mogrovejo (para obtner titulo preofesional)
- Ponce, J. A. (2020). *Analisis de modo, efecto y fallo en el proceso de producion del cafe neekuun coffe en huatusco , veracruz.* tantoyuca , veracruz : universidad tecnologico superior de tantoyuca (para obtner el grado de maestria).
- Quiñonez, B. A., & Montenegro, D. M. (2020). *Diseño de un plan de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comenrcial izadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de santa elena* . Guayaquil: Universidad politecnica salesiana (Para obtner el titulo profesional).
- Reynaga. (2021). *Minedu aprueba disposiciones para el retorno al servicio educativo 2022.* Obtenido de MINEDU.

- Rojas Fernandez, J. L. (2019). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de filtrado de la empresa talsa (Fundo UPAO) para incrementar su productividad y reducir costos de operación*. Obtenido de universidad cesar vallejo (para obtener el título profesional)
- Roman, E. E. (2009). *Mantenimiento basado en la confiabilidad aplicado a edelnor*. Obtenido de universidad de piura (para obtención de la titulación) (piura)
- santos, W. b., Hernandez, J. M., & Cuadrado, B. G. (2018). *Aplicación de metodología de amef en mantenimiento de prensa hidráulica para ensamble de ejes pesados en zoficol*. bogota : universidad ecci (para obtener el título universitario).
- Suniaga, L. (2010). *Diseño del programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria pesada perteneciente a la empresa Venezuelan Heavy Industries CA (VHICOA)*. Guayana, Venezuela.
- Torrez, j, p. . (2021). *Optimización del plan de mantenimiento actual de la línea de platano en la empresa pepsico alimentos colombiano basada en la metodología RCM*. Obtenido de BOGOTA
- Vasquez, L. M. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de cajaruro, provincia de Utcubamba - Amazonas*. Bagua grande - peru : Universidad politecnica amazonica (Para obtener el título profesional).
- Villegas Arenas, J. C. (2016). *Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "MAFER S.R.L. CONTRATISTAS GENERALES" arequipa de 2016*. Obtenido de Universidad catolica san pablo (para obtener el título profesional)
- XIMENA DEL ROCIO TORAL FRANCO, B. T. (2013). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total (tpm) en una empresa productora de alimentos balanceados*. obtenido de escuela superior politecnica del litoral (para obtener el título universitario) (ecuador)
- Yañez, J. J. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mecánico con la metodología RCM2, para la aplicación en una chancadora cónica MP1000; de una empresa minera cuprífera del sur del Perú, 2020*. Obtenido de Tesis: Universidad Continental (para obtener título profesional)
- Zegarra Silva, A. J. (2017). *Reducción de productos defectuosos en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF*. Lima : Universidad San Ignacio de Loyola (Para obtener el título profesional).

ANEXO 1.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA MEDICION	INSTRUMENTO MEDICION
Independiente: Sistema de Mantenimiento Preventivo	El mantenimiento se define como actividad que establecen metas, métodos y responsabilidades, llevando a cabo mediante la supervisión de planificación, control y mantenimiento (Espejo, 2018)	Se obtiene Aplicando la metodología AMEF para determinar la criticidad para la operación de las maquinas	índice de gravedad Criticidad Frecuencia de fallas	Valor numérico.	Cuadros de valoración
Dependiente: Disponibilidad de las maquinas	Se define como la probabilidad de que una máquina o equipo esté operativa para la producción en un cierto período de tiempo determinado, que esta no esté parada por averías o ajustes. (Diestra, 2017)	La disponibilidad de la maquina se determina mediante el Tiempo promedio entre fallas y tiempo promedio de reparación	MTBF: Tiempo Promedio entre fallas MTTR: Tiempo promedio de reparación	Valor numérico	Tablas de temporales

ANEXO 2.

Tabla 53. Frecuencia de fallas

FRECUENCIA DE FALLAS	PUNTOS
Muy malo , mayor de 9 falas en el periodo analizado	4
Malo , de 5 a 8 fallas en el periodo analizado	3
Regular , de 1 a 4 fallas en el periodo analizado	2
Bueno , 0 fallas en el periodo analizado	1

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 3.

Tabla 54. Impacto operacional

IMPACTO OPERACIONAL	PUNTOS
Parada inmediata de la empresa	10
Parada el área de producción	7 - 9
Impacta a nivel de producción y calidad.	5 - 6
Impacta costos operacionales y disponibilidad	2 -4
No genera ningún efecto significativo en operación	1

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 4

Tabla 55. Flexibilidad operacional

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	PUNTOS
Sin opción a reemplazo o tipo de repuesto	4
El equipo seguirá funcionando	2 – 3
Existe en stock y fuera del sistema	1

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 5.

Tabla 56. Costos Mantenimiento

COSTOS DE MANTENIMIENTO	PUNTOS
Mayor o igual a \$1000 periodo analizado	2
Inferior a \$ 1000 periodo analizado	1

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 6.

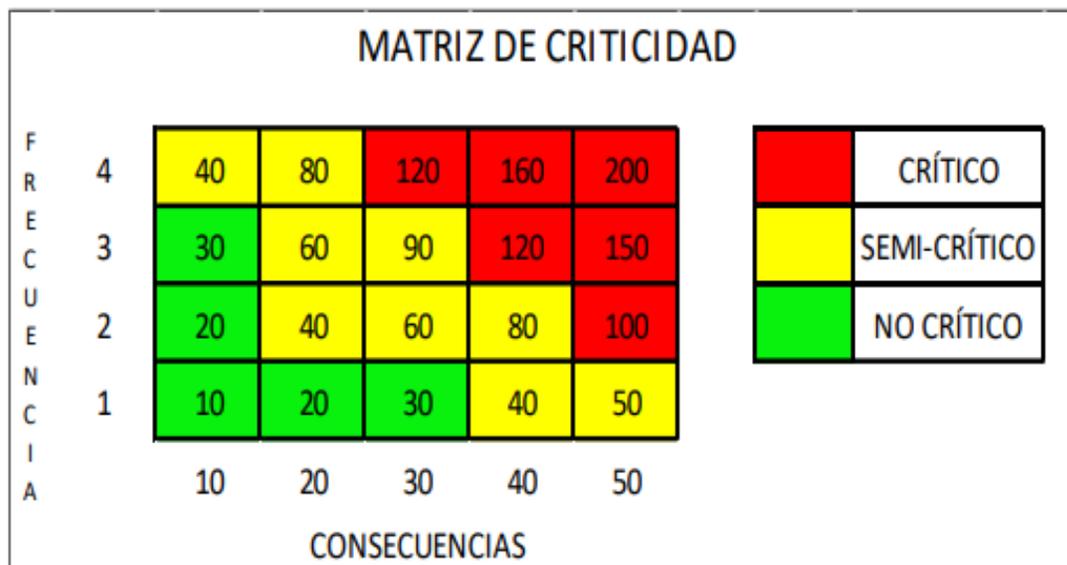
Tabla 57. Impacto a la seguridad y medio ambiente

IMPACTO A LA SEGURDIAD Y MEDIO AMBIENTE	PUNTOS
Afecta a la seguridad humana interna y externa	8
Afecta al medio ambiente considerablemente	6 -7
Afecta a las instalaciones considerablemente	4 -5
Genera daño leves a la seguridad y ambiente	2 -3
No existe riesgo.	1

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 7.

Figura 1. Matriz de criticidad



Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 8.

Tabla 58. Índice de prioridad de riesgo

INDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO	
RANGO DE VAORES	ESTADO
Si oscila entre 20 y 60	Normal
Si oscila entre 61 y 93	Preocupante
Si oscila entre 94 y 119	Critico
Si oscila entre 120 y 140	Alarmante
Si es mayor a 141	Inmediato

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

ANEXO 9.

Tabla 59. Escala de severidad, ocurrencia y detección

Intervalo	Severidad	Ocurrencia	Detección
10-9	Efecto principal / muy alta severidad	Muy alta probabilidad de ocurrencia	Prácticamente imposible de detectar
8-6	Inconveniente mayor	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
5-3	Inconveniente menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
2-1	Mínimo efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta capacidad de detección

Nota. Fuente: (Aliaga & Grey, 2021)

Tabla 60. Aplicación de amef en el área mecánica de banco - Esmeril de mano

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA																		
Máquina: Esmeril de mano		Marca: Makita		Modelo:		Serie:				Fecha								
Sistemas	Descripción del componente	Modo de falla	Causa	Daño		Situación Actual					Acciones Recomendadas	Responsable	Evaluación de Mejoras					
				Inicial	Final	O	S	D	NPR	Resultados			Acción Correctiva	O	S	D	NPR	Resultados Proyectados
Eléctrico	Motor Eléctrico	Circuitos quemados	Recalentamiento	Motor quemado	Parada	7	7	8	392	Inaceptable	Controlar temperatura del motor	Técnico Electricista	Cambio motor	5	4	4	80	Acceptable
	Tablero de control	Arranque deficiente	Bajo voltaje	Demoras al encendido	Parada	8	6	3	144	Deseable	Inspecciones	Técnico Electricista	Revisión de cables eléctricos	4	4	4	64	Acceptable
Mecánico	transmisión	Velocidad lenta	Faja de transmisión	Perforación lenta	Parada	8	10	8	400	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambio de fajas	3	6	3	54	Acceptable
	Rodamientos	desgaste	fricción	Baja presión	Parada	8	8	9	576	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambio rodamiento	5	4	3	60	Acceptable
	Carbones	Carbones desgastados	Falta mantenimiento	Desgaste de material	Parada	4	6	6	144	Deseable	Inspecciones	Técnico Mecánico	Cambiar carbones	3	4	3	36	Acceptable

Tabla 61. Aplicación de amef en el área soldadura – Máquina Soldar PTK

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA																		
Máquina: Soldar		Marca: PTK		Modelo:		Serie:		Fecha:										
Sistemas	Descripción del componente	Modo de falla	Causa	Daño		Situación Actual				Acciones Recomendadas	Responsable	Evaluación de Mejoras						
				Inicial	Final	O	S	D	NPR			Resultados	Acción Correctiva	O	S	D	NPR	Resultados Projectado
Eléctrico	Cable porta electrodo y cable tierra	Cable y conectores sulfatados	Recalentamiento	No hace arco eléctrico	Parada	8	6	9	432	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambio de cables	5	4	3	75	Aceptable
	Tablero de control	Arranque deficiente	Bajo voltaje	Demoras al encendido	Parada	8	7	9	504	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Revisión de cables eléctricos	5	5	5	125	Deseable
Eléctrico	Ventilador	Obstrucción	Recalentamiento	Impide soldar	Parada	7	8	8	448	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Mntto ventilador	4	4	2	32	Aceptable
	Interruptor de polaridad	Circuito interrumpido	Fin de tiempo	No enciende	Parada	9	8	8	576	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambio interruptor	4	5	4	80	Aceptable
	Fusibles	Cortocircuito	Perdida de fase	Interrupción de energía	Parada	8	8	8	512	Inaceptable	Inspecciones	Técnico Electricista	Cambiar fusible	3	6	3	54	Aceptable

ANEXO 10.

AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos Generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20603280572
Generando Soluciones Industriales S.A.C	
Nombre del Titular o Representante legal:	
Nombres y Apellidos	DNI:
Marco Antonio Idone López	40503223

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal "f" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (*), autorizo [✓], no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación	
Plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad de máquinas de la empresa metalmeccanica Generando Soluciones Industriales S.A.C, mediante la metodología AMEF.	
Nombre del Programa Académico:	
Taller de elaboración de tesis	
Autor: Nombres y Apellidos	DNI:
Carlos Eduardo Hidalgo Vega	48187372

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha:



Firma: Ing. Marco Idone López
GERENTE GENERAL
(Titular o Representante legal de la Institución)

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal "f" Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de Investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.

ANEXO 11.

**AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN
LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES**

Datos Generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20603280572
Generando Soluciones Industriales S.A.C	
Nombre del Titular o Representante legal:	
Nombres y Apellidos	DNI:
Marco Antonio Idone López	40563223

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal "f" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (*), autorizo [/], no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación	
Plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad de máquinas de la empresa mecatrónica Generando Soluciones Industriales S.A.C, mediante la metodología AMEF.	
Nombre del Programa Académico:	
Taller de elaboración de tesis	
Autor: Nombres y Apellidos	DNI:
Michelle Maite Benites Callacna	70216478

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha:

GENERANDO SOLUCIONES INDUSTRIALES S.A.C.



Firma: Ing. Marco Idone López
GERENTE GENERAL

(Titular o Representante legal de la Institución)

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal " f " Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ZAVALETA ZAVALETA HEBER AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de plan de Mantenimiento para mejorar disponibilidad de Maquinas de la Empresa Metalmecánica " Generando Soluciones Industriales SAC" Mediante la Metodología AMEF", cuyos autores son HIDALGO VEGA CARLOS EDUARDO, BENITES CALLACNA MICHELLE MAITE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 11 de Febrero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ZAVALETA ZAVALETA HEBER AUGUSTO DNI: 17865439 ORCID: 0000-0003-3964-0198	Firmado electrónicamente por: HZAVALETAZ el 11- 02-2023 21:06:31

Código documento Trilce: TRI - 0532558