



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la
Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA
Metal Mecánica, Chimbote-2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Quesquen Polo, Yadira Vanessa ([ORCID: 0000-0003-4512-4966](https://orcid.org/0000-0003-4512-4966))

Regalado Luna, Frederick Xavier ([ORCID: 0000-0002-8495-4658](https://orcid.org/0000-0002-8495-4658))

ASESOR:

MSc. Roberto Carlos Chucuya Huallpachoque ([ORCID: 0000-0001-9175-5545](https://orcid.org/0000-0001-9175-5545))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHIMBOTE — PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres por haberme apoyado en mi formación profesional.

A mi fiel, leal hermana y amiga de 4 patitas momoko que estuvo conmigo mientras realizaba el desarrollo de esta tesis, por largas horas estuvo a mi costado brindándome su compañía y animándome a seguir persiguiendo mis sueños.

A mí misma por la dedicación brindada a este trabajo, ya que la verdadera educación consiste en dar lo mejor de sí mismo para el futuro de mañana.

Yadira

A mis padres, por estar conmigo, por apoyarme y guiarme, por ser el ejemplo que me ayudaron a estar aquí.

A mis hermanos, por motivarme y siempre acompañarme en todas las decisiones que tomé.

A mí mismo, por todo el esfuerzo realizado y haber demostrado perseverancia en la búsqueda de mis objetivos.

Frederick

Agradecimiento

Al ser supremo creador y sustentador del universo por la vida.

A nuestros padres por haber cumplido con su deber de educación y haber depositado su confianza en nosotros, los frutos del éxito profesional son para ellos.

A la universidad Cesar Vallejo por permitirnos culminar esta etapa universitaria e ingresar al ámbito laboral.

A nuestro asesor de tesis Mg. Chucuya Huallpachoque Roberto Carlos, por las enseñanzas y orientación metodológica brindada hasta el final del proyecto de investigación.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 11 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 11 |
| 3.2. Variables y Operacionalización | 11 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 12 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección datos | 13 |
| 3.5. Procedimientos..... | 14 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 15 |
| 3.7. Aspectos éticos | 16 |
| IV. RESULTADOS | 17 |
| V. DISCUSIÓN..... | 46 |
| VI. CONCLUSIONES | 51 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 52 |
| REFERENCIAS..... | 53 |
| ANEXOS..... | 59 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 13 |
| Tabla 2. Método de análisis de datos | 15 |
| Tabla 3. Registro de historial de fallas de maquinarias y/o equipos | 17 |
| Tabla 4. Costos por mantenimiento preventivo | 19 |
| Tabla 5. Costos por mantenimiento correctivo | 20 |
| Tabla 6. Registro de entrega de proyectos..... | 21 |
| Tabla 7. Causas de la baja eficiencia general de la máquina de corte | 22 |
| Tabla 8. Producción de piezas (preprueba)..... | 24 |
| Tabla 9. OEE inicial de la máquina de corte automática | 25 |
| Tabla 10. Registro de eliminación de fallas | 28 |
| Tabla 11. Registro de mantenimiento correctivo | 29 |
| Tabla 12. FEFE y TPEF de la máquina de corte automática | 30 |
| Tabla 14. Programa de mantenimiento autónomo..... | 33 |
| Tabla 15. Evaluación del nivel de cumplimiento de las 5'S | 34 |
| Tabla 16. Subsistemas de funcionamiento..... | 35 |
| Tabla 17. Componentes y elementos de la máquina de corte | 36 |
| Tabla 18. Clasificación de fallas según subsistema | 37 |
| Tabla 19. Mantenimiento preventivo según subsistema | 38 |
| Tabla 20. Mantenimiento preventivo según subsistema | 39 |
| Tabla 21. %MP y PMC..... | 40 |
| Tabla 22. Cantidad de trabajadores presentes en las capacitaciones | 41 |
| Tabla 23. Producción de piezas (posprueba) | 42 |
| Tabla 24. OEE final de la máquina de corte automática..... | 43 |
| Tabla 25. Pruebas de normalidad | 45 |
| Tabla 26. Pruebas de T Student | 45 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquematización de variables | 11 |
| Figura 2. Diagrama de flujo de recolección de información | 14 |
| Figura 3. Fallas de maquinarias y/o equipos | 18 |
| Figura 4. Nivel de cumplimiento de entrega de proyectos | 22 |
| Figura 5. Diagrama causa efecto de la máquina de corte automática | 23 |
| Figura 6. Gantt de aplicación del TPM | 27 |
| Figura 7. Variación de la OEE inicial respecto al OEE final luego de la aplicación del TPM en la máquina de corte automática. | 44 |

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal, implementar el mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia general de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica. El tipo de investigación fue aplicada con un diseño experimental en la clasificación preexperimental, asimismo el estudio tuvo como población las 4 máquinas de oxicorte y 2 de corte del área de habilitado de Sima Metal Mecánica, la muestra fue la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex y el muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Se obtuvo como resultados que las principales causas de la baja eficiencia general de la máquina, fueron las paradas no programadas y el elevado costo de mantenimiento correctivo, además se determinó el OEE inicial, el cual tuvo un valor de 40%. La implementación del TPM, a través de 4 de sus pilares generó un aumento de la disponibilidad de 72 a 80%, el rendimiento de 57 a 69% y calidad de 99 a 100%, y finalmente se obtuvo un valor OEE de 55%. Se concluyó que la implementación del TPM aumenta el OEE de la máquina de corte, puesto que se incrementó un 15%.

Palabras Clave: Mantenimiento Productivo Total, Disponibilidad, Rendimiento, Calidad, Eficiencia General de los Equipos

Abstract

The main objective of this research was to implement the total productive maintenance to improve the general efficiency of the automatic cutting machine in SIMA Metal Mechanical. The type of research was applied with an experimental design in the pre-experimental classification, it was pointed out that the study had as a population the 4 oxyfuel cutting machines and 2 cutting machines from the Sima Metal Mechanical area, the sample was the ESAB Suprarex CNC automatic cutting machine and the one demonstrated was non-probabilistic for convenience. As a result, the main causes of the low general efficiency of the machine were the unscheduled stops and the high cost of corrective maintenance, in addition, the initial OEE was limited, which had a value of 40%. The implementation of the TPM, through 4 of its outstanding pillars, increased availability from 72 to 80%, performance from 57 to 69% and quality from 99 to 100%, and finally an OEE value of 55% was obtained. It was concluded that the implementation of the TPM increases the OEE of the cutting machine, since it increased by 15%.

Keywords: Total Productive Maintenance, Availability, Performance, Quality, General Equipment Efficiency

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021”, tiene como propósito mejorar la eficiencia general de la máquina en estudio, puesto que la implementación del TPM brindará soluciones a los problemas que la máquina presenta inicialmente, de manera que se gestione un programa de mantenimiento donde se eliminen puntos que perjudican a la producción, generando un mayor beneficio económico y competitivo a la empresa, además de satisfacer a sus clientes entregando sus pedidos a tiempo. A nivel internacional la gestión de mantenimiento es de suma importancia en todas las empresas, ya que realizarlo garantiza el correcto funcionamiento de los equipos y/o maquinarias que cumplen con la demanda solicitada por los clientes, sin embargo, cuando se presentan averías crean problemas como la pérdida de producción, desperdicio de materiales, reprogramación de producción, ya que al no tener un plan conveniente para el mantenimiento no existe una garantía de la disponibilidad de los equipos. Por ejemplo, en una empresa del sector metalmecánico durante el año 2015, el área de mantenimiento reportó una disponibilidad de sus activos en un 80%. (Castillo y Rodrigo, 2016,p.19).

En el ámbito nacional, las empresas peruanas del rubro metalmecánica presentan diversos problemas siendo el área de mantenimiento la más costosa de solucionar, como es el caso de Frecep SAC; la cual presenta una baja eficiencia general en sus equipos (58%). En el año 2018, del total de 789 unidades producidas no se lograron a entregar 340, es decir el 43.09% de lo que se produce anualmente, la falta de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo representó un valor de 93.75% y la pérdida de horas por el mantenimiento correctivo un valor de 96.76%, además se obtuvo mermas equiparables a 24.62%. (Canahua ,2021,p.54). A nivel local, las pequeñas empresas metalmecánicas demuestran problemas respecto a la eficiencia y productividad en su proceso productivo. Esta problemática se evidencia en ECROMSA S.A.C, en donde existen dos máquinas inoperativas debido a un ineficiente mantenimiento, por lo cual se tiene que contratar maquinaria externa para desarrollar los trabajos causando costos adicionales a la empresa y falta de preocupación respecto a la planificación de mantenimiento preventivo y predictivo al personal de mantenimiento. (Sánchez y Zavaleta,2019,p.4).

De igual forma, la empresa SIMA Metal Mecánica presenta problemas en el área de mantenimiento, básicamente en la gestión de mantenimiento que la empresa actualmente ejecuta (programa de mantenimiento preventivo y correctivo), siendo no adecuada ya que existen averías de las maquinarias en plena producción. La empresa cuenta con distintos activos/equipos, entre las más destacadas según la frecuencia en que se utilizan para la fabricación del proceso productivo de los puentes se encuentran las grúas (4 grúas puentes: 2 de 30 T y 2 de 15 T), roladoras (3 máquinas roladoras: Dorstener, Davi, Medley), máquinas de corte (1 automatizada CNC Esab Suprax y 1 semiautomática de control numérico) y máquinas de oxicorte (4 semiautomatizadas). La presente investigación se enfoca en la máquina de corte del área de habilitado que más averías presenta cuando se está ejecutando la producción; la máquina de corte automática CNC ESAB Suprax; la cual presenta muchos problemas tales como: En el gabinete electrónico, el ups de la máquina se encuentra dañado, las mangueras y conexiones requieren mantenimiento, los componentes eléctricos de la caja plasma se encuentran dañados, los pulsadores para encendido demoran en encender, existe una baja presión del líquido refrigerante, la caja de control de gases presenta fallas, en la antorcha de corte no existe un soporte de adecuado, entre otros problemas. Por lo cual, realizar una gestión de mantenimiento adecuada para que este activo no se averíe en plena producción como actualmente lo está haciendo es muy importante, ya que las consecuencias son perjudiciales para la empresa en términos de costos y las horas hombre, las cuales se pierden por las paradas de producción y las horas que conllevan reparar dicha maquinaria, además que si las fallas que presentan las maquinarias son graves y no se pueden solucionar se tienen que originar órdenes de servicios tercerizando la reparación.

El proyecto de estudio tiene como **problema** ¿Es posible que mediante la implementación del Mantenimiento Productivo Total se mejorará la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021? **La justificación** de la investigación respecto a la contribución **metodológica** es que se seguirá una serie de pasos relacionados a la implementación del TPM (métodos, técnicas, herramientas) para aumentar la Eficiencia General de la máquina de corte automatizada, la cual servirá para investigaciones similares. En lo relacionado a la contribución **social**, la implementación del TPM permitirá al

trabajador obtener soluciones respecto a las dificultades que éstos presentan con la máquina, los cuales están relacionadas con la baja Eficiencia General que presenta, así mismo se obtendrá una mayor satisfacción de los clientes ya que obtendrán su producto en el tiempo y con buena calidad. Por último, se justifica de forma **económica** puesto que la implementación de la gestión del TPM permite minimizar los costos que generan los mantenimientos o reparaciones que se requieren durante la realización de las actividades, reducir las horas hombres perdidas por inoperatividad, además de los costos relacionados por no cumplir con las entregas y los estándares de calidad.

La investigación tiene como **objetivo principal**: Implementar el Mantenimiento Productivo Total para mejorar la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021. Asimismo los **objetivos específicos** son: Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021; determinar la eficiencia general (OEE) actual de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021; aplicar la metodología TPM para mejorar la eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021; evaluar la nueva eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado después de aplicar la metodología TPM en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021.

La **hipótesis** que se formuló para la presente la investigación es la siguiente: La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejorará la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021. La hipótesis **nula** se planteó de la siguiente forma; **Ho**: La implementación del Mantenimiento Productivo Total no mejorará la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021; las hipótesis **alternativa** son las siguientes; **Ha**: La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejorará la disponibilidad de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021; **Ha**: La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejorará el rendimiento de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021; **Ha**: La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejorará la calidad de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021.

II. MARCO TEÓRICO

El presente estudio de investigación tiene los siguientes **trabajos previos**:

Ahmad, Hossen y Ali (2018) en su artículo titulado "Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case", plantearon como objetivo aplicar el TPM a través del pilar kaizen; para mejorar la OEE de una sección de anillo marco en una planta de hilatura. En los resultados, se evidenció que el tiempo de parada en la etapa inicial fue de 37,5 min por turno, mientras que luego de implementar el TPM, se redujo a 21,75 min, asimismo, la OEE de los equipos aumentó de 75.09 a 86.02%. Por último, los autores concluyeron que la aplicación del TPM es muy beneficioso, ya que mejora el rendimiento de las máquinas, reduce los tiempos de parada y disminuye el tiempo de producción.

Bataineh et al. (2019) en su artículo titulado "A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study", tuvieron como objetivo permitir la aplicación de los principios básicos del TPM, a través de un esquema secuencial basado en 13 pasos e incrementar la efectividad de los equipos que intervienen en el proceso de producción del vidrio en la empresa KSCC. Se obtuvo resultados positivos, la eficiencia de los equipos se incrementó de 55.1 a 74.18%, la disponibilidad de 68.6 a 77.5% y la calidad de producción de 99.82 a 99.87%, de manera que la OEE mejoró de 35.27 a 57.42%. Finalmente, los autores concluyeron que el esquema secuencial implementado basado en TPM, mejora la efectividad de los equipos de producción.

Herry, Farida y Lutfia (2018) en su artículo titulado "Performance analysis of TPM implementation through Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses", tuvieron el objetivo de estudiar el nivel de implementación de TPM realizada a la máquina Press 2A a través del valor OEE. En los resultados, evidenciaron que el promedio de OEE en la máquina Press 2A es del 70%, el valor de efectividad es moderado, aunque inferior al valor OEE estándar para una empresa de clase mundial, el cual es de 85%. Sin embargo, los autores concluyeron que PT. ha implementado bien el concepto de TPM, puesto que ahora presentan un valor de OEE de 70%, siendo muy superior al que anteriormente mostraban, el cual oscilaba entre 33% y 40%.

Lozada, Lara y Buele (2021) en su artículo titulado “Maintenance Plan Based on TPM for Turbine Recovery Machinery”, tuvieron como objetivo diseñar un plan para desarrollar una filosofía TPM para un torno de torneado vertical. Para desarrollar el objetivo planteado, aplicaron las distintas técnicas como el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), Análisis de Modos y Fallas (FMEA) y Mantenimiento Autónomo para establecer las actividades de mantenimiento adecuadas, obteniendo como resultado el incremento de la disponibilidad en un 27.84% y rendimiento en un 39.71% del equipo en estudio. Finalmente, los autores concluyeron que la implementación del TPM demostró que tuvo un impacto positivo en la OEE del torno, con un incremento del OEE de 29.97%.

Meca y Camello (2020) en su artículo titulado “Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness”, tuvieron el objetivo de analizar el impacto de cada pilar del TPM implementado en la métrica de OEE. Los resultados evidenciaron que los pilares, tales como Mantenimiento Planificado y Mejora Focalizada se implementaron en casi el total de las empresas encuestadas pertenecientes a distintos sectores. Tras su implantación se condujo a un aumento del OEE, mejorando entre un rango 12,5 y 33,3%, evidenciando de esa manera el beneficio de aplicar dichos pilares. Por lo cual, los autores concluyeron que los pilares del TPM influyen de manera positiva en el incremento de la Eficiencia General de los Equipos (OEE).

Pardeep y Sachit (2016) en su artículo titulado “Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM”, tuvieron como objetivo aumentar el volumen de ventas de tractores a través de la mejora del OEE y la implementación del TPM. En los resultados se evidenció que la OEE de las máquinas aumentó por encima del 85%, la productividad aumentó hasta un 74%, los costos disminuyeron en un 30%. Finalmente, los autores concluyeron que la implementación del TPM es exitosa, ya que la industria logró beneficios tangibles e intangibles.

Singh et al. (2014) en su artículo titulado “Total Productive Maintenance Implementation in a Machine Shop: A Case Study”, tuvieron el objetivo de mejorar la calidad de los componentes automotrices a través de la implementación del TPM en un taller de máquinas de torneado CNC. Los resultados evidenciaron que al aplicar los pilares del TPM de manera escalonada, mejoró la eficiencia general de

las máquinas del 63% al 79%, por lo cual mejoró la productividad y los componentes defectuosos disminuyeron, además se identificó pérdidas asociadas a la efectividad. Los autores concluyeron que la implementación del TPM es de gran beneficio para la empresa, y que el éxito de éste, depende de varios pilares, del compromiso y participación de los integrantes de la empresa.

Nallusamy et al. (2018) en su artículo titulado “Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries”, tuvieron como objetivo implementar el TPM en una industria de fabricación de tubos PVE para lograr una OEE próximo al valor estándar (85%) para una empresa de clase mundial. En los resultados, se observa que al aplicar los pilares; mantenimiento autónomo, planificado y Kaizen se mejora la OEE, puesto que inicialmente, la OEE tenía un valor del 55.45% y después de la implementación presentaba un nuevo valor de 68.04%. En conclusión, los autores afirman que el TPM incrementa el rendimiento de las máquinas y reduce los tiempos muertos.

Candra et al. (2017) en su artículo titulado “Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Sheeter Machine Performance”, plantearon como objetivo evaluar la implementación del TPM en una máquina laminadora PT RAPP en un transcurso de 10 meses. En los resultados, se identificó pérdidas tales como averías, las cuales influyeron en la baja OEE inicial promedio de la máquina, el cual fue 82.75%, sin embargo, luego de la implementación del TPM se halló un nuevo valor de 87.20%. Los autores concluyen que gracias al TPM, la empresa mejoró la OEE de la laminadora y puede seguir mejorando a lo largo del tiempo en el futuro.

Canahua (2021) en su artículo titulado “Implementación de la metodología TPM para mejorar la OEE en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica”, planteó como objetivo evidenciar como el uso del TPM acrecienta la OEE de los equipos en estudio. Como resultado obtuvo, que al cumplir correctamente los mantenimientos preventivos y autónomos se mejoró la disponibilidad (de 86.70 a 96.88%), la calidad (de 49.44 a 94.64%), el rendimiento (de 76.68 a 93.34%), por lo tanto, se alcanzó mejorar el OEE de 32.86 a 85.58%. Por lo cual, el autor concluye que mediante la aplicación del TPM, se consigue incrementar la Eficiencia General de los Equipos que participan en el proceso productivo de la empresa en estudio.

En la elaboración del presente proyecto de investigación se emplearán las siguientes **teorías relacionadas** a nuestras variables; el **Mantenimiento Productivo Total** es un proceso que implica todas las áreas de una empresa es decir desde la maquinaria y/o equipo, hasta el proceso productivo, por lo que éste se enfoca en generar una mejora continua en la organización. Para la ejecución de esta metodología se utilizan técnicas, procesos y recursos, vinculados al objetivo principal (Rey,2001,p.59). Además, esta metodología involucra principalmente tres aspectos como la participación de los trabajadores de la empresa, la eficiencia general, y el sistema de gestión de mantenimiento teniendo en consideración la preparación del proceso (Cuatrecasas y Torrell 2010,p.33). Asimismo, el TPM contribuye a un mejor funcionamiento de las labores sistemáticas, por lo cual la organización se vuelve más competitiva frente a otras. (Gómez ,2011,p.3).

El objetivo principal del TPM es en pocas palabras “la mejora continua” del desempeño operacional de los procesos y sistemas de producción, a través de la dinámica de los grupos de fragilización(Torrell,Cuatrecasas y Olivella,2021,p.229). Los objetivos que podemos obtener de esta metodología son los siguientes: Obtener la productividad óptima de los equipos de producción a través de la participación de todos los trabajadores en la organización, eliminar las averías que se presentan para tener una mejor fiabilidad y disponibilidad de equipos, realizar una estadística de los resultados obtenidos luego de realizar las actividades TPM, de modo que estos datos sirvan de ayuda tanto al encargado que lo realiza como al responsable de adquirir nuevos equipos, y por último, familiarizar a los trabajadores con las instalaciones de la empresa (Rey,2001,p.60). El TPM presenta ciertos beneficios a la empresa luego de aplicarlos, tales como: En la organización de la empresa; genera un mejor ambiente de trabajo, controla los procesos, brinda un aprendizaje continuo y forma una cultura enfocada en la responsabilidad (García,2020,p.4).En el ámbito de seguridad; se forma una cultura de prevención de acontecimientos con el fin de eliminar causas potenciales de accidentes y asimismo poder combatir drásticamente toda fuente de contaminación y suciedad. Finalmente, en el ámbito de la productividad; elimina actividades que no contribuyen al proceso, incrementa la fiabilidad, rendimiento y disponibilidad de las maquinarias y/o equipos, reduce los costos de mantenimiento, mejora la calidad del producto final y mejora la competitividad de la organización (Gómez ,2011,p.6).

El TPM también es conocido por tener 8 pilares, los cuales son soportados por una sólida gestión de las 5'S (Agustiady y Cudney,2016,p.14). Pilar 1: Mejoras enfocadas - *Kobetsu kaizen*; este pilar está dirigido a controlar los desperdicios y las pérdidas, al mismo tiempo que mejora la efectividad general del equipo mediante un análisis a fondo de los problemas para una posible solución estableciendo metas concisas y claras (Eseoghene y Ayoola, 2020,p.112). Pilar 2: El mantenimiento autónomo - *Jishu hozen*; se encarga de gestionar las asignaciones de los operadores para realizar trabajos de mantenimiento de rutina en el mantenimiento de la máquina, de manera que se hagan cargo de pequeñas tareas para el cuidado de los equipos, y así el personal de mantenimiento calificado enfoque su tiempo en actividades y reparaciones técnicas de mayor importancia. Las actividades de limpieza, lubricación y control son uno de los pasos del pilar (Bilgin,2021,p.17).Pilar 3: Mantenimiento Planificado – *Keikaku hozen*; comprende las acciones que lleva a cabo el personal de forma sistemática para optimizar el desarrollo de los procesos buscando que los equipos no presenten problemas y resulten con cero defectos para poder satisfacer a los clientes a un 100%; examinando las averías para identificar puntos críticos y haciendo uso de métodos proactivos y de análisis para predecir fallos (Adesta, Prabowo y Agusman,2018,p.2). Pilar 4: Mantenimiento de la Calidad - *Hinshitsu hozen*; dicho pilar está dirigido a satisfacer a los clientes a través de una fabricación sin defectos, puesto que la atención se centra en eliminar los defectos de manera sistemática y bajo las normas de la calidad (Agustiady y Cudney,2016,p.156). Pilar 5: Control Inicial - *Early Management*; se enfoca en las actividades de mejora realizadas desde la etapa de diseño y elaboración del equipo, de manera que una organización al querer obtener un equipo, deberá basarse en las especificaciones e historial de comportamiento de ésta, con el fin de analizar ciertos cambios en la etapa de diseño y disminuir los fallos (Hooi y Leong,2017,p.4). Pilar 6: Capacitación y formación; tiene como objetivo tener empleados que desarrollen sus diferentes habilidades y energía, los cuales se encuentren ansiosos por venir a trabajar para realizar sus labores requeridas de manera independiente y efectivamente. Se capacita a los operadores para que mejoren sus habilidades. Pilar 7: TPM en oficinas - *Office kaizen*; se debe iniciar después de activarse los otros pilares de TPM. Este pilar debe incrementar la productividad, eficiencia y mejorar el flujo en las labores

administrativas al mismo tiempo se encarga de identificar pérdidas. Además, se busca analizar procesos y procedimientos hacia la automatización de oficinas. Pilar 8: Seguridad, Salud y Medio Ambiente; el lugar de trabajo debe ser seguro, en la cual no se dañe los procesos o procedimientos. Este pilar desempeñará un papel activo en los demás pilares. (Agustiady y Cudney,2016,p.157-160)

El desarrollo de un programa TPM se realiza en cuatro fases en donde se tienen objetivos propios en cada una de ellas. En la primera fase se tiene la preparación teniendo los siguientes objetivos: La decisión de aplicar el TPM en la organización, información sobre TPM, sistema promocional del TPM, objetivos y políticas básicas TPM, plan de desarrollo de TPM. En la segunda fase tenemos el arranque formal del TPM, en la tercera fase tenemos la implantación con los objetivos, fomentar un programa de mantenimiento autónomo, formación para incrementar las capacidades de mantenimiento, y en la última fase se encuentran la consolidación del TPM y elevación de metas.(Cuatrecases y Torrell 2010,p.47-48).

La eficiencia general de los equipos es un indicador que se utiliza para medir, analizar y realizar diagnóstico de la eficiencia productiva de los equipos por lo cual a través de los indicadores se puede identificar la situación actual y tomar decisiones las cuales contribuyan a la mejora constante de los equipos u operaciones productivas en la empresa (Ranjan y Mishra 2016,p.504). Así mismo la OEE mide la eficiencia global del equipo, con la cual se puede medir la producción industrial en relación de la disponibilidad, del rendimiento y la calidad (Moreira et al. 2018,p.625). La disponibilidad se define como aquella probabilidad en donde el equipo se encuentre disponible en un tiempo predeterminado, es decir el porcentaje de equipos que resulta útil en dicho momento (García,2012,p.23). El rendimiento indica el adecuado uso de la capacidad del equipo durante el tiempo que estaba funcionando. El descenso que se puede presentar en este indicador es debido a las paradas no esperadas o disminución de la velocidad debajo de la capacidad de la maquinaria y/o equipo (Belohlavek ,2006,p.29). La calidad tiene como objetivo examinar la cantidad de tiempo en que el producto se encuentra en funcionamiento después de encontrarse en operación (Farahani y Tohidi 2021,p.389). Los factores; disponibilidad, rendimiento y calidad; realizan un diagnóstico para calcular la efectividad y las pérdidas que se presentan en los equipos por falta de mantenimiento, para asimismo mejorar el estado de los equipos

utilizando dichos factores, los cuales se verán evidenciados en las distintas pérdidas que intervienen en el equipo, proceso productivo y producto final, puesto que, cualquier acción que incremente la disponibilidad, rendimiento y calidad, se verá manifestado en la OEE (Cuatrecases y Torrell 2010,p.111). Para calcular la disponibilidad se utiliza el tiempo disponible para producir sobre el tiempo planificado para producir, en el cálculo del rendimiento se emplea el tiempo de ciclo ideal por el total de unidades producidas sobre el tiempo disponible para producir, y por último para calcular la calidad se utiliza la cantidad total que se produjo menos la cantidad que se dañó sobre la cantidad producida total. Luego de haber obtenido estos indicadores se procede a calcular el indicador OEE, el cual se obtiene de multiplicar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad (Ahmad, Hossen y Ali ,2018,p.625). El OEE tiene la siguiente clasificación; si es menor al 65% entonces se dice que tiene un valor deficiente ya que tiene pérdidas económicas grandes, si este es mayor o igual que el 65% y menor al 75% entonces tiene un valor regular en el cual existen pérdidas económicas pero se puede aceptar si encuentra en proceso de mejora, si este es mayor o igual que el 75% y menor al 85% entonces es aceptable en el cual existen ligeras pérdidas económicas pero se debe continuar con el proceso de mejora, si el OEE es mayor o igual que el 85% y menor al 95% entonces tiene un valor bueno es decir tiene una buena competitividad, si este indicador es mayor o igual que el 95% y menor o igual que el 100% entonces tiene un valor excelente y alta competencia frente a otras.(Cruelles, 2010,p.107)

Existen diversos problemas en las industrias como: las pérdidas por reparaciones, pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo, etc; que generan las 6 grandes pérdidas las cuales disminuyen la eficiencia en la producción debido al estado de los equipos. Las 6 grandes pérdidas son: averías/fallos, preparación/ajustes, tiempos/paradas cortas, reducción de la velocidad, defectos de calidad, puesta en marcha. Estas pérdidas se clasifican en crónicas o esporádicas, según las características que presentan; en crónicas las características principales son: problemas latentes no resueltos, efectos difíciles de relacionar, solución complicada; y en esporádicas: causa difícil de reconocer, causa única, efectos obvios. En algunas situaciones es solo un defecto el que causa la avería (esporádicas) y en otros la combinación de pequeños defectos, son las causas de las averías (crónicas). (Cuatrecases y Torrell ,2010,p.68).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue **aplicada**, porque se utilizaron conocimientos de ciencias, tecnologías para aplicarlos y resolver un problema práctico. Este tipo de investigación es realizado por instituciones industriales o aplicadas a la organización de investigación (Hecklau et al. 2020,p,150). En dicha investigación, se aplicó las teorías relacionadas al tema, con el objetivo de implementar el TPM a través de los pilares más importantes y necesarios para mejorar la eficiencia general de la máquina en estudio.

La investigación tuvo un enfoque **cuantitativo** ya que ésta se puede medir en un determinado contexto con la ayuda de indicadores para posteriormente obtener conclusiones (Yang et al. 2020,p.3). Se hizo uso de registro de datos de la OEE de la maquinaria.

Así mismo el diseño de investigación fue **experimental** en la clasificación preexperimental, puesto que a un determinado grupo se le aplicó una preprueba (O1), luego se le administró el tratamiento (X) y por último se realizó una posprueba después del tratamiento (O2) (Farooq et al. 2016,p.156).

| Esquemmatización |
|--|
| G: $O1 \rightarrow X \rightarrow O2$ |
| G: Máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica |
| O1: Eficiencia general inicial de la máquina de corte automática |
| X: Mantenimiento Productivo Total |
| O2: Eficiencia general final de la máquina de corte automática |

Figura 1. Esquemmatización de variables

Fuente: *Elaboración propia*

3.2. Variables y Operacionalización

La presente investigación tiene las siguientes variables:

Variable independiente (cuantitativa): Mantenimiento Productivo Total (TPM). El TPM es un importante sistema de gestión del mantenimiento el cual está basado en principios lean, se adapta a cualquier sector de fabricación y su implementación colabora en la constante mejora de la competitividad de las organizaciones (Tortorella et al. 2021,p.220). Por otro lado indica que la implementación del TPM

convierte al sistema de mantenimiento en trabajo programable, responsable y seguro para el trabajador (Mella,2021,p.214).

Variable dependiente (cuantitativa): Eficiencia General de los Equipos (OEE). La OEE es la formación de tres indicadores; el tiempo en que la máquina opera sin presentar problemas (disponibilidad), el adecuado uso de la máquina (rendimiento) y la cantidad de productos conformes (calidad). (Bamber et al. 2003,p.225).

La matriz de operacionalización de variables se encuentra estructurada de una forma detallada en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

(Bernal, 2010,p.160) indica que la **población** es el compuesto del total de unidades de muestreo las cuales cuentan con ciertas características semejantes, en las que el investigador aplicará la inferencia. Por tal motivo para la presente investigación, la población estuvo conformada por las 4 máquinas de oxicorte (semiautomatizadas) y 2 de corte (1 semiautomática y 1 automática) del área de habilitado de la empresa Sima Metal Mecánica, 2021.

Criterios de inclusión, se consideró como criterio de inclusión a las máquinas de corte que pertenecen a la empresa SIMA Metal Mecánica.

Criterios de exclusión, se consideró a las máquinas de oxicorte que pertenecen a la empresa SIMA Metal Mecánica.

La muestra, es el segmento de la población el cual representa un universo y permite adquirir información acerca de las variables de una investigación (Muñoz, 2015,p.168). Para la investigación se consideró como muestra a la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex de SIMA Metal Mecánica.

Por otro lado, el **muestreo** utilizado para obtener la muestra fue el muestreo no probabilístico (por conveniencia). Según (Cabezas, Andrade y Torres, 2018,p.100), en el tipo de muestreo mencionado, se escoge a la muestra por comodidad es decir su selección es debido a un procedimiento de selección no formal, el sujeto elegido en el muestreo presenta una determinada característica establecida en la problemática de la investigación. La **unidad de análisis** perteneció a los registros históricos de la OEE de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex de SIMA Metal Mecánica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos abarcan las diferentes maneras y acciones que aplica el investigador para recaudar información, con el fin de responder a la problemática planteada. (Hernández y Avila, 2020,p.34). Por otro lado, los instrumentos son las herramientas que usa el investigador, los cuales ayudan a medir. Además, los instrumentos deben ser confiables y válidos, de lo contrario no serán útiles para la investigación (Cadena et al. 2017,p.51). Para la investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Variable | Técnica | Instrumento | Fuente / Información |
|--|---------------------------|---|---|
| Independiente: Mantenimiento Productivo Total | Análisis documental | Registro de historial de fallas (anexo 2) | Área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA |
| | | Registro de costos por mantenimiento preventivo (anexo 3) | |
| | | Registro de costos por mantenimiento correctivo (anexo 5) | |
| | | Registro de cumplimiento de entrega de proyectos. (anexo 6) | Área de jefatura de coordinación de proyectos |
| | De organización y métodos | Cronograma de implementación del TPM. (anexo 8) | Elaboración propia |
| | Análisis documental | Registro de eliminación de fallas y desperfectos (anexo 10) | Área de jefatura de división de mantenimiento y servicios |
| | Observación | Check List 5'S (anexo 14) | Elaboración propia |
| | Análisis documental | Formato de programa de mantenimiento preventivo (anexo 16) | Área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA |
| | | Registro de mantenimiento de correctivo (anexo 19) | |
| | | Registro de plan de capacitación (anexo 20) | |
| Registro de asistencia de capacitaciones (anexo 21) | | | |
| Dependiente: Eficiencia General de los Equipos | Análisis documental | Registro de evaluación de los factores OEE (anexo 23) | Área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA |

Fuente: *Elaboración propia*

3.5. Procedimientos

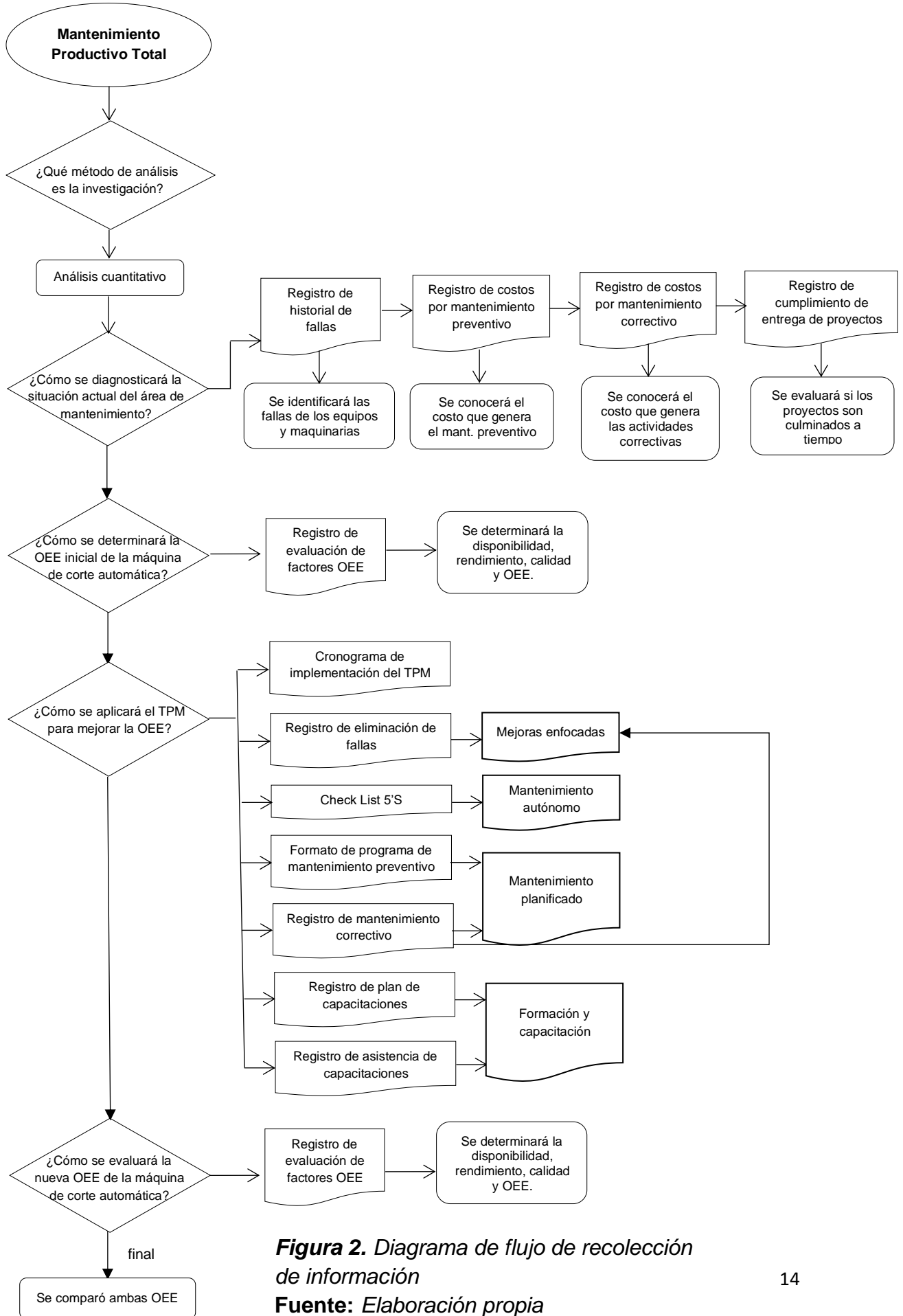


Figura 2. Diagrama de flujo de recolección de información

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Tabla 2. Método de análisis de datos

| Objetivos específicos | Técnica | Instrumento | Resultado |
|---|---------------------------|---|---|
| Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021 | Análisis documental | Registro de historial fallas (anexo 2) | Permitirá conocer las fallas de los equipos y maquinarias de SIMA y la frecuencia con la que se da. |
| | Análisis documental | Registro de costos por mantenimiento preventivo (anexo 3) | Se conocerá el costo que contrae el mantenimiento preventivo que aplica SIMA. |
| | Análisis documental | Registros de costos por mantenimiento correctivo (anexo 5) | Se conocerá el costo que se genera por actividades correctivas. |
| | Análisis documental | Registro de cumplimiento de entrega de proyectos. (anexo 6) | Permitirá determinar si se cumple los proyectos pendientes en el tiempo establecido. |
| Determinar la eficiencia general (OEE) actual de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021 | Análisis documental | Registro de evaluación de los factores OEE (anexo 23) | Se determinará la disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE inicial de la máquina de corte automática. |
| Aplicar la metodología TPM para mejorar la eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021 | De organización y métodos | Cronograma de implementación del TPM. (anexo 8) | Establecerá la secuencia de actividades a realizar en la aplicación del TPM. |
| | Análisis documental | Registro de eliminación de fallas y desperfectos (anexo 10) | Se identificará el total de fallas eliminadas o por solucionar. |
| | Observación | Check List 5'S (anexo 14) | Permitirá evaluar el nivel de cumplimiento de la 5'S por parte de los trabajadores. |
| | Análisis documental | Formato de programa de mantenimiento preventivo (anexo 16) | Permitirá establecer las actividades de mantenimiento preventivo y el nivel de cumplimiento. |
| | Análisis documental | Registro de mantenimiento de correctivo (anexo 19) | Permitirá identificar la cantidad de actividades correctivas realizadas. |
| | Análisis documental | Registro de plan de capacitación (anexo 20) | Permitirá definir los temas a tratar respecto al TPM en las capacitaciones. |
| | Análisis documental | Registro de asistencia de capacitaciones (anexo 21) | Permitirá llevar un control del personal que asiste a las capacitaciones. |
| Evaluar la nueva eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado después de aplicar la metodología TPM en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021. | Análisis de datos | Registro de evaluación de los factores OEE (anexo 23) | Se determinará la disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE final de la máquina de corte automática. |

Fuente: *Elaboración propia*

3.7. Aspectos éticos

En la investigación se tuvo presente los valores y principios éticos dictaminados por la universidad César Vallejo, destacando el respeto de los lineamientos de la norma ISO 690 y la originalidad de los resultados obtenidos de la investigación. Además, se efectuó el cumplimiento de ciertos requisitos del código de ética establecidos en la Resolución de Consejo Universitario N° 0262-2020/UCV, en base al artículo N°3 la investigación desarrollada presenta los siguientes principios de ética: beneficencia, competencia profesional y científica, justicia, libertad, probidad, responsabilidad, transparencia, respeto de la propiedad intelectual, responsabilidad y transparencia.

Se emplearon los principales artículos, los cuales se consideraron convenientes en el presente trabajo de investigación, respecto el artículo N°7, se brindará el consentimiento por escrito por parte de los autores para su posterior publicación, luego de culminar el proyecto de investigación, ya que no se puede realizar ninguna publicación de los trabajos de investigación si los autores no permiten su consentimiento. Así mismo, se tomó en cuenta el artículo N°8, teniendo en cuenta de tal forma, la responsabilidad que debe tener el investigador respecto a conductas inapropiadas al desarrollar la investigación, es decir el investigador o investigadores debe mantener un comportamiento ético. También, se resaltó el artículo N°9, orientado a la política anti plagio, de esa manera los autores se rigen al desarrollo de un trabajo con originalidad, respetando los derechos de autor de los demás investigadores, para ello se empleó el software brindado por la universidad. Respecto al artículo N°10, referido a los derechos de los autores, una vez publicada la investigación se reservará los derechos del autor.

En esa misma línea, se consideró el artículo N°11, el cual hace referencia que se tendrá un investigador principal encargado de liderar, organizar la programación y realización de las actividades que se ejecutarán en el proyecto de investigación. Por último, se tomó en cuenta el artículo N°12, referido al lugar donde se realizará la investigación, el cual debe garantizar un adecuado desarrollo de lo programado para la investigación, de manera que se respete la seguridad de los investigadores. En dichos artículos se orientó el presente proyecto de investigación, por lo tanto, se puede afirmar que la investigación desarrollada cumple con los estándares éticos solicitados por la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021.

Para realizar un diagnóstico de la situación actual respecto a la problemática que se presenta en el área de mantenimiento en la empresa SIMA Metal Mecánica, se procedió a identificar las fallas de las principales maquinarias y/o equipos a través del registro de historial de fallas (Anexo 02), con la finalidad de determinar la maquinaria que presenta mayor frecuencia de averías. A continuación, se muestra las fallas de las maquinarias y/o equipos respecto a 4 meses del periodo 2021 (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de historial de fallas de maquinarias y/o equipos

| REGISTRO DE FALLAS DE LAS MAQUINARIAS Y/O EQUIPOS DE LA EMPRESA SIMA METAL MECANICA | | | | |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|
| MAQUINARIA Y/O EQUIPO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 11 | 6 | 5 | 4 |
| Grúa Pte.30T | 3 | 1 | - | - |
| Montacargas CAT DP 70 | 2 | 2 | - | - |
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | - | 3 | - | - |
| Compresora Estacionaria Joy/123337 | - | 1 | 2 | - |
| Roladora | - | - | 2 | 1 |
| Taladro radial KOLB | - | - | 2 | - |
| Máquina soldar con control digital Nelson | 1 | - | - | - |
| Roladora Dorstener | 1 | - | - | - |
| TOTAL | 18 | 13 | 11 | 5 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 02

En la tabla 3, se muestran la cantidad de fallas de las principales maquinarias y/o equipos respecto a los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del periodo 2021, siendo en el mes de septiembre donde se obtuvo un total de 18 fallas relacionadas a los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos. Por otro lado, el mes de octubre presentó 13 fallas, siendo el segundo mes en presentar cierta frecuencia de fallas. Se presentaron STI a la Jefatura de mantenimiento y servicios, para que los técnicos realicen un mantenimiento correctivo y las maquinarias y/o equipos se encuentren operativas de modo que la producción de la empresa no se perjudique.

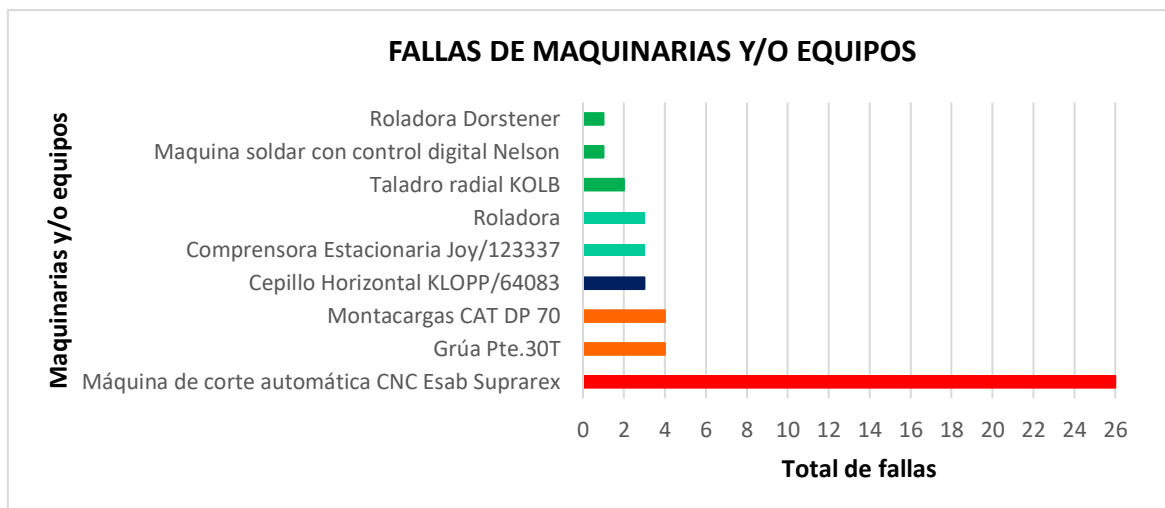


Figura 3. Fallas de maquinarias y/o equipos

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 02

En la figura 3, se muestra el total de fallas de la maquinaria y/o equipo respecto a los 4 meses en que se realizó la evaluación, se emplearon 9 activos de la empresa SIMA, los cuales son los más utilizados en el proceso productivo de los puentes y son los que presentan mayor cantidad de fallas respecto a otros activos de la empresa. La máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex ,obtuvo el primer lugar con 26 fallas en los 4 meses de evaluación, entre sus fallas tenemos las siguientes: Los fusibles de la caja plasma, cambio de antorcha, cambio de bombas, cambio de ups, cambio de mangueras , válvulas de maní, reparación de accesorios vías de rodadura , cambio de rodajes, cambio de resistencias, reparación de fuente refrigerante, dispositivos de consola de gases, pulsadores para encendido de accesorios, caja de control de gases, contactores, manguera de compresor y pantalla de consola de visión, cambio de manómetro de caja de gases, errores en panel de control,etc. Por otro lado, el segundo lugar en presentar cierta frecuencia de fallas está conformado por 2 maquinarias: la grúa Pte.30T y el montacargas CAT DP 70. La grúa Pte.30T presento las siguientes fallas: Reparación estructural, sistema mecánico, sistema eléctrico, bandas de frenos; el montacargas CAT DP 70 presento fallas en el claxon, frenos, sistema de arranque. El cuarto lugar lo obtuvo el cepillo horizontal con las siguientes fallas: Cambio de contactores, sistema de control y reparación del motor y por último se encuentran: Comprensora estacionaria Joy/123337, roladora, taladro radial KOLB, máquina soldar con control digital Nelson y la roladora Dorstener.

Tabla 4. Costos por mantenimiento preventivo

| MAQUINARIA Y/O EQUIPO | PERIODO | COSTO MATERIAL | HORAS HOMBRE (H-H) | COSTO H-H | COSTO TOTAL |
|---|----------------|----------------|--------------------|-----------|--------------------|
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | Tetramensual | 815,29 | 19 | 7 | 2844,87 |
| | Anual | 97,43 | 7 | 7 | 146,43 |
| Compresora estacionaria Joy/123337 | Trimestral | 1420,28 | 80 | 7 | 7921,12 |
| | Anual | 253,4 | 22 | 7 | 407,4 |
| Grúa PTE.30T | Bimestral | 6196,46 | 114 | 7 | 41966,76 |
| | Anual | 556,1 | 24 | 7 | 724,1 |
| | Tetramensual | 1036,5 | 30 | 7 | 3739,5 |
| | Trimestral | 495,92 | 44 | 7 | 3215,68 |
| Máquina soldar con control digital Nelson | Trimestral | 2342 | 40 | 7 | 10488 |
| | Bimestral | 132,56 | 110 | 7 | 5415,36 |
| | Anual | 114,78 | 7 | 7 | 163,78 |
| Roladora | Tetramensual | 712,45 | 22 | 7 | 2599,35 |
| | Anual | 150,34 | 9 | 7 | 213,34 |
| Rola hidráulica tres cilindros Dorstener/S/SE | Trimestral | 1010,632 | 68 | 7 | 5946,528 |
| | Semestralmente | 727,96 | 40 | 7 | 2015,92 |
| | Tetramensual | 639 | 24 | 7 | 2421 |
| | Anual | 101,23 | 7 | 7 | 150,23 |
| Taladro radial | Tetramensual | 743,94 | 48 | 7 | 3239,82 |
| | Semestralmente | 287,96 | 16 | 7 | 799,92 |
| | Anual | 299,54 | 18 | 7 | 425,54 |
| Montacargas CAT DP 70 | Bimestral | 2123,64 | 120 | 7 | 17781,84 |
| | Tetramensual | 1619,49 | 60 | 7 | 6118,47 |
| | Semestralmente | 269,32 | 10 | 7 | 678,64 |
| | Anual | 280,09 | 15 | 7 | 385,09 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | Tetramensual | 2349,96 | 111 | 7 | 9380,88 |
| | Semestralmente | 1609,36 | 58 | 7 | 4030,72 |
| | Bimestral | 1741,38 | 78 | 7 | 13724,28 |
| | Trimestral | 3339,04 | 52 | 7 | 14812,16 |
| | Anual | 177,65 | 15 | 7 | 282,65 |
| TOTAL | | | | | S/162039,38 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 03

En la tabla 4, se muestran el costo total del mantenimiento preventivo del periodo enero-diciembre 2021 de las principales maquinarias y/o equipos de la empresa SIMA Metal Mecánica, se muestra el periodo en que se realizó las actividades preventivas, el costo de los materiales que se utilizaron para desarrollar las actividades, las horas hombres empleadas por cada actividad preventiva planificada que se realizó a la maquinaria y/o equipo. Las actividades que realizaron los técnicos de mantenimiento fueron: Inspección, chequeo, limpieza, lubricación, cambio de aceite, ajustes de piezas por parte del taller mecánico e inspección, chequeo, limpieza, revisión, ajustes de tarjetas, fuentes de poder, ups, sensores, gabinete electrónico, sistemas de arranques por parte del taller eléctrico y electrónico. Se obtuvo que, el costo total de mantenimiento preventivo en el periodo 2021 fue de S/162039,38.

Tabla 5. Costos por mantenimiento correctivo

| COSTOS POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Nº | MAQUINARIA Y/O EQUIPO | COSTO DE REPUESTOS (S/) | HORAS HOMBRE (H-H) | COSTO HORAS HOMBRE (S//H-H) | COSTO DE SERVICIO EXTERNO (S/) | COSTO TOTAL (S/) |
| 1 | Máquina D/Corte automática CNC ESAB Suprarex | 82653,62 | 169 | 7 | 16362,4 | 100199,02 |
| 2 | Comprensora Estacionaria Joy/123337 | 23787,65 | 21,00 | 7 | - | 23934,65 |
| 3 | Máquina soldar con control digital Nelson | 16184,01 | 8,00 | 7 | - | 16240,01 |
| 4 | Grúa Pte.30T | 13031,15 | 58,00 | 7 | 987,99 | 14425,14 |
| 5 | Roladora | 5964,53 | 33,00 | 7 | - | 6195,53 |
| 6 | Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | 5138,07 | 33,00 | 7 | - | 5369,07 |
| 7 | Taladro radial KOLB | 3803,93 | 21,00 | 7 | - | 3950,93 |
| 8 | Montacargas CAT DP 70 | 1101,13 | 26,00 | 7 | - | 1283,13 |
| 9 | Roladora Dorstener | 230,06 | 8,00 | 7 | - | 286,06 |
| COSTO TOTAL | | | | | | S/ 171883,54 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 05

En la tabla 5, se muestra el costo del mantenimiento correctivo total de las maquinarias y/o equipos que presentaron fallas en los meses de evaluación: Septiembre, octubre, noviembre y diciembre del periodo 2021, el costo total que se obtuvo fue de S/ 171.883,54. El total de fallas presentadas fue de 47, las cuales fueron solucionadas por los técnicos de mantenimiento a través del mantenimiento correctivo y solicitando un servicio externo de ser una falla grave en las maquinarias y/o equipos. En el primer lugar, se ubicó la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex con un total de 26 fallas, los costos de repuestos de esta maquinaria fueron de S/ 82.653,62, el total de horas hombres que se emplearon para solucionar las fallas que se presentaron fue de 169 y el costo de las horas hombres fue de S/ 7. Se obtuvo un costo total de S/ 100.199,02 del mantenimiento correctivo respecto a esta maquinaria, en segundo lugar se ubicó la comprensora estacionaria con un total de 3 fallas y un costo total S/239.34,65, la máquina soldar con control digital Nelson con 1 falla y un costo total de S/162.40,01, la grúa Pte.30T con 4 fallas y un costo total S/144.25,14, la roladora con 3 fallas y un costo total de S/6.195,53, el cepillo horizontal con 3 fallas y un costo total de S/5.369,07, taladro radial con 2 fallas y un costo total de S/3950,93.

Tabla 6. Registro de entrega de proyectos

| PROYECTO | FECHA DE INICIO | FECHA DE TÉRMINO PLANIFICADA | FECHA DE TÉRMINO REAL |
|--------------|-----------------|------------------------------|-----------------------|
| Colunga | 05/04/2020 | 09/09/2021 | 09/09/2021 |
| Cantuta | 08/07/2020 | 25/04/2022 | 25/04/2022 |
| Comuneros I | 10/09/2020 | 10/08/2021 | 15/10/2021 |
| Ancaya | 20/10/2020 | 18/09/2021 | 21/11/2021 |
| Sihuan | 03/12/2020 | 03/04/2022 | 03/04/2022 |
| Comuneros II | 15/12/2020 | 20/01/2022 | 20/01/2022 |
| Noruega | 07/05/2020 | 15/06/2021 | 27/08/2021 |
| Alto molino | 06/12/2020 | 18/02/2022 | 28/04/2022 |
| Canchis | 13/06/2020 | 20/07/2021 | 20/07/2021 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 06

En la tabla 6, se muestran los proyectos que la empresa SIMA Metal Mecánica realizó en el periodo 2020 e inicios del 2022; se procedió a revisar los files documentarios de los proyectos realizados y en operación, en los cuales se muestra un cronograma o línea base del proyecto, indicando la fecha de inicio y término del proyecto, así mismo se observó la desviación de esta línea base debido a diversos factores: Mano de obra, recursos, maquinaria, etc. En los files documentarios se constató que 4 proyectos se entregaron fuera de tiempo a los clientes los cuales fueron: El proyecto Comuneros I, el cual tuvo una fecha de término planificada hasta el 10/08/2021 pero se retrasó 2 meses, de manera que terminó el 15/10/2021, Ancaya tuvo una fecha de término planificada hasta el 18/09/2021 pero se retrasó 2 meses así que terminó el 21/11/2021, Noruega tuvo una fecha de término planificada hasta el 15/06/2021 pero se retrasó 2 meses así que terminó el 27/08/2021, por último Alto Molino tuvo una fecha de término planificada hasta el 18/02/2022 pero se retrasó 2 meses terminando el 28/04/2022. Se determinó que los retrasos de los proyectos respecto al tiempo de entrega fueron de 1 a 2 meses como máximo debido a diversos factores no planificados, estos meses de retraso fueron aceptados por los clientes en reuniones que se coordinaron, ya que de no haber llegado a una coordinación de ambas partes existiría penalidad por incumplimiento de contrato, influyendo a perjudicar la calidad de servicio que brinda la empresa.

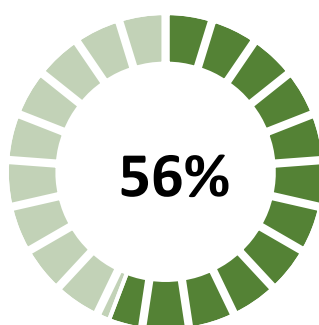


Figura 4. Nivel de cumplimiento de entrega de proyectos

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 06

En la figura 4, se muestra el nivel de cumplimiento de entrega de los distintos puentes realizados desde el periodo 2020-2022 generada por la empresa SIMA Metal Mecánica. Se obtuvo un total de 9 órdenes de trabajo de las cuales los trabajos que se ordenaron a tiempo fueron 5, por lo cual se obtuvo un nivel de cumplimiento de entrega de proyectos relativamente bajo (56%). Se debe realizar un análisis sobre ello.

Tabla 7. Causas de la baja eficiencia general de la máquina de corte

| CRITERIOS | CAUSAS | EFFECTOS |
|-----------------------|--|--|
| MATERIAL | Falta de orden y limpieza en el área | BAJA EFICIENCIA DE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB SUPRAREX |
| | Abastecimiento retrasado | |
| | Desperdicio de material | |
| MAQUINARIA | Falta de mantenimiento | |
| | Repuestos inadecuados (baja calidad) | |
| | Paradas no programadas | |
| | Elevados costos de mantenimiento (correctivos) | |
| | Cotizaciones de repuestos sin aprobación | |
| MANO DE OBRA | Déficit de compromiso laboral | |
| | Desconocimientos sobre automatización industrial | |
| | Problemas administrativos (altos directivos) | |
| MÉTODO | Ausencia de estandarizar tareas o actividades | |
| | Procedimientos erróneos o inadecuados | |
| MEDICIÓN | Déficit de actividades autónomas (operarios) | |
| MEDIO AMBIENTE | Exceso de ruido | |
| | Suelo contaminado (líquidos) | |
| | Exposición a la intemperie | |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 07

En la tabla 7, se observa las causas según el criterio en que se ubican, estas causas son las que repercuten en la baja eficiencia de la máquina de corte automática. En el criterio material se encontraron las siguientes causas: Falta de orden y limpieza en el área, abastecimiento retrasado, desperdicio de material. En el criterio maquinaria se encontraron las siguientes causas: Falta de mantenimiento, repuestos inadecuados (baja calidad), paradas no programadas, elevados costos de mantenimiento (correctivos), cotizaciones de repuestos sin aprobación. En el criterio mano de obra se encontraron las siguientes causas: Déficit de compromiso laboral, desconocimientos sobre automatización industrial, problemas administrativos (altos directivos). En el criterio método se encontraron las siguientes causas: Ausencia de estandarizar tareas o actividades, procedimientos erróneos o inadecuados. En el criterio medición se encontraron las siguientes causas: Déficit de actividades autónomas (operarios) y en el último criterio medio ambiente se encontraron las siguientes causas: Exceso de ruido, suelo contaminado(líquidos) y exposición a la intemperie.

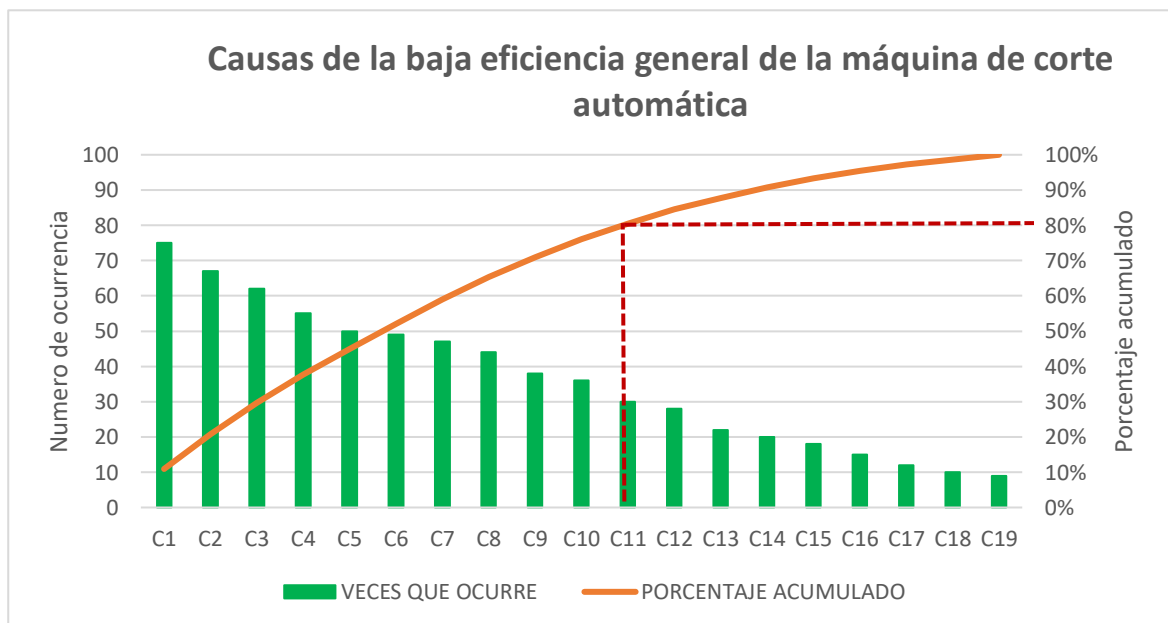


Figura 5. Diagrama causa efecto de la máquina de corte automática

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 07

En la figura 5, se muestran gráficamente las causas de la baja eficiencia general de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex según la frecuencia en que éstas se presentaron, por lo cual se priorizaron estas causas para poder determinar cuáles eran las primordiales en las que se enfocó el análisis, de modo que esto

influyó en mejorar el OEE de la maquinaria. Según el análisis 80-20, el 20% de las causas son lo que generan el 80% de los resultados, es decir las paradas no programadas, elevados costos de mantenimiento correctivo son los que producen un efecto de baja eficiencia general en la máquina de corte automática, de manera que son estos los factores que se relacionan con las otras causas por lo cual se tienen que corregir.

4.2. Determinar la eficiencia general (OEE) actual de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021.

Se calculó la OEE inicial de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex ubicada en el área de habilitado durante 4 meses, para ello se emplearon 3 factores: Disponibilidad, calidad y rendimiento; por lo cual se realizó un control diario de la producción de piezas (anexo 22) que fueron cortadas por la maquinaria y se recolectaron dichos datos en un registro de evaluación de factores OEE (anexo 23). La producción obtenida se empleó en el cálculo de uno de los factores del OEE, es por ello que se realizó un seguimiento de la producción de piezas cortadas, en el seguimiento realizado se tuvo en cuenta aquellos factores que afectaron a la producción como el factor climático (lluvia), falta de energía eléctrica, el retraso de abastecimiento de insumos que se emplean para realizar el corte de piezas. Por otro lado, tenemos las fallas que se presentaron en las maquinarias cuando estaba operando lo cual influyo a realizar paradas en la maquinaria hasta que los técnicos de mantenimiento dieron solución al problema y por último también se consideró las actividades de mantenimiento preventivo que se tenían planificadas realizar. A continuación, se muestra la producción de piezas respecto a los 4 meses de evaluación del periodo 2021.

Tabla 8. Producción de piezas (preprueba)

| PRODUCCIÓN DE PIEZAS | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| SEMANA | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| 1 | 361 | 363 | 321 | 289 |
| 2 | 242 | 352 | 344 | 370 |
| 3 | 245 | 412 | 239 | 221 |
| 4 | 246 | 311 | 257 | 400 |
| 5 | 99 | 135 | 63 | 99 |
| TOTAL | 1193 | 1573 | 1224 | 1379 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 22 (preprueba)

En la tabla 8, se puede observar la producción de piezas de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del periodo 2021 de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex; se obtuvo que; en el mes de septiembre la semana más productiva fue la primera semana ya que se cortaron 361 piezas, en el mes de octubre la semana más productiva fue la tercera semana con 412 piezas, en el mes de noviembre la semana más productiva fue la segunda semana con 344 piezas y en el mes de diciembre la semana más productiva fue la cuarta semana con 400 piezas cortadas. El mes más productivo fue el mes de octubre con 1573 piezas cortadas.

Tabla 9. OEE inicial de la máquina de corte automática

| OEE INICIAL DE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB SUPRAREX | | | |
|---|-------------|---------|-------------|
| DISPONIBILIDAD | RENDIMIENTO | CALIDAD | OEE INICIAL |
| 72 % | 57 % | 99 % | 40% |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 23 (preprueba)

En la tabla 9, se muestra la eficiencia general inicial de la máquina de corte respecto a sus 4 meses de evaluación: septiembre, octubre, noviembre y diciembre del periodo 2021. El control de este indicador fue realizado semanalmente, mediante el registro de evaluación de los factores OEE (anexo 23-a); con el fin de analizar el comportamiento del OEE semana a semana y observar las diferencias que presenta respecto a los factores que intervinieron en la producción. Para calcular el OEE se realizó la multiplicación de los factores: Disponibilidad, rendimiento y calidad. En el factor disponibilidad se empleó el tiempo de operación de la máquina de corte sobre el tiempo planificado de producción y el valor obtenido se multiplicó por 100; en el rendimiento se empleó el tiempo de ciclo ideal multiplicado por las unidades producidas todo esto sobre el tiempo de operación y el valor que se obtuvo se multiplicó por 100, en el factor calidad se empleó las unidades conformes sobre el total de unidades producidas y el valor que se obtuvo se multiplicó por 100. Se obtuvieron los siguientes factores promedios; disponibilidad del 72%, rendimiento del 57% y calidad del 99%, obteniendo una eficiencia general (OEE) del 40%, por lo cual teniendo en cuenta los parámetros de clasificación del OEE, la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex presenta un OEE deficiente (menor a 65%), lo cual trae como consecuencia pérdidas económicas a la empresa.

4.3. Aplicar la metodología TPM para mejorar la eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021.

El mantenimiento productivo total es un proceso que involucra todas las áreas de una empresa es decir desde la maquinaria y/o equipo, hasta el proceso productivo, ya que esta metodología se enfoca en generar una mejora continua en la organización a través de la participación de los trabajadores y la mejora del sistema de gestión de mantenimiento. En términos de mantenimiento industrial el TPM permite mejorar la eficiencia general (OEE) que presenta individualmente una maquinaria y/o equipo o un grupo de estos, través de sus factores de disponibilidad, rendimiento y calidad, ya que son estos 3 factores los que influyen en el aumento o disminución de la eficiencia general de una maquinaria y/o equipo.

Para la implementación del TPM se utilizan los pilares por los cuales está estructurada esta metodología, por lo tanto, para poder mejorar la eficiencia general de la máquina de corte automática del área de habilitado de SIMA METAL MECÁNICA se empleó solo 4 de los 8 pilares que presenta la metodología, los cuales son: Mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, capacitación y formación, los cuales son los más fundamentales en la aplicación del mantenimiento total productivo (TPM) del área de mantenimiento de la empresa SIMA Metal Mecánica para implementarlo a un corto plazo, los demás 4 pilares: Mantenimiento de la calidad, control inicial, TPM en las oficinas, seguridad, salud y medio ambiente quedaron en proyecto para su implementación a largo plazo tal y como se detalla en el plan maestro de implementación TPM (anexo 09), en el cual se elaboró la propuesta de aplicación de los 4 pilares restantes, con su respectivo objetivo, herramientas y los indicadores a emplear para poder medirlos en un periodo específico. En primer lugar, para poder realizar la aplicación de esta metodología se elaboró el Gantt de aplicación del TPM, teniendo en cuenta el cronograma de implementación del TPM (anexo 08). En este cronograma se establecieron las tareas que se realizaron con la fecha de inicio y la fecha de término de cada una de estas tareas, para poder tener un seguimiento de los días que correspondió a cada tarea. A continuación, se muestra el Gantt de aplicación del TPM, respecto a los 4 meses del periodo 2022, en que se realizó la aplicación de esta herramienta en la máquina de estudio de la investigación.

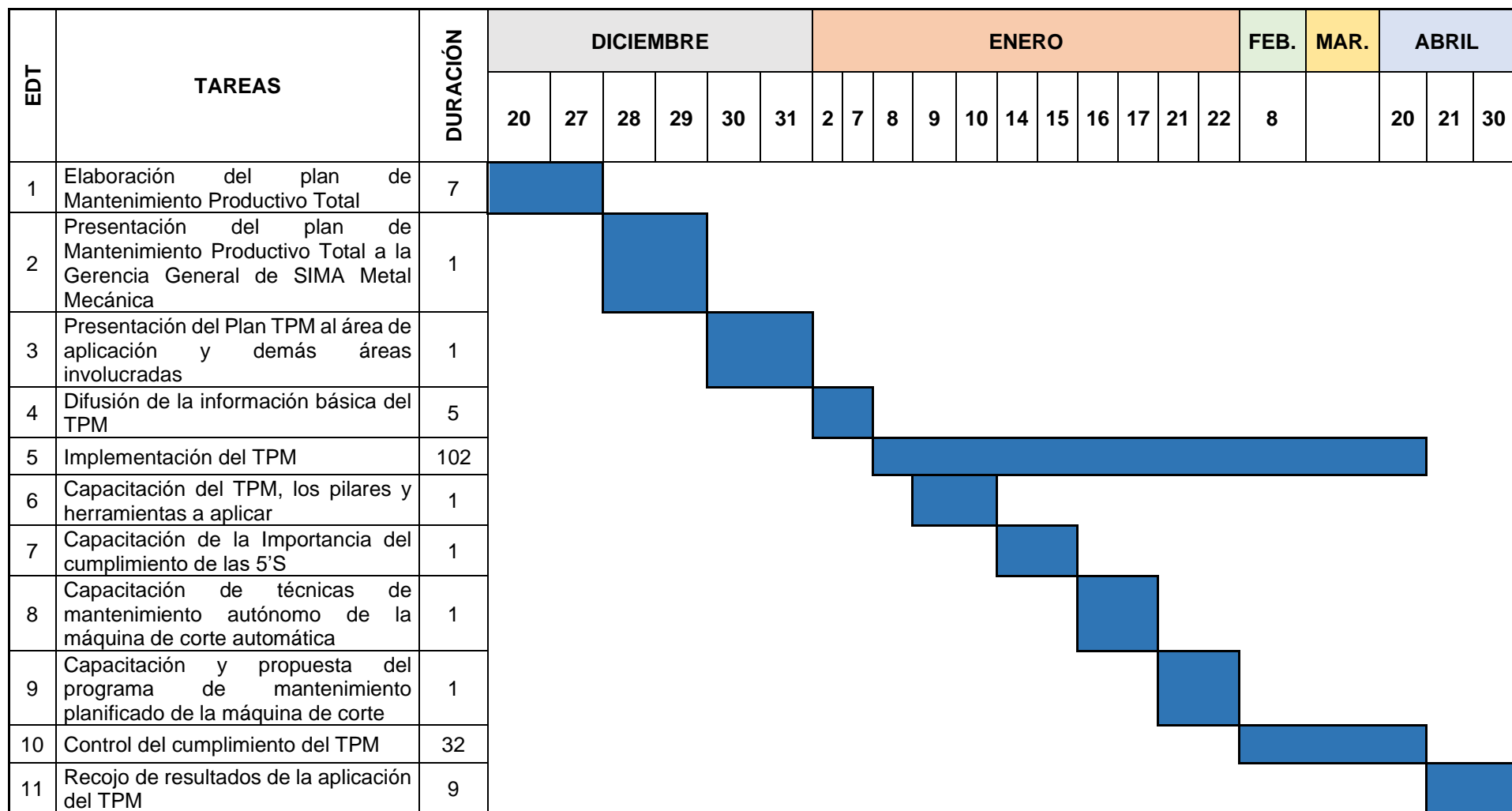


Figura 6. Gantt de aplicación del TPM

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 08

En la figura 6, se observa el Gantt para la aplicación del TPM, el cual inició desde la elaboración del Plan de Mantenimiento Productivo Total, presentación a gerencia, al área de aplicación y otras áreas, posterior a ello se realizó la difusión de la información básica del TPM y se comenzó con la aplicación de la metodología. En la cual se realizaron una serie de tareas como: Capacitación del TPM, los pilares y herramientas aplicar, capacitación de la importancia del cumplimiento de las 5'S, capacitación de técnicas de mantenimiento autónomo de la máquina de corte automática, capacitación y propuesta del programa de mantenimiento planificado de la máquina de corte, así como también el control del cumplimiento de la metodología y finalmente el recojo de resultados del TPM durante los 4 meses de prueba.

4.3.1. Pilar Mejoras Enfocadas

Este pilar hace referencia a la mejora individual de las maquinarias y/o equipos para poder eliminar aquellos factores (averías, tiempo inactivo, baja velocidad, etc.) que influyen directamente a un bajo rendimiento del OEE, de modo que se aumente el potencial productivo de la empresa. Para la aplicación de este pilar se empleó el registro de eliminación de fallas y desperfectos (anexo 10), en el cual se registró las fallas que presentó la máquina de corte automática ESAB Suprarex, así como también el registro de mantenimiento correctivo (anexo 20), en el cual se registró las fallas que se reportaron y fueron eliminadas respecto a los 4 meses que se aplicó la metodología TPM del periodo 2022.

Tabla 10. Registro de eliminación de fallas o desperfectos de maquinaria y/o equipos del área de habilitado.

| REGISTRO DE ELIMINACIÓN DE FALLAS O DESPERFECTOS DE MAQUINARIAS Y/O EQUIPOS DEL ÁREA DE HABILITADO. | | | | |
|---|-----------|---------|-------|-------|
| MAQUINARIA Y/O EQUIPO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 3 | 3 | 4 | 3 |
| TOTAL | 13 | | | |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 10

En la tabla 10, se muestran la cantidad de fallas de la máquina automática de corte respecto a los meses de enero, febrero, marzo y abril del periodo 2022, siendo en el mes de enero donde se obtuvo un total de 3 fallas las cuales fueron: Monitor de pantalla, cambio de mangueras, refrigerante del compresor. Por otro lado, en el

mes de febrero se presentó 3 fallas en el motor de accionamiento de las antorchas, sistemas mecánicos, modulo enfriador. En el mes de marzo se presentó 4 fallas; caja de engranajes longitudinal, drenaje de condensados, componentes electrónicos en la caja plasma, fugas en válvulas y finalmente en abril se presentaron 3 fallas; recirculador del refrigerante, caja ANCON estación oxicorte, bomba; de manera que se presentaron STI a la Jefatura de mantenimiento y servicios, para que los técnicos realicen un mantenimiento correctivo rápido a las maquinarias y/o equipos.

Tabla 11. Registro de mantenimiento correctivo de la máquina de corte automática

| REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | | | |
|--------------------------------------|--|-------------------|--------------------|------------|
| MES | FALLAS DETECTADAS | FALLAS ELIMINADAS | COSTO TOTAL (S/) | TIEMPO (H) |
| ENERO | Monitor de pantalla | X | 989,56 | 5 |
| | Cambio de mangueras | X | 978,46 | 8 |
| | Refrigerante del compresor | X | 1000 | 5 |
| FEBRERO | Motor de accionamiento de las antorchas | X | 320,8 | 4 |
| | Sistemas mecánicos | X | 1456,87 | 7 |
| | Modulo enfriador | X | 113,45 | 2 |
| MARZO | Caja de engranajes longitudinal | X | 329 | 6 |
| | Drenaje de condensados | X | 1234,34 | 4 |
| | Componentes electrónicos en la caja plasma | X | 1546,45 | 5 |
| | Fugas en válvulas | X | 100,56 | 2 |
| ABRIL | Recirculador del refrigerante | X | 2435,84 | 5 |
| | Caja ANCON estación oxicorte | X | 1324 | 10 |
| | Bomba | X | 3325,23 | 8 |
| TOTAL | | 13 | S/ 15154,56 | 63 |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 20

En la tabla 11, se observa las fallas que se eliminaron y el tiempo que se empleó para solucionarlas. En el mes de enero se logró eliminar las 3 fallas detectadas, en febrero 3 fallas, en marzo 4 fallas y en abril 3 fallas, obteniéndose un total de 13 fallas eliminadas por los técnicos de mantenimiento. Además, se emplearon un total de 63 horas para la solución de las 13 fallas y un costo total de S/15.154,56, observándose una reducción notable respecto al diagnóstico inicial.

A continuación, se muestra el indicador de frecuencia de eliminación de fallas de equipos (FEFE) y el tiempo promedio de eliminación de la falla (TPEF).

Tabla 12. Frecuencia de Eliminación de Fallas y tiempo promedio de eliminación de fallas de la máquina de corte automática

| MES | FALLAS DETECTADAS | FALLAS ELIMINADAS | TIEMPO DE PLAZO PRONOSTICADO | TIEMPO REAL DE ELIMINACIÓN DE FALLA | FEFE | TPEF |
|--------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|
| ENERO | 3 | 3 | 13 | 18 | 100% | 72% |
| FEBRERO | 3 | 3 | 14 | 13 | 100% | 108% |
| MARZO | 4 | 4 | 19 | 17 | 100% | 112% |
| ABRIL | 3 | 3 | 22 | 23 | 100% | 96% |
| TOTAL | | | | | 100% | 97% |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 10 y 20

En la tabla 12, se muestra la frecuencia de eliminación de fallas (FEFE) de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex respecto a los 4 meses en que se realizó la aplicación del TPM, en la cual se observa que en el mes de enero los técnicos del área de mantenimiento lograron eliminar las 3 fallas que se presentaron en la maquinaria, en el mes de febrero se lograron eliminar 3 de las fallas detectadas, de igual manera en el mes de marzo se lograron eliminar 4 fallas detectadas y en el mes de abril se eliminaron también 3 fallas detectadas; por lo cual se obtuvo un promedio de la FEFE de un 100%, un porcentaje perfecto ya que este indicador se debe ubicar entre el 70 y 100%. Por lo cual indica que se lograron eliminar todas las fallas que se presentaron en la maquinaria respecto a cada mes en que se reportaron las fallas. Por otro lado, en la tabla también se muestra el tiempo promedio de eliminación de fallas (TPEF) de la máquina de corte automática, en donde se observa que en el mes de enero los técnicos del área de mantenimiento solucionaron las fallas en 5 horas más de lo que se había establecido, en el mes de febrero se empleó 1 horas menos de lo que se había planificado en las evaluaciones de las STI, en marzo se emplearon 2 horas menos de lo proyectado y finalmente en el mes de abril se empleó 1 hora más de lo evaluado por los técnicos. De manera que el resultado obtenido del tiempo promedio de eliminación de fallas fue del 97%, un porcentaje aceptable ya que este indicador se debe ubicar entre el 70% y 100% y el resultado obtenido es muy cercano al límite de los parámetros establecidos. Por lo cual se infiere que se logró eliminar la mayor cantidad de fallas en el tiempo que los técnicos de mantenimiento (mecánicos, eléctrico y electrónico) evaluaron en las STI que se presentaron al área de mantenimiento y servicios de la empresa para darle una solución al respecto.

4.3.2. Pilar Mantenimiento Autónomo

Respecto a la implementación del segundo pilar; el mantenimiento autónomo es fundamental en la aplicación de la metodología TPM, ya que influye a que los operarios se hagan responsables de las maquinarias y/o equipos que operan, de tal forma que las actividades que estos realizan a la maquinaria que operan contribuyan a la reducción de fallas o averías, es por ello que se requiere el uso de la filosofía de las 5'S para llevar a cabo el desarrollo de este pilar, debido a que el mantenimiento autónomo y las 5'S se encuentran relacionadas. Si bien es cierto, la empresa cuenta con una filosofía implantada similarmente a las 5'S, sin embargo, visualmente esta filosofía o forma de trabajo no se está realizando adecuadamente debido a que se presenta deficiencias en su cumplimiento por parte de los trabajadores. De modo que se procedió a reforzar esta filosofía de trabajo para poder cumplir con la implementación de pilar de mantenimiento autónomo y posteriormente realizar la aplicación de los otros pilares, ya que la aplicación de un pilar base influye en los pilares.

Para la aplicación de este pilar se hizo uso de la ficha técnica de la máquina de corte automática (anexo 11), la cual sirvió para identificar las especificaciones técnicas con las que la maquinaria fue fabricada, se elaboró un manual de normas y medidas de seguridad para el uso de la máquina de corte automática (anexo 12) y se puso en marcha el programa de mantenimiento autónomo propuesto (anexo 13), en el cual se estableció una serie de tareas que el operador tiene que realizar a la maquinaria antes de realizar sus actividades diarias en el cual se debe tener en cuenta la frecuencia en que se deben realizar estas tareas para poder contribuir a la reducción de averías que se presentan cuando la maquinaria está operando y generar apuros a los técnicos del área de mantenimiento al tratar de solucionar estas fallas, ya que las horas de paradas de esta maquinaria perjudican al proceso de los proyectos de los puentes que se encuentran realizando. Por último, se hizo uso del check list de cumplimiento de las 5'S (anexo 14), respecto a la forma de trabajo que se encuentran desarrollando los operadores a la máquina de corte automática. A continuación, se muestran los 7 pasos (limpiar, eliminar fuentes de contaminación, estándares de limpieza y lubricación, inspección general, autónomo, organización y ordenamiento, implementación total) del mantenimiento autónomo y la relación de cada una de las 5'S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke).

Tabla 13. Aplicación de las 5'S y el mantenimiento autónomo

| Nº | PASOS | APLICACIÓN DE 5'S | DEFINICIÓN |
|----|--------------------------------------|--------------------------|---|
| 1 | LIMPIAR | SEITON Y SEISO | El operario mantuvo limpia su área de trabajo y los componentes de la máquina de corte del polvo metálico. Realizó la limpieza de los cuerpos de la antorcha: boquillas, electrodo, difusor, filtros, así como también de cables, mangueras, componentes de enfriamiento, fuente de energía, manómetros de gases. |
| 2 | ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN | | El operario planteó acciones para contribuir al orden y limpieza. |
| 3 | ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACION | SEITON, SEISO Y SEIKETSU | Las actividades se realizaron en orden, libre de suciedad (anexo 13) de manera que se establecieron tareas sistemáticas, logrando que mínimas fallas como falta de lubricación y bajos niveles de aceite se puedan prevenir. |
| 4 | INSPECCIÓN GENERAL | SEIKETSU | Se detectó fallas de la maquinaria a través de una inspección visual realizada por el operario. |
| 5 | INSPECCIÓN AUTÓNOMA | | Se verificó los 4 pasos anteriores desarrollados para complementar las tareas autónomas y evaluar si las actividades realizadas son las adecuadas. |
| 6 | ORGANIZACIÓN Y ORDENAMIENTO | SEIRI Y SEITON | Los operarios seleccionaron, clasificaron y ordenaron lo que se necesitaba en su área de trabajo. |
| 7 | IMPLEMENTACIÓN TOTAL | SEIKETSU Y SHITSUKE | Se mantuvo las actividades de trabajo implantadas, siendo los operarios autosuficientes en las labores que desarrollan. |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se observa la relación entre los 7 pasos del mantenimiento autónomo y las 5'S. El primer paso (limpiar) y segundo paso (eliminar fuentes de contaminación) están relacionados con seiton y seiso; el tercer paso (estándares de limpieza y lubricación) se relaciona con seiton, seiso y seiketsu; el cuarto (inspección general) y quinto paso (inspección autónoma), se relaciona con seiketsu; el sexto paso (organización y ordenamiento) se relaciona con seiri y seiton; por último, el séptimo paso (implementación total) se relaciona con seiketsu y shitsuke. Asimismo, en cada uno de estas relaciones se definió que es lo que se tiene que realizar es decir desde las actividades del operario hasta las labores de los jefes inmediatos para poder cumplir con la aplicación de este pilar.

Tabla 14. Programa de mantenimiento autónomo de la máquina de corte automática.

| MAQUINARIA | ACTIVIDAD | PARTES O COMPONENTES | MÉTODO | HERRAMIENTAS Y MATERIALES | FRECUENCIA | | |
|---|--|-----------------------|-------------|--|------------|---------|--------|
| Máquina de Corte automática CNC ESAB Suprarex | Limpiar | Boquillas | Visual | Paño suave y limpiador de contactos eléctricos | Diario | | |
| | | Electrodo | | | | | |
| | | Difusor | | Manómetros de la caja de gases | Raspador | Semanal | |
| | | Capuchón | | | | | |
| | | Mesa de corte | | Soplador de aire | Semanal | | |
| | | Cables | | | | | |
| | | Mangueras de antorcha | | | | | |
| | | Fuente de energía | | Inspeccionar | Visual | - | Diario |
| | | Parámetros de corte | | | | | |
| | Alineación del soplete | Semanal | | | | | |
| | Parámetros del recirculador refrigerante | | | | | | |
| | Niveles de aceite | Diario | | | | | |
| | Desplazamiento de las antorchas | | | | | | |
| | Válvulas de las 2 funciones | Semanal | | | | | |
| | Manómetros de la caja de gases | | | | | | |
| | Sensores de seguridad | | | | | | |
| | Desplazamiento de mangueras | | | | | | |
| | Ruidos, vibraciones anormales | Visual y auditivo | Lubricación | Grasa múltiple EP-2 | Diario | | |
| | Cadenas y ejes de trabajo | Visual | | | | | |
| | Tuercas | | | | Semanal | | |
| Cojinetes | | | | | | | |
| Rodamientos | | | | | | | |
| Rieles | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 13

En la tabla 14, se muestra el programa de mantenimiento autónomo que los operadores de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex realizaron según la frecuencia indicada. Este programa abarcó las 3 principales actividades de dicho mantenimiento, los cuales fueron: Limpiar, inspeccionar y lubricar.

Respecto a la primera actividad; limpiar; se utilizó el método visual y se realizó a los distintos componentes de la máquina en estudio diariamente, tales como

boquillas, electrodo, difusor, capuchón; y semanalmente a los manómetros de caja de gases, mesa de corte, cables, mangueras de antorcha y fuentes de energía. Asimismo, respecto a la segunda actividad; inspeccionar; se utilizó el método visual y auditivo, de manera que se revisó diariamente los parámetros de corte, alineación del soplete, desplazamiento de las antorchas, válvulas de las dos funciones; y semanalmente los parámetros del recirculador refrigerante, niveles de aceite, manómetros de la caja de gases, sensores de seguridad, desplazamiento de mangueras, ruidos y vibraciones anormales. Finalmente, respecto a la tercera actividad; lubricación; se utilizó el método visual y se realizó diariamente a las cadenas, ejes de trabajo; y semanalmente a las tuercas, cojinetes, rodamientos y rieles.

Tabla 15. Evaluación del nivel de cumplimiento de las 5'S

| EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LAS 5'S | | |
|---|----------------|----------------|
| 5'S | Calificación | Puntaje máximo |
| Seleccionar | 30 | 35 |
| Ordenar | 30 | 35 |
| Limpiar | 31 | 35 |
| Estandarizar | 30 | 35 |
| Disciplina | 31 | 35 |
| TOTAL | 152 | 175 |
| % Cumplimiento | 86.86 % | |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 14

En la tabla 15, se observa que luego de cumplir y realizar debidamente los pasos y el programa del mantenimiento autónomo, además de tener en cuenta la estrecha relación de las 5'S y el tipo de mantenimiento mencionado (según la tabla 14); se registró un porcentaje de nivel de cumplimiento aceptable de las 5'S, siendo éste un 86.86%. La tercera S (limpiar) y quinta S (disciplina) obtuvieron el mayor puntaje de calificación, con un valor de 31; mientras que la primera S (seleccionar), segunda S (ordenar) y cuarta S (disciplina) obtuvieron una calificación de 30. Los puntajes máximos obtenidos de cada una de las "5's" fueron de 35, por lo cual se infiere que dichos valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros aceptables de la metodología "5's" para poder seguir con el desarrollo de las actividades y realizar mejoras al respecto.

4.3.3. Pilar Mantenimiento Planificado

Para la aplicación de este tercer pilar se elaboró un programa de mantenimiento preventivo para la máquina de corte automática (anexo 16), teniendo como base el manual de la maquinaria(anexo18), la frecuencia de fallas según subsistema, así mismo también se empleó el programa preventivo del periodo 2021 con las observaciones que realizaron los técnicos respecto al periodo y tiempo. A continuación, se muestran los subsistemas fundamentales con los que cuenta la maquinaria.

Tabla 16. Subsistemas de funcionamiento

| SUBSISTEMA | DESCRIPCION |
|-------------------------|---|
| Eléctrico y electrónico | Es la parte del CNC (control numérico computarizado): Sensores de proximidad, sensores de seguridad, paros de emergencia y conexiones del sistema de alimentación, componentes. |
| Neumático | Proporciona presión a los 2 tipos de corte (oxicorte y plasma): unidad neumática, unidad de refrigeración de la bomba, compresor, secador. |
| Mecánico | Proporciona el movimiento de los componentes donde se encuentran la antorcha: elevador vertical, sistema piñón cremallera, cojinetes, engranajes, etc. |
| Refrigeración | A través de una unidad de refrigeración contenido en la bomba se proporciona el refrigerante por medio de la boquilla de la antorcha. |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se muestran los 4 subsistemas fundamentales de la maquinaria: eléctrico y electrónico, neumático, mecánico y refrigeración de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex, realizando cada uno de estos una función diferente en la maquinaria y a la misma vez relacionando cada subsistema (componentes) para que la maquinaria realice el corte de planchas. Por otro lado, la maquinaria cuenta con distintos componentes en cada uno de estos 4 subsistema, los cuales son muy importantes conocerlos, ya que esto permite poder identificar y priorizar cuales son los elementos que conforman cada componente para poder realizar las actividades de mantenimiento preventivo siguiendo las indicaciones del manual de mantenimiento del fabricante, de modo que se preserve el cuidado de la maquinaria.

Tabla 17. Componentes y elementos de la máquina de corte

| COMPONENTES | ELEMENTOS |
|---|--|
| Elevador vertical | Cable de manguera, perno de argolla de elevación, extrusión de aluminio, ménsula de montaje de la estación, tornillo regulador, cojinete del elevador, correa de regulación del elevador, polea del husillo, motor, husillo y tornillo de avance, recinto electrónico principal, colector de la estación oxicom bustible, modulo HC HF capacitivo. |
| Motor de accionamiento y caja de engranajes del eje transversal | Carro superior impulsado, cojinete lineal del carro, riel lineal, cojinetes de bola del apoyo del carro superior, interruptor de emergencia del eje transversal, leva del interruptor de emergencia, motor del carro longitudinal, perilla de ajuste lineal de las antorchas de oxicorte. |
| Motor de accionamiento y caja de engranajes longitudinales | Motor del carro longitudinal, piñón de ataque del carro. |
| Caja plasma | CNC, conexión fuente de alimentación paralela, conexión distribuidora refrigerante, conector de parada de emergencia, masa del chasis, terminales primarias, apertura de acceso a la entrada de cable de alimentación. |
| Antorcha de corte por plasma | Cuerpo del soplete, deflector de remolino, porta electrodos, electrodo, boquilla, aro tope de la boquilla, difusor, protección, aro tope de la protección. |
| Antorcha de oxicorte | Soplete de corte, unidad de encendido y bujía, escudo contra escoria, sensor AHC, recinto eléctrico. |
| Comprensora | Válvulas, motor de accionamiento, filtro de aceite y aire, unidad compresora, tablero electrónico, cartucho separador de aceite, enfriador, condensador, correas de transmisión del motor de accionamiento |
| Tablero de gases | Válvulas de retención, manómetros, regulador de presión, codos |
| Consola visión CNC | Botón de emergencia, rueda de mano, palanca de mano, potenciómetro de velocidad |
| Refrigerante | Alimentación de refrigerante a la antorcha, retorno del refrigerante, filtro, conexión de control, tornillo de ajuste de presión, indicador de presión, fusibles |
| Caja de arco remoto | Conexión de alimentación Amphenol de 24 pines, accesorios de alivio de tensión, conexión al CNC, conexión con el elevador, conexión cubierta a la antorcha, entrada de refrigerante, retorno de refrigerante, |
| Secador de aire comprimido | Módulo de intercambiador de calor, compresor, condensador, válvula de by-pass de gas caliente, filtro de gas, válvula de expansión, purgador electrónico de condensado, controlador. |

Fuente: *Elaboración propia,*

En la tabla 17, se muestra los componentes principales de la máquina de corte automática los cuales son: Elevador vertical, motor de accionamiento y caja de engranajes del eje transversal, motor de accionamiento, caja plasma, antorcha de corte por plasma, antorcha de oxicorte, comprensora, tablero de gases, consola visión CNC, refrigerante, caja de arco remoto, secador de aire comprimido. Cada uno de estos componentes están formados por distintos elementos los cuales son mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Se procedió a clasificar las fallas por subsistemas (eléctrico y electrónico, neumático, mecánico, refrigeración) del periodo 2021 respecto a los 4 meses en que se realizó el diagnóstico, según la frecuencia en que se presentaron estas fallas.

Tabla 18. Clasificación de fallas según subsistema

| Nº | SUBSISTEMA | Nº | PORCENTAJE INDIVIDUAL | PORCENTAJE ACUMULADO |
|--------------|-------------------------|----|-----------------------|----------------------|
| 1 | Mecánico | 10 | 38% | 38% |
| 2 | Eléctrico y electrónico | 8 | 31% | 69% |
| 3 | Neumático | 4 | 15% | 85% |
| 4 | Refrigeración | 4 | 15% | 100% |
| TOTAL | | 26 | | |

Fuente: Elaboración propia,

En la tabla 18, se muestra los subsistemas por fallas presentadas en el periodo 2021, se observa que el primer lugar es ocupado por el subsistema mecánico, ya que presenta 10 fallas, en segundo lugar se ubica el subsistema eléctrico y electrónico con 8 fallas, en tercer lugar el sistema neumático con 4 fallas y en cuarto lugar el sistema de refrigeración también con 4 fallas, el conjunto de estas fallas en los subsistemas afectan la operación de la maquinaria, por lo cual luego de haber calculado la frecuencia de fallas se desarrollaron las tareas de mantenimiento preventivo enfocándose primordialmente en los subsistemas que presentaron más fallas para reducir la frecuencia de las averías en la máquina de corte automática. Los subsistemas en los que se desarrollaron más tareas fueron: El mecánico, eléctrico y electrónico teniendo en cuenta el periodo en que se deben realizar estas tareas y la frecuencia de horas a emplear en cada de estas tareas, así mismo también se desarrollaron tareas de mantenimiento preventivo a los otros 2 subsistemas: Neumático y refrigeración, ya que si no presentaron tantas fallas como los otros 2 subsistemas la presencia de fallas en estos subsistemas afecta la operación de la maquinaria ya que está conformada por los 4 subsistemas, los cuales deben estar operando adecuadamente para que la maquinaria obtenga un rendimiento adecuado.

A continuación, se presentan las actividades por subsistema, frecuencia, periodo y la duración de estas.

Tabla 19. Mantenimiento preventivo según subsistema

| MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB SUPRARREX | | | | |
|--|---|-----------------------|----------------|-----------------|
| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | FRECUENCIA (H) | PERIODO | DURACIÓN |
| Mecánico | Verificar y lubricar los movimientos (vertical, transversal y longitudinal). (anexo 17) | 610 | Mensualmente | 3 |
| | Verificar estado de correas de regulación. (anexo 18-A) | 800 | Bimestralmente | 3 |
| | Inspeccionar y lubricar las poleas del motor. (anexo 18-B) | 500 | Mensualmente | 3 |
| | Inspeccionar y lubricar la tuerca del husillo (tornillo de avance). (anexo 18-C) | 500 | Mensualmente | 4 |
| | Limpieza de cremalleras. | 600 | Bimestralmente | 3 |
| | Verificar el tornillo de avance. (18-D) | 500 | Mensualmente | 4 |
| | Inspeccionar y lubricar el eje de los motores de accionamiento. (anexo 17) | 800 | Mensualmente | 3 |
| | Limpiar boquilla del soplete (oxicombustible) y alinear. (anexo 17) | 350 | Mensualmente | 4 |
| | Ajustes de válvulas de gas combustible y de oxígeno de precalentamiento. | 1000 | Semestral | 3 |
| | Comprobar el estado de los cojinetes, lubricar. (anexo 17) | 500 | Bimestralmente | 3 |
| | Inspeccionar visualmente el estado de las uniones de los motores de accionamiento. | 800 | Trimestral | 4 |
| | Comprobar el estado del piñón de ataque del carro longitudinal. (anexo 18-E) | 600 | Trimestral | 3 |
| | Limpieza general de los motores eléctricos. (anexo 17) | 800 | Semestral | 6 |
| | Cambio de piezas de desgaste en los motores eléctricos. | 500 | Anual | 5 |
| | Cambio de aceites y filtros | 230 | Semestral | 2 |
| Eléctrico y electrónico | Verificar conexiones (externas) cuando el equipo está operando | 600 | Bimestralmente | 1 |
| | Inspeccionar el funcionamiento del potenciómetro (velocidad según componentes) | 748 | Mensualmente | 2 |
| | Chequear y limpiar conexiones (alimentación) | 500 | Bimestralmente | 3 |
| | Comprobar las entradas y salidas de voltaje, amperaje de todos los componentes de la maquinaria. | 748 | Mensualmente | 3 |
| | Limpiar y chequear componentes de cajas (plasma, gas combinado, distribución eléctrica, de arco remoto y fuente de plasma). | 500 | Trimestral | 4 |
| | Chequear el funcionamiento del módulo AHC capacitivo. (anexo 17) | 700 | Bimestralmente | 2 |
| | Limpiar armario de control (conexiones). | 880 | Bimestralmente | 1 |
| | Chequeo de conexiones a tierra. | 800 | Trimestral | 3 |
| | Mantenimiento ups | 880 | Bimestralmente | 3 |
| | Limpiar y verificar los componentes del compresor, secador. | 800 | Bimestralmente | 4 |
| | Verificar sensores | 700 | Mensualmente | 2 |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 16

En la tabla 19, se muestran 2 de los 4 subsistemas principales con los que cuenta la máquina de corte automática (mecánico, eléctrico y electrónico) y las tareas preventivas que se planificaron en cada uno de estos subsistemas teniendo en cuenta la frecuencia en la que se deben realizar y la cantidad de horas que se proyectó para que los técnicos de mantenimiento realicen estas tareas preventivas a la maquinaria en el periodo 2022 y posteriores.

Tabla 20. Mantenimiento preventivo según subsistema

| MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB SUPRARREX | | | | |
|--|---|-----------------------|----------------|-----------------|
| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | FRECUENCIA (H) | PERIODO | DURACIÓN |
| Neumático | Chequear presión, caudal en los manómetros y reguladores. | 480 | Mensualmente | 3 |
| | Verificar mangueras y conexiones de alimentación del compresor. | 800 | Bimestralmente | 2 |
| | Verificar el funcionamiento del desplazamiento de los gases de corte. | 480 | Bimestralmente | 1 |
| | Verificar el nivel de refrigerante del compresor (anexo 18-F) y el drenaje de condensados. (anexo 18-G) | 480 | Bimestralmente | 2 |
| | Limpieza, inspección y cambios de filtros. (anexo 17) | 600 | Bimestralmente | 2 |
| | Limpieza del condensador del compresor. (anexo 18-G) | 500 | Trimestral | 3 |
| | Chequear fugas en acoples, tuberías, accesorios o válvulas. (anexo 17) | 480 | Mensualmente | 2 |
| | Inspeccionar mangueras o tuberías (deterioro) | 600 | Mensualmente | 2 |
| Refrigeración | Verificar el distribuidor de refrigerante (el aceite es enviado a la antorcha). (anexo 17) | 480 | Mensualmente | 2 |
| | Verificar la recirculación del aceite de la antorcha al refrigerante (distribuidor). (anexo 17) | 480 | Mensualmente | 1 |
| | Chequear tuberías del refrigerante. (anexo 17) | 500 | Bimestralmente | 2 |
| | Inspeccionar temperatura de refrigerante. | 350 | Mensualmente | 1,5 |

Fuente: *Elaboración propia, basada en el anexo 16*

En la tabla 20, se muestran 2 de los 4 subsistemas principales con los que cuenta la máquina de corte automática (neumático y refrigeración) y las tareas preventivas que se planificaron en cada uno de estos subsistemas teniendo en cuenta la frecuencia en la que se deben realizar y la cantidad de horas que se proyectó para que los técnicos de mantenimiento (mecánicos, eléctricos y electrónicos) realicen estas tareas preventivas a la maquinaria en el periodo 2022 y posteriores.

Además de elaborar el programa de mantenimiento planificado o preventivo, se realizó el control de las actividades que se programaron, ejecutaron, reprogramaron y no se ejecutaron, de manera que el área de mantenimiento llevaba un registro detallado y explícito de este programa, de manera que se logró identificar el índice del nivel de cumplimiento del mantenimiento planificado y el porcentaje de horas utilizadas en este programa de mantenimiento con respecto al total de horas de mantenimiento (considerando las horas de mantenimiento correctivo) de la máquina de corte automática. A continuación, se muestra el indicador del mantenimiento planificado y el índice de cumplimiento del mantenimiento preventivo.

Tabla 21. *Indicador de mantenimiento planificado y de cumplimiento del mantenimiento preventivo*

| MES | HORAS DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO | HORAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO | TOTAL DE HORAS DE MANTENIMIENTO | Nº TAREAS PLANIFICADAS | Nº TAREAS EJECUTADAS | %MP | PMC |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|------------|-------------|
| ENERO | 43,5 | 18 | 61,5 | 15 | 15 | 71% | 100% |
| FEBRERO | 75,5 | 13 | 88,5 | 29 | 29 | 85% | 100% |
| MARZO | 92,5 | 17 | 109,5 | 20 | 20 | 84% | 100% |
| ABRIL | 75,5 | 43 | 118,5 | 29 | 29 | 64% | 100% |
| TOTAL | | | | | | 76% | 100% |

Fuente: *Elaboración propia, basada en el anexo 16 y anexo 19*

En la tabla 21, se observa el porcentaje obtenido del mantenimiento planificado en los 4 meses de aplicación de la metodología TPM, en el cual se observa que el porcentaje del mantenimiento planificado y del índice de cumplimiento de mantenimiento preventivo fue del 76% y 100% respectivamente, del cual se infiere que se ejecutaron todas las tareas planificadas, sin embargo, se debe seguir mejorando el indicador de mantenimiento planificado.

4.3.4. Pilar Capacitación Y Formación

Para el desarrollo de este pilar, se hizo uso de un plan de registro de capacitaciones (anexo 21), en el cual se consideró los distintos temas a tratar en las capacitaciones que se brindaron, siendo los principales: Mantenimiento Productivo Total, las 5'S, mantenimiento autónomo y planificado de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprrex. También se consideraron temas como los tipos de averías y/o fallas, eficiencia general de los equipos y acerca de las funciones de corte por plasma y oxicorte de la máquina de corte automática. Los temas principales se

realizaron paralelamente al desarrollo de los pilares anteriores, funcionando como base de toda la implementación del TPM.

Asimismo, se tuvo en cuenta la asistencia del personal de mantenimiento y de los operarios de la máquina de corte automática, mediante un registro de asistencia de capacitaciones (anexo 22) con el fin de evaluar el nivel de compromiso y responsabilidad por parte de dicho personal. A continuación, se muestra la cantidad de trabajadores presentes por cada capacitación brindada en los 4 meses de la implementación del TPM:

Tabla 22. Cantidad de trabajadores presentes en las capacitaciones

| FECHA DE LA CAPACITACIÓN | | TOTAL, DE TRABAJADORES A CAPACITAR | N° DE TRABAJADORES QUE ASISTIERON |
|--------------------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| ENERO | 9/01/2022 | 11 | 11 |
| | 14/01/2022 | 11 | 10 |
| | 16/01/2022 | 11 | 9 |
| | 21/01/2022 | 11 | 11 |
| FEBRERO | 25/02/2022 | 11 | 10 |
| MARZO | 25/03/2022 | 11 | 8 |
| TOTAL | | 66 | 59 |
| % DE ASISTENCIA | | 89.39 % | |

Fuente: Elaboración propia, basado en el anexo 21

En la tabla 22, se observa que el nivel de cumplimiento de asistencias a las capacitaciones de los trabajadores se dio en un 89.39 %, lo cual es un resultado aceptable. En el mes de enero se realizó 4 capacitaciones, en la primera capacitación realizada el 9/01/2022 asistieron todos los trabajadores, en la segunda capacitación realizada el 14/01/2022 asistieron 10 trabajadores, en la tercera capacitación realizada el 16/01/2022 asistieron 9 trabajadores y en la cuarta capacitación realizada el 21/01/2022 asistieron todos los trabajadores. En el mes de febrero se realizó solamente 1 realizada el 25/02/2022 capacitación en la cual asistieron 10 trabajadores y en el mes de marzo también se realizó solamente 1 capacitación realizada el 25/03/2022 en la cual asistieron 8 trabajadores. Se infiere que en las capacitaciones estuvo presente la mayor cantidad de trabajadores del área de mantenimiento, por lo cual se pudo capacitar a los trabajadores bajo las actividades que se planificaron, las capacitaciones duraron entre 2 a 3 horas cada temática con su respectiva evaluación. Los trabajadores que no pudieron estar presentes por diferentes motivos fueron capacitados por sus compañeros que estuvieron presente en la capacitación brindada, de modo que se contribuyó al

compañerismo, el intercambio de conocimientos y de esa manera se facilitó a seguir con el desarrollo de la metodología TPM en el área de la mejor forma posible; realizando mejoras en las enseñanzas de las capacitaciones y seguir promoviendo con la dinámica de las temáticas. Además, se mantuvo en contacto con los trabajadores para constatar que pongan en marcha lo aprendido y no solo quede en teoría.

4.4. Evaluar la nueva eficiencia general (OEE) de la máquina de corte automática del área de habilitado después de aplicar la metodología TPM en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021

Se evaluó la eficiencia general de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex, luego de la aplicación de la metodología TPM con la finalidad de calcular la variación que existe en relación a la eficiencia inicial de la maquinaria. Para ello se emplearon 3 factores: disponibilidad, calidad y rendimiento, los cuales se hallaron en base al registro de evaluación de factores OEE (anexo 23) y un control diario de la producción (anexo 22) de piezas cortadas por la maquinaria en los 4 meses: Enero, febrero, marzo y abril. Se tuvo en cuenta aquellos factores que afectan a la producción como el factor climático (lluvia), falta de energía eléctrica, el retraso de abastecimiento de insumos que se emplean para realizar el corte de piezas, así como también las fallas que se presentaron en la maquinaria cuando estaba operando, lo cual influyó a realizar paradas en la maquinaria hasta que los técnicos de mantenimiento dieron solución al problema y por último también se consideró las actividades de mantenimiento preventivo que se tenían planificadas realizar en el periodo 2022.

A continuación, se muestra la producción de piezas respecto a los 4 meses de aplicación de la metodología del periodo 2022.

Tabla 23. Producción de piezas (posprueba)

| PRODUCCIÓN DE PIEZAS | | | | |
|-----------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| SEMANA | Enero | Febrero | Marzo | Abril |
| 1 | 464 | 425 | 435 | 328 |
| 2 | 217 | 481 | 407 | 547 |
| 3 | 468 | 415 | 503 | 471 |
| 4 | 443 | 457 | 449 | 467 |
| 5 | 235 | - | 150 | 628 |
| TOTAL | 1827 | 1778 | 1944 | 2441 |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 22 (posprueba)

En la tabla 23, se observa la producción de piezas luego de la aplicación de la metodología en los meses de enero, febrero, marzo y abril del periodo 2022 de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex. Se observa que en el mes de enero la semana más productiva fue la tercera semana con 468 piezas, en el mes de febrero la semana más productiva fue la segunda semana con 481 piezas y en el mes de marzo la semana más productiva fue la tercera semana con 503 piezas y en el mes de abril la semana más productiva fue la quinta semana con 628 piezas, el mes más productivo fue el mes de abril con 2441 piezas y el segundo lugar lo ocupa el mes de marzo con 1944. Luego de haber calculado la producción diaria se procedió a calcular la nuevamente la disponibilidad, rendimiento y calidad, para poder calcular la eficiencia general de la máquina de corte automática en una posprueba.

Tabla 24. OEE final de la máquina de corte automática

| OEE FINAL DE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB Suprarex | | | |
|---|-------------|---------|-----|
| DISPONIBILIDAD | RENDIMIENTO | CALIDAD | OEE |
| 80% | 69 % | 100 % | 55% |

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 23 (posprueba)

En la tabla 24, se muestra la eficiencia general obtenido respecto a sus 4 meses de la aplicación de la metodología TPM: Enero. Febrero, marzo y abril del periodo 2022. El control de este indicador fue realizado semanalmente, mediante el registro de evaluación de los factores OEE (anexo 23-b); con el fin de analizar el comportamiento del OEE semana a semana y observar sus diferencias respecto a los factores que intervinieron en el indicador de la eficiencia general de la maquinaria. Se obtuvo una disponibilidad del 80%, un rendimiento del 69% y una calidad del 100%, se procedieron a multiplicar estos resultados para obtener la nueva eficiencia general de la maquinaria, la eficiencia obtenida fue del 55%, según los parámetros de clasificación del OEE, la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex presenta un OEE en proceso de mejoras a la empresa.

A continuación, se procedió a comparar los factores iniciales (preprueba) y los factores finales (posprueba): disponibilidad, rendimiento y calidad para poder realizar la comparación del OEE y poder determinar si este indicador mejoró respecto al valor obtenido inicialmente en los 4 meses de prueba del periodo 2021

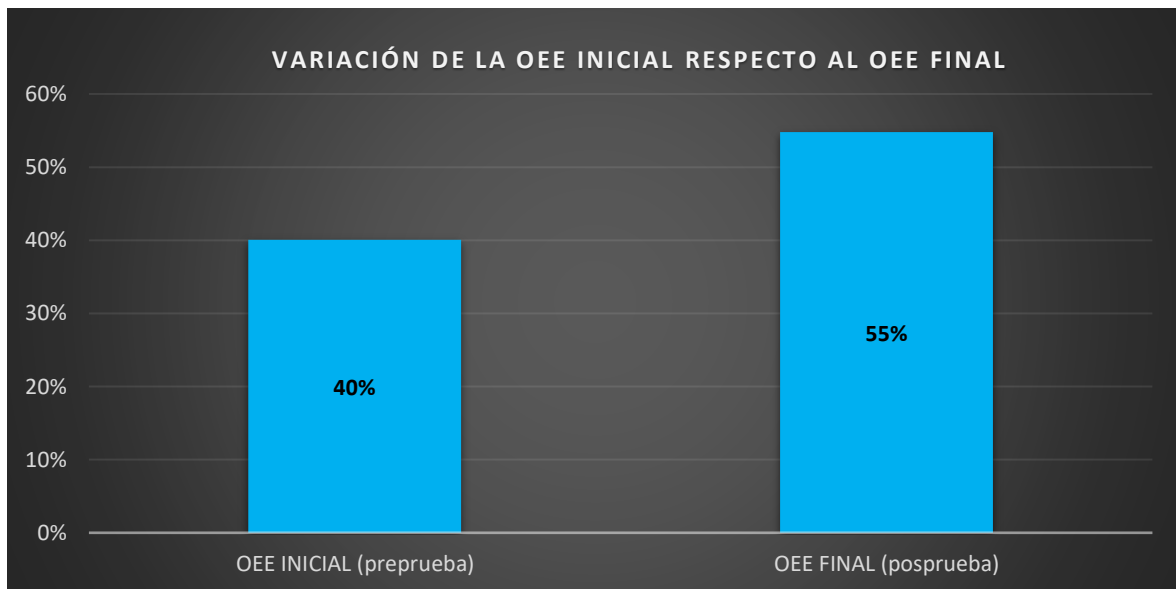


Figura 7. Variación de la OEE inicial (preprueba) respecto al OEE final (posprueba) luego de la aplicación del TPM en la máquina de corte automática.

Fuente: Elaboración propia, basada en el anexo 23 (preprueba y posprueba)

En la figura 7, se observa la comparación de la OEE inicial respecto a la OEE final luego de la aplicación de la metodología, se muestra que el OEE inicial de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex de la empresa SIMA Metal Mecánica en el periodo 2021 fue del 40%, debido a que inicialmente presentó una disponibilidad del 72%, un rendimiento del 57% y una calidad del 99% , posterior a la aplicación de la metodología TPM en el periodo 2022, se volvió a calcular el OEE final en donde se obtuvo un 55%, ya que presento un incremento en sus factores disponibilidad, rendimiento y calidad, los cuales fueron: 80%, 69% y 100% respectivamente, por lo cual se infiere que este indicador se incrementó en un 15% luego de haber aplicado la metodología.

La aplicación del TPM fue realizado en 4 meses: Enero, febrero, marzo y abril del periodo 2022, por lo cual se determina que para poder obtener mejores resultados al que se obtuvo en los 4 meses que se llevó a cabo la aplicación de la metodología, se debería seguir realizando la aplicación en los siguientes meses, ya que es un largo plazo donde se podrá obtener grandes incrementos en el indicador OEE, asimismo el haber incrementado el OEE en un 15% en solo 4 meses, se afirma que el mantenimiento productivo total mejoró la operatividad de la máquina de corte automática en términos de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Por último, se procedió a contrastar la hipótesis planteada en la investigación a través pruebas estadísticas para determinar que la variable independiente (TPM) logro estimular a la eficiencia general de la máquina de corte automática y su incremento no fue debido a otros factores en el desarrollo de la investigación, para ello se empleó la prueba de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk, ya que los datos de la muestra evaluados fueron menores a 30.

Tabla 25. Prueba de normalidad

| Pruebas de normalidad | | | |
|----------------------------|--------------|----|------|
| | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Eficiencia general inicial | ,933 | 20 | ,174 |
| Eficiencia general final | ,967 | 20 | ,700 |

Fuente: Software SPSS

En la tabla 25, se observa que la eficiencia general inicial de la maquinaria antes de la implementación de la metodología TPM tuvo una significancia de 0,174 y luego de la mejora la eficiencia general se obtuvo una significancia de 0,700, siendo ambos datos mayores al nivel de significancia establecido (0.05), por lo tanto, presenta un comportamiento paramétrico, es por ello que se hizo uso de la prueba T Student para contrastar la hipótesis.

Tabla 26. Pruebas de T Student

| Prueba de muestras relacionadas | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------------|--------------------|------------------------------|---|----------|--------|----|---------------------|
| | | Diferencias relacionadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
| | | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Eficiencia general inicial - Eficiencia general final | ,14700 | ,20566 | ,04599 | -,24325 | -,05075 | -3,197 | 19 | ,005 |

Fuente: Software SPSS

En la tabla 26, se muestra el análisis de datos de los meses de enero, febrero, marzo y abril (20 semanas) de la eficiencia general con una confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%, en donde se obtuvo un valor de significancia de 0,005, de modo que se rechaza H_0 y se acepta H_1 , por lo cual se concluye que La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejora la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021.

V. DISCUSIÓN

En el presente estudio se investigó como los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejora la eficiencia general de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex de SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021. En los resultados de la contratación de la hipótesis, se obtuvo un valor de significancia de 0,005, por lo cual se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis general, de modo que La implementación del Mantenimiento Productivo Total mejoró la Eficiencia General de la máquina de corte automática en SIMA Metal Mecánica, Chimbote-2021.

En el **primer objetivo específico** del presente trabajo, se diagnosticó la situación actual del área de mantenimiento en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021, se identificaron las fallas de las principales maquinarias y/o equipos, para ello se consideraron a las maquinarias que presentan frecuentemente averías de las cuales son 9: Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex, grúa Pte.30T, montacargas CAT DP 70, cepillo horizontal, compresora estacionaria, roladora, taladro radial, máquina soldar con control digital nelson, roladora DORSTENER, ocupando el primer lugar la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex con 26 fallas, se determinaron los costos del mantenimiento preventivo y correctivo, los cuales fueron S/41417,152 y S/171.883,54 respectivamente, así mismo se determinó el nivel de cumplimiento de entrega de 9 proyectos (puentes), los cuales fueron: Colunga, Cantuta, Comuneros I, Ancaya, Sihuan, Comuneros II, Noruega, Alto molino, Canchis. Se obtuvo un 56 % de nivel de cumplimiento y por último se evaluaron las causas que influyen en la baja eficiencia general de la máquina de corte automática, las cuales fueron 17 fallas según criterio, se priorizaron en el diagrama de Pareto y se identificó la causa de mayor frecuencia para mejorar la eficiencia general de la máquina de corte automática. En comparación a la investigación de Candra et al. (2017), para diagnosticar su situación actual emplearon el diagrama de Ishikawa para poder identificar las causas que influyeron en la pérdida de velocidad de la máquina laminadora PT RAPP, los factores que consideraron fueron: Hombre, máquina, método, ambiente y material. El factor hombre se enfocó en mejorar la producción a través de las actividades que realiza en su área de trabajo, en la maquina reducir las fallas que se presentaron, en el factor método reducir el número de los productos rechazados, del entorno reducir el polvo que se adhiere a las materias primas y en el factor material reducir la

perdida de los materiales perecederos. Por otra parte, en el diagrama de Pareto de la máquina laminadora de línea de tamaño de corte 5ª, se determinó que el 20% de las causas que representaron el 80% de los resultados fueron las pérdidas de velocidad y tiempo. Así mismo en el estudio de Ahmad, Hossen y Ali (2018), para diagnosticar el estado del equipo del marco de anillo de una industria textil, utilizaron diagrama de Pareto, hoja de trabajo WWBLA e Ishikawa. En el diagrama de Pareto se priorizo la causa según el resultado de la frecuencia que se obtuvo, la cual fue el bajo rendimiento del equipo por la presencia de averías en su operatividad. En el diagrama de Ishikawa se ilustraron las causas de los problemas para identificar su relación y se determinó que posiblemente la presencia de averías en el equipo es el que influye en los diversos problemas que se presentaron en el equipo. En la hoja de trabajo WWBLA, se empleó para preguntar por qué se presenta frecuentemente los problemas principales (bajo rendimiento del equipo y las averías), hasta que se encuentre la causa raíz de los problemas. A diferencia de nuestro trabajo de investigación, empleamos instrumentos de costos de mantenimiento para determinar las pérdidas financieras por mantenimientos correctivos de la maquinaria y compararlos con el costo del mantenimiento preventivo, así mismo se empleó un registro de entrega de cumplimiento de proyectos para evaluar si se cumplen con los requerimientos de los clientes.

En el **segundo objetivo** específico, se determinó la eficiencia general (OEE) actual de la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA Metal Mecánica, Chimbote 2021, en el cual se llevó a cabo el control de las piezas que fueron cortadas por la máquina de corte automatizada en los 4 meses de preprueba, los cuales fueron: Septiembre, octubre, noviembre y diciembre del periodo 2021, en el control de esta producción se tuvo en cuenta aquellos factores que afectan a la producción : Lluvias, falta de energía eléctrica, el retraso de abastecimiento de insumos, las fallas que se presentaron en la maquinaria cuando estaba operando, las actividades de mantenimiento preventivo que se tenían planificadas realizar. Los datos recolectados en la producción de las piezas metálicas, se emplearon en el cálculo del OEE y se obtuvo una disponibilidad del 72%, rendimiento del 57%, calidad del 99% y un OEE inicial del 40%, por lo cual teniendo en cuenta los parámetros de clasificación del OEE este es menor a 65%, lo cual trae como consecuencia pérdidas económicas a la empresa. De igual forma en la

investigación de Nallusamy et al. (2018) se realizó el control de la producción de tuberías PVC durante 3 meses: Octubre, noviembre y diciembre del periodo 2017, el total de las tuberías PVC fabricadas fueron de 4546,32 unidades, donde de los datos obtenidos del control de la producción se calcularon los siguientes factores: Disponibilidad del 84,03%, rendimiento del 72,16% y calidad del 91,56%, los cuales fueron utilizados en el cálculo del OEE, se obtuvo una eficiencia general del 55,45%. Los resultados que se obtuvieron se encuentran por debajo de los parámetros establecidos del OEE, influyendo en pérdidas de equipo, proceso y productos a la empresa. Así mismo en la investigación de Herry, Farida y Lutfia (2018), para calcular el OEE de la máquina de estampado Press 2A, se emplearon los datos que se recolectaron de enero hasta diciembre del 2015, en donde se obtuvo un promedio de disponibilidad del 83%, rendimiento del 90%, calidad del 85% y el OEE promedio del 69,6%, se evidencia que los resultados están debajo de los parámetros establecidos y no se está aprovechando la maquinaria en la empresa automotriz, por lo cual se están desperdiciando los recursos con los que cuenta la empresa. Por lo tanto se requiere implementar una metodología de mantenimiento en estas empresas, que relacione desde la maquinaria y/o equipo hasta la parte administrativa de la empresa, ya que es la única forma de aplicar una metodología que tenga como objetivo mejorar los factores por los cuales se obtiene la eficiencia general o el OEE, los cuales son: Disponibilidad, calidad y rendimiento. En el **tercer objetivo** se muestra la aplicación de la metodología TPM a la máquina de corte automática del área de habilitado en SIMA. Metal Mecánica, Chimbote 2021, la cual se llevó a cabo a través de 4 pilares tales como: Mejoras enfocadas, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento Planificado y Capacitación y formación; iniciando con la elaboración de un Gantt de implementación del TPM, el cual abarcó las actividades a realizar durante los 4 meses de evaluación. Respecto al pilar Mejoras enfocadas, se obtuvieron resultados positivos puesto que sus indicadores; frecuencia de eliminación de fallas y tiempo promedio de eliminación de fallas, alcanzaron valores de 100% y 97% respectivamente, asimismo el pilar Mantenimiento Autónomo a través de una evaluación global de las 5'S, mostró un cumplimiento del 86,86%, de igual manera el pilar Mantenimiento Planificado obtuvo resultados positivos ya que sus indicadores; índice de mantenimiento planificado y cumplimiento de mantenimiento preventivo, lograron valores de 76%

y 100% respectivamente; finalmente el pilar Capacitación y formación mediante el control de asistencias, se obtuvo que el 89,39% del total de trabajadores asistieron a las capacitaciones. Dichos resultados, lograron el incremento de la OEE, puesto que de tener inicialmente un valor de 36%, se logró alcanzar un valor de 54%. Por lo que se concluyó que la aplicación del TPM influye de manera positiva en la eficiencia general de la maquinaria en estudio, además de mejorar el área de trabajo y brindar un conocimiento amplio a los trabajadores. Por consiguiente, se comparte lo determinado por Meca y Camello (2020), donde mencionan que el TPM, a través de sus pilares de aplicación, mejora la Eficiencia General de los Equipos (OEE), puesto que desarrollaron una encuesta a empresas industriales de distintos sectores elegidas por conveniencia que utilizan el método TPM, en la cual se observaron incrementos de la OEE; determinando que los pilares que fueron usados en la mayoría de las empresas encuestadas fueron: Mejoras enfocadas y Mantenimiento planificado; además del Mantenimiento autónomo y Capacitación y formación pero en menor proporción. Asimismo, Canahua (2021) destaca la importancia del Mantenimientos Planificado (o preventivo) y del Mantenimiento autónomo, como pilares fundamentales de aplicación del TPM, puesto que al cumplir correctamente dichos mantenimientos durante 10 meses de prueba se mejoró los 3 componentes del OEE; disponibilidad, rendimiento y calidad; alcanzando un incremento de hasta un 50%, aunque aún se encontraba debajo del OEE de clase mundial (85%), sin embargo se logró reducir grandes pérdidas, tales como averías y pérdidas de velocidad, teniendo en consideración que aún el estudio aplicado deba estar en constante mejora puesto que aún se observaron resultados inesperados por analizar. Asimismo, Lozada, Lara y Buele (2021) aplicaron distintas técnicas como el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), Análisis de Modos y Fallas (FMEA), Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado para establecer las actividades de mantenimiento adecuadas con el objetivo de permitir al personal de mantenimiento centrarse en la conservación de ciertos elementos de la máquina. La metodología a seguir que usaron en dichas actividades de mantenimiento fue la siguiente: Se estructuraron en rangos de mantenimiento separados por su tipo y frecuencia de aplicación; esto permitió administrar el tiempo programado para el mantenimiento o para la producción en el equipo, además mediante el uso de un software especializado en

mantenimiento, el plan de mantenimiento a desarrollar por los operadores se gestionó de una mejor manera. También, aplicaron la metodología 5'S como parte del mantenimiento autónomo y sobre todo mejorar las condiciones de trabajo de los operarios, obteniendo como resultado el incremento de OEE de 29,97%. Por otro lado, Singh et al. (2014), a diferencia de los demás autores recomienda la implementación del TPM A través de sus 7 pilares teniendo como base el uso de las 5'S, desde mejoras enfocadas hasta Seguridad Salud y Medio Ambiente, dándole importancia a todos los pilares, puesto que se relacionan, de manera que en su investigación estableció que mediante sus resultados luego de aplicar los pilares del TPM de manera escalonada, se mejoró la eficiencia general de las máquinas en estudio del 63% al 79%, además también se mejoró la productividad y calidad de los componentes, para finalmente enfatizar que para implementar de manera exitosa el TPM, no solamente depende los pilares a aplicar, sino también del apoyo de la alta dirección y participación de los trabajadores.

En el **cuarto objetivo**, se determinó la nueva OEE de la máquina de corte automática del área de habilitado de SIMA METAL MECÁNICA, Chimbote 2021; luego de implementar el TPM con respecto a los 4 meses de evaluación, a través de la evaluación de sus 3 componentes; disponibilidad, rendimiento y calidad. Se obtuvo un 80% de disponibilidad, 69% de rendimiento, 100% de calidad y una OEE de 55%. Se comparte lo expuesto por Bataineh et al. (2019), el cual a través de un esquema secuencial TPM incrementó la efectividad de los equipos que intervienen en el proceso de producción en la empresa de estudio, obteniendo resultados positivos; mejora de la disponibilidad de 68,6 a 77,5% y la calidad de producción de 99,82 a 99,87%, de manera que la OEE mejoró de 35,27 a 57,42%. Finalmente Pardeep y Sachit (2016) obtuvo una mejora considerable del OEE a partir de la implementación del TPM. En los resultados se evidenció que la OEE de las máquinas aumentó por encima del 85%, sin embargo, también la productividad aumentó hasta un 74% y los costos disminuyeron en un 30%. De manera que concluyeron que el TPM no solo trae resultados beneficiosos y exclusivamente para el buen funcionamiento y preservación de la máquina, sino en términos de productividad y costos también, debido a que la aplicación de esta metodología influye constantemente en la mejora continua de la organización al involucrar todas las áreas por las que está organizada la empresa.

VI. CONCLUSIONES

En el diagnóstico realizado a la empresa se evidenció que las causas con mayor frecuencia fueron: Paradas no programadas, elevados costos de mantenimiento correctivo, carencia de formatos, falta de capacitación, entre otros que causaban una baja eficiencia general de la máquina de corte automática del área de habilitado. Asimismo, se determinó la cantidad y tipos de fallas que presentó la máquina durante su funcionamiento en la preprueba, siendo un total de 26 fallas y por último se determinó el nivel de entrega de proyectos, el cual tuvo un valor de 56% siendo relativamente bajo.

Se realizó el control de la producción de piezas cortadas por la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex en los 4 meses de preprueba (septiembre, octubre, noviembre y diciembre) del periodo 2021, siendo octubre el mes más productivo con 1573 piezas, se calcularon los factores de la eficiencia general de la maquinaria en donde se obtuvo: Una disponibilidad del 72%, rendimiento del 57% y calidad del 99%. La eficiencia general obtenida fue del 40%, un valor bajo según los parámetros establecidos del OEE.

La aplicación de la metodología del mantenimiento productivo total (TPM) fue satisfactoria, la cual se estableció mediante la aplicación de 4 de los 8 pilares, considerados fundamentales para el enfoque de nuestro trabajo y el tiempo de evaluación (4 meses posprueba) desde enero hasta abril del periodo 2022, siendo dichos pilares: Mejoras enfocadas, mantenimiento planificado, mantenimiento autónomo y capacitación y formación, los cuales fueron implementados de manera escalonada, además teniendo en consideración el diagrama de Gantt realizado, en el cual se detallaron las actividades a realizar y en que intervalo de tiempo se realizaron estas actividades, desde la formalización del programa maestro de implementación del TPM a la alta dirección hasta el control y recojo de resultados a través de los distintos instrumentos de evaluación.

Finalmente, se determinó la eficiencia final de la maquinaria, luego de la aplicación del TPM en los 4 meses de posprueba, en donde se obtuvo una disponibilidad del 80%, rendimiento del 69% y calidad del 100%. La eficiencia obtenida fue del 55%, siendo valores superiores a los que se determinaron inicialmente, por lo cual se obtuvo un incremento del OEE en un 15%.

VII. RECOMENDACIONES

Se debe implementar instrumentos y métodos de control de inventarios para los repuestos del área de mantenimiento y servicios de la empresa SIMA Metal Mecánica, ya que se presenció un déficit por esta parte cuando los técnicos requieren realizar las actividades preventivas y correctivas a las maquinarias y/o equipos.

Evaluar constantemente la eficiencia general de la máquina de corte automática CNC ESAB SUPRAREX del área de habilitado, para analizar su comportamiento en el tiempo y seguir mejorando este indicador a través de los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Se recomienda desarrollar la propuesta de la implementación de los otros 4 pilares del mantenimiento productivo total, los cuales son: Mantenimiento de la calidad, control inicial, TPM en las oficinas, seguridad, salud y medio ambiente para poder aplicar la metodología completa en la empresa, ya que inicialmente solo se emplearon 4 pilares :Mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, capacitación y formación, los cuales se consideraron los más fundamentales para poder mejorar la eficiencia general de la máquina de corte automática la empresa SIMA Metal Mecánica a un corto plazo.

Utilizar los instrumentos que se elaboraron para los 4 pilares: el registro de eliminación de fallas y/o desperfectos, el registro de mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo y por último el registro de evaluación OEE. Estos registros contribuyen a la mejora continua de la metodología TPM, ya que disciplinan a los operadores y técnicos respecto a su forma de trabajo, es decir permiten poder medir los pilares en un tiempo establecido.

El presente trabajo de investigación servirá de guía posteriormente para investigaciones similares del mismo rubro u otros, en el cual se tenga como objetivo mejorar la eficiencia general de las maquinarias y/o equipos, en el cual se empleen técnicas, procesos y recursos, los cuales influyan a la mejora continua de la organización y estas se vuelvan más competitivas frente a otras, es decir mediante la aplicación de la metodología del mantenimiento productivo total (TPM).

REFERENCIAS

- ADESTA, E.Y.T., PRABOWO, H.A. y AGUSMAN, D., 2018. Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 290, no. 1, pp. 9. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/290/1/012024. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2556532742/B7FCF95E0B484BF1PQ/3?accountid=37408>.
- AGUSTIADY, T.K. y CUDNEY, E.A., 2016. *Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide* [en línea]. 1ª edición. Dayton: CRC Press. ISBN 1482255405. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=Tev5CQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- AHMAD, N., HOSSEN, J. y ALI, S.M., 2018. Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [en línea], vol. 94, no. 1-4, pp. 239-256. ISSN 14333015. DOI 10.1007/s00170-017-0783-2. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ade26af8-60e5-4342-be55-9dc17924ec0a%40redis>.
- ÁLVAREZ, H. y SANCHEZ, R., 2015. Nuevas tendencias y procesos en ingeniería. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 14-41. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.21158/23823399. Disponible en: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revistao/issue/view/134>.
- BAMBER, C.J., CASTKA, P., SHARP, J.M. y MOTARA, Y., 2003. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea], vol. 9, no. 3, pp. 223-238. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 13552511. DOI 10.1108/13552510310493684. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/215554614/fulltextPDF/C66A9136B12B42B2PQ/1?accountid=37408>.
- BATAINEH, O., AL-HAWARI, T., ALSHRAIDEH, H. y DALALAH, D., 2019. A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea], vol. 25, no. 1, pp. 144-161. ISSN 13552511. DOI 10.1108/JQME-07-2017-0045. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2187589414/fulltextPDF/1F99B64F2A8F42A4PQ/1?accountid=37408>.
- BARRETO, F., C. y POLANCO, J., 2020. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la cortadora de plasma CNC Combirex 4000 de la empresa metalmecánica Idemec S.A* [en línea]. Bogotá: Fundación Universidad De América. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7905/1/4151925-2020-1-IM.pdf>.

BELOHLAVEK, P., 2006. *OEE: Overall Equipment Effectiveness* [en línea]. 1ª edición. Buenos Aires: Blue Eagle Group. [Consulta: 29 septiembre 2021]. ISBN 9871223412. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=gmvnz-ILjGYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación* [en línea]. 3ª edición. Bogotá: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/EI-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.

BİLGİN SARI, E., 2021. Fuzzy Based Failure Mode and Effect Analysis Towards to Risks of Autonomous Maintenance Activities: As a TPM Implementation. *Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review)* [en línea], vol. 17, pp. 17-27. ISSN 1303-099X. DOI 10.21121/eab.873999. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2521122540/fulltextPDF/41ACFDC1120947EBPQ/1?accountid=37408>.

CABEZAS, E., ANDRADE, D. y TORRES, J., 2018. *Introducción a la metodología de la investigación científica* [en línea]. 1ª edición. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ISBN 978-9942-765-44-4. Disponible en: [http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion a la Metodologia de la investigacion científica.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf).

CADENA, P., RENDÓN, R., AGUILAR, J., SALINAS, E. y CRUZ, F., 2017. Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, vol. 8, no. 7, pp. 1603-1617. [Consulta: 27 noviembre 2021]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153520009>.

CANAHUA, N., 2021. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-76. [Consulta: 14 septiembre 2021]. ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v24i1.18402. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n1/1810-9993-idata-24-01-49.pdf>.

CANDRA, N., SUSILAWATI, A., HERISISWANTO y SETIADY, W., 2017. Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Sheeter Machine Performance. *MATEC Web of Conferences* [en línea], vol. 135, pp. 11. ISSN 2261236X. DOI 10.1051/mateconf/201713500028. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2057011361/ACE077B9246C4745PQ/1?accountid=37408>.

- CASTILLO, C. y RODRIGO, J., 2016. *Análisis de la gestión del mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico* [en línea]. Bogotá.: Universidad ECCI. Disponible en: [https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/292/Trabajo de grado?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/292/Trabajo%20de%20grado?sequence=1&isAllowed=y).
- CRUELLES, J.A., 2010. *La teoría de la medición del despilfarro* [en línea]. 2010. 2ª edición. Toledo: Artef. [Consulta: 3 octubre 2021]. ISBN 9788461401116. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=W5f4zsqoMkkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_read#v=onepage&q&f=false.
- CUATRECASAS, L. y TORRELL, F., 2010. *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva* [en línea]. 1ª edición. Barcelona: Profit Editorial. ISBN 9788415330172. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=n5qUDVbPA6wC&printsec=frontcover &hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=n5qUDVbPA6wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- ESEOGHENE, D. y AYOOLA, S., 2020. Sustenance of zero-loss on production lines using Kobetsu Kaizen of TPM with hybrid models. *Total Quality Management and Business Excellence* [en línea], vol. 31, no. 1-2, pp. 112-136. ISSN 14783371. DOI 10.1080/14783363.2017.1415754. Disponible en: <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=150c349f-d962-4812-98bb-de949befae1b%40redis>.
- FARAHANI, A. y TOHIDI, H., 2021. Integrated optimization of quality and maintenance: A literature review. *Computers and Industrial Engineering* [en línea], vol. 151, pp.1-24. [Consulta: 29 septiembre 2021]. ISSN 03608352. DOI 10.1016/j.cie.2020.106924. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835220306082>.
- FAROOQ, M.A., NÓVOA, H., ARAÚJO, A. y TAVARES, S.M.O., 2016. An innovative approach for planning and execution of pre-experimental runs for Design of Experiments. *European Research on Management and Business Economics* [en línea], vol. 22, no. 3, pp. 155-161. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 24448834. DOI 10.1016/j.iedee.2014.12.003. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1135252315000064>.
- GARCÍA PALENCIA, O., 2012. *Gestión moderna del mantenimiento industrial: principios fundamentales* [en línea]. 1ª edición. Bogotá: Ediciones de la U. ISBN 9587623169. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=lyejDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- GARCÍA VÍLCHEZ, E., 2020. Herramientas para la resolución de problemas dentro del "Total Performance Management" (TPM) . *Técnica Industrial: Revista Cuatrimestral de Ingeniería, Industria e Innovación* [en línea], vol. 8, no. 326, pp. 38-45. [Consulta: 16 mayo 2022]. ISSN 00401838. DOI 10.23800/10208. Disponible en: <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=6e2a912c-61d8->

4542-b859-

9a5a06c7fbf6%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=144737215&db=edb.

- GÓMEZ, C., 2011. *Mantenimiento Productivo Total. Una visión global*. [en línea]. 1ª edición. España: s.n. ISBN 9781446745694. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=IPtzAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- HECKLAU, F., KIDSCHUN, F., KOHL, H. y TOMINAJ, S., 2020. Analyzing the role of research and technology organizations (RTOs) in national innovation systems (NIS). *Proceedings of the 16th European Conference on Management Leadership and Governance* [en línea]. Berlin: Academic Conferences International, pp. 95-105. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISBN 9781912764761. DOI 10.34190/ELG.20.057. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.
- HERNÁNDEZ, S. y AVILA, D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, vol. 9, no. 17, pp. 51-53. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678>.
- HERRY, A.P., FARIDA, F. y LUTFIA, N.I., 2018. Performance analysis of TPM implementation through Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. vol. 453, no. 1, pp. 1-9. DOI 10.1088/1757-899X/453/1/012061. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2557199925/8A308033EB0A420EPQ/1?accountid=37408>.
- HOOI, L.W. y LEONG, T.Y., 2017. Total productive maintenance and manufacturing performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea], vol. 23, no. 1, pp. 2-21. ISSN 13552511. DOI 10.1108/JQME-07-2015-0033. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/1870872639/fulltextPDF/C75A8A575CE64090PQ/1?accountid=37408>.
- LOZADA CEPEDA, J., LARA CALLE, R. y BUELE, J., 2021. Maintenance Plan Based on TPM for Turbine Recovery Machinery. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1878, no. 1, pp. 1-13. ISSN 17426596. DOI 10.1088/1742-6596/1878/1/012034. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2540771739/6597CBB00A9E442APQ/1?accountid=37408>.
- MECA VITAL, J. y CAMELLO LIMA, C., 2020. Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Engineering and Management Research* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 142-150. ISSN 23946962. DOI 10.31033/ijemr.10.2.17. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3590948.

- MELLA PIERO, 2021. La Manutención: Función Vital para las Empresas. Introducción a la Total Productive Maintenance. *Economía Aziendale Online 2000 web* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 205-223. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 2038-5498. DOI 10.13132/2038-5498/12.2.205-223. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.
- MOREIRA, A., SILVA, F., CORREIA, A., PEREIRA, T., FERREIRA, L. y DE ALMEIDA, F., 2018. Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 17, pp. 623-630. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2018.10.107. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918312241>.
- MUÑOZ, C., 2015. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 1ª edición. Juárez: Oxford University Press México. ISBN 9780415475976. Disponible en: <https://issuu.com/malurojas19/docs/56-metodologia-de-la-investigacion-carlos-i.-munoz>.
- NALLUSAMY, S., KUMAR, V., YADAV, V., PRASAD, U.K. y SUMAN, S.K., 2018. Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 1027-1038. ISSN 22498001. DOI 10.24247/ijmperdfeb2018123. Disponible en: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Implementation+of+total+productive+maintenance+to+enhance+the+overall+equipment+effectiveness+in+medium+scale+industries.&sid=8093cdbf71742cb0367ec00fb32db51b&st=b&sdt=b&sl=136&s=TITLE-ABS-KEY%28Implementation+of+total+productive+maintenance+to+enhance+the+overall+equipment+effectiveness+in+medium+scale+industries.%29&relpos=1&citeCnt=27&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
- PARDEEP, G. y SACHIT, V., 2016. Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. *International Journal of Production Research* [en línea], vol. 54, no. 10, pp. 2976–2988. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.1080/00207543.2016.1145817. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.
- RANJAN, R. y MISHRA, A., 2016. Evaluation and optimization of overall equipment effectiveness on a pasting machine in a battery manufacturing industry. *International Journal of Performance Engineering* [en línea], vol. 12, no. 6, pp. 503-512. ISSN 09731318. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=21&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.

- REY SACRISTÁN, F., 2001a. *TPM Mantenimiento total de la producción, proceso de implantación y desarrollo*. 1ª edición. Madrid: FC Editorial. ISBN 9788495428493. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- SÁNCHEZ VELÁSQUEZ, O. y ZAVALA ROLDÁN, B., 2019. *Aplicación de la gestión por procesos para aumentar la rentabilidad en ECROMSA S.A.C. – Chimbote 2019* [en línea]. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45418/S%C3%A1nchez_VOG-Zavaleta_RBA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- SINGH, R., GOHIL, A.M., SHAH, D.B. y DESAI, S., 2014. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 51, pp. 592-599. [Consulta: 17 octubre 2021]. ISSN 1877-7058. DOI 10.1016/j.proeng.2013.01.084. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000854>.
- TORRELL, F., CUATRECASAS, L. y OLIVELLA, J., 2021. Factor clave: La particularización del modelo de despliegue del TPM. *DYNA-Ingeniería e Industria* [en línea], vol. 97, no. 3, pp. 229. [Consulta: 16 mayo 2022]. ISSN 0012-736. DOI 10.6036/10323. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=26&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.
- TORTORELLA, G., FOGLIATTO, F., CAUCHICK, P., KURNIA, S. y JURBURG, D., 2021. Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics* [en línea], vol. 240. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 0925-5273. DOI 10.1016/j.ijpe.2021.108224. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527321002000>.
- YANG, D., LIU, C., QUAN, P. y FANG, L., 2020. A systematic approach to determination of permeation enhancer action efficacy and sites: Molecular mechanism investigated by quantitative structure–activity relationship. *Journal of Controlled Release* [en línea], vol. 322, pp. 1-12. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 1873-4995. DOI 10.1016/j.jconrel.2020.03.014. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168365920301668>.

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz Operacional

| Variable | Definición conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|---|---|--|---------------------------|--|--------------------|
| Mantenimiento Total Productivo (TPM) | Es una estrategia compuesta por una secuencia de actividades, la implantación de estas mejoran la competitividad de una empresa, ya que eliminan deficiencias en los sistemas operativos. (Gómez, 2011, p.3). | La metodología TPM se desarrollará teniendo en cuenta el diagnóstico y los 4 pilares más fundamentales para la empresa: Mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y capacitación y entrenamiento. | Diagnóstico | $N^{\circ} \text{ de fallas de equipos y maquinarias}$ $\text{Costo de mantenimiento}$ $\%NCum = \frac{\text{total de órdenes de trabajo a tiempo}}{\text{total de órdenes de trabajo}} \times 100$ $\%Ncum = \% \text{ nivel de cumplimiento de entrega de proyectos}$ | Razón |
| | | | Mejoras enfocadas | $FEFE = \frac{n^{\circ} \text{ de fallas eliminadas}}{n^{\circ} \text{ de fallas detectadas}} \times 100$ $FEFE = \text{Frecuencia de Eliminación de Fallas de Equipos}$ $TPEF = \frac{t' \text{ de plazo de eliminación de falla}}{t' \text{ real de eliminación de falla}} \times 100$ $TPEF = \text{Tiempo Promedio de Eliminación de Falla}$ | Razón |
| | | | Mantenimiento autónomo | $EG5'S = \frac{\sum \text{de calificaciones de las 5'S}}{\text{Puntaje máx. de la evaluación 5'S}} \times 100$ $EG5'S = \text{Evaluación global 5'S}$ | Razón |
| | | | Mantenimiento Planificado | $\%MP = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total de horas de mantenimiento}} \times 100$ $\%MP = \% \text{ Mantenimiento planificado}$ $PMC = \frac{n^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{n^{\circ} \text{ de tareas planificadas}} \times 100$ $PMC = \text{Índice de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo}$ | Razón |

| | | | | | |
|---------------------------------|--|---|--------------------------|--|-------|
| | | | Capacitación y formación | $PECC = \frac{\text{Personal que completa la capacitación}}{\text{Total de personal que requiere capacitac.}} \times 100$ <p><i>PECC= Personal en capacitación</i></p> | Razón |
| Eficiencia General (OEE) | Es una métrica que mide la eficiencia global de equipos integrando la disponibilidad, rendimiento y calidad, influyendo en las líneas de producción de una empresa. (Álvarez y Sanchez, 2015, p. 16) | El aumento de la eficiencia general de la máquina de corte automática se llevará a cabo mediante el mejoramiento de sus indicadores: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. | Disponibilidad | $D = \frac{\text{Tiempo de operación (TO)}}{\text{Tiempo planificado de producción (TPO)}} \times 100$ <p><i>Donde:</i></p> <p><i>TO= TPO – Paradas no Programadas</i></p> <p><i>TPO= Tiempo Total de Trabajo – Tiempo de Paradas Planificadas</i></p> | Razón |
| | | | Rendimiento | $R = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal} \times \text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo de operación}} \times 100$ <p><i>Donde:</i></p> <p><i>Tiempo de ciclo ideal= 1 / Capacidad Nominal</i></p> | Razón |
| | | | Calidad | $C = \frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Total de unidades producidas}} \times 100$ <p><i>Donde:</i></p> <p><i>Unidades conformes= Total de unidades producidas – Unidades defectuosas</i></p> | Razón |

Fuente: Elaboración propia

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de historial de fallas)

Yo, Ana Paula Laos Puente con DNI N° 70203280 con el grado título Profesional de profesión Ing Industrial desempeñándome actualmente como Supervisora de construcciones M. por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | X |
| Amplitud de contenido | | | | X |
| Redacción de los ítems | | | X | |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | | X |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma

DNI 70203280

CIP 266258

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Cronograma de implementación del TPM)

Yo, Ana Paula Loos Puente con DNI N° 70203280 con el grado Título profesional de profesión Ing. Indust. Metal Mecánica desempeñándome actualmente como Supervisor de construcciones M. por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | | X |
| Redacción de los ítems | | | | X |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | | X |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma

DNI 70203280

CIP 266258

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Check List 5'S)

Yo, Ana Paula Laos Puente con DNI N° 70203280 con el grado Titulo profesional de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como Supervisora de construcciones M- por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | X | |
| Redacción de los ítems | | | | X |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma

DNI 70203280

CIP 266258

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de entrega de proyectos)

Yo, Hector Velasquez Trojillo con DNI N° 70307160 con el grado título profesional de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como Jefe de producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | X |
| Amplitud de contenido | | | X | |
| Redacción de los ítems | | | | X |
| Claridad y precisión | | | X | |
| Pertinencia | | | | X |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma

DNI 70307160

CIP 26 81 64

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Formato de programa de mantenimiento preventivo)

Yo, Hector Velásquez Trujillo con DNI N° 70307160 con el grado titulo Profesional de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como JEFE de producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | X |
| Amplitud de contenido | | | | X |
| Redacción de los ítems | | | | X |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma

DNI 70307160

CIP 268164

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de plan de capacitaciones)

Yo, Hector Velásquez Trujillo con DNI N° 70307160 con el grado titulo profesional de profesión Ing. Industrial desempeñándome actualmente como Jefe de producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | X | |
| Redacción de los ítems | | | | X |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



Firma
DNI 70307160
CIP 268164

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de mantenimiento correctivo)

Yo, Ronaldo Ruperto Soto Reyes con DNI N° 7013795 con el grado titulado y colegiado de profesión ingeniero desempeñándome actualmente como Asistente de Producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | ✓ |
| Amplitud de contenido | | | | ✓ |
| Redacción de los ítems | | | ✓ | |
| Claridad y precisión | | | | ✓ |
| Pertinencia | | | | ✓ |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



SOTO REYES RONALDO RUPERTO
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP. N° 257102
Firma
DNI 70137956

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de costos por mantenimiento correctivo)

Yo, Ronaldo Ruperto Soto Reyes con DNI N° 70137956 con el grado titulado y colegiado de profesión ingeniero desempeñándome actualmente como asistente de producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | ✓ |
| Amplitud de contenido | | | ✓ | |
| Redacción de los ítems | | | | ✓ |
| Claridad y precisión | | | | ✓ |
| Pertinencia | | | | ✓ |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021


SOTO REYES RONALDO RUPERTO
INGENIERO INDUSTRIAL
Firma CIP. N° 257102
DNI 70137956

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de evaluación de los factores OEE)

Yo, Ronaldo Ruperto Soto Reyes con DNI N° 70137956 con el grado titulado y colegiado de profesión ingeniero desempeñándome actualmente como asistente de producción por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | ✓ |
| Amplitud de contenido | | | ✓ | |
| Redacción de los ítems | | | | ✓ |
| Claridad y precisión | | | | ✓ |
| Pertinencia | | | | ✓ |

Chimbote, 25 de noviembre del 2021



SOTO REYES RONALDO RUPERTO
INGENIERO INDUSTRIAL

Firma CIP. N° 257102

DNI 70137956

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de costos por mantenimiento preventivo)

Yo, ERIC ALFONSO CANEPA MONTALVO con DNI N° 09850211 con el grado MAGISTER de profesión INGENIERO INDUSTRIAL, desempeñándome actualmente como DOCENTE PARCIAL EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | X | |
| Redacción de los ítems | | X | | |
| Claridad y precisión | | | X | |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 27 de noviembre del 2021



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Firma

DNI 09850211

CIP 205930

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Registro de eliminación de fallas o desperfectos)

Yo, ERIC ALFONSO CANEPA MONTALVO con DNI N° 09850211 con el grado MAGISTER de profesión INGENIERO INDUSTRIAL, desempeñándome actualmente como DOCENTE PARCIAL EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | | X |
| Redacción de los ítems | | X | | |
| Claridad y precisión | | | | X |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 27 de noviembre del 2021



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Firma

DNI 09850211

CIP 205930

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO


(Registro de asistencia de capacitaciones)

Yo, ERIC ALFONSO CANEPA MONTALVO con DNI N° 09850211 con el grado MAGISTER de profesión INGENIERO INDUSTRIAL, desempeñándome actualmente como DOCENTE PARCIAL EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la empresa SIMA S.A. Metal Mecánica.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | | X |
| Amplitud de contenido | | | | X |
| Redacción de los ítems | | X | | |
| Claridad y precisión | | | X | |
| Pertinencia | | | X | |

Chimbote, 27 de noviembre del 2021



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Firma

DNI 09850211

CIP 205930


ANEXO 02: Registro de historial de fallas

|  | HISTORIAL DE FALLAS DE LAS MÁQUINAS Y/O EQUIPOS DE LA PLANTA SIMA S.A. METAL MECÁNICA, CHIMBOTE | | | | |
|---|---|--|---|---------------------------|--------------|
| | AUTOR: | QUESQUÉN POLO YADIRA | | | |
| | FECHA | 30/12/2021 | | | |
| MÁQUINA Y/O EQUIPO | FECHA | DETALLE DE FALLA | ÁREA | | DURACIÓN (h) |
| | | | SOLICITÓ | EJECUTÓ | |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 7/09/2021 | -Cambio de bomba | Taller Habilitado | Taller Mecánico | 12 |
| | | -Cambio de ups | | Taller Eléctrico | 8 |
| Montacargas CAT DP 70 | 10/09/2021 | -Cambio de claxon | Taller Maniobras | Taller Mecánico | 8 |
| | | -Cambio de frenos | | Taller Eléctrico | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 11/09/2021 | -Cambio de rodajes | Servicios Generales | Taller Mecánico | 9 |
| | | -Cambio de antorcha | Taller Habilitado | | 4 |
| | | -Condensador de compresor y mangueras | Jefatura de División de Mantenimiento y Servicios | | 4 |
| Roladora Dorstener | 13/09/2021 | -Guías de rodillos | Pañol de Herramientas | Taller Mecánico | 8 |
| Grúa Pte.30T | 15/09/2021 | -Reparación estructural | Taller Habilitado | Taller calderería liviana | 40 |
| | | -Recorrido sistema mecánico | | Taller mecánico | 10 |
| | | -Recorrido sistema eléctrico | | Taller eléctrico | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 15/09/2021 | -Cambio de resistencias | Taller Habilitado | Taller eléctrico | 5 |
| | | -Reparación de fuente refrigerante | | Taller Mecánico | 9 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 17/09/2021 | -Cambio de filtros | Jefatura de División de Mantenimiento y servicios | Taller Mecánico | 9 |
| | | -Cambio de válvulas | | | 5 |
| Máquina soldar con control digital Nelson | 20/09/2021 | -Reparación de sistema | Taller Soldadura mecánica | Taller eléctrico | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 22/09/2021 | Distribuidor de refrigerante | Jefatura de División de Mantenimiento y servicios | Taller Mecánico | 6 |
| | | Tubería de refrigerante | | | 4 |
| Taladro radial KOLB | 27/09/2021 | -Reparación del carro de banda | Taller Mecánico | Taller Mecánico | 8 |
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | 1/10/2021 | -Cambio de contactores | Taller Mecánico | Taller eléctrico | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | 3/10/2021 | -Cambio de componentes antorcha de corte | Taller Habilitado | Taller mecánico | 5 |
| | | Errores en panel de control | | | 4 |
| Taladro radial KOLB | 6/10/2021 | Reparación de motor | Taller Mecánico | Taller Mecánico | 13 |
| Montacargas CAT DP 70 | 6/10/2021 | -Reparación del sistema de frenos | Taller Maniobras | Taller Mecánico | 6 |
| | | -Sistema de arranque | | | 4 |

| | | | | | |
|---|------------|--|---|--------------------|----|
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 10/10/2021 | -Manguera de compresor y pantalla de consola de visión | Taller Habilitado | Taller eléctrico | 7 |
| Comprensora Estacionaria Joy/123337 | 17/10/2021 | -Cambio de filtros | Taller tratamiento de superficies MM-X9 | Taller mecánico | 8 |
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | 20/10/2021 | -Sistema de control | Taller eléctrico | Taller eléctrico | 4 |
| | | -Reparación del motor | Taller Mecánico | Taller Mecánico | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 25/10/2021 | -Cambio de mangueras, válvulas de mani | Taller Habilitado | Taller mecánico | 8 |
| Grúa Pte.30T | 28/10/2021 | -Cambio de bandas de frenos | Calderería | Servicio externo | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 7/11/2021 | -Reparación de fuente refrigerante | Taller Habilitado | Taller eléctrico | 8 |
| | | -Cambio de dispositivos de la consola de gases | | Taller mecánico | 5 |
| Roladora | 10/11/2021 | -Cambio de bomba | Taller mecánico | Taller mecánico | 10 |
| | | -Reparación y/o cambios de rodillos | | | 8 |
| Comprensora Estacionaria Joy/123337 | 10/11/2021 | -Chequeo de válvulas | Granallado | Taller eléctrico | 5 |
| | | -Arranque de motor | | | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 15/11/2021 | -Reparación de accesorios vías de rodadura | Taller Habilitado | Taller mecánico | 10 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 20/11/2021 | -Cambio de manómetro de caja de gases | Taller Habilitado | Taller mecánico | 3 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 25/11/2021 | -Cambio de pulsadores para encendido de accesorios | Taller Habilitado | Taller Electrónico | 5 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 7/12/2021 | -Cambio de caja de control de gases | Taller Habilitado | Servicio externo | 8 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 18/12/2021 | -Cambio de fusibles en la caja plasma | Taller Habilitado | Servicio externo | 5 |
| | | -Cambio de resistencia de 3K OHM | | | 4 |
| Roladora | 25/12/2021 | Reparación de accesorios mecánicos | Taller mecánico | Taller mecánico | 15 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 29/12/2021 | Cambio de contactores | Taller Habilitado | Taller eléctrico | 5 |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

Anexo 03: Registros de costo de mantenimiento

|  | COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2021 | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------|---|-----------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| MAQUINARIA Y/O EQUIPO | ACTIVIDAD | TIEMPO (h) | PERIODO | MATERIAL | PERSONAL | COSTO MATERIAL (s/) | COSTO H-H (s/) | COSTO TOTAL (s/) |
| Cepillo Horizontal | REVISIÓN DE TANQUE | 5 | Tetramensual | Aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 1 | 200 | 7 | 705 |
| | PORTA HERRAMIENTAS | 2 | | Aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 1 | 148,45 | 7 | 487,35 |
| | RIEL TRANSVERSAL, COJINETE Y SOPORTE DE MESA | 3 | | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 2 | 199,23 | 7 | 660,69 |
| | CAJA PRINCIPAL, VELOCIDAD Y MESA | 7 | Anual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 4 | 97,43 | 7 | 146,43 |
| | AJUSTE DE TUERCAS Y TORNILLOS | 3 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 3 | 60,34 | 7 | 244,02 |
| | SISTEMA DE CONTROL Y AISLAMIENTO DE MOTORES | 6 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Eléctrico 1 | 207,27 | 7 | 747,81 |
| Comprensora estacionaria | INSPECCION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION | 12 | Trimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Mecánico 2 | 220,43 | 7 | 1217,72 |
| | FILTRO DE AIRE Y ACEITE | 10 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN Aceite móvil DTE 103, Paño absorbente reutilizable, Filtro para aceite P-50 | Mecánico 1 | 135,65 | 7 | 205,65 |
| | MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE VÁLVULAS Y AISLAMIENTO DEL MOTOR | 8 | Trimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Cinta Cambrick de 3/4 x 18.3 MT N-2520, Cinta plástica de 3/4 - Tecno fan | Eléctrico 2 | 524,64 | 7 | 2322,56 |
| | RECORRIDO MOTOR ELÉCTRICO Y VENTILADOR | 12 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Lija para fierro #1 - 80, Lija para agua #320, Barniz aislante THERM-O-CLAD transparente, brocha. | Eléctrico 3 | 117,75 | 7 | 201,75 |

| | | | | | | | | |
|---|---|----|--------------|---|---------------|--------|---|---------|
| Grúa PTE.30T | LIMPIEZA, LUBRICACIÓN DE RODAJES DE CAJA REDUCTORA | 10 | Bimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Petróleo diessel #2 | Mecánico 2 | 201,96 | 7 | 1631,76 |
| | CAMBIO ACEITE REDUCTORES | 12 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Waype corriente, Petróleo diessel #2 | Mecánico 3 | 99,76 | 7 | 183,76 |
| | MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN DE TAMBOR Y CABLES DEL WINCHE | 12 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Waype corriente, Petróleo diessel #2 | Mecánico 2 | 456,34 | 7 | 540,34 |
| | MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL | 9 | Bimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Contactor Siemens 3TF-48-22-0A C/BOBINA220V, Faja en V 9.5 x 710mm, Cinta plástica de 3/4 - Tecno fan, Escobilla carbón cobreado 9 x 25 x 26 mm, Lija para agua #320. | Mecánico 3 | 997,45 | 7 | 6362,7 |
| | MANTENIMIENTO Y REGADO DE MOTORES | 10 | Tetramensual | Cinta plástica de 3/4 - Tecno fan, Cinta Cambrick de 3/4 x 18.3 MT N- 2520, Lija para agua #320, Escobilla carbón semiduro 10 x 20 x 30 mm. | Eléctrico 2 | 1036,5 | 7 | 3319,5 |
| | REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS | 11 | Trimestral | Paño de limpieza ultra resistente, bencina rectificada, limpiador de contactos para circuitos electrónicos. | Eléctrico 1 | 495,92 | 7 | 2291,68 |
| Maquina soldar con control digital Nelson | MANTENIMIENTO DE RODILLOS Y GUÍAS | 6 | Trimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Waype corriente, Petróleo diessel #2 | Mecánico 3 | 100 | 7 | 568 |
| | MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL LUBRICACIÓN, CHUMACERAS, RODAMIENTOS Y PUÑON | 8 | Bimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Waype corriente, Petróleo diessel #2 | Mecánico 1 | 88,3 | 7 | 865,8 |
| | CAMBIO DE ACEITE DE CAJA REDUCTORA | 2 | Anual | Paño de limpieza ultra resistente, trapo industrial, solvente dieléctrico, Aceite móvil DTE 26. | Mecánico 2 | 150,5 | 7 | 164,5 |

| | | | | | | | | |
|--|--|----|----------------|---|-------------|--------|---|---------|
| Roladora | CAMBIO ACEITE CAJAS REDUCTORES INFERIORES Y SUPERIOR | 3 | Semestralmente | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, Trapo industrial selecto, Aceite molibule HD-090 | Mecánico 3 | 200 | 7 | 442 |
| | CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | 5 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Eléctrico 1 | 589,89 | 7 | 1874,67 |
| Rola hidráulica tres cilindros DORSTENE R/S/SE | INSPECCIÓN Y AJUSTES SISTEMAS DESPLAZAMIENTO O RODILLOS BASCULANTE | 9 | Trimestral | Paño de limpieza ultra resistente, Grasa múltiple E/P 2, Petróleo diessel #2, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Mecánico 3 | 455,23 | 7 | 2072,92 |
| | CAMBIO ACEITE CAJAS REDUCTORES INFERIORES Y SUPERIOR | 8 | Semestralmente | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, Trapo industrial selecto, Aceite molibule HD-090 | Mecánico 2 | 231 | 7 | 574 |
| | MANTENIMIENTO GENERAL DE BOMBAS, ELECTROVALVULA | 12 | Semestralmente | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, Trapo industrial selecto, Aceite molibule HD-090, Grasa múltiple E/P 2 | Mecánico 3 | 132,98 | 7 | 433,96 |
| | CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | 8 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Eléctrico 2 | 213 | 7 | 807 |
| | RECORRIDO MOTOR | 7 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Lija para fierro #1 – 80, Lija para agua #320, Barniz aislante THERM-O-CLAD transparente, brocha. | Eléctrico 3 | 101,23 | 7 | 150,23 |
| | REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUPITRE DE MANDO Y CONTROL | 8 | Trimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO | Eléctrico 3 | 99,678 | 7 | 622,712 |
| | MANTENIMIENTO, INSPECCIÓN SISTEMAS Y LUBRICACIÓN | 6 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Grasa múltiple E/P 2, Petróleo diessel #2, Solvente dieléctrico, Aceite móvil DTE 26. | Mecánico 3 | 123,98 | 7 | 497,94 |
| Taladro radial | CAMBIO ACEITE PARA CAJA ENGRANAJES | 8 | Semestralmente | Paño de limpieza ultra resistente, trapo industrial, solvente dieléctrico, Aceite móvil DTE 26. | Mecánico 2 | 143,98 | 7 | 399,96 |
| | MANTENIMIENTO GENERAL DE BOMBA | 9 | Anual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, Trapo industrial selecto, Aceite molibule HD-090. | Mecánico 1 | 199,67 | 7 | 262,67 |

| | | | | | | | | |
|--|---|----|----------------|---|-------------|--------|---|---------|
| | CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | 10 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN. | Eléctrico 2 | 124 | 7 | 582 |
| Montacargas CAT DP 70 | MANTENIMIENTO SISTEMAS: FRENSOS, DIRECCIÓN | 8 | Bimestral | Aceite anticongelante refrigerante móvil, Grasa múltiple E/P 2 | Mecánico 3 | 125,98 | 7 | 1091,88 |
| | CAMBIO FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR | 5 | Bimestral | Filtro de aceite, Aceite mobil delvac MX 15W-40, Aceite móvil DTE 26 | Mecánico 4 | 121,98 | 7 | 941,88 |
| | CAMBIO DE FILTRO DE PETRÓLEO, ENGRASE GENERAL | 8 | Tetramensual | Filtro P/Petróleo LPF 511 PUROLA-TOR, Petróleo Diessel #2, Grasa Múltiple E/P 2 | Mecánico 2 | 231,78 | 7 | 863,34 |
| | MANTENIMIENTO DE BOMBA DE INYECCIÓN | 11 | Anual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN | Mecánico 1 | 154,87 | 7 | 231,87 |
| | CAMBIO DE FILTRO DE AIRE | 4 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN | Mecánico 1 | 135,98 | 7 | 491,94 |
| | MANTENIMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | 8 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN | Mecánico 4 | 172,07 | 7 | 684,21 |
| | CAMBIO DE ACEITE SISTEMA HIDRÁULICO | 4 | Anual | Aceite hidráulico Mobil trans HD 10w | Mecánico 3 | 125,22 | 7 | 153,22 |
| | CHEQUEO DEL SISTEMA DE CONTROL, ARRANQUE Y CARGA | 7 | Bimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, Cinta plástica de 3/4 - Tecno fan | Eléctrico 3 | 105,98 | 7 | 929,88 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | INSPECCION Y/O MANTENIMIENTO DE ACCESORIOS MECANICOS | 14 | Tetramensual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN Aceite móvil DTE 103 | Mecánico 1 | 356,66 | 7 | 1363,98 |
| | INSPECCION DE MOTORES | 8 | Semestralmente | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Lija para fierro #1 – 80, Lija para agua #320, Barniz aislante THERM-O-CLAD transparente, brocha. | Mecánico 2 | 123 | 7 | 358 |
| | CAMBIO DE ACEITE | 5 | Semestralmente | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Waype corriente, Petróleo diessel #2 | Mecánico 3 | 101,98 | 7 | 273,96 |
| | CAMBIO DE FILTRO | 5 | Tetramensual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN Aceite móvil DTE 103, Paño absorbente reutilizable, Filtro para aceite P-50 | Mecánico 3 | 97,67 | 7 | 398,01 |

| | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|---|-------------|--------|---|---------|-----------|
| INSPECCION Y/O MANTENIMIENTO DE MANGUERAS, CONEXIONES, VALVULAS | 9 | Semestralment e | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, mangueras, cables, válvulas | Mecánico 2 | 456,7 | 7 | 1039,4 | |
| VERIFICAR DESPLAZAMIENTO DE GASES | 4 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, | Mecánico 1 | 67 | 7 | 285 | |
| CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DEL COMPRESOR | 8 | Anual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN Aceite móvil DTE 103, Paño absorbente reutilizable, Filtro para aceite P-50 | Mecánico 2 | 109,67 | 7 | 165,67 | |
| INSPECCION DEL SECADOR | 7 | Semestralment e | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN | Mecánico 2 | 123 | 7 | 344 | |
| VERIFICAR ALINEACION DE ELEMENTOS | 5 | Bimestral | | Mecánico 3 | 80,23 | 7 | 691,38 | |
| CHEQUEO DE SISTEMA REFRIGERANTE | 7 | Trimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN, filtro, refrigerante H coolant solution 028872 | Eléctrico 1 | 234 | 7 | 1132 | |
| CHEQUEO DE RESISTENCIA DE POZO A TIERRA | 7 | Anual | Lija para agua #320, terminal de cobre presión a tornillo de 300 AMP | Eléctrico 2 | 67,98 | 7 | 116,98 | |
| CHEQUEO DE FUENTE PLASMA, DISPOSITIVOS DE CAJA DE GASES | 6 | Trimestral | Trapo industrial selecto, bencina rectificada, limpiador de contactos para circuitos electronicos, protector de circuitos integrados. | Eléctrico 1 | 600,76 | 7 | 2571,04 | |
| INSPECCION DE MOTORES | 8 | Tetramensual | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO, Lija para fierro #1 – 80, Lija para agua #320, Barniz aislante THERM-O-CLAD transparente, brocha. | Eléctrico 3 | 154 | 7 | 630 | |
| MANTENIMIENTO UPS | 8 | Bimestral | Bencina rectificada, trapo industrial | Eléctrico 4 | 210 | 7 | 1596 | |
| INSPECCION DE SENSORES | 6 | Tetramensual | Paño de limpieza ultra resistente, bencina rectificada, trapo industrial | Eléctrico 1 | 107,99 | 7 | 449,97 | |
| TOTAL | | | | | | | | 49162,202 |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

Anexo 04: Procedimientos de las actividades preventivas de las maquinarias y/o equipos de SIMA Metal Mecánica.

| PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES PREVENTIVAS DE LAS MAQUINARIAS Y/O EQUIPOS DE SIMA METAL MECÁNICA | |
|--|---|
| CEPILLADORA | |
| TANQUE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se revisa el aceite que se encuentra en el tanque. ✓ Se procede a rellenar el aceite. ✓ Se chequea que la distribución del aceite sea proporcional en el tanque. |
| PORTA HERRAMIENTAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a lubricar las partes del porta herramientas para una correcta posición de la herramienta y su movimiento: superficie deslizante y tornillo de avance. |
| RIEL TRANSVERSAL, COJINETE Y SOPORTE DE MESA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ En primer lugar, se procede a limpiar las superficies deslizantes de estas partes (rodamientos lineales de bolas y de los rodillos) con un paño de limpieza ultra resistente y solvente. ✓ Se procede a lubricar las partes. ✓ Se chequea la distribución del aceite. |
| CAJA PRINCIPAL, VELOCIDAD Y MESA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las piezas mecánicas de la caja (ruedas dentadas), para ello se emplea una franela. ✓ Se procede a chequear el sistema de velocidad (fajas). ✓ Se lubrican los desplazamientos. |
| AJUSTE DE TUERCAS Y TORNILLOS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ En primer lugar, se procede a chequear el estado y posición de las tuercas. ✓ Se procede a ajustarlas. |
| SISTEMA DE CONTROL Y AISLAMIENTO DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear el estado de los componentes (bujías, bobina, arranque, batería, alternador, distribuidor, regulador de voltaje, amperímetro, interruptor de arranque, cable de masa, etc.). ✓ Se realizan los arreglos al sistema y motor. |
| COMPRESORA ESTACIONARIA | |
| INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los elementos del sistema de refrigeración para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan ajustes en el: radiador, válvula termostática, manguitos, bomba de agua, depósito de agua y ventilador. |
| FILTRO DE AIRE Y ACEITE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el filtro para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se cambia el filtro. ✓ Se procede a vaciar los residuos del aceite anterior y se procede a cambiar el aceite. ✓ Se absorben impurezas. |
| MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE VÁLVULAS Y AISLAMIENTO DEL MOTOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las válvulas y sus componentes, para ello se emplea un paño, solvente, de modo que se gestione la entrada y salida de aire. ✓ Se procede a chequear el motor. ✓ Se realizan ajustes de aislamiento en el motor, para ello se emplea las cintas que son resistentes a la abrasión y perforación. |


| | |
|--|---|
| RECORRIDO MOTOR ELÉCTRICO Y VENTILADOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las partes del motor eléctrico (bujías, bobina, arranque, batería, alternador, distribuidor, regulador de voltaje, amperímetro, interruptor de arranque, cable de masa, etc.) y ventilador para ello se emplea trapo industrial, solvente. ✓ Se procede a chequear el motor. ✓ Se lijan óxidos presentes en algún componente del motor. ✓ Limpiar impurezas. ✓ Se realiza el recubrimiento de aislantes: transformadores y bobinas |
| GRÚA PTE.30T | |
| LIMPIEZA, LUBRICACIÓN DE RODAJES DE CAJA REDUCTORA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los rodajes (engranajes, trenes de engranaje) para ello se emplea trapo industrial, solvente y solvente. ✓ Se procede a chequear los rodajes (engranajes, rotación, cojinete). ✓ Lubricación rodajes de caja reductora |
| CAMBIO ACEITE REDUCTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el exterior de los reductores para ello se emplea trapo industrial, waype, solvente. ✓ Se procede a chequear el reductor. ✓ Se procede a cambiar aceite del reductor vaciando de las sobras que aun contiene y realizando el llenado. ✓ Se revisa la circulación del aceite. |
| MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN DE TAMBOR Y CABLES DEL WINCHE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el tambor y winche neumático(cables) para ello se emplea trapo industrial, solvente. ✓ Se procede a lubricar los engranajes del motor. ✓ Se procede a cambiar aceite del motor del tambor, caja y discos. ✓ Se revisa la circulación del aceite. |
| MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes eléctricos del tablero, barras de alimentación, contacto dieléctrico, para ello se emplea trapo industrial, solvente. ✓ Se procede a verificar el tablero: caja, capacidad térmica, cables, contacto eléctrico, dieléctrico, etc. ✓ Se procede a realizar los ajustes(componentes), se emplea cintas para arreglos. |
| MANTENIMIENTO Y REGADO DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes eléctricos del motor, para ello se emplean algunos materiales. ✓ Se procede a verificar los amperajes. ✓ Se procede a realizar los ajustes(componentes), se emplea cintas para arreglos. |
| REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las tarjetas electrónicas para ello se emplea paño industrial, limpiador de contactos. ✓ Se procede a chequear estado del voltaje de los componentes ✓ Se realizan los ajustes a estos componentes eléctricos y se emplean algunos materiales. |
| MÁQUINA SOLDAR CON CONTROL DIGITAL NELSON | |
| MANTENIMIENTO DE RODILLOS Y GUÍAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los rodillos y las guías de la maquinaria para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan los arreglos que se requieren. |
| MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL LUBRICACIÓN, RODAMIENTOS Y PUÑÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a revisar el estado de la estructura, rodamientos y puñón. ✓ Se lubrican las partes de los rodamientos de la maquinaria para ello se emplea el aceite recomendado. ✓ Se procede a chequear la lubricación realizada. |
| CAMBIO DE ACEITE DE CAJA REDUCTORA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el interior y exterior de las cajas. ✓ Se procede a vaciar el aceite anterior. ✓ Se procede a realizar el llenado del aceite. ✓ Se verifica el desplazamiento del aceite. |

| ROLADORA | |
|--|---|
| CAMBIO ACEITE CAJAS REDUCTORES INFERIORES Y SUPERIOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el interior y exterior de las cajas. ✓ Se procede a vaciar el aceite anterior. ✓ Se procede a realizar el llenado del aceite. ✓ Se verifica el desplazamiento del aceite. |
| CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan los arreglos al sistema y motor |
| ROLA HIDRÁULICA TRES CILINDROS DORSTENER/S/SE | |
| INSPECCIÓN Y AJUSTES SISTEMAS DESPLAZAMIENTO RODILLOS BASCULANTE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el sistema de desplazamiento (rodillos, rodamientos). ✓ Se procede a chequear estado de los engranajes. ✓ Se realizan los ajustes a este sistema y se emplean algunos materiales. |
| CAMBIO ACEITE CAJAS REDUCTORES INFERIORES Y SUPERIOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el interior y exterior de las cajas. ✓ Se procede a vaciar el aceite anterior. ✓ Se procede a realizar el llenado del aceite. |
| MANTENIMIENTO GENERAL DE BOMBAS, ELECTROVALVULA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar piezas de la bomba (cojinete, estator, rotor, rodete, etc.) y electroválvulas. ✓ Se procede a verificar las piezas. ✓ Se procede a realizar los ajustes y se emplean algunos materiales. |
| CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan los arreglos al sistema y motor. |
| RECORRIDO MOTOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las partes del motor, para ello se emplea trapo industrial, solvente. ✓ Se procede a chequear el motor. ✓ Se lijan óxidos presentes en algún componente del motor. ✓ Limpiar impurezas ✓ Se realiza el recubrimiento de aislantes: transformadores y bobinas |
| REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUPITRE DE MANDO Y CONTROL | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes (pantalla táctil, autómeta programable, bornero libre de tensión, relés de maniobra, interruptores automáticos resistencia de caldeo), se emplea trapo industrial, solvente dieléctrico. ✓ Se procede a chequear el estado de estos. ✓ Se realizan ajustes. |
| TALADRO RADIAL KOLB/76001 KOLB/76002 | |
| MANTENIMIENTO, INSPECCIÓN SISTEMAS Y LUBRICACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el brazo del taladro en donde se encuentra el motor y la cabeza (caja de engranajes), se emplea trapo industrial, solvente dieléctrico. ✓ Se procede a chequear el estado de estos. ✓ Se realizan ajustes. ✓ Se procede a lubricar las piezas |
| CAMBIO ACEITE PARA CAJA ENGRANAJES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el exterior de la caja, se emplea trapo industrial, paño de limpieza, solvente dieléctrico. ✓ Se procede a realizar el vaciado de aceite. ✓ Se realiza el llenado de aceite. ✓ Se chequea la circulación del aceite. |

| | |
|--|---|
| MANTENIMIENTO GENERAL DE BOMBA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar piezas de la bomba (cojinete, estator, rotor, rodete, etc.). ✓ Se procede a verificar las piezas. ✓ Se procede a realizar los ajustes y se emplean algunos materiales. |
| CHEQUEO DE AISLAMIENTO DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del sistema y del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan los arreglos al sistema y motor. |
| RECORRIDO MOTOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar las partes del motor, para ello se emplea trapo industrial, solvente. ✓ Se procede a chequear el motor. ✓ Se lijan óxidos presentes en algún componente del motor. ✓ Limpiar impurezas ✓ Se realiza el recubrimiento de aislantes: transformadores y bobinas |
| MONTACARGAS CAT DP 70 | |
| MANTENIMIENTO SISTEMAS: FRENOS, DIRECCIÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede verificar el estado de los neumáticos y las piezas del sistema de dirección: extremos de dirección, bujes de guía de la barra, piñón. ✓ Se procede a cambiar lo que está fallando en el sistema. ✓ Se lubrican las piezas. |
| CAMBIO FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede buscar el tapón para poder vaciar el aceite del motor. ✓ Se procede a cambiar el filtro. ✓ Se realizan ajustes manuales al filtro. ✓ Se cambia el aceite |
| CAMBIO DE FILTRO DE PETRÓLEO, ENGRASE GENERAL | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede buscar el tapón para poder vaciar el aceite del motor. ✓ Se procede a cambiar el filtro. ✓ Se realizan ajustes manuales al filtro. ✓ Se cambia el petróleo ✓ Engrasar sistema |
| MANTENIMIENTO DE BOMBA DE INYECCIÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede limpiar las piezas móviles, para ello se emplea un paño de limpieza y solvente. ✓ Se procede a cambiar el filtro. ✓ Se lubrican todas las piezas móviles de la bomba. |
| CAMBIO DE FILTRO DE AIRE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a buscar el filtro, el cual se encuentra ubicado por el colector de la admisión de motor. ✓ Se procede a cambiar el filtro. ✓ Se realizan ajustes manuales al filtro. |
| MANTENIMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede verificar las mangueras, abrazadera y faja. ✓ Se procede a cambiar los elementos. |
| CAMBIO DE ACEITE SISTEMA HIDRÁULICO | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a vaciar el aceite anterior. ✓ Se procede a cambiar el aceite. |
| CHEQUEO DEL SISTEMA DE CONTROL, ARRANQUE Y CARGA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede verificar las conexiones, caída potencial, voltaje. ✓ Se procede a realizar ajustes en conexiones empleando algunos materiales. |
| MANTENIMIENTO DE ARRANCADOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los elementos: carbones, puente rectificador, rotor. ✓ Se procede a cambiar los elementos y ajustarlos. |

| MAQUINA DE CORTE AUTOMATICA CNC ESAB SUPRARREX | |
|---|---|
| INSPECCION Y/O MANTENIMIENTO DE ACCESORIOS MECANICOS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el estado de los accesorios mecánicos. ✓ Se realizan los cambios que se requieren. Se verifican los ajustes |
| INSPECCION DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. Se realizan los arreglos al sistema y motor. |
| CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el filtro para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se cambia el filtro. ✓ Se procede a vaciar los residuos del aceite anterior y se procede a cambiar el aceite. Se absorben impurezas. |
| INSPECCION Y/O MANTENIMIENTO DE MANGUERAS, CONEXIONES, VALVULAS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el estado de las mangueras y las conexiones con las válvulas. ✓ Se realizan los cambios pertinentes. Se verifican los ajustes realizados en las mangueras, válvulas y sus conexiones. |
| VERIFICAR DESPLAZAMIENTO DE GASES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el desplazamiento de los gases de los 2 tipos de corte (plasma y oxiacorte). ✓ Se verifica el transporte de los gases a sus antorchas respectivas. Se realizan pruebas. |
| CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DEL COMPRESOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar el filtro del compresor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se cambia el filtro. ✓ Se procede a vaciar los residuos del aceite anterior y se procede a cambiar el aceite. Se absorben impurezas. |
| INSPECCION DEL SECADOR | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar los componentes principales del secador. ✓ Se realizan los cambios pertinentes. Se verifican los ajustes realizados. |
| VERIFICAR ALINEACION DE ELEMENTOS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar la alineación de los elementos de corte (posición de la estructura de las antorchas de corte) ✓ Se verifica el estado de las tuercas. Se realizan cambios o ajustes necesarios. |
| CHEQUEO DE SISTEMA REFRIGERANTE | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el nivel del líquido refrigerante. ✓ Se verifica la distribución de este a las antorchas. Se verifica su redistribución. |
| CHEQUEO DE RESISTENCIA DE POZO A TIERRA | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar todas las conexiones de pozo a tierra que relacione a la maquinaria y sus componentes. |
| CHEQUEO DE FUENTE PLASMA, DISPOSITIVOS DE CAJA DE GASES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el estado de los componentes eléctricos de la caja plasma, los dispositivos de la consola de gases. ✓ Se realizan los cambios pertinentes de repuestos. Se verifican los ajustes. |
| INSPECCION DE MOTORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a limpiar los componentes del motor para ello se emplea un paño, solvente. ✓ Se procede a chequear su estado. ✓ Se realizan los arreglos al sistema y motor. |
| MANTENIMIENTO UPS | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a verificar el software. ✓ Se realiza el mantenimiento. |
| INSPECCION DE SENSORES | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se procede a realizar pruebas de sensores en situaciones de emergencias. ✓ Se realizan los ajustes necesarios y se verifica. |


ANEXO 05: Registro de costos por mantenimiento correctivo

|  | | COSTOS POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | | | |
|---|--------------|--|--|------------|------------------------|---|
| MÁQUINA Y/O EQUIPO | FECHA | DETALLE DE FALLA | COSTO TOTAL DE MATERIALES (S/.) | H-H | COSTO H-H (S/.) | COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO (S/.) |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 07/09/2021 | -Cambio de bomba | 3059,67 | 15 | 7 | 3164,67 |
| | | -Cambio de ups | 1821,94 | 8 | 7 | 1877,94 |
| Montacargas CAT DP 70 | 10/09/2021 | -Cambio de claxon | 220,13 | 8 | 7 | 276,13 |
| | | -Cambio de frenos | 289 | 8 | 7 | 345 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 11/09/2021 | -Cambio de rodajes | 5110,32 | 16 | 7 | 5222,32 |
| | | -Cambio de antorcha | 18039,21 | 4 | 7 | 18067,21 |
| | | Condensador de compresor y mangueras | | 6 | 7 | 498,98 |
| Roladora Dorstener | 13/09/2021 | -Guías de rodillos | 230,06 | 8 | 7 | 286,06 |
| Grúa Pte.30T | 15/09/2021 | -Reparación estructural | 1496 | 40 | 7 | 1776 |
| | | -Recorrido sistema mecánico | 2128,18 | 10 | 7 | 2198,18 |
| | | -Recorrido sistema eléctrico | 8418,98 | 8 | 7 | 8474,98 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 15/09/2021 | -Cambio de resistencias | 296,8 | 5 | 7 | 331,8 |
| | | -Reparación de fuente refrigerante | 2903,43 | 9 | 7 | 2966,43 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 17/09/2021 | -Cambio de filtros | 92,62 | 10 | 7 | 162,62 |
| | | -Cambio de válvulas | 567 | 5 | 7 | 602 |
| Maquina soldar con control digital Nelson | 20/09/2021 | -Reparación de sistema | 16184,01 | 8 | 7 | 16240,01 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 22/09/2021 | - Distribuidor de refrigerante | 1234 | 9 | 7 | 1297 |
| | | - Tubería de refrigerante | 979 | 4 | 7 | 1007 |
| Taladro radial KOLB | 27/09/2021 | -Reparación del carro de banda | 1669,92 | 8 | 7 | 1725,92 |
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | 01/10/2021 | -Cambio de contactores | 237,17 | 8 | 7 | 293,17 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 03/10/2021 | -Cambio de antorcha de corte | 10456,78 | 5 | 7 | 10491,78 |
| | | Errores de panel de control | 345 | 4 | 7 | 373 |
| Taladro radial KOLB | 06/10/2021 | -Reparación de motor | 2134,01 | 13 | 7 | 2225,01 |

| | | | | | | |
|---|------------|--|------------------|----|---|----------|
| Montacargas CAT DP 70 | 06/10/2021 | -Reparación del sistema de frenos | 325 | 6 | 7 | 367 |
| | | -Sistema de arranque | 267 | 4 | 7 | 295 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 10/10/2021 | - Manguera de compresor | 10830 | 10 | 7 | 10900 |
| | | pantalla de consola de visión | 765 | 5 | 7 | 800 |
| Compresora Estacionaria Joy/123337 | 17/10/2021 | -Cambio de filtros | 979,67 | 8 | 7 | 1035,67 |
| Cepillo Horizontal KLOPP/64083 | 20/10/2021 | -Sistema de control | 432 | 4 | 7 | 460 |
| | | -Reparación del motor | 2334,89 | 8 | 7 | 2390,89 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 25/10/2021 | - Cambio de mangueras | 8546 | 10 | 7 | 8616 |
| | | válvulas de mani | 345 | 5 | 7 | 380 |
| Grúa Pte.30T | 28/10/2021 | -Cambio de bandas de frenos | SERVICIO EXTERNO | | | 987,99 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 07/11/2021 | -Reparación de fuente refrigerante | 3567 | 8 | 7 | 3623 |
| | | -Cambio de dispositivos de la consola de gases | 956,97 | 5 | 7 | 991,97 |
| Roladora | 10/11/2021 | -Cambio de bomba | 1235 | 10 | 7 | 1305 |
| | | -Reparación y/o cambios de rodillos | 2325,89 | 8 | 7 | 2381,89 |
| Compresora Estacionaria Joy/123337 | 10/11/2021 | -Chequeo de válvulas | 1234 | 5 | 7 | 1269 |
| | | -Arranque de motor | 21573,98 | 8 | 7 | 21629,98 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 15/11/2021 | -Reparación de accesorios vías de rodadura | 1821,94 | 10 | 7 | 1891,94 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 20/11/2021 | -Cambio de manómetro de caja de gases | 10415,49 | 8 | 7 | 10471,49 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 25/11/2022 | -Cambio de pulsadores para encendido de accesorios | 43,47 | 8 | 7 | 99,47 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 07/12/2021 | -Cambio de caja de control de gases. | SERVICIO EXTERNO | | | 15234,43 |
| | | -Cambio de fusibles en la caja plasma. | | | | 560 |
| | | -Cambio de resistencias | | | | 567,97 |
| Roladora | 25/12/2021 | Reparación de accesorios mecánicos | 2403,64 | 15 | 7 | 2508,64 |
| Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | 29/12/2021 | Cambio de contactores | 239 | 5 | 7 | 274 |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

ANEXO 06: Registro de entrega de proyectos

|  | | EVALUACIÓN DE ENTREGA DE PROYECTOS | | | | | |
|---|--------------|---|-----------------|------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| OT | PROYECTO | CLIENTE | FECHA DE INICIO | FECHA DE TÉRMINO PLANIFICADA | FECHA DE TÉRMINO REAL | ENTREGA A TIEMPO | ENTREGA FUERA DE TIEMPO |
| 002-567 | Colunga | Gobierno de Arequipa | 05/04/2020 | 09/09/2021 | 09/09/2021 | 1 | |
| 004-532 | Cantuta | Gobierno de Junín | 08/07/2020 | 25/04/2022 | 25/04/2022 | 1 | |
| 008-345 | Comuneros I | Gobierno de Junín | 10/09/2020 | 10/08/2021 | 15/10/2021 | | 1 |
| 010-263 | Ancaya | Gobierno de Arequipa | 20/10/2020 | 18/09/2021 | 21/11/2021 | | 1 |
| 015-231 | Sihuan | Gobierno de Arequipa | 03/12/2020 | 03/04/2022 | 03/04/2022 | 1 | |
| 091-987 | Comuneros II | Gobierno de Junín | 15/12/2020 | 20/01/2022 | 20/01/2022 | 1 | |
| 012-342 | Noruega | Gobierno de Cuzco | 07/05/2020 | 15/06/2021 | 27/08/2021 | | 1 |
| 011-212 | Alto molino | Gobierno de Junín | 06/12/2020 | 18/02/2022 | 28/04/2022 | | 1 |
| 017-756 | Canchis | Gobierno de Ayacucho | 13/06/2020 | 20/07/2021 | 20/07/2021 | 1 | |
| TOTAL DE ÓRDENES DE TRABAJOS A TIEMPO | | | | | | 5 | |
| TOTAL DE ÓRDENES DE TRABAJOS FUERA DE TIEMPO | | | | | | | 4 |
| TOTAL DE ÓRDENES DE TRABAJO | | | | | | 9 | |
| NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LA ENTREGA DE PROYECTOS | | | | | | 56% | |


Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de coordinación de proyectos

ANEXO 07: Causas de la baja eficiencia general de la máquina de corte automática y la frecuencia de ocurrencia.

| Nº | CAUSAS | CÓDIGO | VECES QUE OCURRE | FRECUENCIA ACUMULADA | % INDIVIDUAL | % ACUMULADO |
|--------------|--|--------|------------------|----------------------|--------------|-------------|
| 1 | PARADAS NO PROGRAMADAS | C1 | 75 | 75 | 11% | 11% |
| 2 | ELEVADOS COSTOS DE MANTENIMIENTO (CORRECTIVOS) | C2 | 67 | 142 | 10% | 21% |
| 3 | REPUESTOS INADECUADOS (BAJA CALIDAD) | C3 | 62 | 204 | 9% | 30% |
| 4 | FALTA DE MANTENIMIENTO | C4 | 55 | 259 | 8% | 38% |
| 5 | COTIZACIONES DE REPUESTOS SIN APROBACION | C5 | 50 | 309 | 7% | 45% |
| 6 | CARENCIA DE FORMATOS (REGISTROS DE TAREAS AUTONOMAS) | C6 | 49 | 358 | 7% | 52% |
| 7 | DEFICIT DE ACTIVIDADES AUTONOMAS (OPERARIOS) | C7 | 47 | 405 | 7% | 59% |
| 8 | FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA EN EL AREA | C8 | 44 | 449 | 6% | 65% |
| 9 | DESCONOCIMIENTOS SOBRE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL | C9 | 38 | 487 | 6% | 71% |
| 10 | SUPERVISION INADECUADA | C10 | 36 | 523 | 5% | 76% |
| 11 | PROCEDIMIENTOS ERRONEOS O INADECUADOS | C11 | 30 | 553 | 4% | 80% |
| 12 | AUSENSIA DE ESTANDARIZAR TAREAS O ACTIVIDADES | C12 | 28 | 581 | 4% | 85% |
| 13 | DEFICIT DE COMPROMISO LABORAL | C13 | 22 | 603 | 3% | 88% |
| 14 | PROBLEMAS ADMINISTRATIVOS (ALTOS DIRECTIVOS) | C14 | 20 | 623 | 3% | 91% |
| 15 | ABASTECIMIENTO RETRASADO | C15 | 18 | 641 | 3% | 93% |
| 16 | DESPERDICIO DE MATERIAL | C16 | 15 | 656 | 2% | 95% |
| 17 | EXPOSICION AL INTERPERIE | C17 | 12 | 668 | 2% | 97% |
| 18 | EXCESO DE RUIDO | C18 | 10 | 678 | 1% | 99% |
| 19 | SUELO CONTAMINADO(LIQUIDOS) | C19 | 9 | 687 | 1% | 100% |
| TOTAL | | | 687 | | 100% | |


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 08: Cronograma de implementación del TPM

|  | | CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL | | |
|---|--|--|------------------------|-------------------------|
| EMPRESA | SIMA METAL MECÁNICA, CHIMBOTE | | | |
| ÁREA DE APLICACIÓN | ÁREA DE MANTENIMIENTO / HABILITADO | | | |
| FECHA INICIO | 20/12/2021 | FECHA FINAL | 30/04/2022 | |
| ITEMS | DESARROLLO/ACTIVIDAD | FECHA DE INICIO | DURACIÓN (DÍAS) | FECHA DE TÉRMINO |
| 1 | Elaboración del plan de Mantenimiento Productivo Total | 20/12/2021 | 7 | 27/12/2022 |
| 2 | Presentación del plan de Mantenimiento Productivo Total a la Gerencia General de SIMA S.A Metal Mecánica | 28/12/2022 | 1 | 29/12/2022 |
| 3 | Presentación del Plan TPM al área de aplicación y demás áreas involucradas | 30/12/2022 | 1 | 31/12/2022 |
| 4 | Difusión de la información básica del TPM | 02/01/2022 | 5 | 07/01/2022 |
| 5 | Implementación del TPM | 08/01/2022 | 102 | 20/04/2022 |
| 6 | Capacitación del TPM, los pilares y herramientas a aplicar | 09/01/2022 | 1 | 10/01/2022 |
| 7 | Capacitación de la Importancia del cumplimiento de las 5'S | 14/01/2022 | 1 | 15/01/2022 |
| 8 | Capacitación de técnicas de mantenimiento autónomo de la máquina de corte automática | 16/01/2022 | 1 | 17/01/2022 |
| 9 | Capacitación y propuesta del programa de mantenimiento planificado de la máquina de corte | 21/01/2022 | 1 | 22/01/2022 |
| 10 | Control del cumplimiento del TPM | 08/02/2022 | 32 | 20/04/2022 |
| 11 | Recojo de resultados de la aplicación del TPM | 21/04/2022 | 9 | 30/04/2022 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 09: Plan maestro de implementación del Mantenimiento Productivo Total de SIMA METAL MECÁNICA.

| | | | |
|---|--|----------------|------------|
|  | DOCUMENTO | CÓDIGO | PMM - 01 |
| | | VERSIÓN | 1 |
| | PLAN MAESTRO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL | FECHA | 27/12/2022 |
| | | PÁGINA | 1 |

PLAN MAESTRO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL DE SIMA METAL MECÁNICA

SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA

RUC: 2010000335

1. ANTECEDENTES:

La empresa fue creada por comienzos del año 1845 cuando Ramón Castilla Marquesado realizaba su primer gobierno, se construyó el primer puerto pesquero del Perú en mayo de 1845, el cual se localiza en el Callao con nombre “La factoría del Estado”, más adelante se cambió de nombre y se denominó Factoría Naval. Durante el gobierno de Manuel Odría, se constituyó la empresa Servicio Industrial de la Marina (SIMA), la cual estuvo administrada por la Marina de Guerra del Perú y con base en la infraestructura con la que contaba el Departamento Industrial del Arsenal Naval del Callao. La administración y sus talleres fue asumida por SIMA, teniendo como prioridad atender a la Armada, entidades privadas y a la marina mercante nacional, siendo así como SIMA comenzó a dedicarse a la construcción naval. Esta empresa, actualmente se encarga de fabricar, armar piezas y montar estructuras en sus 3 sedes que tiene en el Perú (Callao, Iquitos y Chimbote) con una capacidad de producción de más de 15 000 toneladas de acero en cada uno de sus sedes.

1.1. Misión empresarial de SIMA METALMECÁNICA

Somos una empresa conformada por una gran familia peruana que trabaja para aportar con la Defensa Nacional y el desarrollo del país a nivel económico y tecnológico, dirigiendo proyectos de grandes magnitudes en diversas industrias; naval y metalmecánica.

1.2. Visión empresarial de SIMA METALMECÁNICA

Ser acreditados como el mejor Astillero Naval en Latinoamérica, y marcar la diferencia con las empresas del mismo rubro.

2. Proyecto TPM

EL TPM, es una metodología que implica todas las áreas de una empresa es decir desde la maquinaria y/o equipo, hasta el proceso productivo, por lo que éste se enfoca en generar una mejora continua en la organización. Para la ejecución de esta metodología se utilizan técnicas, procesos y recursos, vinculados al objetivo principal.

Además, esta metodología involucra principalmente tres aspectos como la integración de los trabajadores de la empresa en la participación de las actividades, la eficiencia general, y el sistema de gestión de mantenimiento. Asimismo, el TPM contribuye a un mejor funcionamiento de las labores sistemáticas, por lo cual la organización se vuelve más competitiva frente a otra, de manera que ratificará a SIMA Metal Mecánica como una empresa de clase internacional, la cual brindará productos de calidad y a costos competitivos, incluyendo ningún tipo de falla o anomalías en el proceso productivo. De manera que luego

de la implementación en el tiempo establecido de evaluación, se proseguirá a extender el uso de esta metodología a las demás áreas de la empresa.

El desarrollo de este proyecto tiene como responsable al Señor, Azul Castillo, jefe de planta, elegido por contar con los debidos conocimientos y experiencias relacionados a las deficiencias que presenta el área donde se encuentra ubicada la máquina en estudio.

3. Planificación del desarrollo del programa TPM

La implementación del programa en SIMA Metal Mecánica, se llevará a cabo inicialmente a través de la aplicación de 4 de los 8 pilares del TPM; y a futuro se implementarán los 4 restantes, además se tendrá en cuenta las 3 fases (Introducción, implantación y consolidación), puesto que es base para que la aplicación del TPM sea exitosa.

3.1 Fase de Introducción

Esta fase inicia con el comunicado a gerencia de desarrollar el programa TPM en SIMA Metal Mecánica, esta etapa abarca los siguientes puntos:

3.1.1 Anuncio formal de la decisión de implementar el TPM

Todos los trabajadores de la empresa, deberán tener conocimiento del motivo de la implementación del TPM en SIMA Metal Mecánica.

Cada uno de los trabajadores que integran la empresa deberá conocer el por qué se implementará el TPM en SIMA Metal Mecánica, Además, una vez que Gerencia haya aceptado la propuesta, deberá culminar con el desarrollo del programa hasta que éste termine. Se informará a todo el personal de la empresa y el sector involucrado directamente, la importancia del TPM y brindará el apoyo necesario.

3.1.2 Difusión y educación introductoria sobre TPM

Se procederá a distribuir la información necesaria al personal de SIMA Metal Mecánica, principalmente el concepto clave, las principales ventajas y objetivos de esta herramienta relacionados a la mejora de la eficiencia, principalmente en las maquinarias y/o equipos de la empresa.

4. Diseño del Plan Maestro de implementación del mantenimiento productivo total.

Este plan, se centra en establecer las actividades que se realizarán para el desarrollo del TPM, teniendo en consideración los pilares de esta herramienta, en un tiempo establecido de manera que se logre efectuar los objetivos del mantenimiento.

El programa TPM, se implementará a la máquina de corte automática CNC ESAB SUPRAREX, ubicada en el área de habilitado, durante 4 meses.

5. Arranque, lanzamiento del TPM.

Luego de que se aprueba el Plan Maestro, se tendrá que generar un ambiente inspirador y de motivación para que las personas muestren compromiso durante el desarrollo del programa. Primero, se deberá llegar al personal de mantenimiento de SIMA Metal Mecánica en los objetivos del TPM, definiendo sus ventajas, de manera que el personal se comprometa y asuma las responsabilidades necesarias.

6. Fase de Implantación

En esta fase, se realizan las actividades planificadas en cada pilar a aplicar para lograr los objetivos del plan TPM, teniendo en consideración los pilares que se implementarán a corto plazo (durante los 4 meses de evaluación) y a largo plazo (a futuro). Esta fase abarca:

6.1 A corto plazo

6.1.1 Propuesta y establecimiento de actividades de mejoras enfocadas (Pilar 1)

Objetivo: Establecer un adecuado procedimiento de documentación y análisis de las fallas identificadas en la maquinaria en estudio y de esa manera evitar demoras en las operaciones del área de mantenimiento, en la cual se especifique la cantidad de fallas existentes, cuáles fueron las fallas que se eliminaron y no se llegaron a eliminar, el tiempo en el que se solucionó dichas fallas, el costo de cada falla, para establecer métricas de medición que evalúen el desarrollo del pilar Mejoras Enfocadas.

Procedimiento: Se procederá a elaborar distintos registros que permitan llevar un control adecuado de las fallas que se presenten, de manera que facilite la eliminación de éstas a través de un mejor manejo de información.

Herramientas: Para el desarrollo de este pilar se hará uso las siguientes herramientas:

- Registro de eliminación de fallas y desperfectos
- Registro de mantenimiento correctivo

Indicadores de control:

- Frecuencia de eliminación de fallas de control (FEFE)
- Tiempo promedio de eliminación de fallas (TPEF)

6.1.2 Establecer y formular un plan de mantenimiento autónomo (Pilar 2)

Objetivo: Establecer un conocimiento más profundo de la máquina en estudio y destacar las condiciones esenciales para su perfecto funcionamiento, e instruir al operador todas las actividades a llevar a cabo al momento de iniciar las labores de trabajo.

Procedimiento: Se elaborará un programa de mantenimiento autónomo para establecer actividades diarias y/o semanales de limpieza, inspección y lubricación de la máquina en

estudio; además se elaborará un manual de normas y medidas de seguridad, detallando algunas recomendaciones a tener en cuenta antes, durante y después de hacer uso de dicha máquina. Finalmente, se realizará una evaluación 5'S para observar las mejoras obtenidas.

Herramientas: Para el desarrollo de este pilar se hará uso las siguientes herramientas:

- Ficha técnica de la máquina
- Programa de mantenimiento autónomo
- Manual de normas y medidas de seguridad
- Check list 5'S

Indicadores de control:

- Evaluación global 5'S

6.1.3 Implementar un plan de mantenimiento planificado (Pilar 3)

Objetivo: Reducir las interrupciones del flujo de trabajo y el tiempo de inactividad (fallos de las máquinas) a un costo mínimo, de manera que se aumente el tiempo de actividad (disponibilidad)

Procedimiento: Se procederá a elaborar un nuevo plan de mantenimiento, teniendo como base el manual de fabricante de la máquina de corte y su historial de mantenimiento, de manera que se realizará los ajustes y mejoras adecuadas, con el fin de que se logre reducir las averías de esta máquina, y por ende un mejor funcionamiento y fluidez del proceso.

Herramientas:

- Manual de fabricante de la máquina de corte automática
- Programa de mantenimiento preventivo

Indicadores de control:

- % de mantenimiento planificado
- Índice de cumplimiento de mantenimiento preventivo

6.1.4 Capacitación y entrenamiento del personal (Pilar 6) de mantenimiento.

Objetivo: Brindar educación y capacitación con el fin de desarrollar capacidades e involucramiento de los trabajadores de la organización a través de un enfoque de capacitación, mejorando continuamente los resultados del personal y la empresa.

Procedimiento: Se realizará capacitaciones a los trabajadores de mantenimiento y operarios de la máquina de corte, tratando de temas puntuales y relevantes del TPM y también del buen uso y cuidado de la máquina en estudio.

Herramientas:

- Plan de capacitaciones

- Registro de asistencia de personal

Indicadores de control:

- Personal en capacitación (PECC)

Para medir los resultados del desarrollo del programa TPM, en primer lugar, se analizará la situación en la que se encuentra la máquina de corte y por ende el área, para determinar el nivel OEE logrado respecto a la máquina en los 4 meses de estudio para analizar los objetivos conseguidos y seguir en una mejora constante. Los resultados se obtendrán en base al registro de evaluación de factores OEE (Disponibilidad, rendimiento y calidad).

6.2 A largo plazo

6.2.1 Crear un sistema de mantenimiento de la calidad (pilar 4)

Objetivo: Establecer un procedimiento totalmente documentado para las operaciones clave del mantenimiento, de manera que los procesos presenten una normalización en la forma de su realización, y de esa manera evitar demoras durante el desarrollo de dichas actividades, para establecer métricas de medición que evalúen el desarrollo de este pilar. Además de proponer políticas en base a los retiros y reemplazos de los equipos, según sea la situación.

Herramientas:

- Ficha de evaluación de procesos y matriz de registro de defectos
- Lista de acciones de progreso (LAP)

Indicadores de control:

- Volumen de trabajos de mantenimiento
- Calidad de trabajos de mantenimiento
- Tiempo de trabajo de mantenimiento

6.2.2 Crear un sistema para el control inicial de equipos (pilar 5)

Objetivo: Establecer un procedimiento adecuado, en la cual se explique el procedimiento a realizar para adquirir equipos, maquinaria y herramientas adecuadas y de esa manera evitar demoras en los procesos de mantenimiento. Además de identificar los defectos de los componentes que perjudican el desarrollo del mantenimiento de la máquina en estudio.

Herramientas:

- Ficha de inventario del equipo/maquinaria y herramientas.
- Checklist de evaluación del equipo/maquinaria y herramientas
- Análisis de Modo y Efecto de Falla

6.2.3 Crear un sistema TPM en departamentos administrativos (pilar 7)

Objetivo: Promover la participación de los trabajadores y demás partes interesadas, y que sean representativos en las distintas actividades del mantenimiento de la máquina de corte, apoyando así los objetivos determinados inicialmente y establecer los roles de cada uno para la comunicación externa de temas relevantes relacionados con la gestión de mantenimiento.

Herramientas:

- Registro de clasificación de artículos del almacén de mantenimiento
- Control de entradas y salidas del almacén de mantenimiento

6.2.4 Desarrollar un sistema de Gestión de la seguridad y del medio Ambiente (pilar 8)

Objetivo: Disminuir los riesgos que perjudiquen la seguridad y salud de los operarios de la empresa. Además de prevenir los accidentes laborales y la contaminación del ambiente, mediante las actividades que se realizaron desde los pilares iniciales. Además de contribuir al buen funcionamiento de la empresa, también influye en el bienestar de sus trabajadores

Herramientas:

- Hoja de evaluación de riesgos de puestos de trabajo
- Formato de evaluación de seguridad e higiene

Indicadores de control:

- Índice de eliminación de condiciones de riesgo (IECR)

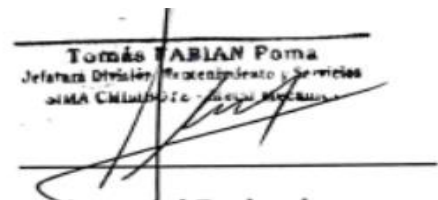
7. Fase de Consolidación

En esta fase última fase se conservará los objetivos logrados en el desarrollo de las primeras fases. No se puede generar una conclusión puesto que esta herramienta TPM, está en constante mejora, por lo cual se espera que más adelante se obtenga mejores resultados.

7.1 Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos

SIMA Metalmecánica seguirá buscando lograr metas altas, que reflejan la visión que tiene la empresa.


Teniente Primero
Azul Sierra CASHLO Figueroa
Sub Jefe del Departamento de Producción
Metal Mecánica - SIMA Chumbote
v=8e


Tomás FABIAN Poma
Jefe de División Mantenimiento y Servicios
SIMA Chumbote - Azuay Ecuador



_ING. SEGUNDO A. SANCHEZ CRUZ

ANEXO 10: Registro de eliminación de fallas o desperfectos

|  | | REGISTRO DE ELIMINACIÓN DE FALLAS O DESPERFECTOS DE MAQUINARIA Y/O EQUIPOS EN EL ÁREA DE HABILITADO | | | | |
|---|--|--|-------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|
| MAQUINARIA Y/O EQUIPO | | MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB SUPRAREX | | | | |
| Nº FALLA | DESCRIPCIÓN | REPORTADO POR | FECHA DE REPORTE | REVISADO POR | PLAZO (Horas) | FECHA DE SOLUCIÓN |
| 1 | Monitor de pantalla | Brayan Jiménez | 7/01/2022 | Taller Eléctrico y Electrónico | 5 | 7/01/2022 |
| 2 | Cambio de mangueras | Édison Quezada Gutiérrez | 10/01/2022 | Taller Mecánico | 8 | 11/01/2022 |
| 3 | Refrigerante del compresor | Brayan Jiménez | 13/01/2022 | Taller Mecánico | 5 | 13/01/2022 |
| 4 | Motor de accionamiento de las antorchas | Édison Quezada Gutiérrez | 4/02/2022 | Taller Eléctrico y Electrónico | 4 | 4/02/2022 |
| 5 | Sistema mecánico | Brayan Jiménez | 10/02/2022 | Taller Mecánico | 7 | 10/02/2022 |
| 6 | Modulo enfriador | Rubén Baltodano | 18/02/2022 | Taller Mecánico | 2 | 18/02/2022 |
| 7 | Caja de engranajes longitudinal | Édison Quezada Gutiérrez | 10/03/2022 | Taller Mecánico | 6 | 11/03/2022 |
| 8 | Drenaje de condensados | Aldo Rebaza | 15/03/2022 | Taller Mecánico | 4 | 15/03/2022 |
| 9 | Componentes electrónicos en la caja plasma | Édison Quezada Gutiérrez | 27/03/2022 | Tercero | 5 | 27/03/2022 |
| 10 | Fugas en válvulas | Enrique García | 30/03/2022 | Taller Mecánico | 2 | 30/03/2022 |
| 11 | Recirculador del refrigerante | Aldo Rebaza | 7/04/2022 | Taller Mecánico | 5 | 7/04/2022 |
| 12 | Caja ANCON estación oxicorte | Édison Quezada Gutiérrez | 16/04/2022 | Tercero | 10 | 17/04/2022 |
| 13 | Bomba | Brayan Jiménez | 19/04/2022 | Taller Mecánico | 8 | 20/04/2022 |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA.

ANEXO 11: Ficha técnica de la máquina de corte automática CNC

| | | | |
|--|---------------------------------|--|---------------------|
|  | | FICHA TÉCNICA | |
| DATOS DEL EQUIPO | | | |
| EQUIPO | Máquina de corte automática CNC | MODELO | SUPRAREX SXE-4500 |
| FABRICANTE | ESAB | AÑO DE FABRICACIÓN | 2003 |
| PESO TOTAL | DIMENSIONES | | |
| 6000 KG | Largo: 17500 mm | Ancho: 6000 mm | Altura:3000 mm |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | |
| ANCHO ENTRE RIELES | 4500 mm | CONSUMO DE ENERGÍA | Aprox. 3KVA |
| ANCHO EFECTIVO DE CORTE | 3000 mm | MÁXIMA VELOCIDAD DE POSICIONAMIENTO | 24000 mm/min |
| LONGITUD DE RIELES | 20000 mm | CONTROL NUMÉRICO | Visión T5 |
| LONGITUD EFECTIVA DE CORTE | 17000 mm | PANEL DE OPERACIÓN | Lado izquierdo |
| VOLTAJE DE CONEXIÓN | 220 V, 1 Fase | AIRE ACONDICIONADO PARA GABINETE | 1 Set |
| FRECUENCIA | 50/60 Hz | PUNTERO LÁSER PARA ALINEAMIENTO DE PLANCHA | 1 Set |
| ESTACIÓN DE PLASMA VBA EXPERT PRO | | | |
| SISTEMA DE PLASMA | m3-360 G2 /PT-36 | | |
| MATERIALES DE CORTE | Acero dulce | Acero inoxidable | Aluminio |
| ESPEORES DE CORTE VERTICAL | 6-50 mm | 6-38 mm | 6-45 mm |
| ESPEORES DE PERFORACIÓN | 6-38 mm | 6-35 mm | 6-35 mm |
| ESPESOR DE CORTE MÁXIMO A 45° | 28 mm | | |
| ESTACIONES DE OXICORTE | | | |
| MATERIALES DE CORTE | Acero dulce | GAS COMBUSTIBLE | Propano o Acetileno |
|  | | | |


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12: Manual de normas y medidas de seguridad para el uso de la máquina de corte automática CNC

| | | | |
|--|---------------------------------|--|--|
|  | | MANTENIMIENTO AUTÓNOMO | |
| CÓDIGO AVM: | MEC-MC-01 |  | |
| EQUIPO: | MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC | | |
| MARCA: | ESAB | | |
| MODELO: | SUPRAREX SXE - 4500 | | |
| NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Chequear que las conexiones eléctricas estén aisladas y fijas. 2. Revisar el cable de la antorcha, de igual manera la antorcha misma. 3. Mientras la máquina está funcionando, se debe verificar la debida operatividad Este no debe presentar ruidos ni vibraciones anormales. 4. Mantenga la boquilla libre de residuos metálicos. Al limpiar, no usar objetos puntiagudos con el fin de no dañar el orificio de la boquilla. 5. No encender innecesariamente el arco piloto en el aire, y así evitar el aumento del consumo del difusor, del electrodo y de la boquilla. 6. Después de culminar el corte y de soltar el pulsador, el porta electrodo sigue expulsando aire durante aprox. 90 segundos, para dejar que la antorcha se enfríe. Por lo tanto, no apague el dispositivo hasta después de que haya transcurrido el tiempo mencionado. 7. Finalmente, luego de terminar el trabajo, hacer una limpieza al exterior de la maquinaria. | | | |
| <i>COMUNICAR AL JEFE DE PLANTA ACERCA DE LAS ANOMALÍAS Y DEFICIENCIAS DETECTADAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA</i> | | | |
| LUBRICACIÓN | | | |
| <p>Diaria</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lubricar las cadenas y ejes de trabajo <p>Semanal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lubricar las tuercas, cojinetes y rodamientos 2. Lubricar los rieles | | | |
| NORMAS DE SEGURIDAD | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Siempre haga uso de los equipos de seguridad personal que proporciona la empresa. 2. Conserve el lugar de trabajo seguro y limpio. Si en caso hay materiales inflamables alrededor del lugar donde se está trabajando, está prohibido realizar cortes. 3. Mantener la cabeza alejada del humo y mucho menos lo inhale. 4. Mantenga alejado a los otros trabajadores, puesto que se producen chispas producto del corte. 5. Evite que las chispas que se producen hagan contacto con la maquinaria. 6. Siempre debe percatarse que la fuente de poder no se encuentre encendida cuando se realicen actividades de mantenimiento. | | | |


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13: Programa de mantenimiento autónomo de la máquina de corte automática CNC

|  | | MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PERIODO 2022 | | | | | |
|---|--------------|--|--------|--|-------------------|------------|---------|
| | | LIMPIEZA, INSPECCIÓN Y LUBRICACION | | | | | |
| RESPONSABLE | | | TURNOS | | FIRMA | | |
| MAQUINARIA | ACTIVIDAD | PARTES O COMPONENTES | MÉTODO | HERRAMIENTA Y MATERIALES | TIEMPO (min.) | FRECUENCIA | |
| Máquina de corte automática CNC ESAB SUPRAREX | LIMPIAR | Boquillas | Visual | Paño suave y limpiador de contactos eléctricos | 2 | Diario | |
| | | Electrodo | | | 2 | | |
| | | Difusor | | | 2 | | |
| | | Capuchón | | | 2 | | |
| | | Manómetros de la caja de gases | | | | 3 | Semanal |
| | | Mesa de corte | | | Raspador | 45 | Semanal |
| | | Cables | | | Soplador de aire | 5 | Semanal |
| | | Mangueras de antorcha | | | | 5 | |
| | | Fuente de energía | | | | 5 | |
| | INSPECCIONAR | Parámetros de corte | Visual | - | 3 | Diario | |
| | | Alineación del soplete | | | 4 | | |
| | | Parámetros del recirculador refrigerante | | | 2 | Semanal | |
| | | Niveles de aceite | | | 2 | | |
| | | Desplazamiento de las antorchas | | | 3 | Diario | |
| | | Válvulas de las 2 funciones | | | 3 | | |
| | | Manómetros de la caja de gases | | | 3 | Semanal | |
| | | Sensores de seguridad | | | 3 | | |
| | | Desplazamiento de mangueras | | | 4 | | |
| | | Ruidos, vibraciones anormales | | | Visual y auditivo | | 3 |
| | LUBRICAR | Cadenas y ejes de trabajo | Visual | Grasa múltiple EP-2 | 10 | Diario | |
| | | Tuercas | | | 4 | Semanal | |
| | | Cojinetes | | | 4 | | |
| | | Rodamientos | | | 4 | | |
| Rieles | | 5 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 14: Ficha de evaluación de 5'S


| | | |
|---|---|--|
|  | | CHECK LIST DE CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGIA 5S |
| ÁREA | MANTENIMIENTO / HABILITADO | |
| RESPONSABLE | QUESQUÉN POLO YADIRA | |
| FECHA | 30/04/2022 | |
| LISTA DE VERIFICACIÓN 5S | | |
| SELECCIONAR | | CALIFICACION |
| 1 | ¿EXISTEN ESTÁNDARES CLAROS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA? | 4 |
| 2 | ¿EL ÁREA DONDE ESTÁ UBICADA LA MAQUINARIA SE ENCUENTRA LIBRE DE DESORDEN? | 4 |
| 3 | ¿SE RETIRAN DEL ÁREA LAS HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZARON? | 5 |
| 4 | ¿SE RETIRAN DEL AREA LOS MATERIALES PARA LA MAQUINARIA LUEGO DE UTILIZARLOS? | 5 |
| 5 | ¿SE RETIRAN LAS PIEZAS AVERIADAS DE LA MAQUINARIA A TIEMPO? | 4 |
| 6 | ¿LAS HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO SE ENCUENTRAN UBICADOS CORRECTAMENTE? | 4 |
| 7 | ¿EXISTE UN SISTEMA PARA LA ELIMINACIÓN DE HERRAMIENTAS, PIEZAS, ¿ETC. CON ETIQUETA ROJA? | 4 |
| TOTAL | | 30 |
| ORDENAR | | CALIFICACIÓN |
| 1 | ¿SE IDENTIFICAN FÁCILMENTE LAS HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA MAQUINARIA? | 4 |
| 2 | ¿SE ENCUENTRAN LAS HERRAMIENTAS, PIEZAS DE REPUESTOS EN UN ÁREA ORDENADA? | 4 |
| 3 | ¿SON NECESARIAS LAS HERRAMIENTAS DISPONIBLES E IDENTIFICABLES? | 4 |
| 4 | ¿SE CUENTA CON UN NIVEL DE STOCK DE MATERIALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA? | 4 |
| 5 | ¿LOS MATERIALES DE MANTENIMIENTO SE ENCUENTRAN ORDENADOS? | 5 |
| 6 | ¿EXISTE ALGÚN TIPO DE OBSTÁCULO RESPECTO A LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO A REALIZAR? | 4 |
| 7 | ¿LAS FALLAS DE LA MAQUINARIA SON REPORTADAS EN EL ORDEN QUE SE PRESENTAN? | 5 |
| TOTAL | | 30 |
| LIMPIAR | | CALIFICACIÓN |
| 1 | ¿EL ÁREA DE TRABAJO SE ENCUENTRA SIN RESIDUOS? | 4 |
| 2 | ¿SE ENCUENTRA LA MAQUINARIA Y SUS COMPONENTES LIMPIOS? | 4 |
| 3 | ¿LAS HERRAMIENTAS DE TRABAJO ESTÁN A MANO, ORGANIZADAS Y ETIQUETADAS? | 4 |
| 4 | ¿EXISTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO? | 5 |
| 5 | ¿SE REALIZA PERIODICAMENTE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA? | 4 |
| 6 | ¿EXISTE UNA PERSONA O EQUIPO DE PERSONAS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO? | 5 |
| 7 | ¿SE REALIZA EL MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA SEGÚN EL SISTEMA QUE ÉSTA PRESENTA? | 5 |
| TOTAL | | 31 |

| ESTANDARIZAR | | CALIFICACIÓN |
|---------------------|---|---------------------|
| 1 | ¿EXISTEN PROCEDIMIENTOS ESCRITOS Y SE UTILIZAN ACTIVAMENTE Y CONSECUTIVAMENTE? | 4 |
| 2 | ¿SE REALIZAN AUDITORÍAS PERIÓDICAS RESPECTO A 5'S? | 3 |
| 3 | ¿EL PERSONAL CONOCE LA TEMÁTICA 5'S? | 5 |
| 4 | ¿LA DOCUMENTACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO SE ENCUENTRA ACTUALIZADA? | 5 |
| 5 | ¿SE ESTÁ CUMPLIENDO CON EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO? | 5 |
| 6 | ¿SE CUMPLEN LOS ESTÁNDARES DE TURNO DE LOS OPERARIOS DE LA MÁQUINA Y DE LOS TÉCNICOS? | 4 |
| 7 | ¿SE PLANTEAN IDEAS DE MEJORA RESPECTO A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO? | 4 |
| TOTAL | | 30 |
| DISCIPLINA | | CALIFICACIÓN |
| 1 | ¿SE REALIZA CORRECTAMENTE EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO? | 5 |
| 2 | ¿LOS TÉCNICOS SEGÚN SU ÁREA CUMPLEN CON LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO? | 5 |
| 3 | ¿SE REALIZAN LAS STI PARA REPORTAR LAS FALLAS EN LA MAQUINARIA AL ÁREA DE MANTENIMIENTO? | 4 |
| 4 | ¿SE ENCUENTRA EL PERSONAL CAPACITADO RESPECTO A LA TEMÁTICA 5S Y CUMPLEN CON LAS ACTIVIDADES DE ESTA METODOLOGIA? | 5 |
| 5 | ¿LAS HERRAMIENTAS Y PIEZAS SE ALMACENAN CORRECTAMENTE? | 4 |
| 6 | ¿SE CUMPLE CON ORDEN EL STOCK DE MATERIALES DE MANTENIMIENTO? | 4 |
| 7 | ¿LOS PROCEDIMIENTOS DE MEJORA SON REVISADOS REGULARMENTE? | 4 |
| TOTAL | | 31 |

| ESCALA | |
|---------------|---|
| MUY MALO | 0 |
| MALO | 1 |
| REGULAR | 2 |
| NORMAL | 3 |
| BUENO | 4 |
| EXCELENTE | 5 |


Fuente: Elaboración propia


ANEXO 15: Costos de mantenimiento preventivo de la máquina de corte automática CNC ESAB SUPRAREX

|  COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2022 | | | | | | | | |
|---|--|------------|------------|--|----------------|--------------------|----------------|-----------------|
| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | TIEMPO (h) | PERIODO | MATERIAL | PERSONAL | COSTO MATERIAL (S) | COSTO (S//H-H) | COSTO TOTAL (S) |
| Mecánico | Verificar y lubricar los movimientos (vertical, transversal y longitudinal) | 5 | Mensual | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 1 y 2 | 199,23 | 7 | 2810,76 |
| | Verificar estado de correas de regulación | 3 | Bimestral | | Mecánico 1 | 150,6 | 7 | 1029,6 |
| | Inspeccionar y lubricar las poleas del motor | 4 | Mensual | Aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68, llaves, palancas | Mecánico 2 y 3 | 148,45 | 7 | 2118 |
| | Inspeccionar y lubricar la tuerca del husillo (tornillo de avance) | 4 | Mensual | | Mecánico 3 y 4 | 150 | 7 | 2136 |
| | Limpieza de cremalleras. | 3 | Bimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico ecológico SOLVO KLEEN | Mecánico 3 | 79,89 | 7 | 605,34 |
| | Verificar el tornillo de avance | 4 | Mensual | Paño de limpieza ultra resistente, Solvente dieléctrico, Piezas mecánicas, desarmador | Mecánico 2 y 3 | 134,76 | 7 | 1953,12 |
| | Inspeccionar y lubricar el eje de los motores de accionamiento. | 3 | Mensual | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico, aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 3 | 199,23 | 7 | 2642,76 |
| | Limpiar boquilla del soplete (oxicombustible) y alinear. | 5 | Mensual | Boquilla, consumible, Paño de limpieza, Solvente dieléctrico | Mecánico 3 y 4 | 2435 | 7 | 29640 |
| | Ajustes de válvulas de gas combustible y de oxígeno de precalentamiento | 3 | Semestral | Desarmador, llaves (según función), repuestos | Mecánico 2 | 989,98 | 7 | 2021,96 |
| | Comprobar el estado de los cojinetes, lubricar. | 3 | Bimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico, aceite móvil DTE 26, aceite Castrol Hyspin AWS 68 | Mecánico 3 | 200,45 | 7 | 1328,7 |
| | Inspeccionar visualmente el estado de las uniones de los motores de accionamiento. | 4 | Trimestral | | Mecánico 2 y 3 | 100,45 | 7 | 513,8 |
| | Comprobar el estado del piñón de ataque del carro longitudinal. | 3 | Trimestral | Paño de limpieza, repuestos | Mecánico 2 | 123,67 | 7 | 578,68 |
| | Limpieza general de los motores eléctricos. | 6 | Semestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico. | Mecánico 3 y 4 | 145,23 | 7 | 374,46 |
| | Cambio de piezas de desgaste en los motores eléctricos. | 5 | Annual | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico, repuestos | Mecánico 1 y 2 | 679 | 7 | 714 |
| | Cambio de aceites y filtros | 2 | Semestral | Aceite mobilube HD-090, Aceite móvil DTE 26, Wayne corriente, Petróleo diessel #2, filtros de aceite | Mecánico 1 | 109,67 | 7 | 247,34 |

**COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2022**

| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | TIEMPO (h) | PERIODO | MATERIAL | PERSONAL | COSTO MATERIAL (S) | COSTO (S/H-H) | COSTO TOTAL(S/) |
|-------------------------|---|------------|------------|---|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|
| Eléctrico y electrónico | Verificar conexiones (externas) cuando el equipo está operando | 1 | Bimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico | Eléctrico 1 | 213 | 7 | 1320 |
| | Inspeccionar el funcionamiento del potenciómetro (velocidad según componentes) | 2 | Mensual | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico, Cinta plástica de 3/4 - Tecno fan | Eléctrico 2 | 228 | 7 | 2904 |
| | Chequear y limpiar conexiones (alimentación) | 3 | Bimestral | | Eléctrico 3 | 210 | 7 | 1386 |
| | Comprobar las entradas y salidas de voltaje, amperaje de todos los componentes de la maquinaria. | 3 | Mensual | Voltímetro | Eléctrico 2 | - | - | - |
| | Limpiar y chequear componentes de cajas (plasma, gas combinado, distribución eléctrica, de arco remoto y fuente de plasma). | 4 | Trimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico, componentes | Eléctrico 1 y 2 | 106 | 7 | 536 |
| | Chequear el funcionamiento del módulo AHC capacitivo. | 2 | Bimestral | | Eléctrico 2 | 346,98 | 7 | 2165,88 |
| | Limpiar armario de control (conexiones). | 1 | Bimestral | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico | Eléctrico 3 | 99,89 | 7 | 641,34 |
| | Chequeo de conexiones a tierra. | 3 | Trimestral | Polímetro o pinza amperimétrica | Eléctrico 4 | - | 7 | - |
| | Mantenimiento ups | 3 | Bimestral | Llaves, destornillador y trapos | Eléctrico 4 | 89,78 | 7 | 664,68 |
| | Limpiar y verificar los componentes del compresor, secador. | 4 | Bimestral | Trapos, llaves, componentes | Eléctrico 2 y 3 | 235,89 | 7 | 1583,34 |
| | Verificar sensores | 2 | Mensual | Paño de limpieza, Solvente dieléctrico | Eléctrico 1 | 123,87 | 7 | 1654,44 |

|  | COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2022 | | | | | | | |
|---|---|------------|------------|---|------------|--------------------|----------------|-----------------|
| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | TIEMPO (h) | PERIODO | MATERIAL | PERSONAL | COSTO MATERIAL (S) | COSTO (S//H-H) | COSTO TOTAL (S) |
| Neumático | Chequear presión, caudal en los manómetros y reguladores. | 3 | Mensual | Banco de medición de presión, llaves | Mecánico 1 | - | 7 | - |
| | Verificar mangueras y conexiones de alimentación del compresor. | 2 | Bimestral | Llaves, mangueras y trapos p paños | Mecánico 2 | 230 | 7 | |
| | Verificar el funcionamiento del desplazamiento de los gases de corte. | 1 | Bimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico | Mecánico 3 | 98,78 | 7 | 634,68 |
| | Verificar el nivel de refrigerante del compresor y el drenaje de condensados. | 2 | Bimestral | Componentes | Mecánico 3 | 989,56 | 7 | 6021,36 |
| | Limpieza, inspección y cambios de filtros | 2 | Bimestral | Trapo industrial selecto, Solvente dieléctrico, filtros | Mecánico 2 | 98,78 | 7 | 676,68 |
| | Limpieza del condensador del compresor. | 3 | Trimestral | Trapo industrial selecto, solventes, llaves, destornillador | Mecánico 2 | 78,78 | 7 | 399,12 |
| | Chequear fugas en acoples, tuberías, accesorios o válvulas. | 2 | Mensual | Piezas neumáticas | Mecánico 1 | 1000,98 | 7 | 12179,76 |
| | Inspeccionar mangueras o tuberías (deterioro) | 2 | Mensual | Llaves, mangueras y trapos o paños | Mecánico 3 | 678 | 7 | 8304 |

|  | COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2022 | | | | | | | |
|---|---|------------|-----------|-----------------------|------------|--------------------|----------------|-----------------|
| SUBSISTEMA | ACTIVIDAD | TIEMPO (h) | PERIODO | MATERIAL | PERSONAL | COSTO MATERIAL (S) | COSTO (S//H-H) | COSTO TOTAL (S) |
| Refrigeración | Verificar el distribuidor de refrigerante (el aceite es enviado a la antorcha). | 2 | Mensual | Consumibles | Mecánico 1 | 989,45 | 7 | 12041,4 |
| | Verificar la recirculación del aceite de la antorcha al refrigerante(distribuidor). | 1 | Mensual | | Mecánico 2 | | | |
| | Chequear tuberías del refrigerante. | 2 | Bimestral | Tubos | Mecánico 3 | 340,45 | 7 | 2126,7 |
| | Inspeccionar temperatura de refrigerante. | 1,5 | Mensual | Sensor de temperatura | Mecánico 2 | - | 7 | |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA.

ANEXO 16: Formato de programa de mantenimiento preventivo

| SUBSISTEMA | MAQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA CNC ESAB Suprarex | PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | | | | | TALLER | |
|---|---|--------------------------------------|---------|-----------|------------|--------------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|---------|
| | | Frecuencia (h) | PERIODO | | | | | | MESES | | | | | |
| | | | MENSUAL | BIMESTRAL | TRIMESTRAL | TETRAMENSUAL | SEMESTRAL | ANUAL | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | | |
| MECANICO | Verificar y lubricar los movimientos (vertical, transversal y longitudinal) | 610 | X | | | | | | | X | | | | M1 Y M2 |
| | Verificar estado de correas de regulación | 800 | | X | | | | | | | X | | | M1 |
| | Inspeccionar y lubricar las poleas del motor | 500 | X | | | | | | | X | | | | M2 Y M3 |
| | Inspeccionar y lubricar la tuerca del husillo (tornillo de avance) | 500 | X | | | | | | | X | | | | M3 Y M4 |
| | Limpieza de cremalleras | 600 | | X | | | | | | | X | | | M3 |
| | Verificar el tornillo de avance | 500 | X | | | | | | | X | | | | M2 Y M3 |
| | Inspeccionar y lubricar el eje de los motores de accionamiento | 800 | X | | | | | | | X | | | | M3 |
| | Limpiar boquilla del soplete (oxicombustible) y alinear. | 350 | X | | | | | | | X | | | | M3 Y M4 |
| | Ajustes de válvulas de gas combustible y de oxígeno de precalentamiento. | 1000 | | | | | | | | | | | | M2 |
| | Comprobar el estado de los cojinetes, lubricar. | 500 | | X | | | | | | | X | | X | M3 |
| | Inspeccionar visualmente el estado de las uniones de los motores de accionamiento. | 800 | | | X | | | | | | | X | | M2 Y M3 |
| | Comprobar el estado del piñón de ataque del carro longitudinal. | 600 | | | X | | | | | | | X | | M2 |
| | Limpieza general de los motores eléctricos. | 800 | | | | | | | | | | | | M3 Y M4 |
| | Cambio de piezas de desgaste en los motores eléctricos. | 500 | | | | | | | | | | | | M1 Y M2 |
| | Cambio de aceites y filtros | 230 | | | | | | | | | | | | M1 |
| ELECTRICO Y ELECTRONICO | Verificar conexiones (externas) cuando el equipo está operando | 600 | | X | | | | | | | X | | X | E1 |
| | Inspeccionar el funcionamiento del potenciómetro (velocidad según componentes) | 748 | X | | | | | | | X | | | | E2 |
| | Chequear y limpiar conexiones (alimentación) | 500 | | X | | | | | | | X | | X | E3 |
| | Comprobar las entradas y salidas de voltaje, amperaje de todos los componentes de la maquinaria. | 748 | X | | | | | | | X | | | | E2 |
| | Limpiar y chequear componentes de cajas (plasma, gas combinado, distribución eléctrica, de arco remoto y fuente de plasma). | 500 | | | X | | | | | | | X | | E1 Y E2 |
| | Chequear el funcionamiento del módulo AHC capacitivo | 700 | | X | | | | | | | X | | X | E2 |
| | Limpiar armario de control (conexiones) | 880 | | X | | | | | | | X | | X | E3 |
| | Chequeo de conexiones a tierra. | 800 | | | X | | | | | | | X | | E4 |
| | Mantenimiento ups | 880 | | X | | | | | | | X | | X | E4 |
| | Limpiar y verificar los componentes del compresor, secador. | 800 | | X | | | | | | | X | | X | E2 Y E3 |
| NEUMATICO | Verificar sensores | 700 | X | | | | | | | X | | | | E1 |
| | Chequear presión, caudal en los manómetros y reguladores. | 480 | X | | | | | | | X | | | | M1 |
| | Verificar mangueras y conexiones de alimentación del compresor. | 800 | | X | | | | | | | X | | X | M2 |
| | Verificar el funcionamiento del desplazamiento de los gases de corte. | 480 | | X | | | | | | | X | | X | M3 |
| | Verificar el nivel de refrigerante del compresor y el drenaje de condensados. | 480 | | X | | | | | | | X | | X | M3 |
| | Limpieza, inspección y cambios de filtros | 600 | | X | | | | | | | X | | X | M2 |
| | Limpieza del condensador del compresor. | 500 | | | X | | | | | | | X | | M2 |
| | Chequear fugas en acoples, tuberías, accesorios o válvulas. | 480 | X | | | | | | | X | | | | M1 |
| Inspeccionar mangueras o tuberías (deterioro) | 600 | X | | | | | | | X | | | | M3 | |
| REFRIGERACION | Verificar el distribuidor de refrigerante (el aceite es enviado a la antorcha). | 480 | X | | | | | | | X | | | | M1 |
| | Verificar la recirculación del aceite de la antorcha al refrigerante(distribuidor). | 480 | X | | | | | | | X | | | | M2 |
| | Chequear tuberías del refrigerante. | 500 | | X | | | | | | | X | | X | M3 |
| | Inspeccionar temperatura de refrigerante. | 350 | X | | | | | | | X | | | | M2 |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

ANEXO 17: Procedimientos de las actividades preventivas de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex

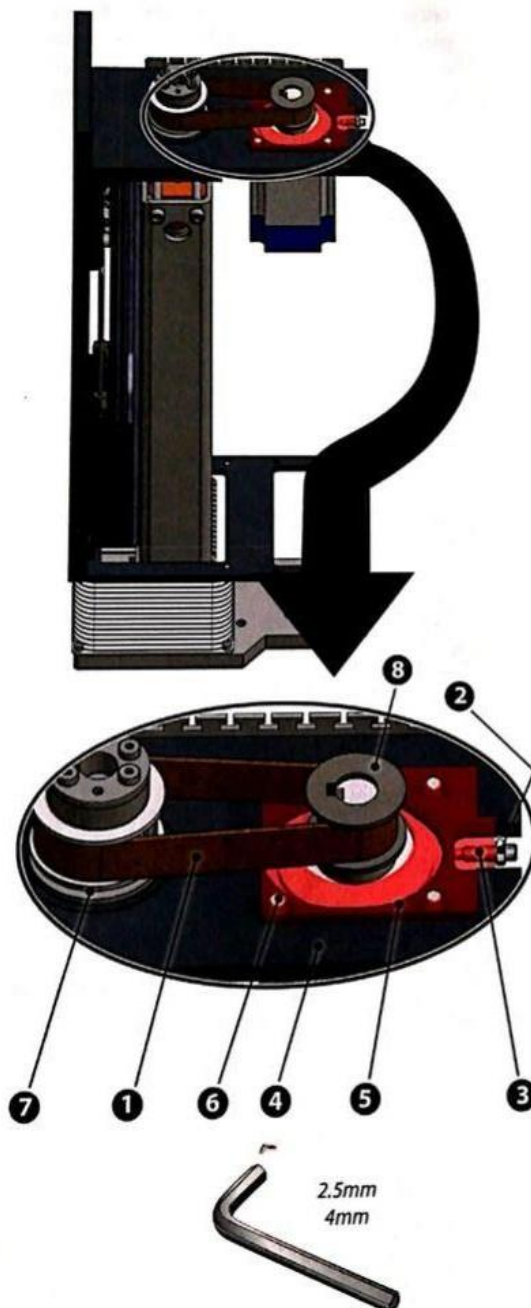
| SUBSISTEMA MECÁNICO | |
|---|--|
| VERIFICAR Y LUBRICAR LOS MOVIMIENTOS (VERTICAL, TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL) | Comenzar a operar el equipo y determinar si los tres movimientos se realizan con normalidad. Si se presenta un mal funcionamiento, para el movimiento vertical, inspeccionar el motor de accionamiento vertical, tornillo regulador, poleas y correa de regulación. Para el movimiento transversal, inspeccionar los rodamientos lineales, apoyo y el motor de accionamiento transversal. Para el movimiento longitudinal, inspeccionar el estado del motor y el piñón de ataque. Teniendo en cuenta que si los componentes mencionados se encuentran en el mal estado, se debe realizar el cambio de estos. |
| INSPECCIONAR Y LUBRICAR EL EJE DE LOS MOTORES DE ACCIONAMIENTO | Poner en marcha el equipo y comprobar que los motores produzcan movimientos sin altos grados de vibración. Si se presenta un mal funcionamiento, revisar el eje del motor y según sea la gravedad del caso, reemplazar dicha parte o realizar el balanceo mediante los técnicos especializados. |
| COMPROBAR EL ESTADO DE LOS COJINETES, LUBRICAR | Encender el equipo y a través de la palanca de mando, la cual se encuentra en el panel de Visión, realice el movimiento vertical y cruzado de las distintas antorchas, de igual manera el movimiento longitudinal, verificando que el movimiento se produzca de forma natural. |
| LIMPIEZA GENERAL DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS | Antes de realizar la limpieza general de los motores, es necesario apagar totalmente la unidad y comprobar que no circule corriente, teniendo en cuenta lo mencionado, se procede a apartar el motor de arranque para limpiar su parte exterior, haciendo uso de un paño suave y libre de suciedad, luego retire las los componentes de la carcasa con el fin de acceder a la parte interior del equipo y realizar su limpieza con un paño rociado de desengrasante, de manera que se elimine la suciedad, para luego realizar el montaje e instalación del motor |
| LIMPIAR BOQUILLA DEL SOPLETE (OXICOMBUSTIBLE) Y ALINEAR | Después de apagar la máquina, limpiar el polvo y todas las partículas de metal acumuladas en la boquilla de la antorcha de corte (con ayuda de paños, alambres, palillos de madera y avellanado), para que no haya desgastes prematuros o fallos. Tener mucho cuidado al realizar la limpieza y no malograr la forma de las boquillas cortadoras. Los elementos que deben tener prioridad en la limpieza son: Soporte de detección AHC y el riel lineal del carro de la estación. |
| SUBSISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO | |
| CHEQUEAR EL FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO AHC | Poner en marcha la unidad y realizar el corte, si el sistema Visión muestra error es que el sensor capacitivo AHC no está funcionando correctamente. De manera que, para solucionar este error, se debe proceder a realizar una inspección del sensor, el cual se encuentra en el elevador vertical con el fin de calibrarlo o cambiarlo según sea necesario |
| SUBSISTEMA NEUMÁTICO | |
| LIMPIEZA, INSPECCIÓN Y CAMBIOS DE FILTROS | Utilizar agua jabonosa para realizar la limpieza de la bandeja del filtro; teniendo en cuenta que nunca se debe usar limpiadores que sean realizados a base de solventes. |

| | |
|--|---|
| <p>CHEQUEAR FUGAS EN ACOPLER, TUBERÍAS, ACCESORIOS O VÁLVULAS</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Regular todas los acoples, válvulas y accesorios de tubería, iniciando con: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conjunto de suministro de gas (regulador, filtro y válvula manual) a la línea de suministros de gas, y luego hacia el colector de servicio de oxígeno de corte. ✓ Colector de servicio de oxígeno de corte hacia el colector central, de la estación, soplete y el conjunto de encendido de oxicomcombustible. 2. Presurizar el sistema y ajustar la presión de salida del regulador teniendo en cuenta las tuberías que se encuentren probando, tales como: Tuberías de oxígeno a 100 psi y de gas a 15 psi. 3. Luego de realizar correctamente el presurizado a las tuberías, corte el aprovisionamiento de gas y cheque la presión del manómetro. 4. Verifique la presión que muestra el manómetro pasado 10 minutos, si se observa una baja presión (hasta 1 psi aproximadamente) esparza el fluido de detección de pérdidas de manera general en las conexiones y mangueras de gas. 5. Revise generalmente el sistema y encuentre si se están formando burbujas. 6. Finalmente, ajuste los componentes con fugas y pruebe el sistema otra vez. |
| <p>SUBSISTEMA DE REFRIGERACIÓN</p> | |
| <p>VERIFICAR EL DISTRIBUIDOR DE REFRIGERANTE (EL ACEITE ES ENVIADO A LA ANTORCHA)</p> | <p>Revisar la conexión la cual permite que el aceite fluya desde la salida del distribuidor de refrigerante hasta la antorcha, y comprobar que dicho fluido se encuentre llegando a la conexión de antorcha.</p> |
| <p>VERIFICAR LA RECIRCULACIÓN DEL ACEITE DE LA ANTORCHA AL REFRIGERANTE (DISTRIBUIDOR)</p> | <p>Verificar que la conexión; la cual se encarga de que el refrigerante del distribuidor retorne, este llegando. Asimismo, que la conexión de la antorcha se halle saliendo.</p> |
| <p>CHEQUEAR TUBERÍAS DEL REFRIGERANTE</p> | <p>Cerciorarse de que no se presente derrames de refrigerante durante el paso de las mangueras o de que se formen burbujas de aire en ciertas partes al interior de estas.</p> |

ANEXO 18: Procedimientos de las actividades preventivas de la máquina de corte según el manual CNC ESAB Suprarex

Anexo 18-A: Desmontaje y sustitución de la correa de regulación

MANTENIMIENTO



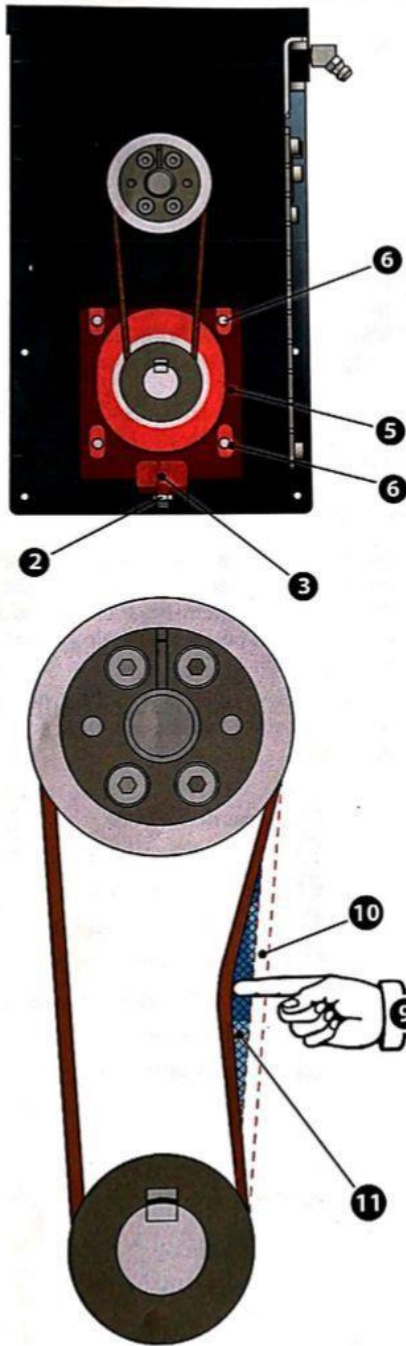
Desmontaje y sustitución de la correa de regulación

1. Quitar las dos cubiertas del elevador B4, y separar.
2. Inspeccionar el estado de la correa de regulación **1**; si estuviera gastada o dañada, continuar con el procedimiento.
3. Aflojar la tuerca hexagonal M5 **2** usando una llave de boca de 8 mm. Aflojar el tornillo fijador M5x20 **3** de la ménsula interna del elevador B4 **4** usando una llave hexagonal de 2,5 mm.
4. Aflojar levemente cuatro cabeza hueca tapón de rosca M5x16 **6** usando una llave de boca de 4 mm; estos pernos sujetan la placa de tensión de la correa **5** con la ménsula interna del elevador **4**.
5. Deslizar la placa de tensión de la correa hacia el carro de la estación. La correa de regulación debe estar suficientemente suelta para poder desconectar las poleas del husillo **7** y del motor **8**.
6. Instalar la nueva correa de regulación en la polea del motor **8** y alrededor de la polea del husillo **7**.

- 1** Correa de regulación
- 2** Tuerca de tensión hexagonal
- 3** Tornillo de tensión fijador
- 4** Ménsula interna del elevador
- 5** Placa de tensión de la correa
- 6** Cabeza hueca tapón de rosca M5x16
- 7** Polea del husillo
- 8** Polea del motor



MANTENIMIENTO



7. Retirar la placa de tensión **5** del tornillo polea para ajustar la correa. Usando un objeto romo o el dedo índice **9**, empujar la correa en su punto medio, entre ambas poleas reguladoras.

8. El área de desplazamiento de la correa **11** debería ser de **1,6 mm [1/16 in]** al compararla con la posición de reposo. Tomar las medidas con un calibre manual o herramienta similar.

9. Enganchar el tornillo fijador **3** para conservar este desplazamiento después de alcanzar los **1,6 mm [1/16 in]**.

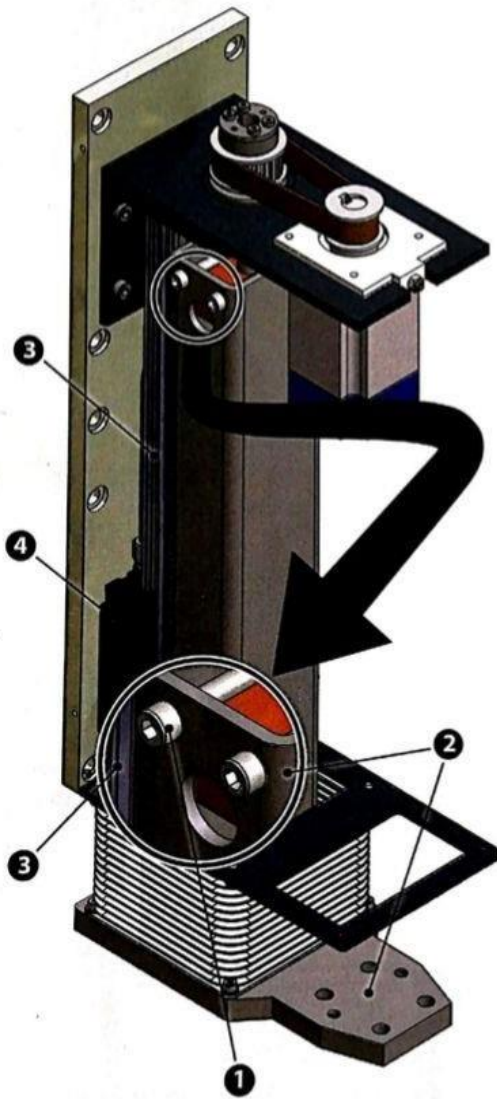
10. Ajustar la tuerca hexagonal reguladora **2**.

11. Ajustar nuevamente los cuatro cabeza hueca tapón de rosca M5x16 **6** en su lugar.

12. Reinstalar las cubiertas del elevador.

- 1** Correa de regulación
- 2** Tuerca de tensión hexagonal
- 3** Tornillo de tensión fijador
- 4** Ménsula interna B4
- 5** Placa de tensión de la correa
- 6** Cabeza hueca tapón de rosca M5x16
- 7** Polea del husillo
- 8** Polea del motor
- 9** Objeto romo o dedo índice
- 10** Posición de reposo de la correa (líneas rojas punteadas)
- 11** Área de desplazamiento de la correa

MANTENIMIENTO



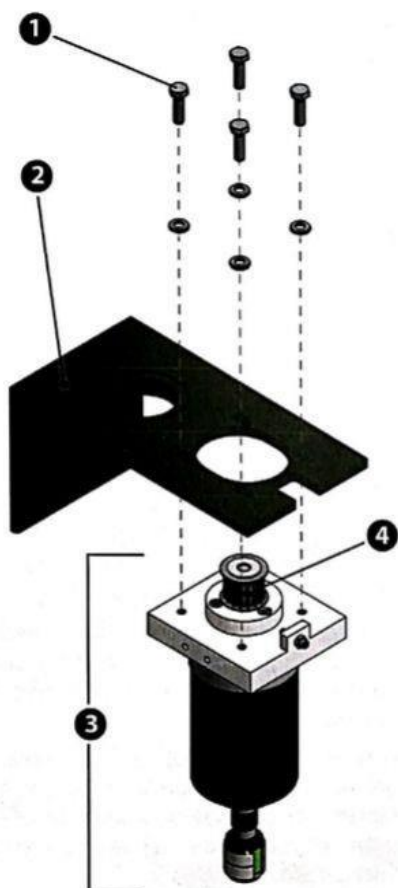
4. Extraer los dos pernos de asiento M6x70 **1** del montaje base del elevador **2** con una llave hexagonal de 5 mm.



5. Deslizar suavemente el riel lineal del montaje base **3** fuera del **4** soporte lineal.

Anexo 18-B: Sustitución de la polea del motor

MANTENIMIENTO



Procedimiento: sustitución de la polea del motor

1. Afloje la placa tensora de la correa y retire la correa de regulación (consulte **Procedimiento: extracción y sustitución de la correa de regulación**, si es necesario).
2. Retire cuatro tornillos de cabeza hueca M6x20 **1** de la ménsula interna **2**, usando una llave de boca de 10 mm. El subconjunto del motor **3** ahora puede bajarse a la parte inferior de la ménsula.



10 mm

3. Retire el tornillo de fijación M3 de la polea del motor **4** con una llave hexagonal de 1,5 mm y retire la polea del eje del motor.

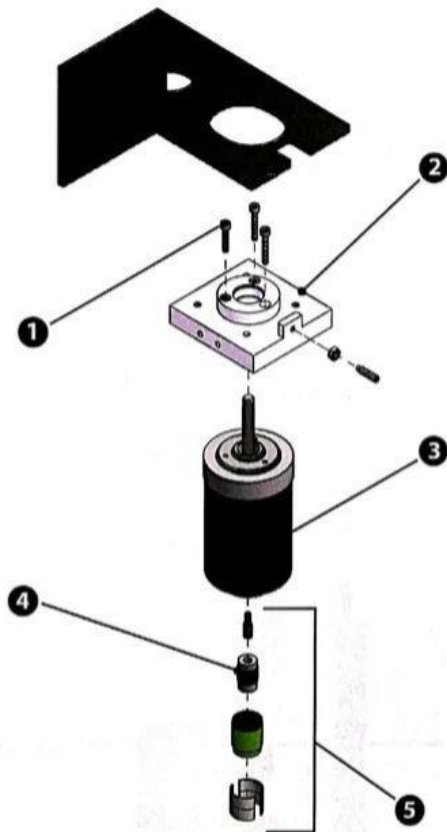


1,5 mm

- 1** Tornillería de montaje M6
- 2** Ménsula interna del elevador
- 3** Subconjunto del motor
- 4** Polea del motor

MANTENIMIENTO

4. Retire tres tornillos de cabeza hueca M4x16 **1** de la placa tensora de la correa **2**, con una llave hexagonal de 3 mm. El motor **3** ya puede bajarse de la placa.



5. Afloje el tornillo de fijación del mini acoplador **4** con una llave hexagonal de 1,5 mm. Retire el tacómetro/subconjunto del acoplador **5** y sepárelos.

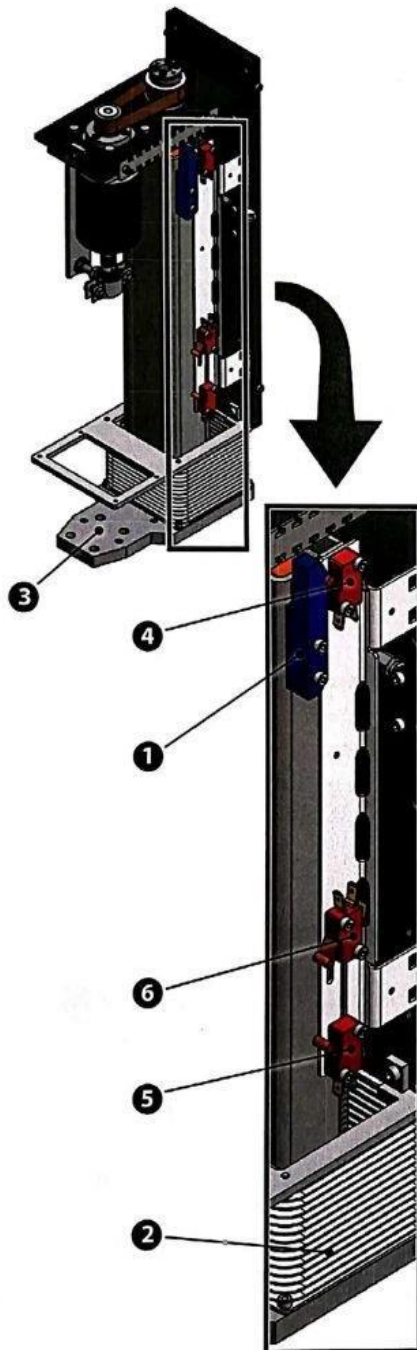


- 1** Tornillería de montaje del motor
- 2** Placa tensora de la correa
- 3** Motor
- 4** Mini acoplador
- 5** Subconjunto del tacómetro/acoplador

6. Instale el motor de repuesto siguiendo de los pasos n.º 1 al 5 en orden inverso.

Anexo 18-C: Sustitución de la tuerca del husillo

MANTENIMIENTO



Procedimiento: sustitución de la tuerca del husillo

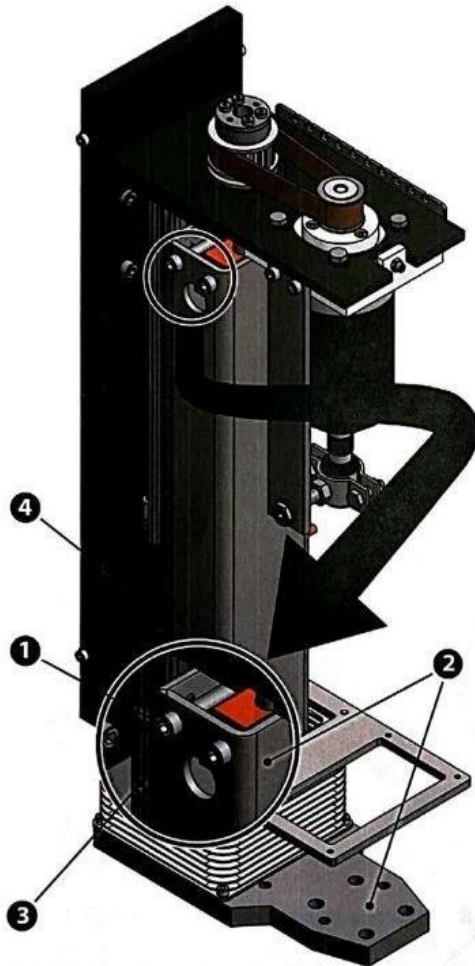
1. Retire ambas cubiertas del elevador y sepárelas.
2. Retire la leva del disyuntor de seguridad **1** sacando dos tornillos de cabeza hueca M4x20 con una llave hexagonal de 3 mm.



3. Desconecte los fuelles **2** del conjunto del soporte del elevador **3** sacando cuatro tornillos de cabeza hueca inferiores M4x8 con una llave hexagonal de 3 mm.

- 1** Leva del disyuntor de seguridad
- 2** Fuelles
- 3** Conjunto del soporte del elevador
- 4** Disyuntor de seguridad de desplazamiento superior
- 5** Disyuntor de seguridad de desplazamiento inferior
- 6** Interruptor de desaceleración

MANTENIMIENTO

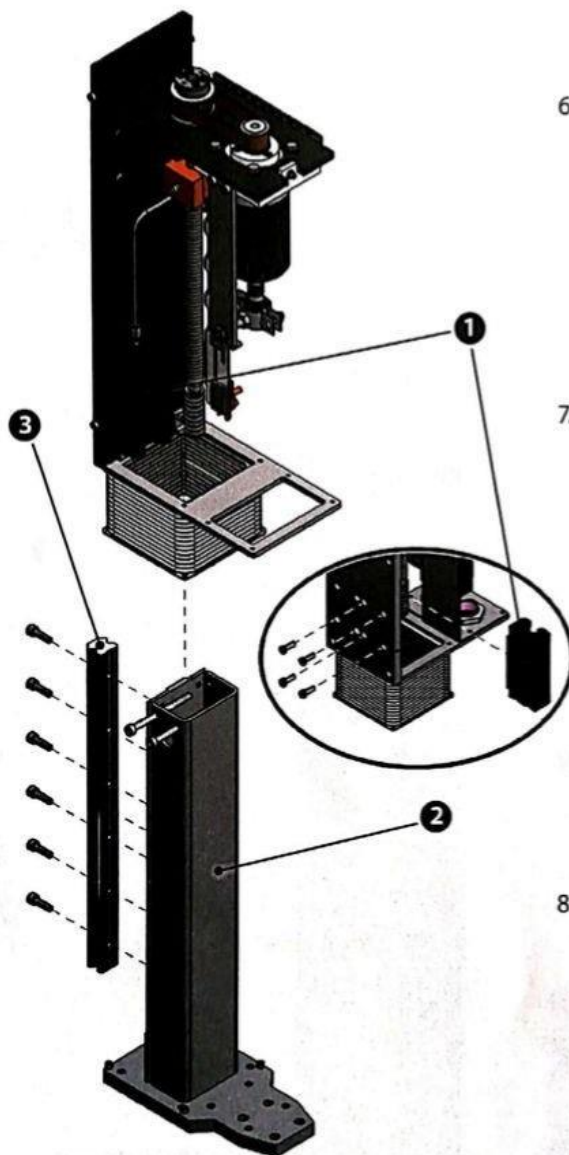


4. Retire dos pernos de asiento M6x70 **1** del conjunto del soporte del elevador **2** con una llave hexagonal de 5 mm.



5. Lentamente deslice el riel lineal del conjunto del soporte **3** hacia afuera del cojinete lineal **4**.

MANTENIMIENTO



6. Siga deslizando el conjunto del soporte **2** fuera del cojinete lineal **1**. Apoye el conjunto del soporte en una superficie móvil limpia.

7. Reemplace el cojinete lineal por uno nuevo **1** sacando cuatro tornillos de cabeza hueca M6x12 con una llave hexagonal de 5 mm.

8. Inspeccione el estado del riel lineal **3**; si está gastado o dañado, retire seis tornillos de cabeza hueca M6x20 con una llave hexagonal de 5 mm y reemplácelo.

Anexo 18-D: Sustitución del tornillo regulador

MANTENIMIENTO

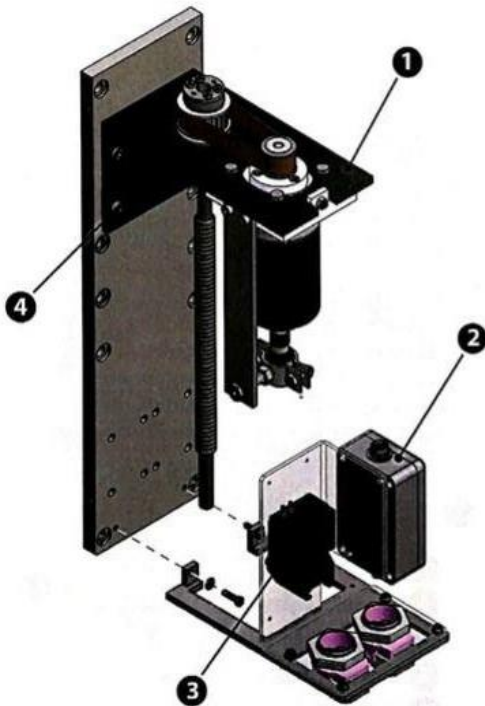
Procedimiento: sustitución del tornillo regulador

1. Realice el procedimiento de *sustitución de la tuerca del husillo* de las páginas anteriores.



No es necesario retirar la caja de control electrónico del elevador para retirar el tornillo regulador o el subconjunto del motor.

La caja de control está oculta para ver claramente los componentes.



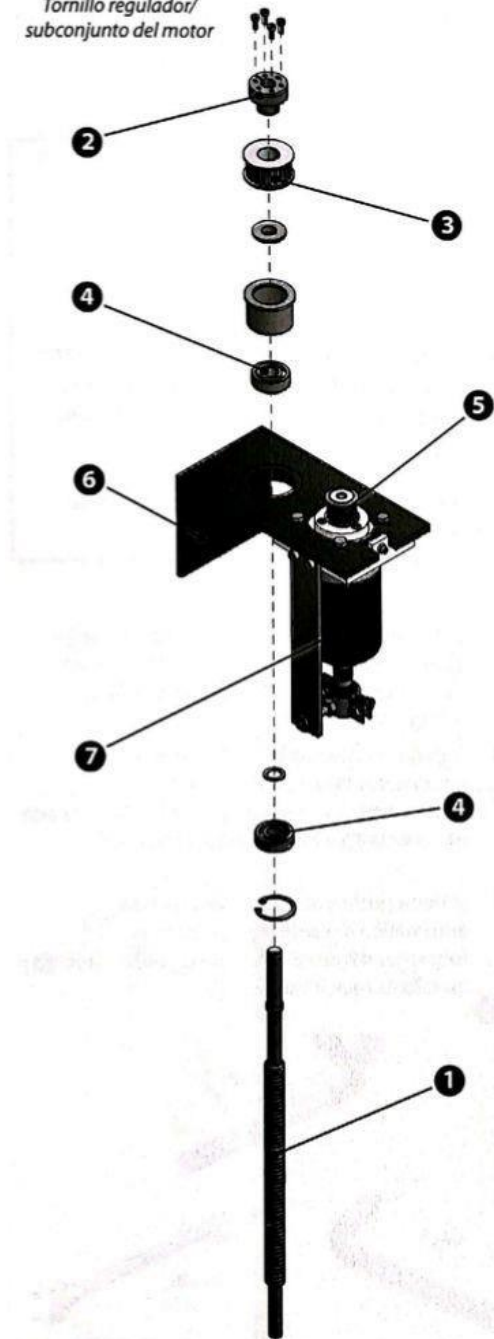
- 1 Tornillo regulador/subconjunto del motor
- 2 Módulo AHCHF capacitivo
- 3 Unidad de encendido automático del soplete
- 4 Tornillería de montaje de la ménsula interna del elevador

2. El tornillo regulador/subconjunto del motor **1** se puede retirar sacando cuatro tornillos de cabeza hueca M6x16 **4** con una llave hexagonal de 5 mm.
3. Si tiene problemas con el control de altura automático (o *AHC*), verifique el funcionamiento del módulo de la placa de alta frecuencia **2** y los cables relacionados.
4. Si tiene problemas con el encendido automático del soplete, verifique el funcionamiento del módulo de encendido **3** y los cables relacionados.



MANTENIMIENTO

Tornillo regulador/
subconjunto del motor



5. Retire el casquillo sin clavija **2** sacando cuatro tornillos de cabeza hueca M4x10 con una llave hexagonal de 3 mm. Enrosque dos tornillos de cabeza hueca en los orificios roscados en la parte superior del casquillo. Esto separará el casquillo del collarín.



6. Usando una presión estándar y la ilustración, retire y reemplace el tornillo regulador gastado **1**. Cuando presione el nuevo tornillo regulador, aplique la suficiente fuerza hasta que se alcance el punto.
7. Se recomienda que la polea del tornillo regulador **3**, los cojinetes de bola **4** y la polea del motor **5** sean reemplazados junto con el tornillo regulador antes de volver a armar el elevador. Para el desarmado de la polea del motor, consulte el siguiente procedimiento.

- 1** Tornillo regulador
- 2** Casquillo sin claveta
- 3** Polea del tornillo regulador
- 4** Cojinetes de bola del tornillo
- 5** Polea del motor
- 6** Ménsula interna del elevador
- 7** Subconjunto del motor/tacómetro

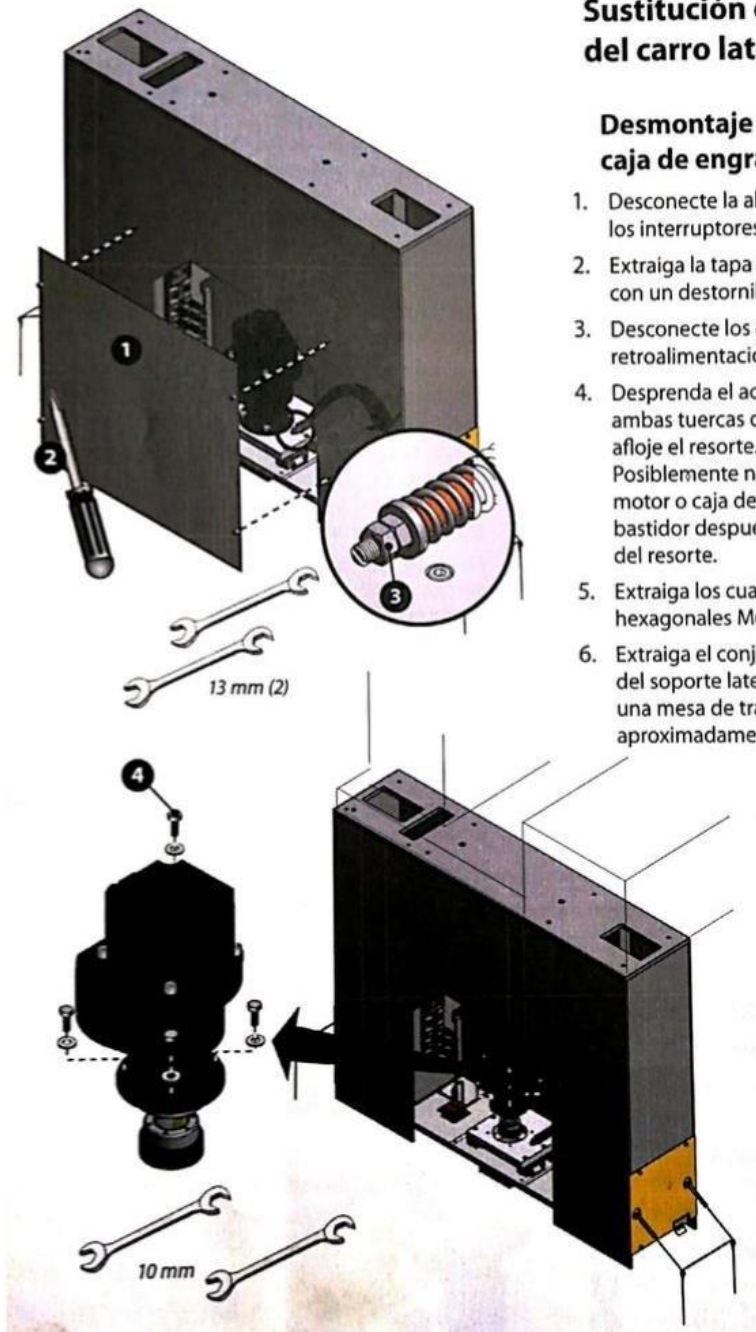
Anexo 18-E: Sustitución del piñón de ataque del carro lateral

MANTENIMIENTO

Sustitución del piñón de ataque del carro lateral

Desmontaje del conjunto motor o caja de engranajes

1. Desconecte la alimentación de la máquina y de los interruptores de bloqueo.
2. Extraiga la tapa del motor **1** del carro lateral con un destornillador de ranura **2**.
3. Desconecte los cables de alimentación y retroalimentación del motor.
4. Desprenda el accionamiento desenroscando ambas tuercas de tensión **3** hasta que se afloje el resorte. No gire la varilla roscada. Posiblemente necesite retirar el conjunto motor o caja de engranajes manualmente del bastidor después de haber aflojado la tensión del resorte.
5. Extraiga los cuatro pernos y arandelas hexagonales M6 de 20 mm **4**.
6. Extraiga el conjunto motor o caja de engranajes del soporte lateral móvil y colóquelo en una mesa de trabajo. Este conjunto pesa aproximadamente 7,4 kg (16,3 lb).



Anexo 18-F: Verificación del nivel de aceite refrigerante



10 Mantenimiento

10.11 Verificación de la Función de Apagado del Térmico de Protección

2. Emplee las teclas de desplazamiento para elegir el parámetro "off" y confirme con la tecla Enter.
3. Abra la válvula de corte del cliente' entre el equipo y la red de distribución de aire.

10.11 Verificación de la Función de Apagado del Térmico de Protección

El equipo se debe apagar si la temperatura final de compresión alcanza los 230° F.

- Haga revisar la función de apagado del térmico de protección por un representante de servicio KAESER autorizado.

10.12 Verificación del nivel de aceite refrigerante

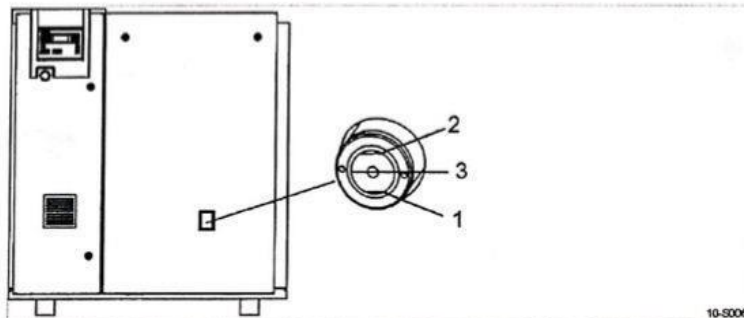
El nivel de aceite se puede verificar de forma segura a través de la mirilla de cristal. El indicador de aceite debe estar completamente lleno de aceite cuando el equipo esté en reposo. No se puede ver el nivel correcto de aceite.

Lo ideal es que el aceite se encuentre a la altura del óptimo nivel cuando el equipo esté operando.

| Estado operativo | Nivel mínimo de aceite | Nivel máximo de aceite |
|------------------|------------------------|------------------------|
| CARGA | | |

40 Nivel permitido de aceite refrigerante en CARGA

El equipo ha estado operando por lo menos durante 5 minutos en CARGA.



26 Verificación del nivel de aceite refrigerante

- ① Nivel mínimo de aceite
- ② Nivel máximo de aceite
- ③ Nivel óptimo

- Verifique el nivel de aceite mientras el equipo opera en CARGA.

Vierta aceite hasta que el indicador señale el nivel mínimo.


Anexo 18-G: Limpieza del condensador e inspección del drenaje del condensado

Mantenimiento


**KAESER
COMPRESORES**

9.2.1 Controles generales

- Se tendrá que controlar cada 2 o 3 meses el equipamiento eléctrico del secador refrigerativo. Averías comprobadas, tales como uniones sueltas y/o cables chamuscados, deberían eliminarse inmediatamente!

 **El aire comprimido y/o el gas refrigerativo que se fuguen del sistema puede ocasionar lesiones y averías en la instalación.**

- Cada 2 o 3 meses habrá que la correcta operación de todos los conductos, todas las mangueras y tornillos y controlar si hay averías reconocibles por fuera. Eliminar inmediatamente daños comprobados!

 **El gas refrigerativo contenido en el sistema refrigerador no debe escaparse a la atmósfera. Al realizarse trabajos de mantenimiento en el sistema de refrigeración se tendrán que utilizar sistemas idóneos para la aspiración del gas refrigerativo. Se debe eliminar el gas refrigerativo inservible conforme a las instrucciones reglamentarias!**

9.2.2 Limpieza del condensador

Se tiene que efectuar una limpieza mensual del condensador.

- Desconectar el secador refrigerativo en el interruptor de encendido (1).
- Asegurar el interruptor (1) "para que no sea conectado por personal no autorizado" con un candado apropiado.
- Inyectar aire comprimido en diagonal; limpiando las láminas del sistema refrigerativo. Poner en marcha el secador refrigerativo ver capítulo 8.2.

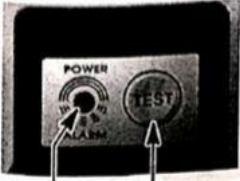
9.2.3 Inspección diaria del drenaje del condensado:

¡Atención! Si no sale ni condensado ni aire comprimido, hay que limpiar la salida de condensados ECO-DRAIN (ver capítulo 9.2.5).

- Prueba visual, si, durante la fase de apertura del ECO-DRAIN sale condensado en la manguera de salida de condensados – temporalmente el indicador de control se apaga.


9.2.4 Inspección mensual de la salida del ECO-DRAIN:

Hay que efectuar mensualmente el control de operación de condensados accionando el botón de prueba en la placa del ECO-DRAIN. Al accionar el pulsador de prueba la válvula solenoide del ECO-DRAIN se abre



8 Estado operativo – LED (diodo luminoso)
9 Botón de prueba (drenaje de condensados)

ANEXO 19: Registro de mantenimiento correctivo

|  SUBSISTEMAS (MECÁNICO, ELÉCTRICO) | FECHA | | DETALLE DE FALLA | CASA O TERCERO | COSTO TOTAL (S/.) | HORAS HOMBRES PERDIDAS (H-H) |
|--|---------------|-----------------|--|---------------------------|----------------------------------|---|
| | GENERÓ | APERTURÓ | | | | |
| Eléctrico y Electrónico | 07/01/2022 | 07/01/2022 | Monitor de pantalla | C | 989,56 | 5 |
| Neumático | 10/01/2022 | 11/01/2022 | Cambio de mangueras | C | 978,46 | 8 |
| Neumático | 13/01/2022 | 13/01/2022 | Refrigerante del compresor | C | 1000 | 5 |
| Eléctrico y Electrónico | 04/02/2022 | 04/02/2022 | Motor de accionamiento de las antorchas | C | 320,8 | 4 |
| Mecánico | 10/02/2022 | 10/02/2022 | Sistema mecánico | C | 1456,87 | 7 |
| Eléctrico y Electrónico | 18/02/2022 | 18/02/2022 | Modulo enfriador | C | 113,45 | 2 |
| Mecánico | 10/03/2022 | 11/03/2022 | Caja de engranes longitudinal | C | 329 | 6 |
| Neumático | 15/03/2022 | 15/03/2022 | Drenaje de gases condensados | C | 1234,34 | 4 |
| Eléctrico y Electrónico | 27/03/2022 | 27/03/2022 | Componentes electrónicos en la caja plasma | T | 1546,45 | 5 |
| Neumático | 30/03/2022 | 30/03/2022 | Fugas en válvulas | C | 100,56 | 2 |
| Refrigeración | 07/04/2022 | 07/04/2022 | Recirculador del refrigerante | C | 2435,84 | 5 |
| Electrónico y Eléctrico | 16/04/2022 | 17/04/2022 | Caja ANCON estación oxicorte | T | 1324 | 10 |
| Refrigeración | 19/04/2022 | 20/04/2022 | Bomba | C | 3325,23 | 8 |

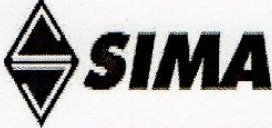
Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

ANEXO 20: Registro de plan de capacitaciones

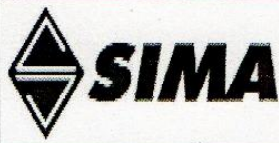
|  | JEFATURA DE DIVISION DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS: PLAN DE CAPACITACIÓN 2022 | | | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|--------------|--------------|
| TEMA/ASUNTO | MODALIDAD | CAPACITADOR | LUGAR | DURACIÓN | NÚMERO DE PARTICIPANTES | ÁREA | FECHA |
| Mantenimiento Productivo Total (pilares y herramientas a aplicar) | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 2 | 13 | Mant. Y Hab. | 09/01/2022 |
| Las 5'S y La Eficiencia General de los Equipos | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 3 | 13 | Mant. Y Hab. | 14/01/2022 |
| Mantenimiento autónomo de la máquina de corte automática | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 2 | 13 | Mant. Y Hab. | 16/01/2022 |
| Propuesta de un programa de mantenimiento planificado de la máquina de corte automática | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 2 | 13 | Mant. Y Hab. | 21/01/2022 |
| Corte por Plasma y Oxicorte | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 3 | 13 | Mant. Y Hab. | 25/02/2022 |
| Disponibilidad, rendimiento y calidad de equipos | Presencial | Quesquén Polo Yadira | Aula de capacitación | 2 | 13 | Mant. Y Hab. | 25/03/2022 |
| Tipos de averías y/o fallas | Presencial | Ingeniero | Aula de capacitación | 3 | 13 | Mant. Y Hab. | 18/05/2022 |
| Las seis grandes pérdidas | Presencial | Ingeniero | Aula de capacitación | 3 | 13 | Mant. Y Hab. | 25/07/2022 |
| Curso de actualización del uso de la máquina de corte automática | Presencial | Ingeniero | Aula de capacitación | 3 | 13 | Mant. Y Hab. | 18/10/2022 |
| FIRMA DEL JEFE DE MANTENIMIENTO: | | | | FIRMA DEL JEFE ADMINISTRADOR TALLER: | | | |
|  | | | |  | | | |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

ANEXO 21: Registro de asistencia de capacitaciones

| | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------|
|  | FORMATO | | | CÓDIGO | S.M-G-15-07 |
| | | | | VERSIÓN | 1 |
| | REGISTRO DE ASISTENCIA | | | FECHA | 20-11-2021 |
| | | | | PÁGINA | 1 de 1 |
| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | | <input checked="" type="checkbox"/> | Dep. Producción |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | | Dep. Logística |
| LUGAR: | ÁREA DE CAPACITACIÓN | ÁREA | | MANTENIMIENTO / HABILITADO | |
| FECHA: | 09/01/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00PM | HORA DE TÉRMINO | 6:00 PM |
| TEMA: | | MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL | | | |
| OBJETIVO DEL EVENTO | | | | | |
| DAR A CONOCER LA IMPORTANCIA Y EL CONCEPTO DEL TPM, LOS PILARES QUE LO CONFORMAN, ADEMÁS DE INFORMAR CUALES SE APLICARÁ Y DE QUE MANERA. | | | | | |
| TIPO DE EVENTO | | | | | |
| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | <input checked="" type="checkbox"/> | Otros |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | FIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | | 17 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | | 18 |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | | 18 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | | 17 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | | 18 |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | | 17 |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | | 18 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Administrativo | | 17 |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | | 18 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | | 17 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | | 17 |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| NINGUNA. | | | | | |


 RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN



FORMATO
REGISTRO DE ASISTENCIA

CÓDIGO S.M-G-15-07
VERSIÓN 1
FECHA 20-11-2021
PÁGINA 1 de 1

| | | | | | |
|--|--|-------------------------|----------------|---|---------|
| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | | <input checked="" type="checkbox"/> Dep. Producción | |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | Dep. Logística | |
| LUGAR: | AULA DE CAPACITACION | ÁREA | | MANTENIMIENTO / HABILITADO | |
| FECHA: | 14/01/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00 pm | HORA DE TÉRMINO | 7:00 pm |
| TEMA: | LAS 5'S Y LA EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS | | | | |
| OBJETIVO DEL EVENTO | | | | | |
| DAR A CONOCER LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LA METODOLOGÍA 5'S COMO PARTE DEL PILAR MANT. AUTÓNOMO, CON EL FIN DE QUE SE GENERE UN HABITO. ASIMISMO, TRATAR SOBRE EL OEE | | | | | |
| TIPO DE EVENTO | | | | | |
| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | <input checked="" type="checkbox"/> Otros | |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | FIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | | 18 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | | 17 |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | | 18 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | | 17 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | — | — |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | | 18 |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | | 19 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Administrativo | | 17 |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | | 17 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | | 17 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | | 17 |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| MARIN SALGADO NO SE ENCONTRABA PRESENTE (PERMISO) | | | | | |

RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN



FORMATO
REGISTRO DE ASISTENCIA

CÓDIGO S.M-G-15-07
VERSIÓN 1
FECHA 20-11-2021
PÁGINA 1 de 1

| | | | | | |
|------------------------|--|-------------------------|---------|---|---------|
| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | | <input checked="" type="checkbox"/> Dep. Producción | |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | Dep. Logística | |
| LUGAR: | AULA DE CAPACITACIÓN | ÁREA | | MANTENIMIENTO / HABILITADO | |
| FECHA: | 16/01/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00 PM | HORA DE TÉRMINO | 6:00 PM |
| TEMA: | MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA | | | | |

OBJETIVO DEL EVENTO

BRINDAR INFORMACIÓN NECESARIA SOBRE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA A TRAVÉS DE LA FICHA TÉCNICA Y ACERCA DE QUE ACTIVIDADES DE MANT. AUTÓNOMO SE PUEDEN REALIZAR DIARIO O SEMANALMENTE.

TIPO DE EVENTO

| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
|---------------------|------------|------------------------|----------------|---|------|
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | <input checked="" type="checkbox"/> Otros | |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | FIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | <i>[Signature]</i> | 19 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | — | — |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Administrativo | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | <i>[Signature]</i> | 19 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | — | — |

OBSERVACIONES:

MILLA Y TAPIA SE ENCONTRABAN REALIZANDO LABORES DE SUMA IMPORTANCIA

RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN



FORMATO
REGISTRO DE ASISTENCIA

CÓDIGO S.M-G-15-07
VERSIÓN 1
FECHA 20-11-2021
PÁGINA 1 de 1

| | | | | | |
|---|--|-------------------------|---------------|---|---------|
| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | | <input checked="" type="checkbox"/> Dep. Producción | |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | <input type="checkbox"/> Dep. Logística | |
| LUGAR: | AULA DE CAPACITACIÓN | ÁREA | | MANTENIMIENTO / HABILITADO. | |
| FECHA: | 21/01/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00 pm | HORA DE TÉRMINO | 6:00 pm |
| TEMA: | PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANT. PLANIFICADO DE LA MAQUINA DEC. | | | | |
| OBJETIVO DEL EVENTO | | | | | |
| DAR A CONOCER EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO PARA LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA EN EL PERIODO 2022. | | | | | |
| TIPO DE EVENTO | | | | | |
| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | <input checked="" type="checkbox"/> Otros | |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | FIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | <i>hm</i> | 17 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | <i>tuaz</i> | 18 |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | <i>Walter</i> | 17 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | <i>E</i> | 18 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | <i>Juan</i> | 17 |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | <i>Pedro</i> | 17 |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | <i>Caro</i> | 18 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Admnistrativo | <i>Lucy</i> | 17 |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | <i>L</i> | 17 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | <i>AW</i> | 18 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | <i>Ruy</i> | 18 |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| NINGUNA | | | | | |

RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN




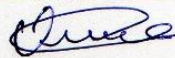
FORMATO
REGISTRO DE ASISTENCIA

CÓDIGO S.M-G-15-07
VERSIÓN 1
FECHA 20-11-2021
PÁGINA 1 de 1

| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------|----------------|---|---------|
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | | <input checked="" type="checkbox"/> Dep. Producción | |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | Dep. Logística | |
| LUGAR: | AULA DE CAPACITACIÓN | ÁREA | | MANTENIMIENTO / HABITADO. | |
| FECHA: | 25/02/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00 PM | HORA DE TÉRMINO | 7:00 PM |
| TEMA: | CORTE POR PLASMA Y OXICORTE | | | | |
| OBJETIVO DEL EVENTO | | | | | |
| BRINDAR INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE LOS TIPOS DE CORTE QUE REALIZA LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA, LA DIFERENCIA ENTRE AMBOS TIPOS DE CORTE Y EN QUE SITUACIÓN SE REQUIERE CADA TIPO. | | | | | |
| TIPO DE EVENTO | | | | | |
| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | <input checked="" type="checkbox"/> Otros | |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | EIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | <i>Lu</i> | 17 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | — | — |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | <i>William</i> | 17 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | <i>Carla</i> | 17 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | <i>J</i> | 17 |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | <i>Pedro</i> | 18 |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | <i>Carlos</i> | 18 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Administrativo | <i>Lucia</i> | 17 |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | <i>R</i> | 18 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | <i>Armando</i> | 18 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | <i>Ronald</i> | 17 |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| BALTODANO NO ESTUVO EN LA CAPACITACIÓN. | | | | | |

RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN

| | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------|
|  | FORMATO REGISTRO DE ASISTENCIA | | | CÓDIGO | S.M-G-15-07 |
| | | | | VERSIÓN | 1 |
| | | | | FECHA | 20-11-2021 |
| | | | | PÁGINA | 1 de 1 |
| INSTITUCIÓN / EMPRESA: | | SIMA S.A METAL MECÁNICA | | | |
| NOMBRE DEL EXPOSITOR | | QUESQUEN POLO YADIRA | | | |
| ORGANIZADOR POR: | | | | | |
| Gerencia General | | Gerencia Administrativa | <input checked="" type="checkbox"/> | Dep. Producción | |
| SSOMA | | Gerencia Comercial | | Dep. Logística | |
| LUGAR: | AULA DE / CAPACITACION | ÁREA | MANTENIMIENTO / HABITADO | | |
| FECHA: | 25/03/2022 | HORA DE INICIO: | 4:00 PM | HORA DE TÉRMINO | 6:00 PM |
| TEMA: | DISPONIBILIDAD, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE EQUIPOS | | | | |
| OBJETIVO DEL EVENTO | | | | | |
| DAR A CONOCER SOBRE LOS 3 INDICADORES DEL OEE, CONCEPTO DE CADA UNO Y COMO HALLARLO (FORMULA) | | | | | |
| TIPO DE EVENTO | | | | | |
| Charla inducción | | Charla de seguridad | | Curso especial | |
| Charla de 5 minutos | | Capacitación | | Otros | |
| N° | CÓDIGO/DNI | APELLIDO Y NOMBRE | DEPARTAMENTO | FIRMA | NOTA |
| 1 | 3521 | Bacilio Cruz Feliz | MMMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 2 | 3518 | Baltodano de la Cruz | MMMM | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 3 | 5107 | García Aguilar William | MEMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 4 | 8928 | García Serpa Enrique | MEMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 5 | 42843326 | Marin Salgado Juan | Chofer | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 6 | 3538 | Milla Reyes Pedro | MMMM | <i>[Signature]</i> | — |
| 7 | 8925 | Miranda Sáenz Carlos | MEMM | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 8 | 6279 | Pérez Salinas Lucia | Administrativo | — | — |
| 9 | 8948 | Rebaza Diaz Luis | MEMM | <i>[Signature]</i> | 18 |
| 10 | 5643 | Sanchez Armando | JDMS | <i>[Signature]</i> | 17 |
| 11 | 3527 | Tapia Beltrán Ronald | MMMM | — | — |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| NO ESTUVERON PRESENTES TRES OPERARIOS. | | | | | |


 RESPONSABLE DE LA EXPOSICIÓN

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

Anexo 22-A: Producción diaria de la máquina de corte automática (Preprueba)

| SEPTIEMBRE | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 01/09/2021 | 02/09/2021 | 03/09/2021 | 04/09/2021 | 05/09/2021 |
| | | 80 | 20 | 55 | 72 | 48 |
| 06/09/2021 | 07/09/2021 | 08/09/2021 | 09/09/2021 | 10/09/2021 | 11/09/2021 | 12/09/2021 |
| 60 | 26 | | 56 | 55 | 15 | 10 |
| 13/09/2021 | 14/09/2021 | 15/09/2021 | 16/09/2021 | 17/09/2021 | 18/09/2021 | 19/09/2021 |
| 47 | 59 | 26 | 17 | 20 | 30 | 40 |
| 20/09/2021 | 21/09/2021 | 22/09/2021 | 23/09/2021 | 20/01/1900 | 25/09/2021 | 26/09/2021 |
| 42 | 70 | 32 | | 20 | 45 | 49 |
| 27/09/2021 | 28/09/2021 | 29/09/2021 | 30/09/2021 | | | |
| 30 | 70 | 44 | 55 | | | |

| OCTUBRE | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | 01/10/2021 | 02/10/2021 | 03/10/2021 |
| | | | | 78 | 56 | 47 |
| 04/10/2021 | 05/10/2021 | 06/10/2021 | 07/10/2021 | 08/10/2021 | 09/10/2021 | 10/10/2021 |
| 35 | 60 | 72 | 15 | 49 | 75 | 25 |
| 11/10/2021 | 12/10/2021 | 13/10/2021 | 14/10/2021 | 15/10/2021 | 16/10/2021 | 17/10/2021 |
| 40 | 59 | 48 | 56 | 76 | 80 | 50 |
| 18/10/2021 | 19/10/2021 | 20/10/2021 | 21/10/2021 | 22/10/2021 | 23/10/2021 | 24/10/2021 |
| 56 | 57 | 47 | 46 | 40 | 31 | 49 |
| 25/10/2021 | 26/10/2021 | 27/10/2021 | 28/10/2021 | 29/10/2021 | 30/10/2021 | 31/10/2021 |
| 37 | 40 | 64 | 50 | 52 | 43 | 40 |

| NOVIEMBRE | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 01/11/2021 | 02/11/2021 | 03/11/2021 | 04/11/2021 | 05/11/2021 | 06/11/2021 | 07/11/2021 |
| 59 | 40 | 50 | 50 | 50 | 12 | 60 |
| 08/11/2021 | 09/11/2021 | 10/11/2021 | 11/11/2021 | 12/11/2021 | 13/11/2021 | 14/11/2021 |
| 24 | 68 | 33 | 55 | 51 | 43 | 70 |
| 15/11/2021 | 16/11/2021 | 17/11/2021 | 18/11/2021 | 19/11/2021 | 20/11/2021 | 21/11/2021 |
| 35 | 33 | 49 | 50 | 30 | 29 | 13 |
| 22/11/2021 | 23/11/2021 | 24/11/2021 | 25/11/2021 | 26/11/2021 | 27/11/2021 | 28/11/2021 |
| 50 | 49 | 39 | 13 | 42 | 44 | 20 |
| 29/11/2021 | 30/11/2021 | | | | | |
| 29 | 34 | | | | | |

| DICIEMBRE | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 01/12/2021 | 02/12/2021 | 03/12/2021 | 04/12/2021 | 05/12/2021 |
| | | | | 70 | 84 | 67 |
| 06/12/2021 | 07/12/2021 | 08/12/2021 | 09/12/2021 | 10/12/2021 | 11/12/2021 | 12/12/2021 |
| 55 | 13 | 78 | 67 | | 55 | 58 |
| 13/12/2021 | 14/12/2021 | 15/12/2021 | 16/12/2021 | 17/12/2021 | 18/12/2021 | 19/12/2021 |
| 49 | 63 | 41 | 33 | 30 | 39 | 18 |
| 20/12/2021 | 21/12/2021 | 22/12/2021 | 23/12/2021 | 24/12/2021 | 25/12/2021 | 26/12/2021 |
| 60 | | 61 | 63 | 58 | 43 | 73 |
| 27/12/2021 | 28/12/2021 | 29/12/2021 | 30/12/2021 | 31/12/2021 | | |
| 60 | 42 | 50 | 49 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22-B: Producción diaria de la máquina de corte automática (Posprueba)

| ENERO | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 01/01/2022 | 02/01/2022 |
| | | | | | 70 | 85 |
| 03/01/2022 | 04/01/2022 | 05/01/2022 | 06/01/2022 | 07/01/2022 | 08/01/2022 | 09/01/2022 |
| 66 | 65 | 78 | 65 | 35 | 42 | |
| 10/01/2022 | 11/01/2022 | 12/01/2022 | 13/01/2022 | 14/01/2022 | 15/01/2022 | 16/01/2022 |
| 32 | 27 | 59 | 35 | 22 | 58 | 67 |
| 17/01/2022 | 18/01/2022 | 19/01/2022 | 20/01/2022 | 21/01/2022 | 22/01/2022 | 23/01/2022 |
| 74 | 67 | 78 | 59 | 65 | 66 | 29 |
| 24/01/2022 | 25/01/2022 | 26/01/2022 | 27/01/2022 | 28/01/2022 | 29/01/2022 | 30/01/2022 |
| 58 | 75 | 45 | 54 | 50 | 66 | 89 |
| 31/01/2022 | | | | | | |
| 80 | | | | | | |

| FEBRERO | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 01/02/2022 | 02/02/2022 | 03/02/2022 | 04/02/2022 | 05/02/2022 | 06/02/2022 |
| | 66 | 89 | 80 | 55 | 60 | |
| 07/02/2022 | 08/02/2022 | 09/02/2022 | 10/02/2022 | 11/02/2022 | 12/02/2022 | 13/02/2022 |
| 75 | 70 | 88 | 55 | 40 | 85 | 82 |
| 14/02/2022 | 15/02/2022 | 16/02/2022 | 17/02/2022 | 18/02/2022 | 19/02/2022 | 20/02/2022 |
| 61 | 56 | 45 | 70 | 40 | 44 | 70 |
| 21/02/2022 | 22/02/2022 | 23/02/2022 | 24/02/2022 | 25/02/2022 | 26/02/2022 | 27/02/2022 |
| 90 | 77 | 80 | 63 | 43 | 46 | 78 |
| 28/02/2022 | | | | | | |
| 70 | | | | | | |


| MARZO | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 01/03/2022 | 02/03/2022 | 03/03/2022 | 04/03/2022 | 05/03/2022 | 06/03/2022 |
| | 80 | 89 | 77 | 45 | 55 | 20 |
| 07/03/2022 | 08/03/2022 | 09/03/2022 | 10/03/2022 | 11/03/2022 | 12/03/2022 | 13/03/2022 |
| 69 | 65 | 63 | 49 | 78 | 30 | 45 |
| 14/03/2022 | 15/03/2022 | 16/03/2022 | 17/03/2022 | 18/03/2022 | 19/03/2022 | 20/03/2022 |
| 77 | 49 | 67 | 88 | 70 | 67 | 77 |
| 21/03/2022 | 22/03/2022 | 23/03/2022 | 24/03/2022 | 25/03/2022 | 26/03/2022 | 27/03/2022 |
| 85 | 87 | 70 | 30 | 59 | 78 | 55 |
| 28/03/2022 | 29/03/2022 | 30/03/2022 | 31/03/2022 | | | |
| 70 | 80 | 40 | 30 | | | |

| ABRIL | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | 01/04/2022 | 02/04/2022 | 03/04/2022 |
| | | | | 20 | 70 | |
| 04/04/2022 | 05/04/2022 | 06/04/2022 | 07/04/2022 | 08/04/2022 | 09/04/2022 | 10/04/2022 |
| 45 | 49 | 55 | 89 | 67 | 60 | 80 |
| 11/04/2022 | 12/04/2022 | 13/04/2022 | 14/04/2022 | 15/04/2022 | 16/04/2022 | 17/04/2022 |
| 75 | 87 | 90 | 88 | 79 | 82 | |
| 18/04/2022 | 19/04/2022 | 20/04/2022 | 21/04/2022 | 22/04/2022 | 23/04/2022 | 24/04/2022 |
| 79 | 88 | 67 | 76 | 77 | 80 | 59 |
| 25/04/2022 | 26/04/2022 | 27/04/2022 | 28/04/2022 | 29/04/2022 | 30/04/2022 | |
| 76 | 56 | 59 | 60 | 64 | 70 | |

Fuente: Elaboración propia


| COLOR | SIGNIFICADO |
|-------|--------------------------|
| | AVERIAS |
| | SOLUCION DE LA AVERIA |
| | FACTOR CLIMATICO |
| | FALTA DE ENERGIA |
| | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |

ANEXO 23-A: Registro de evaluación de los factores OEE (preprueba)

|  | MAQUINA: Máquina de corte automática CNC ESAB Suprax | | | | | | | | | | EVALUACION DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL | | | |
|---|--|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|--|-------------|------------|------------|
| | TIEMPOS | | | | | | | PRODUCCION | | | FACTORES | | | |
| SEMANAS | TIEMPO TOTAL DE TRABAJO | TOTAL DE PARADAS PLANIFICADAS | TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCION (TPO) | PARADAS NO PROGRAMADAS | TIEMPO DE OPERACIÓN(TO) | CAPACIDAD NOMINAL | TIEMPO DE CICLO IDEAL | UNIDADES CONFORMES | UNIDADES DEFECTUOSAS | TOTAL DE UNIDADES | DISPONIBILIDAD | RENDIMIENTO | CALIDAD | OEE |
| 1 | 154 | 13 | 141 | 48 | 93 | 4,45 | 0,22 | 359 | 2 | 361 | 66% | 87% | 99% | 57% |
| 2 | 154 | 0 | 154 | 45 | 109 | 7,03 | 0,14 | 240 | 2 | 242 | 71% | 32% | 99% | 22% |
| 3 | 154 | 0 | 154 | 56 | 98 | 4,45 | 0,22 | 243 | 2 | 245 | 64% | 56% | 99% | 35% |
| 4 | 154 | 0 | 154 | 38 | 116 | 7,02 | 0,14 | 244 | 2 | 246 | 75% | 30% | 99% | 23% |
| 5 | 44 | 0 | 44 | 8 | 36 | 4,45 | 0,22 | 97 | 2 | 99 | 82% | 62% | 98% | 49% |
| 6 | 154 | 13 | 141 | 37 | 104 | 7,02 | 0,14 | 362 | 1 | 363 | 74% | 50% | 100% | 37% |
| 7 | 154 | 0 | 154 | 35 | 119 | 4,45 | 0,22 | 350 | 2 | 352 | 77% | 66% | 99% | 51% |
| 8 | 154 | 0 | 154 | 32 | 122 | 4,45 | 0,22 | 409 | 3 | 412 | 79% | 76% | 99% | 60% |
| 9 | 154 | 0 | 154 | 36 | 118 | 4,45 | 0,22 | 309 | 2 | 311 | 77% | 59% | 99% | 45% |
| 10 | 66 | 0 | 66 | 28 | 38 | 7,03 | 0,14 | 133 | 2 | 135 | 58% | 51% | 99% | 29% |
| 11 | 154 | 0 | 154 | 28 | 126 | 7,02 | 0,14 | 319 | 2 | 321 | 82% | 36% | 99% | 30% |
| 12 | 154 | 0 | 154 | 44 | 110 | 7,02 | 0,14 | 342 | 2 | 344 | 71% | 45% | 99% | 32% |
| 13 | 154 | 0 | 154 | 41 | 113 | 4,45 | 0,22 | 236 | 3 | 239 | 73% | 47% | 99% | 34% |
| 14 | 154 | 0 | 154 | 33 | 121 | 7,03 | 0,14 | 257 | 0 | 257 | 79% | 30% | 100% | 24% |
| 15 | 44 | 0 | 44 | 8 | 36 | 2,28 | 0,44 | 62 | 1 | 63 | 82% | 77% | 98% | 62% |
| 16 | 154 | 31 | 123 | 28 | 95 | 4,45 | 0,22 | 286 | 3 | 289 | 77% | 68% | 99% | 52% |
| 17 | 154 | 19 | 135 | 36 | 99 | 4,45 | 0,22 | 368 | 2 | 370 | 73% | 84% | 99% | 61% |
| 18 | 154 | 14 | 140 | 40 | 100 | 11,08 | 0,09 | 220 | 1 | 221 | 71% | 20% | 100% | 14% |
| 19 | 154 | 15 | 139 | 28 | 111 | 4,45 | 0,22 | 398 | 2 | 400 | 80% | 81% | 100% | 64% |
| 20 | 66 | 22 | 44 | 33 | 11 | 11,08 | 0,09 | 99 | 0 | 99 | 25% | 81% | 100% | 20% |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | | 72% | 57% | 99% | 40% |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA

ANEXO 23-B: Registro de evaluación de los factores OEE (posprueba)

|  | MAQUINA: Máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex | | | | | | | | EVALUACION DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL | | | | | |
|---|--|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|--|-------------------|----------------|-------------|-------------|------------|
| | TIEMPOS | | | | | | | PRODUCCION | | | FACTORES | | | |
| SEMANAS | TIEMPO TOTAL DE TRABAJO | TOTAL DE PARADAS PLANIFICADAS | TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCION (TPO) | PARADAS NO PROGRAMADAS | TIEMPO DE OPERACIÓN(TO) | CAPACIDAD NOMINAL | TIEMPO DE CICLO IDEAL | UNIDADES CONFORMES | UNIDADES DEFECTUOSAS | TOTAL DE UNIDADES | DISPONIBILIDAD | RENDIMIENTO | CALIDAD | OEE |
| 1 | 154 | 0 | 154 | 21 | 133 | 4,45 | 0,22 | 463 | 1 | 464 | 86% | 78% | 100% | 67% |
| 2 | 154 | 21 | 133 | 39 | 94 | 7,03 | 0,14 | 215 | 2 | 217 | 71% | 33% | 99% | 23% |
| 3 | 154 | 0 | 154 | 21 | 133 | 4,45 | 0,22 | 468 | 0 | 468 | 86% | 79% | 100% | 68% |
| 4 | 154 | 19,5 | 134,5 | 22 | 113 | 7,02 | 0,14 | 443 | 0 | 443 | 84% | 56% | 100% | 47% |
| 5 | 66 | 0 | 66 | 9 | 57 | 4,45 | 0,22 | 235 | 0 | 235 | 86% | 93% | 100% | 80% |
| 6 | 154 | 43 | 111 | 25 | 86 | 7,02 | 0,14 | 425 | 0 | 425 | 77% | 70% | 100% | 55% |
| 7 | 154 | 7 | 147 | 28 | 119 | 7,02 | 0,14 | 480 | 1 | 481 | 81% | 58% | 100% | 47% |
| 8 | 154 | 2 | 152 | 24 | 128 | 4,45 | 0,22 | 415 | 0 | 415 | 84% | 73% | 100% | 61% |
| 9 | 154 | 19,5 | 134,5 | 21 | 114 | 7,02 | 0,14 | 457 | 0 | 457 | 84% | 57% | 100% | 48% |
| 10 | 154 | 42 | 112 | 21 | 91 | 7,03 | 0,14 | 435 | 0 | 435 | 81% | 68% | 100% | 55% |
| 11 | 154 | 14,5 | 139,5 | 27 | 113 | 7,02 | 0,14 | 406 | 1 | 407 | 81% | 52% | 100% | 41% |
| 12 | 154 | 0 | 154 | 25 | 129 | 7,02 | 0,14 | 503 | 0 | 503 | 84% | 56% | 100% | 47% |
| 13 | 154 | 0 | 154 | 26 | 128 | 4,45 | 0,22 | 448 | 1 | 449 | 83% | 79% | 100% | 65% |
| 14 | 66 | 0 | 66 | 11 | 55 | 7,03 | 0,14 | 149 | 1 | 150 | 83% | 39% | 99% | 32% |
| 15 | 154 | 51 | 103 | 41 | 62 | 7,03 | 0,14 | 328 | 0 | 328 | 60% | 75% | 100% | 45% |
| 16 | 154 | 0 | 154 | 26 | 128 | 4,45 | 0,22 | 547 | 0 | 547 | 83% | 96% | 100% | 80% |
| 17 | 154 | 21,5 | 132,5 | 39 | 94 | 7,02 | 0,14 | 471 | 0 | 471 | 71% | 72% | 100% | 51% |
| 18 | 154 | 0 | 154 | 21 | 133 | 4,45 | 0,22 | 467 | 0 | 467 | 86% | 79% | 100% | 68% |
| 19 | 44 | 0 | 44 | 21 | 23 | 7,03 | 0,14 | 134 | 0 | 134 | 52% | 83% | 100% | 43% |
| 20 | 154 | 0 | 154 | 21 | 133 | 4,45 | 0,22 | 493 | 1 | 494 | 86% | 83% | 100% | 72% |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | | 80% | 69% | 100% | 55% |

Fuente: Elaboración propia / Reportes del área de jefatura de división de mantenimiento y servicios de SIMA.

ANEXO 24: Resultados de SPSS

Resumen del procesamiento de los casos

| | Casos | | | | | |
|----------------------------|---------|------------|----------|------------|-------|------------|
| | Válidos | | Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Eficiencia general inicial | 20 | 100,0% | 0 | 0,0% | 20 | 100,0% |
| Eficiencia general final | 20 | 100,0% | 0 | 0,0% | 20 | 100,0% |

Descriptivos

| | | | Estadístico | Error típ. |
|---|---|-----------------|-------------|------------|
| Eficiencia general inicial | Media | | ,4005 | ,03577 |
| | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | ,3256 | |
| | | Límite superior | ,4754 | |
| | Media recortada al 5% | | ,4017 | |
| | Mediana | | ,3600 | |
| | Varianza | | ,026 | |
| | Desv. típ. | | ,15995 | |
| | Mínimo | | ,14 | |
| | Máximo | | ,64 | |
| | Rango | | ,50 | |
| | Amplitud intercuartil | | ,31 | |
| | Asimetría | | ,089 | ,512 |
| | Curtosis | | -1,390 | ,992 |
| | Eficiencia general final | Media | | ,5475 |
| Intervalo de confianza para la media al 95% | | Límite inferior | ,4762 | |
| | | Límite superior | ,6188 | |
| Media recortada al 5% | | | ,5511 | |
| Mediana | | | ,5300 | |
| Varianza | | | ,023 | |
| Desv. típ. | | | ,15228 | |
| Mínimo | | | ,23 | |
| Máximo | | | ,80 | |
| Rango | | | ,57 | |
| Amplitud intercuartil | | | ,22 | |
| Asimetría | | | -,092 | ,512 |
| Curtosis | | | -,370 | ,992 |

Gráfico Q-Q normal de Eficiencia general final

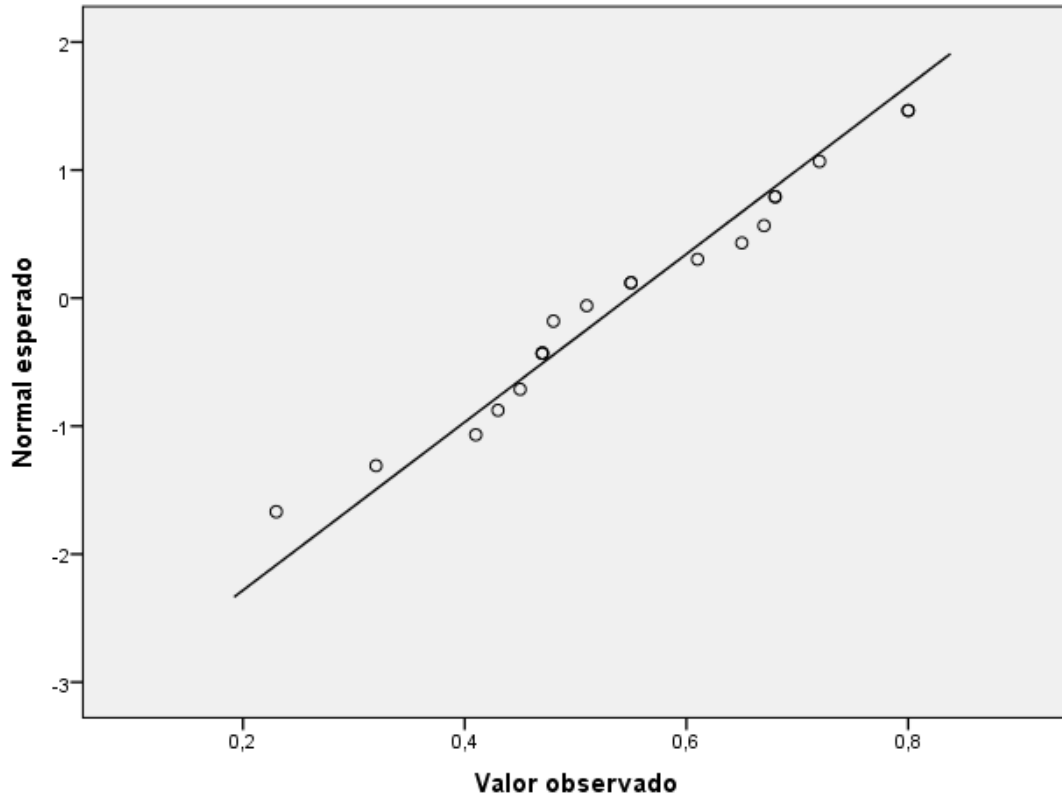


Gráfico Q-Q normal de Eficiencia general inicial

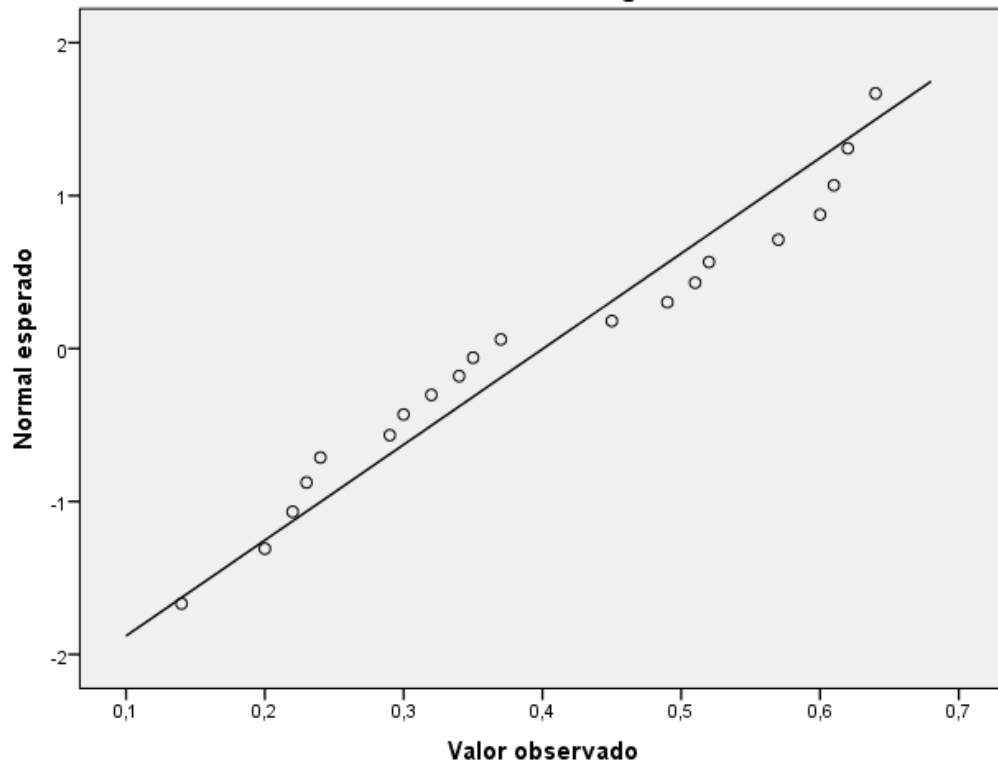


Gráfico Q-Q normal sin tendencias de Eficiencia general inicial

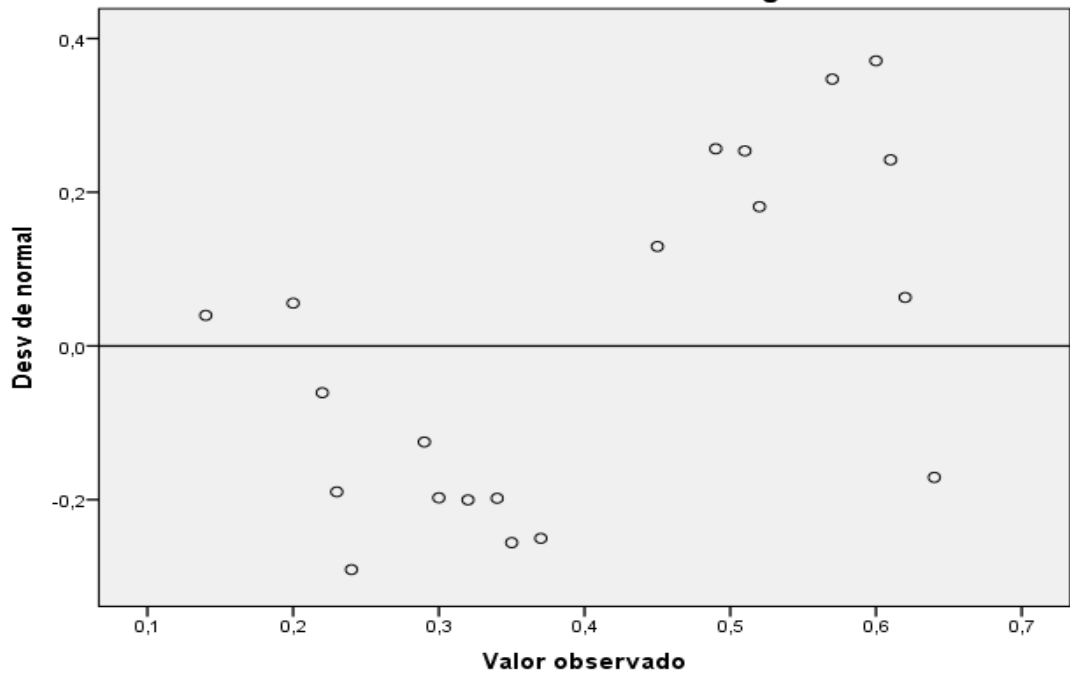
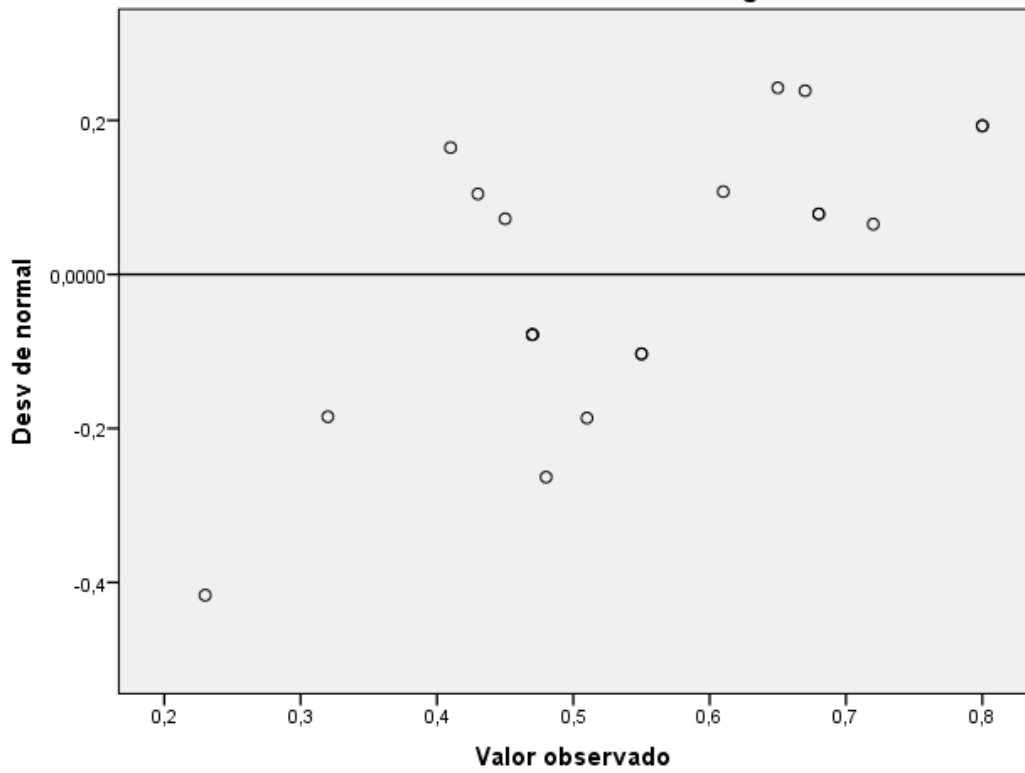


Gráfico Q-Q normal sin tendencias de Eficiencia general final



Prueba T

Estadísticos de muestras relacionadas

| | Media | N | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|----------------------------------|-------|----|-----------------|------------------------|
| Par 1 Eficiencia general inicial | ,4005 | 20 | ,15995 | ,03577 |
| Eficiencia general final | ,5475 | 20 | ,15228 | ,03405 |

Correlaciones de muestras relacionadas

| | N | Correlación | Sig. |
|---|----|-------------|------|
| Par 1 Eficiencia general inicial y Eficiencia general final | 20 | ,133 | ,576 |

Anexo 25: Evidencia fotográfica de la máquina de corte automática CNC ESAB Suprarex









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA EFICIENCIA GENERAL DE LA MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA EN SIMA METAL MECÁNICA, CHIMBOTE-2021", cuyos autores son REGALADO LUNA FREDERICK XAVIER, QUESQUEN POLO YADIRA VANESSA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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.

CHIMBOTE, 15 de Julio del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS DNI: 40149444 ORCID 0000-0001-9175-5545 | Firmado digitalmente por: RCHUCUYAH el 18-07- 2022 04:03:18 |

Código documento Trilce: TRI - 0346627