



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

**Implementación de un plan de mantenimiento de las  
maquinas herramientas de empresa servicios marperu, para  
mejorar la producción, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR**

Ibañez Huiza, Josue Angel ([orcid.org/0000-0001-9397-9497](https://orcid.org/0000-0001-9397-9497))

**ASESOR**

Mg. Sifuentes Inostroza, Teofilo Martin ([orcid.org/0000-0001-8621-236X](https://orcid.org/0000-0001-8621-236X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistema y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A mi madre, por ser ejemplo de amor y fortaleza, por demostrarme su apoyo incondicional y forjarme a lo largo de mi vida profesional, sin ella no lo habría logrado; a mi familia, por brindarme su confianza y motivación en todo momento, quienes me han impulsado a continuar en este camino con dedicación constante para lograr mi objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme gozar de salud y brindarme sabiduría en mi camino educativo. A mi madre por ser el pilar fundamental de mi formación profesional. A mi familia por su comprensión y soporte en este proceso. Al gerente de la empresa por permitir que su representada forme parte de esta investigación y a mi asesor por el apoyo y orientación que nos brindó en el proceso de esta investigación

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Cátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III.METODLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y Operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos .....	15
3.5. Procedimientos .....	15
3.6. Métodos de análisis de datos .....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	16
V. DISCUSIÓN .....	30
VI. CONCLUSIONES .....	35
VII. RECOMENDACIONES .....	36
REFERENCIAS .....	37
ANEXOS .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Datos horas perdidas por reparación, horas de funcionamiento y números de fallas .....	18
<b>Tabla 2:</b> Datos entre tiempo medio de fallas y tiempo medio de reparación .....	18
<b>Tabla 3:</b> Datos de disponibilidad de las máquinas herramientas.....	19
<b>Tabla 4:</b> Datos de confiabilidad de las máquinas herramientas.....	19
<b>Tabla 5:</b> Datos de criticidad de las máquinas herramientas.....	19
<b>Tabla 6:</b> Datos de tiempo de operación de sistema – ProModel – Con MTTO.....	23
<b>Tabla 7:</b> Datos comparativos de disponibilidad.....	24
<b>Tabla 8:</b> Datos comparativos de confiabilidad.....	24
<b>Tabla 9:</b> Datos de criticidad de las máquinas después del MTTO.....	25
<b>Tabla 10:</b> Datos comparativos de criticidad .....	25
<b>Tabla 11:</b> Datos de mejora de la productividad .....	26
<b>Tabla 12:</b> Costos de reparación de máquinas herramientas Marzo – agosto 2022 .....	28
<b>Tabla 13:</b> Costos de implementación del plan de Mantenimiento .....	29

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fórmula para cálculo de confiabilidad .....	12
<b>Figura 2:</b> Fórmula para cálculo de tiempo medio de reparación .....	12
<b>Figura 3:</b> Fórmula para cálculo de tiempo medio entre fallas .....	13
<b>Figura 4:</b> Fórmula de Disponibilidad .....	13
<b>Figura 5:</b> Locaciones de las máquinas herramientas .....	21
<b>Figura 6:</b> Entidades de las máquinas herramientas .....	21
<b>Figura 7:</b> Procesos de las máquinas herramientas .....	22
<b>Figura 8:</b> Rutas de procesos de máquinas herramientas .....	22
<b>Figura 9:</b> Simulación en ProModel .....	23
<b>Gráfico 1:</b> Datos comparativos de Disponibilidad antes y después del MTTO .....	24
<b>Gráfico 2:</b> Datos comparativos de Confiabilidad antes y después del MTTO .....	25
<b>Gráfico 3:</b> Datos comparativos de criticidad antes y después del MTTO ..	26
<b>Gráfico 4:</b> Datos comparativos de producción antes y después del MTTO	27

## RESUMEN

El presente estudio titulado “Implementación de un Plan de Mantenimiento de las Máquinas Herramientas de la Empresa Servicios Marperu, para Mejorar la Producción, 2022” empleo un método de recolección de datos, con una investigación de tipo pre- experimental, con una población conformada por 6 máquinas herramientas en el que se evalúa las condiciones existentes en las máquinas herramientas en un periodo de 6 meses determinando un déficit en la producción de las máquinas con periodos de fallas prolongado obteniendo datos de mtrr, mtbf, disponibilidad y confiabilidad deficientes de así como también 4 máquinas herramientas niveles críticos.

Con la información recolectada y datos encontrados se realizó la implementación del plan de mantenimiento de acuerdo con las necesidades presentadas en las máquinas de la empresa, priorizando los procesos de mantenimiento a realizar, obteniendo como resultado con la implementación en el programa promodel se obtuvo resultados que indican la mejora en los indicadores de disponibilidad entre 93.89% a 97.16% y confiabilidad entre 98.39% a 98.90% de las máquinas herramientas, así como la mejora en los niveles de criticidad luego de aplicación del plan de mantenimiento. A su vez el índice de producción se ve influenciado con un incremento que va entre 0.91% y 4.82 % de producción de elementos de las máquinas herramientas. Consecuente se determinó unos costos de implementación del programa de mantenimiento de 6579 soles comparándolo con sus costos de reparación por fallas de 15260 soles, teniendo como resultado un beneficio económico 8681 soles y un tiempo de recuperación de inversión en 4 meses y medio.

**Palabras clave:** Plan de Mantenimiento, Implementación y Producción.

## ABSTRACT

The present study entitled "Implementation of a Maintenance Plan for Machine Tools of the Marperu Services Company, to Improve production, 2022" used a data collection method, with a pre-experimental investigation, with a population made up of 6 machine tools in which the existing conditions in the machine tools are evaluated in a period of 6 months, determining a deficit in the performance of the machines with prolonged failure periods, obtaining data on mtrr, mtbf, poor availability and reliability, as well as 4 machine tools critical levels.

With the information collected and data found, the implementation of the maintenance plan was carried out according to the needs presented in the company's machines, prioritizing the maintenance processes to be carried out, obtaining as a result with the implementation in the ProModel program results were obtained that they indicate the improvement in the indicators of availability between 93.89% to 97.16% and reliability between 98.39% to 98.90% of the machine tools, as well as the improvement in the levels of criticality after application of the maintenance plan. In turn, the production index is influenced by the increase that goes between 0.91% and 4.82% of production of machine tool elements. Consequently, implementation costs of the maintenance program of 6,579 soles were determined, comparing it with its repair costs due to failures of 15,260 soles, resulting in an economic benefit of 8,681 soles and an investment recovery time of 4 and a half months.

**Keywords:** Maintenance, Implementation and Production Plan.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La raza humana evoluciona a un ritmo insostenible. Con cada día que pasa, el aumento del consumo de los productos se vuelve insostenible. Por este motivo, es importante la contribución de todos los involucrados para lograr un ecosistema sostenible y sustentable. Por lo tanto, la alternativa adecuada para la reducción de nuestro consumo es la eficiencia energética. (Garabito, 2021)

La eficiencia energética es una materia de interés creciente en el desarrollo de las actividades económicas y de la sociedad. La búsqueda de la mejora de eficiencia energética conlleva seguir desarrollando las actividades con las mismas condiciones y obteniendo los mismos resultados, pero una reducción del gasto energético. (Sanchez Contreras, 2019)

En el proyecto presentado se ha planteado implementar un plan de mantenimiento para mejorar la producción de las máquinas herramientas que operan en la empresa servicios Marperu, 2022.

En esta empresa se tiene un conjunto de 6 máquinas herramientas las cuales funcionan 7 días a la semana en horarios variados de 6 horas diarias por lo que el consumo energético es de suma importancia.

En estas máquinas presentamos una eficiencia energética mecánica como eléctrica muy baja a comparación de otros equipos de alta eficiencia, debido a la falta de control en el mantenimiento de los equipos, por el desgaste de los elementos y piezas críticas lo cual a su vez se ve reflejado en la producción y calidad de trabajo que se realiza.

Por tanto, se planteó mejorar la producción de las máquinas herramientas acondicionando un plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de las máquinas herramientas en la empresa para así mejorar su proceso y calidad de producto.

En base a lo expresado anteriormente se ha tenido por conveniente realizar la formulación problemática siguiente: ¿En qué medida se mejorará la producción

de las maquinas herramientas en empresa servicios marperu con la implementación de un plan de mantenimiento?

En el estudio, materia de investigación, se ha observado una relevancia ambiental puesto que al buscar mejorar la producción se logrará implementar una práctica orientada a la sustentabilidad, reduciendo el consumo excesivo del recurso, así como controlar pérdidas energéticas en el proceso productivo. Así mismo el mejorar la producción adquiere importancia económica ya que se logrará reducir consumo de energía, y promover la eficiencia en la productividad, logrando minimizar tiempos y por tanto costos. De igual manera es importante mencionar la relevancia social para la población inmersa en dichas prácticas generando consciencia de la problemática.

Una vez planteada la formulación del problema ,se ha procedido a determinar el siguiente objetivo general: Mejorar la producción en las maquinas herramientas de la empresa servicios marperu, 2022 mediante un plan de mantenimiento; y, para llegar a ello se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos específicos: i) evaluar las condiciones actuales de las maquinas herramientas de la empresa y como influyen en una producción deficiente; ii) determinar los equipos y elementos críticos que influyen en una baja producción; iii) elaborar un programa de mantenimiento preventivo en base a los resultados obtenidos; iv) determinar los indicadores y mejora de producción obtenidos luego del plan de mantenimiento; v) evaluar la inversión necesaria para la implementación de la mejora y proyectar el beneficio económico.

A continuación, en función a todo lo planteado, se formula la siguiente hipótesis: mediante la implementación de un plan de mantenimiento, sí se logrará mejorar la producción en las maquinas herramientas de la empresa servicios marperu, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a trabajos previos, (Amado Albornoz, 2018) llevo a cabo la investigación evaluando las Fallas notorias durante el proceso de producción de la empresa de metalmecánica Moisés S.A.C – 2017 que fue realizada en Huaraz, la cual se planteó como objetivo la identificación de los problemas ocasionados por las fallas recurrentes en la producción en la empresa de metalmecánica. La investigación realizada fue de tipo descriptiva transversal, diseño de investigación no- experimental. La población consta de todos los que están involucrados durante la producción de la empresa de metalmecánica. En la realización del estudio se identificaron las fallas eléctricas, así como mecánicas (recalentamiento de motores, conexiones eléctricas inadecuadas, desgastes y rupturas de piezas etc.), reportando en un mes 6 fallas en los equipos, siendo este un resultado perjudicial para la producción que a su vez se ve reflejado en el costo para su operatividad, siendo este un indicativo de la deficiencia en la gestión y aplicación de mantenimiento. Se evaluó las condiciones que ocasionan las fallas críticas en las maquinas lo que representa un 50% donde, a pesar de las fallas mensuales no se emplea un eficiente mantenimiento. Se elaboro un análisis de la gestión de mantenimiento presente y se tuvo como resultado una carencia en la gestión por parte de los involucrados, lo que genera la falta de efectividad de los mantenimientos preventivos efectuados, siendo consecuencia de estos los largos periodos de inoperatividad de las máquinas y equipos. Se propuso acciones correctivas para el turno, teniendo este un 40% de inoperatividad por fallas, indicando las acciones y actividades a realizar en los periodos determinados, siendo esto crítico para mejorar la actividad operativa y la buena gestión de mantenimiento.

(Laguna Oblitas, 2020) realizo un trabajo de investigación que trata sobre la Propuesta de una implementación de mantenimiento preventivo basándose en la confiabilidad, para así lograr la mejora de la disponibilidad de maquinaria y equipos críticos, en la línea de molienda de la Empresa Minera Antamina – Ancash con la cual se propuso estrategias de implementar un mantenimiento preventivo basándose en la confiabilidad, para lograr la mejora de la disponibilidad de maquinaria y equipos críticos en línea de molienda de la

empresa. Para la realización de este estudio se evaluó las condiciones actuales del proceso de molienda de minerales, logrando determinar sus indicadores de mantenimiento los cuales son disponibilidad anual de 97.88%, confiabilidad de 37.45%, Mantenibilidad de 62.15%. Con la aplicación de la técnica del análisis de criticidad, se halló el subsistema más crítico del proceso de molienda es el molino SAG. Se realizó una evaluación económica de la inversión en dispositivos predictivos teniendo como resultado un costo de 97,700 \$, así como el beneficio económico de 10718,529 \$, con relación al periodo de falla disminuido y, se determinó en cuanto tiempo se retorna la inversión 0.115 meses. Como último se hizo un análisis de resultados obtenidos para con estos mejorar las condiciones presentes en el subsistema. Se estimó los indicadores de mantenimiento luego de mejora mediante el plan, proyectando las siguientes cifras: Disponibilidad anual = 98.67%, Confiabilidad que es 51.62%, considerándolas muy aceptable y por encima del estándar proyectado. Mantenibilidad en base a (MTTR = 1.79 h/falla), que es 48.00%, considerándola aceptable.

(Fortun Diaz, 2018) en su tesis que se centra en la realización de un Mantenimiento preventivo mediante la utilización del software ProModel para reducir los costos por paradas-fallas no deseadas en el sector de molienda de la empresa El Rocío S.A. realizada en 2018 en la ciudad de Trujillo, empleando una metodología aplicada, con un tipo de investigación descriptivo, estando conformado por una población de 10 máquinas del sector de molienda, para la realización de este estudio se empleó unas guías de entrevista para con este definir la gestión presente de mantenimiento, la observación directa y mediante el análisis de los datos determinando fallas y sus causas, el software ProModel para la simulación del plan de mantenimiento con el costo que implica su aplicación y por último el simulador Montecarlo para con este determinar los costos por paradas no previstas. Siendo un resultado crucial que el área de molienda no presenta un plan de MP, siendo causa de este el poco presupuesto para mantenimiento en mencionada área. También se tuvo como resultados el costo de simulación de MP usando ProModel el cual fue de 20746.5 nuevos soles y para la simulación realizada en Montecarlo sus costos por paradas no previstas de 170212.5.

Así mismo, (Alban Salazar, 2017) en su investigación se basa en la Implementación de un plan de MP centrándose en la confiabilidad de las maquinarias presentes en empresa construcciones Reyes S.R.L con la finalidad de incrementar su productividad y que fue realizada en la ciudad de Chiclayo. En este estudio, se diagnosticó los puntos críticos que originaron las fallas de las máquinas, con la realización de un análisis de costos para así obtener los efectos en la productividad, teniendo como resultado para los tornos las siguientes fallas (desgaste de reglas y piñones, lubricación, desgaste de orines, deterioro de piñón de ataque, cepillo de codo, sierra de cinta eléctrica, deterioro por poca lubricación y limpieza inadecuada). Consecuente, se elaboraron programas de MP para las máquinas que participan en el proceso de fabricación, para luego ser implementadas, debido a esto los tiempos de paradas se vieron reducidos en un (97.81%), las frecuencias de fallas en un (81.43%), los costos por fallas mecánicas en (75,14%), un aumento en la producción a un total de 7 153 productos, los ingresos crecieron en a 699 401 soles, reducción de dinero no percibido a 48 803,21 soles. Seguidamente se evaluó los indicadores de la productividad luego de ser implementado del plan, originando que la productividad en horas trabajadas aumente en 0,027%, insumos en 0,76%, materia prima en 0,145%. Por último, se realizó un análisis de costo-beneficio del plan, dando como resultado que por la inversión de cada nuevo sol la empresa obtendrá 0.76 céntimos de beneficio.

En otro estudio, realizado por (Guaitarilla Soto, 2019), en Santiago de Cali, Colombia, en la que realizó un Plan De MP para la Maquinaria Industrial De La Empresa Fluoroplásticos S.A.S donde se buscó establecer un procedimiento de MP, con el fin de hallar, corregir y prevenir fallas en los equipos de producción en la empresa Fluoroplasticos S.A.S. Se tuvo como objetivo garantizar una mayor confiabilidad y disponibilidad en los equipos, minimizando paradas inesperadas o tiempos muertos en la maquinaria. Se realizó el diseño de las herramientas y instructivos a utilizar para su correcta ejecución. En dichos instructivos se describe uno a uno el procedimiento de inspección, evaluación y optimización para cada MP. Además, se implementó un cronograma para llevar un control en este

proceso el cual ilustra el porcentaje de cumplimiento anual de mantenimiento. Por otro lado, se plasmó el costo de mantenimiento para cada uno de los equipos presentes en la producción, junto con el beneficio de su implementación. Se visualizó la viabilidad del proyecto mediante la relación beneficio costo, obteniendo como resultado 1,93%, llegando a la conclusión que siendo casi el doble el beneficio vs. El costo, se garantiza resultados positivos en la implementación del programa, entre ellos paros mínimos y un ahorro considerable en las utilidades netas de la empresa.

(Santana Rojas, 2022) llevo a cabo una investigación en Bogotá en la cual elaboro un plan de mantenimiento para la empresa metalmecánica INDUMETALSA S.A.S en la que se planteó como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento para los activos de la empresa, la cual no presentaba un plan de mantenimiento y se realizaban intervenciones cuando las maquinas quedaban inhabilitadas de su operaciones lo que genera un elevado costos por el tiempo de inactividad de las maquinas así como también los costos de reparación de estas, esto implica una confiabilidad baja y un déficit en la producción debido a que estas intervenciones interrumpen en las actividades de la empresa, teniendo en ciertos casos varios días de parada ocasionando perdidas significativa. INDUMETALSA S.A.S se dedica al mantenimiento industrial, la fabricación de moldes de extrusión y mecanizados especiales por lo que es necesario tener la disponibilidad de los equipos y/o maquinas en un porcentaje optimo debido a que estas actividades de fabricación y mantenimiento deben realizarse y entregar en tiempos adecuados. Por tanto, en este estudio se encargó de mostrar en detalle un análisis de los activos de la compañía que por medio de visitas realizadas a las instalaciones dando un diagnóstico de los equipos y/o máquinas, de igual manera se caracterizó cada una de ellas, realizando un análisis de las partes esenciales que comprometen la operación de las mismas, por consiguiente se evaluó entre las estrategias de mantenimiento TPM, RCM y AMEF para establecer cuál de estas se adapta a los activos y necesidades de la empresa. Con la evaluación realizada se dedujo que el análisis de modo y efecto de falla es la estrategia apropiada para la empresa ya que la estructura del AMEF permite concentrar la información referente a los modos, los

efectos, las causas de las fallas y determinar las actividades de mantenimiento entre otros componentes que comprenden el plan. Como último se dio solución a la problemática de sobre costos e improductividad por reparaciones con la elaboración de este plan de mantenimiento que lograra aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos de INDUMETALSA S.A.S.

Por otro lado, para (Gomez de Leon, 1998) el plan de mantenimiento son procedimientos estáticos y/o dinámicos, el cual tiene por objetivo predecir averías y erradicar la causa del problema; así mismo, es primordial en el mantenimiento mantener el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones logrando a largo plazo una disminución de los costes productivos. La importancia de mantener constantemente revisiones y reparaciones es de lograr seguridad en las instalaciones, disminución de riesgos laborales, mejora en las condiciones de ambiente de trabajo (disminución de ruidos y vibraciones), obtener el máximo posible de la vida útil de las instalaciones o equipos, y por consecuente resultados positivos en la mejora del medio ambiente, puesto que se apunta al aprovechamiento de los recursos (disminución de consumo energético y reducción de desechos industriales).

(Jacome Lozada, 2015) refiere que las Máquinas Herramientas son unas máquinas estacionarias que son utilizados con la finalidad de producir o fabricar un determinado producto (Perez Rodriguez, Sanchez Aguilera, Molina Gutierrez, & Rodriguez Gonzales, 2010) el cual, al moldear los materiales sólidos, como el metal, se elimina un residuo llamado viruta, por estampado, corte o electroerosión. (Kolaric, 2013) mencionan que estas máquinas forman parte de la industria electromecánica y electrónica y suelen utilizar una energía distinta a la humana; sin embargo, algunas con instalaciones adecuadas pueden ser movidas por personas, sobre todo al no contar con otra fuente de energía.

Por otro lado, (Gonzales Olabarria, 2015) refiere que las máquinas herramientas son un conjunto de elementos, formando un utensilio el cual está dispuesto a dar transformación de tipo mecánico geométrico a diversos materiales sólidos; en otras palabras, su función principal es la de dar forma a piezas sólidas. Dichas

máquinas herramientas tienen aplicación en diversos sectores; tales como automoción, energía, aeroespacial y ferroviario; así mismo, cabe recalcar que las máquinas herramientas están inmersas directa o indirectamente en todo tipo de productos.

A su vez (Jingxiang Lv, Renzhong Tang, Shun Jia, & Ying Liu, 2015) mencionan que las máquinas herramientas son productos electromecánicos complejos, con múltiples fuentes de energía y enlaces de flujo de energía; en cuanto a los tipos de máquinas herramientas, señalan que existen muchas variedades tales como; tornos, fresadoras, rectificadoras, centros de mecanizado, etc. las mismas que a su vez contienen una amplia variedad de máquinas; sin embargo, estas se diferencian por la estructura mecánica, motor, rendimiento y control de movimientos. Por otro lado, el suministro de energía también varía para los diferentes tipos de máquinas herramientas.

Otro idea mucho más elaborada presenta (Heinrich, 2006) y (Pérez González, Rodríguez Cervantes, & Sancho Brú, 2007) acerca de los tipos de máquinas herramientas; el cual señala que de acuerdo a la funcionalidad de las máquinas herramientas, (ya sea para elaboración de piezas torneadas, mecanizado para piezas cónicas, mecanizado de ruedas dentadas, cepillado de piezas, mecanizado de piezas realizados en la amortajadora vertical, brochado de piezas, esmerilado de piezas, fresado de piezas, roscado de piezas, fabricación de piezas perforadas, las mismas que cuentan con un proceso único y especializado para su utilización); estas se agrupan en los diferentes tipos; en primer lugar se encuentran las de tipo convencionales en las cuales se hace referencia a aquellas máquinas básicas y comunes tales como el torno, taladros, fresadora, pulidora; por otro lado, se encuentran las de tipo vaivén, también llamada de desbaste o devastadoras, estas máquinas herramientas se caracterizan por dar forma al material sólido por arranque de viruta, entre ellas encontramos la limadora, cepilladora y sierras; así mismo, se encuentran las de tipo prensas, cuyas máquinas que mediante el prensado, estirado o el corte dan forma a las piezas; entre estas máquinas podemos encontrar la estampadora, embutidora, plegadora; finalmente las de tipo no convencionales, las cuales

mediante técnicas especiales o diferentes (láser, electroerosión, ultrasonido, plasma, etc.), dan forma a las piezas.

En cuanto a otros conceptos, (Anaya Tejedo, 2016), señala que producción es un conjunto de actividades enfocadas en transformar la materia prima en productos terminados en el cual intervienen distintos procesos para su realización, ya sea máquinas, equipos y herramientas industriales.

Como menciona (Jingxiang Lv, Renzhong Tang, Shun Jia, & Ying Liu, 2015) las máquinas herramientas utilizan múltiples fuentes de energía, y el mejorar el rendimiento de estas hace referencia al uso de distintas técnicas, como disminuir el consumo de energía evitando pérdidas durante el proceso para lograr el aprovechamiento de los recursos. (Gomez de Leon, 1998)

Para (Parra & Crespo Marquez, 2015) La gestión de mantenimiento es pieza de la actual dirección de operaciones y se enfoca en el óptimo empleo de los medios y sus recursos, con el fin de restituir y/o conservar la función de conjuntos de producción a las condiciones que dejen conllevan a cumplir con los objetivos definidos durante los intervalos de tiempo establecidos.

Definiendo teóricamente los conceptos encontramos que para (Garcia Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2003) así como también para (Escalante Silva, 2021), el plan de mantenimiento es un conjunto de técnicas destinadas a intervenir sobre los activos, con la finalidad de conservar los equipos e instalaciones el mayor tiempo posible y mantener o mejorar la eficiencia.

En cuanto a los tipos de planes de mantenimiento, (Garcia Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2003) ha distinguido cinco, que se diferencian por las tareas que incluyen cada uno; encontramos el mantenimiento correctivo que es el conjunto de labores que tienen por objetivo corregir defectos que se presentan en los equipos el cual dificulta o limita la producción; el mantenimiento preventivo, es aquel que tiene como finalidad mantener un adecuado rendimiento de los equipos, realizando programaciones de las correcciones de las áreas críticas en el momento adecuado; por otro lado está

el mantenimiento predictivo, es aquel que busca conocer e informar constantemente del estado y operatividad de los equipos, los cuales pueden estar determinadas o no por variables físicas (vibración, consumo de energía, temperatura, etc.), para este tipo de mantenimiento se requiere tecnología, conocimientos matemáticos, físicos y técnicos; así mismo encontramos el mantenimiento hard time o cero horas, son aquellas tareas que tienen como objetivo revisar los equipos en intervalos programados, esto quiere decir cuando la fiabilidad del producto ha disminuido o antes de que aparezca algún fallo, es método de la revisión es dejar el equipo sin funcionamiento, es allí cuando se sustituyen o reparan los elementos desgastados con la finalidad de asegurar un buen funcionamiento por tiempo prolongado; y finalmente el mantenimiento en uso, es más conocido como el mantenimiento básico, el cual consta de toma de datos, inspecciones visuales, lubricación, limpieza, reapriete de tornillos, etc.

Existen variedad de formas de mantenimiento, teniendo como comparación los logros o beneficios presentados por estos siendo la mejor opción para definir su aplicación. Así, se diferencian los tipos de mantenimiento, diferentes a su forma, pero con el mismo fin: logrando reducir los costos. (Fombella Cuesta, 2010)

Mantenimiento correctivo el cual se basa en la reparación conforme se vayan produciendo fallas, donde el operador de los equipos y maquinaria es el encargado de avisar de las averías, y siendo el personal de mantenimiento el encargado de efectuar las reparaciones. Como tal, siendo fácilmente la manera de efectuar un mantenimiento, suponiendo la reparación de lo que se descompuso. Siendo así que el MC es un proceso que se basa principalmente en encontrar y subsanar las averías o fallas que se presenten. (García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003); Se basa en una rápida intervención, luego de haber ocurrido la avería. Conlleva la interrupción en los flujos de logística y producción. Tiene una gran influencia con relación a los costos de mantenimiento por producción no realizada y se llama también mantenimiento accidental.

El mantenimiento preventivo es una mezcla de actividades reiterativas que siguen

una determinada programación centrada en suprimir o eliminar las probabilidades de falla de un ítem sin tener en cuenta las condiciones en las que se encuentre.

El MP busca aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, adjuntando el mantenimiento rutinario, que adjunta actividades lubricación, limpieza, así como también ajustes. El mantenimiento global involucra el cambio de piezas y desmantelamientos de máquinas y/o equipos. Como ultimo el mantenimiento basado en el reacondicionamiento de máquinas y/o equipos donde se lleva a cabo el desmantelamiento general de la maquina y/o equipo, cambio de una gran cantidad de elementos siendo necesario una gran capacidad de habilidad para los ejecutantes. (Smith & Hinchcliffe, 2005)

El mantenimiento predictivo es un método basado en la medición de una variable química o física que un componente para lograr definir el momento adecuado para realizar una acción (ya sea reparación o cambio) para así con esto evitar su falla mediante la aplicación de la tecnología (técnicas de ensayo no destructivos, Termografía (análisis infrarrojo), Análisis de aceite, Inspección por ultrasonido, Análisis vibracional, etc.) o métodos estadísticos; se diferencia por no paralizar las funciones y por tanto la producción a lo largo de su ejecución. (Gonzales fernandez, 2004). También tiene como fundamental objetivo la vigilancia, ya que con este se enfoca en la búsqueda de problemas; la protección, ya que se deben suprimir las fallas que afectan el funcionamiento; también el diagnostico de fallas, con este se debe localizar el porqué de la falla y lo que lo ocasiona; y por último el pronóstico, por que con este se debe asumir la duración del intervalo hasta que falle.

RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) es un método empleado para definir qué se debe realizar para garantizar la continuidad de operación de las maquinas dentro de los estándares o rangos determinados por el usuario en el ámbito operativo dado.

La metodología RCM afirma la continuidad de operación de un equipo eficientemente, dentro de los rangos determinados y a la capacidad de su

confiabilidad y su diseño presente del equipo. “Una ideología de gestión de mantenimiento, en donde un conjunto multidisciplinario de trabajo se encomienda optimizar la confiabilidad operacional de un sistema funcionando bajo términos de trabajo establecidas, determinando las acciones efectivas de mantenimiento en base a la criticidad de los activos pertenecientes al sistema”. (Amendola, 2006) Gestión de proyectos de activos industriales.

Se debe considerar que la confiabilidad operativa y la capacidad de la maquina y/o equipo no aumentara más de lo que fue diseñado (Medrano Marquez, Gonzalez Ajuech, & Diaz de Leon Santiago, 2017).

Para cuantificar la confiabilidad usamos la siguiente formula:

*Figura 1: Fórmula para cálculo de confiabilidad.*

$$\% \text{ Confiabilidad} = e^{-\left(\frac{t}{\text{MTBF}}\right)}$$

Siendo:

**t = periodo de tiempo en el que se desea conocer la confiabilidad**

**e = constante ( 2,7182..)**

(Huerta Mendoza, 2000) define el tiempo medio de reparación (MTTR) como el tiempo necesario para reparar el sistema y restaurar su funcionamiento en su totalidad, el objetivo de las empresas que aplican un programa de mantenimiento es mantenerla lo más baja posible, así mismo buscar reducir los tiempos de reparación de los equipos para lograr una mayor eficiencia.

El MTTR se define mediante la formula siguiente:

*Figura 2: Formula para cálculo de tiempo medio de reparación.*

$$\text{MTBF} = \frac{\text{tiempo disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{numero de paradas}}$$

Cuando el MTTR es extenso, los costos por mano de obra aumentan drásticamente generando demoras y incumplimiento de las metas de la

producción y generando problemas operativos.

(Mesa Grajales, Ortiz Sanchez, & Pinzon , 2006) define el tiempo medio entre fallas (MTBF) como el tiempo promedio en el que un equipo o servicio se mantiene su disponibilidad desde una falla hasta que ocurre otra nueva.

El MTBF se define mediante la siguiente formula:

*Figura 3: Fórmula para cálculo de tiempo medio entre fallas.*

$$\text{MTTR} = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento}}{\text{numero de reparaciones}}$$

Mientras más tiempo sea el que pasa entre dos fallas en el mismo sistema, más confiable será. Por tanto, la finalidad de las empresas es mantener el MTBF lo más largo posible. Las averías en servicios y equipos en ciertos casos son costosas y perjudiciales para las empresas. Por lo tanto, es de importancia la información de las posibles fallas inesperadas. Este es un esencial indicador del rendimiento esperado, sabiendo que, si su valor es bajo, quiere decir que esta presentando una cantidad importante de fallas. Esto puede deberse a la presencia de un problema severo que aún no se define.

Estos son indicadores de desempeño empleados por varias décadas como puntos de referencia que influyen en la toma de decisiones. Mientras que MTTR indica la eficiencia en la acción correctiva de un proceso, MTBF es una medida básica de la confiabilidad de un sistema.

Al definir el termino de disponibilidad nos referimos a una medida que determina en cuanto tiempo está el equipo o maquina en funcionamiento, a mayor disponibilidad mayor será la producción, así como su rendimiento.

Para poder cuantificar la disponibilidad nos basamos en el tiempo de producción real como un porcentaje del tiempo de producción posible y está en la siguiente formula:

*Figura 4: Formula de disponibilidad.*

$$\% \text{ Disponibilida} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

### **III. METODOLOGIA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El presente estudio tiene como tipo de investigación, aplicada, la cual se caracteriza por analizar la realidad social y aplicar sus descubrimientos en pro de la mejora de estrategias y actividades concretas, para el desarrollo y mejoramiento de éstas, por ende, permite desarrollar la creatividad e innovar (Maria Asuncion Civicos Juarez, Manuel Hernandez Hernandez, 2007). Así mismo, el diseño de investigación es pre- experimental, se describe así a aquella investigación en la que existe un grupo antes de la prueba y otro diferente después de la prueba. El diseño logra altos niveles de validez interna (controlando los factores de historia, maduración, prueba, regresión, selección y sus interacciones) y externa (interacción de prueba y tratamiento, interacción de selección y tratamiento, arreglos reactivos e interferencia de tratamientos múltiples) y produce grupos de control independientes. El diseño es apropiado para evaluaciones de programas y más (Donald T. Campbell, Julian C. Stanley, 1963).

#### **3.2. Variables y operacionalización**

En el presente estudio se tiene como variable independiente el Plan de mantenimiento que, según (Garcia Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2003) define como un conjunto de técnicas destinadas a intervenir sobre los activos, con la finalidad de conservar los equipos e instalaciones el mayor tiempo posible y mantener o mejorar la eficiencia.

Así mismo, producción vendría a ser la variable dependiente, la cual (Anaya Tejedo, 2016) lo define como un conjunto de actividades enfocadas en transformar la materia prima en productos terminados.

### 3.3. Población, Muestra, Muestreo

Para (Lopez, 2004) La población es el universo o conjunto de personas u objetos que son objeto de estudio en una investigación con la finalidad de conocer algo sobre ello; tomando en cuenta lo mencionado, en la presente investigación se consideró una población finita la está constituida por 6 máquinas herramientas. A su vez el autor refiere que el muestreo es el procedimiento utilizado para la selección de los elementos de una población con la finalidad de conseguir una muestra significativa del total de la población, siendo la muestra parte del universo de investigación; en el presentado estudio la muestra está constituido por la misma cantidad de la población las cuales están conformadas por las 6 máquinas herramientas.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

La técnica utilizada en el presente estudio fue la observación y de análisis documental las cuales constan de la percepción dirigida a los sujetos u objetos de estudio para captar aspectos relevantes; y se recolectan datos de distintas fuentes de información sobre la variable de interés para lograr una descripción objetiva, respectivamente. Mientras que el instrumento fue mediante fichas de registros de datos, mediante el cual se registra todo lo observado y la información recolectada. (Molina, Maria Pinto, 1989)

### 3.5. Procedimientos

*Para el desarrollo de esta investigación se evaluara las condiciones actuales de las maquinas herramientas de la empresa y como influyen en una producción deficiente, se determinaran los equipos y elementos críticos que influyen en una baja producción, se elaborara un programa de mantenimiento preventivo basándose en los resultados encontrados, se determinara los indicadores y mejora de producción obtenidos luego del plan de mantenimiento y evaluara la inversión necesaria para realizar la implementación de la mejora y proyectar el beneficio económico.*

### 3.6. Método de análisis de datos

Se empleo un método de análisis comparativo el cual evaluó las condiciones actuales los equipos y elementos críticos que influyen en una baja producción de las maquinas herramientas de la empresa servicios marperu durante un periodo de tiempo establecido.

### 3.7. Aspectos éticos

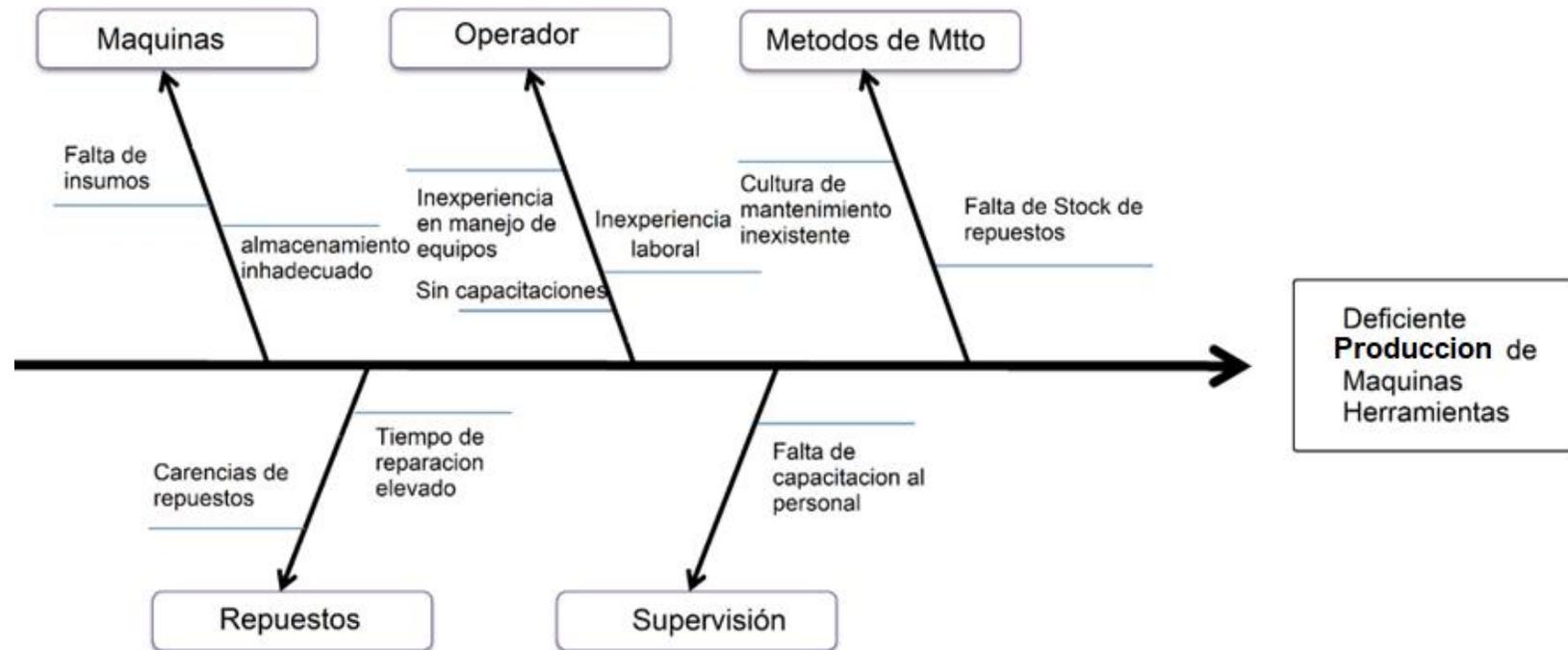
El autor del presente estudio se compromete a respetar la propiedad intelectual de los autores de las tesis, libros, artículos de investigación, entre diversas fuentes de información aplicadas; así mismo, se respetará la autenticidad de los datos, resultado del estudio, y respecto a la información que contiene los instrumentos empleados se consideró solo los datos permitidos por el representante legal de la empresa SERVICIOS MARPERU S.A.C.

## **IV. RESULTADOS**

4.1. Evaluar las condiciones actuales de las maquinas herramientas de la empresa y como influyen en una producción deficiente.

Para la evaluación de las condiciones actuales de las maquinas herramientas en la empresa servicios marperu se realizó en diagrama de Ishikawa basándose en la información obtenida por el personal operativo con la finalidad de determinar las posibles orígenes y solución al problema que se planteó.

Diagrama 1: Diagrama de Ishikawa.



Fuente propia

4.2. Determinar los equipos y elementos críticos que influyen en una baja Producción.

Para el desarrollo de la investigación se consideró los datos evaluados durante el periodo de 6 meses, considerándose desde el mes de marzo a agosto del 2022, para determinar las condiciones de las maquinas herramientas en el periodo mencionado en la empresa servicios marperu.

*Tabla 1: Datos horas perdidas por reparación, horas de funcionamiento y numero de fallas.*

Maquinas Herramientas	HORAS PERDIDAS POR REPARACION	HORAS EN FUNCIONAMIENTO
Fresadora	92	948
Torno paralelo de 3 metros	96	944
Torno paralelo de 1.5 metros	84	956
Cepillo	48	992
Taladro	108	932
Sierra de vaivén	52	988

Con los datos obtenidos, se determinó el (MTBF) tiempo medio entre fallas y el (MTTR) tiempo medio por reparación durante el periodo evaluado.

*Tabla 2: Datos de tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación.*

Maquinas Herramientas	MTBF	MTTR
Fresadora	105.3	10.2
Torno paralelo de 3 metros	188.8	19.2
Torno paralelo de 1.5 metros	136.6	12.0
Cepillo	198.4	9.6
Taladro	103.6	12.0
Sierra de vaivén	197.6	10.4

Teniendo los resultados los datos de la tabla 3, se procedió a calcular la disponibilidad de cada máquina herramienta.

*Tabla 3: Datos de disponibilidad de las maquinas herramientas.*

Maquinas Herramientas	DISPONIBILIDAD	% DISPONIBILIDAD
Fresadora	0.91154	91.15%
Torno paralelo de 3 metros	0.90769	90.77%
Torno paralelo de 1.5 metros	0.91923	91.92%
Cepillo	0.95385	95.38%
Taladro	0.89615	89.62%
Sierra de vaivén	0.95000	95.00%

En base a los datos obtenidos en las anteriores tablas, se definió la confiabilidad para cada máquina herramienta.

*Tabla 4: Datos de confiabilidad de las maquinas herramientas.*

Maquinas Herramientas	CONFIABILIDAD	% CONFIABILIDAD
Fresadora	0.684061494	68.41%
Torno paralelo de 3 metros	0.809092168	80.91%
Torno paralelo de 1.5 metros	0.746129082	74.61%
Cepillo	0.817428371	81.74%
Taladro	0.679616885	67.96%
Sierra de vaivén	0.816761490	81.68%

Ya definidos los porcentajes de confiabilidad de todos las maquinas herramientas de la empresa servicios marperu, Y teniendo en cuenta la información obtenida de impacto en seguridad y ambiente, impacto operacional, flexibilidad, costos, frecuencia de fallas y consecuencia se determinó la criticidad de las maquinas herramientas y a su vez las maquinas con niveles críticos en base al anexo 9 y 10, definimos la siguiente tabla.

*Tabla 5. Datos de Criticidad de las Maquinas Herramienta.*

Maquinas Herramientas	I.S.M.A	I.O	Fx	Ct	Fr	CRITICIDAD
Fresadora	8	10	4	1	2	98
Torno paralelo de 3 metros	8	7	2	1	1	23
Torno paralelo de 1.5 metros	8	7	2	1	2	46
Cepillo	8	10	4	1	1	49
Taladro	8	10	4	1	2	98
Sierra de vaivén	8	10	4	1	1	49

Según los datos que se obtuvo con la información adquirida de las maquinas herramientas, se determinó niveles de disponibilidad y confiabilidad deficientes.

4.3. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo en base a los resultados obtenidos.

Tomando en cuenta los niveles críticos, se estableció las actividades para realizar en un plan de MP basándose condiciones de fallas documentadas presentadas en los anexos (3,4,5,6,7,8), en base a las condiciones de fallas encontradas maquinas herramientas; en estas, se encontraron que las fallas recurrentes en todos los equipos son ocasionadas en su mayoría por mala manipulación, así como también recurrentes fallas en las líneas eléctricas.

Se generalizo el plan para todas las maquinas herramientas debido a la similitud de componentes y funcionamiento de estos.

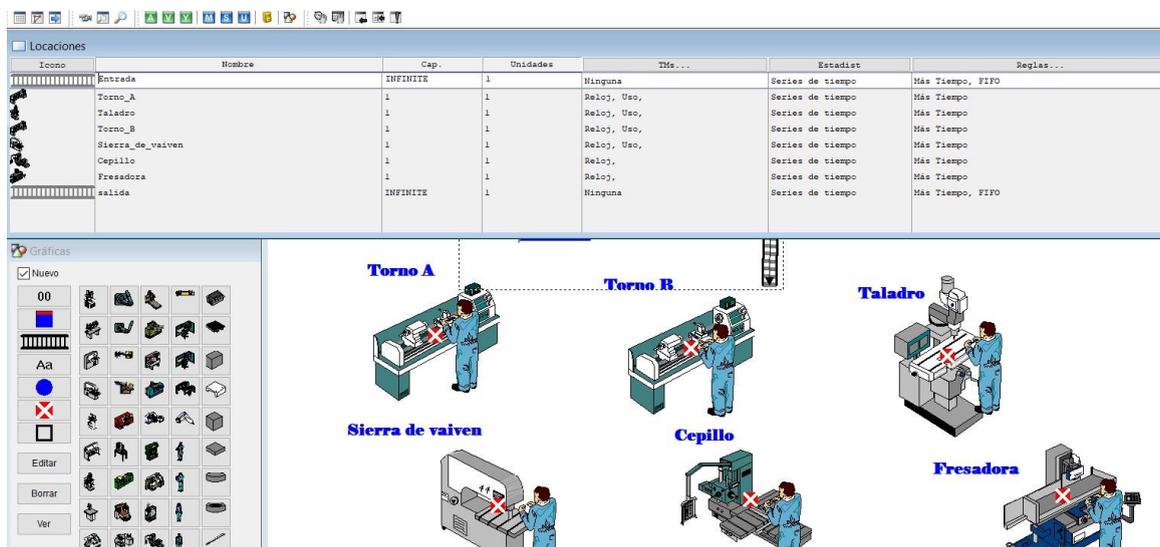
Posterior a ello se procedió a realizar la implementación del plan en proyección a los meses que van desde enero a junio del año 2023 considerando variaciones en el plan debido al tipo de maquina a aplicar. (Anexo 12,13,14,15,16).

4.4. Determinar los indicadores y mejora de producción obtenidos luego del plan de mantenimiento.

Con las actividades planteadas en el plan de mantenimiento se generó una base de datos con la cual se realizó una proyección en el programa ProModel (Anexo 17 y 18) comenzando del 2 de enero a 30 junio del año 2023.

Para su elaboración primero se creó las locaciones de las maquinas herramientas condicionando sus paradas por mantenimiento en el periodo establecido.

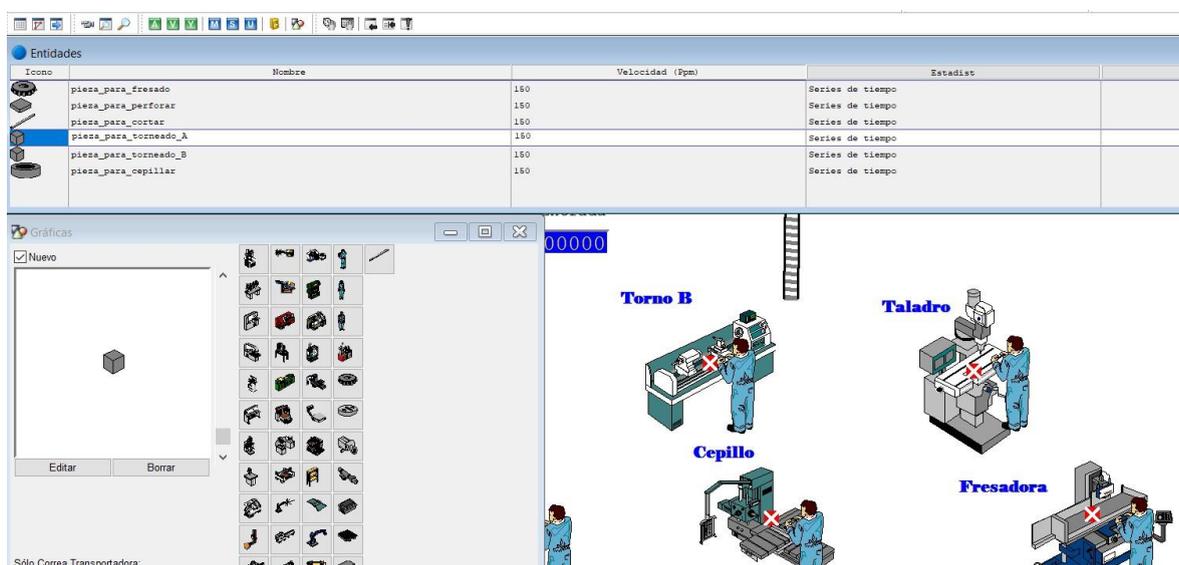
Figura 5: Locaciones de las maquinas herramientas.



Fuente: ProModel

Luego de crear las locaciones se procedió a crear las entidades los que serían las piezas para trabajar en cada máquina herramienta.

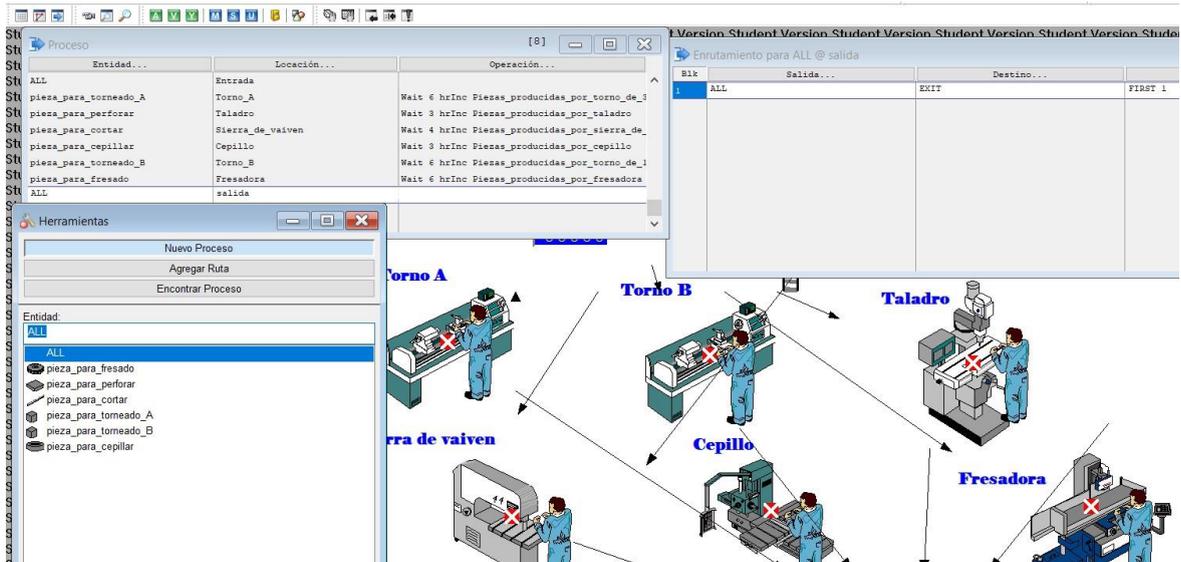
Figura 6: Entidades de las maquinas herramientas.



Fuente: ProModel

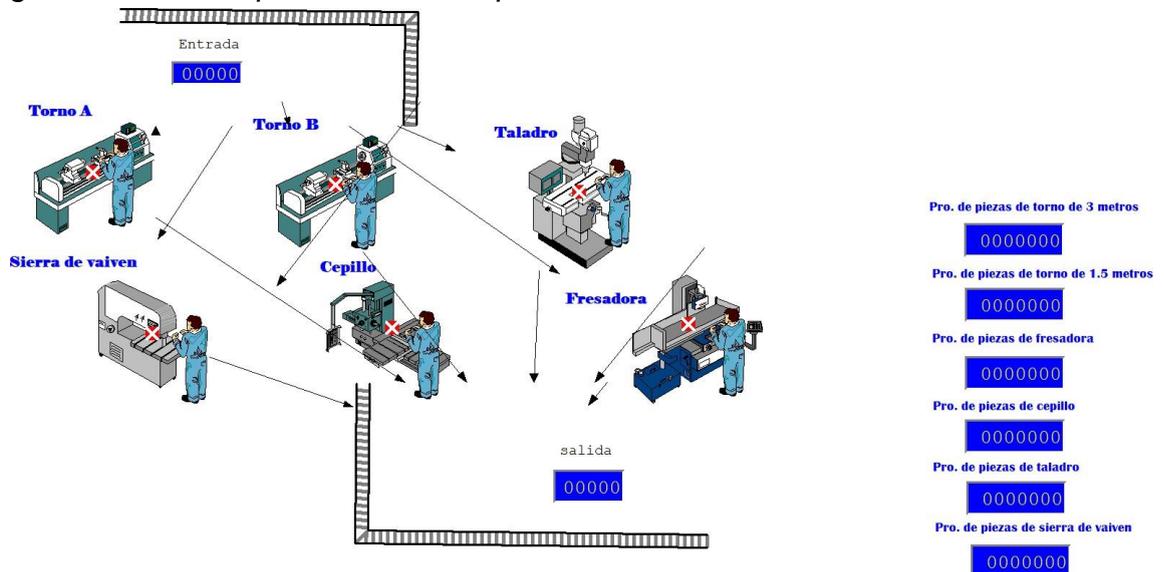
Posteriormente se estableció la ruta de procesos a realizar condicionando la entrada de las piezas y salidas

Figura 7: Procesos de las maquinas herramientas.



Fuente: ProModel

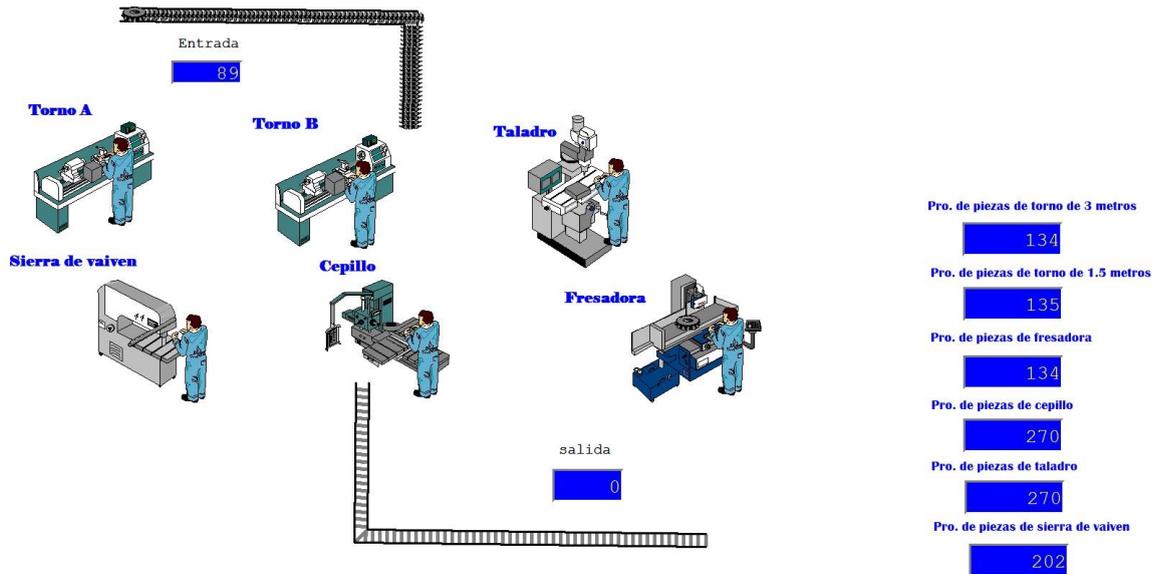
Figura 8: Rutas de procesos de máquinas herramientas.



Fuente: ProModel

Y por último se realizó a simulación condicionando el tiempo de funcionamiento de 8 horas diarias en un periodo de 6 meses (1040 h).

Figura 9: Simulación en ProModel.



Fuente: ProModel

Luego de la simulación el programa ProModel nos dio diversos datos de resultados, de los cuales se seleccionó los siguientes:

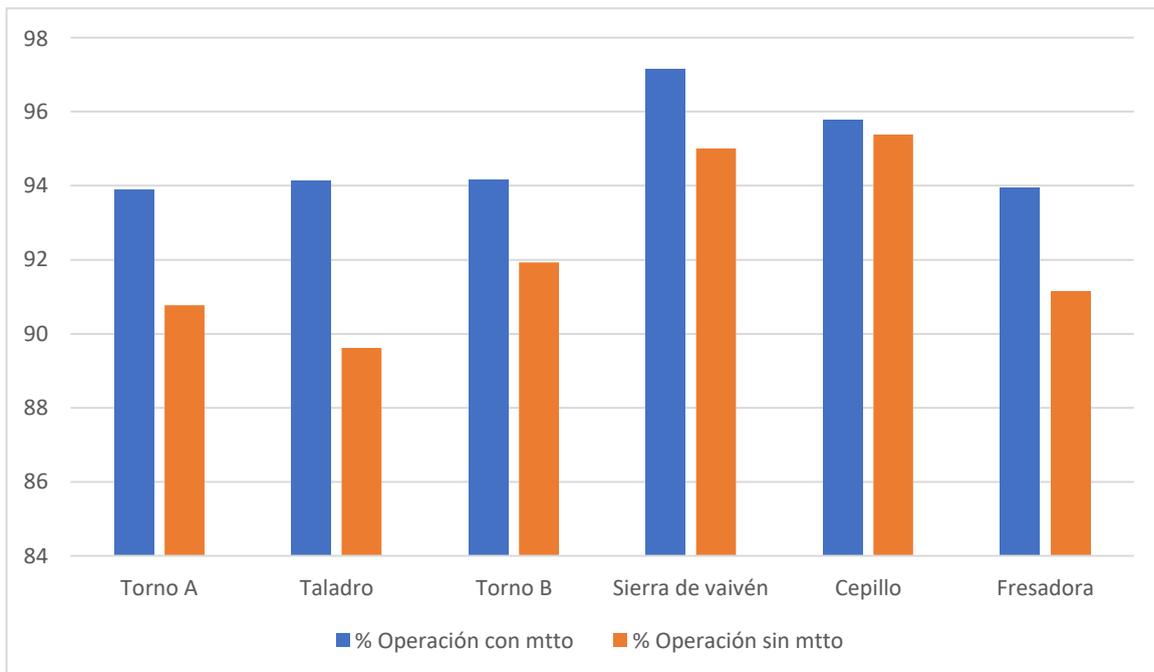
Tabla 6. Datos de tiempo de operación de sistema - ProModel - Con MTTO

Nombre	Total, Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)
pieza para fresado	162	41.10875926	40.40845679	0.700302469
pieza para perforar	326	37.74466258	37.31786196	0.426800613
pieza para cortar	252	38.97160317	38.35509127	0.616511905
pieza para torneado A	162	40.84541358	40.43710494	0.408308642
pieza para torneado B	163	40.99031288	40.18130675	0.809006135
pieza para cepillar	332	37.86609337	37.32550904	0.540584337

**Tabla 7. Datos comparativos de disponibilidad.**

Porcentaje de mejora de disponibilidad de máquinas aplicando mantenimiento propuesto

Nombre	% Operación con mtto	% Operación sin mtto	% Incremento
Torno A	93.89	90.769	3.44%
Taladro	94.13	89.615	5.04%
Torno B	94.18	91.923	2.46%
Sierra de vaivén	97.16	95	2.27%
Cepillo	95.79	95.385	0.42%
Fresadora	93.94	91.154	3.06%



**Gráfico 01: Datos comparativos de disponibilidad antes y después de mtto.**

**Tabla 8. Datos comparativos de confiabilidad.**

Porcentaje de mejora de confiabilidad de máquinas aplicando mantenimiento propuesto

Nombre	% confiabilidad con mtto	% confiabilidad sin mtto	% Incremento
Torno A	98.50	80.91	21.75%
Taladro	98.90	67.96	45.54%
Torno B	98.39	74.61	31.87%
Sierra de vaivén	98.66	81.68	20.80%
Cepillo	98.65	81.74	20.70%
Fresadora	98.69	68.41	44.28%

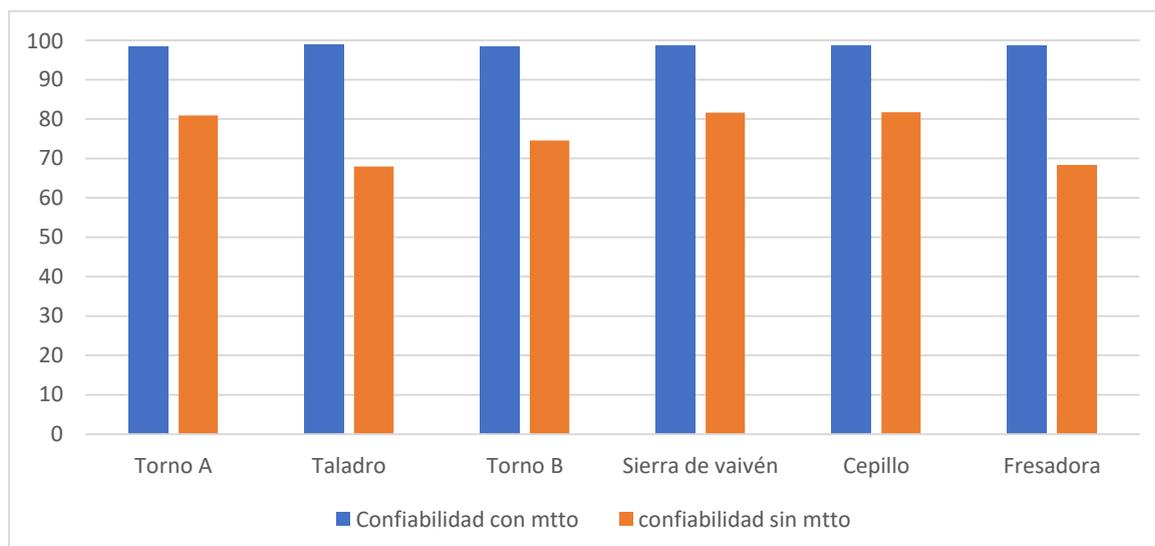


Gráfico 02: datos comparativos de confiabilidad antes y después del mtto.

Con la aplicación del mantenimiento programado se logró mejorar el porcentaje de disponibilidad y confiabilidad de las maquinas herramientas.

Tabla 9. Datos de criticidad de las maquinas después de mantenimiento.

Maquinas Herramientas	ISMA	I. O	Fx	Cts	Fr	CRITICIDAD	
Fresadora		2	7	4	1	1	31
Torno paralelo de 3 metros		2	4	2	1	1	11
Torno paralelo de 1.5 metros		2	4	2	1	1	11
Cepillo		2	7	4	1	1	31
Taladro		2	7	4	1	1	31
Sierra de vaivén		1	7	4	1	1	30

Tabla 10: Datos comparativos de criticidad

Maquinas Herramientas	CRITICIDAD sin mtto	CRITICIDAD con Mtto
Fresadora	98	31
Torno paralelo de 3 metros	23	11
Torno paralelo de 1.5 metros	46	11
Cepillo	49	31
Taladro	98	31
Sierra de vaivén	49	30

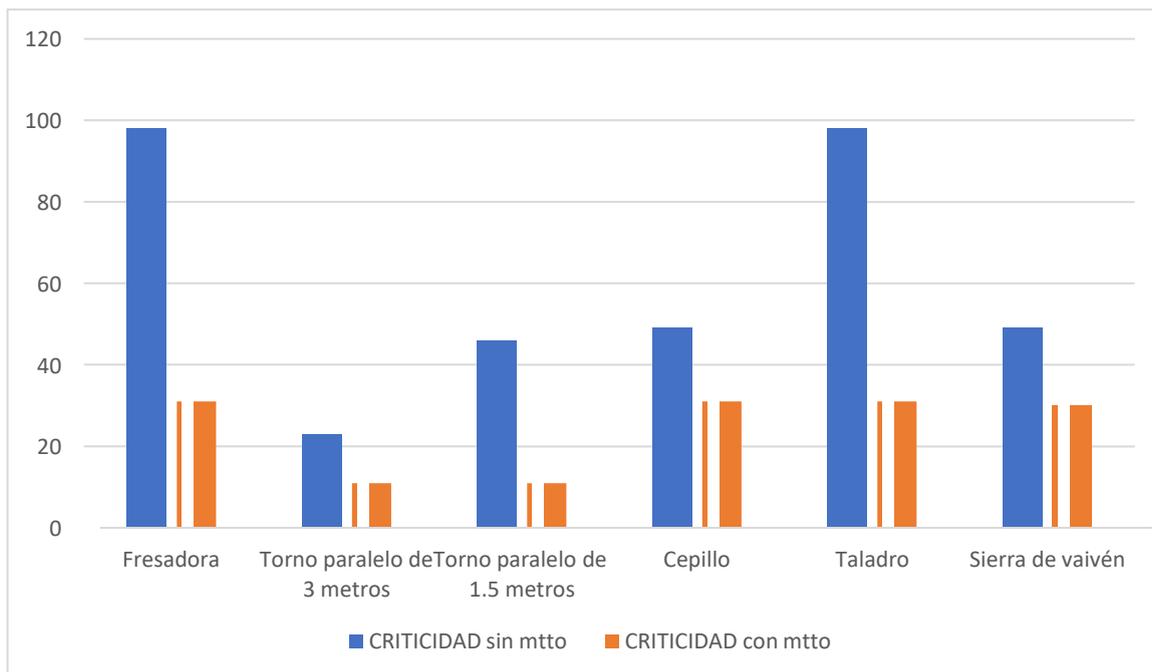
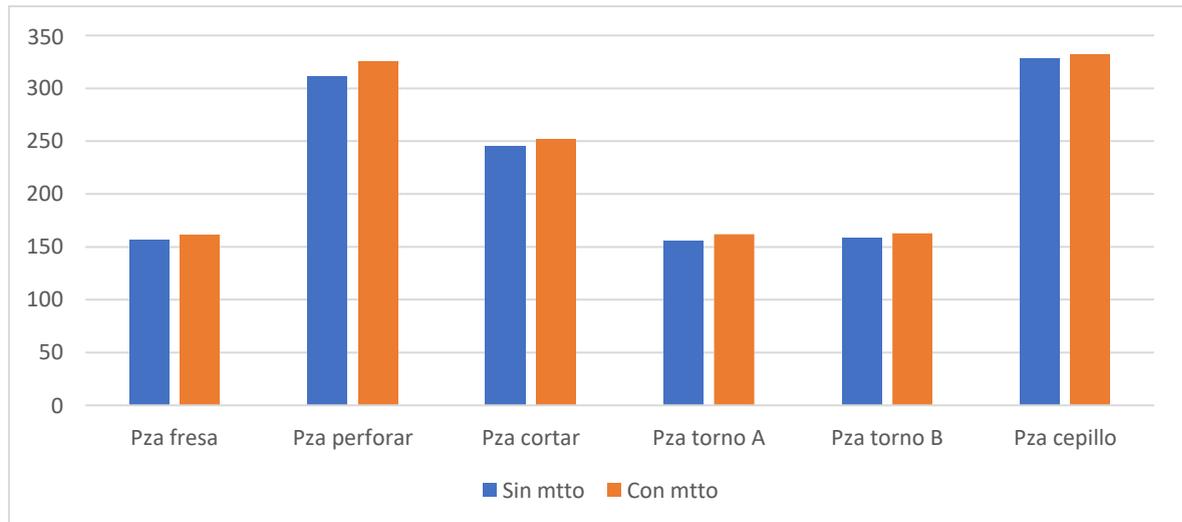


Gráfico 03: Datos comparativos de criticidad antes y después del mto.

Se evaluó los niveles de criticidad con la implementación de un plan de mantenimiento, en los que ya no se presenta maquinas con niveles críticos. A su vez se evaluó en porcentaje de mejora de producción de las maquinas herramientas con la aplicación del plan de mantenimiento simulado en el programa ProModel.

Tabla 11. Datos de mejora de la productividad.

Piezas	Total, Salidas con MTTO	Total, Salidas sin MTTO	% Incremento de producción
pieza para fresado	162	157	3.18%
pieza para perforar	326	311	4.82%
pieza para cortar	252	246	2.44%
pieza para torneado A	162	156	3.85%
pieza para torneado B	163	159	2.52%
pieza para cepillar	332	329	0.91%



*Gráfico 04: datos comparativos de producción antes y después del mtto.*

Presenta un incremento de la productividad de las maquinas herramientas luego de realizarse la aplicación del plan de mantenimiento propuesto.

Teniendo un incremento de la producción que va de 0.91% y 4.82% basado después del mantenimiento.

4.5. Evaluar la inversión necesaria para la implementación de la mejora y proyectar el beneficio económico.

En la siguiente tabla se muestra los costos de reparación de cada máquina herramienta considerando los datos proporcionados por la empresa, cabe mencionar que solo se están asumiendo los costos por reparación y no los costos por tiempo de fabricación perdidos, ya que estos serían muy significativos.

Tabla 12: Costos de reparación de máquinas herramientas Marzo – agosto 2022

COSTOS DE REPARACION MARZO - AGOSTO 2022			
ITEM	Actividad	Cantidad	COSTO (soles)
TORNO DE (3-1.5 METROS)	reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60
	cambio de faja	2 fajas	80
	Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270
	electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150
	Cambio de rodamientos	2 unidades	600
	mecánico para reparación de torno	2 personal	
	cambio de retenes y reparación de fugas	ind	200
	mecánico para reparación de torno	1 personal	400
	reparación de cimientos de equipo	ind	300
	cambio de faja	1 fajas	40
CEPILLO	cambio de faja	2 fajas	80
	rebobinado de motor eléctrico principal	1 unidad	1100
	Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270
	electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150
	contactor	1 unidad	250
	electricista para cambio y revisión de tablero	1 personal	
TALARO	cambio de faja	1 fajas	40
	Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270
	electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150
	cambio de faja	1 fajas	40
	cambio de engranaje	1 unidades	1200
	mecánico para reparación de taladro	2 personal	
	reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60
	contactor	1 unidad	250
	electricista para cambio y revisión de tablero	1 personal	
	cambio de faja	1 fajas	40
SIERRA DE VAIVEN	cambio de chaveta y reparación de eje transmisor	2 piezas	1100
	mecánico para reparación de taladro	2 personal	
	cambio de faja	1 fajas	40
	reparación y soldeo de base de sujetador	ind	30
	reparación de cimientos de equipo	ind	300
	cambio de faja	1 fajas	40
	soldeo de base de motor eléctrico	ind	30

Los costos de reparación de las maquinas herramientas en el periodo de marzo – agosto 2022 fueron un total de 15260 soles.

En cuanto a los gastos de inversión para la implementación de mantenimiento se consideró un total de 6579 soles para el desarrollo de las actividades de mantenimiento en el periodo de 6 meses proyectado. (Anexo 23 y 24)

*Tabla 13: Costos de implementación del plan de mantenimiento.*

Costos mtto cada 2 semanas		
ítem	cantidad	costo(soles)
brocha	3 unidades	15
desengrasantes	3 litros	45
trapo	6 kg	42
aceite monogrado	1 galón	25
pernos	ind	20
herramientas	ind	120
Costos mtto mensual		
aceites y grasas	ind	120
brocha	4 unidades	20
desengrasantes	3 litros	45
trapo	5 kg	35
pulverizador	1 unidad	40
empaquetaduras	ind	80
limpiador de contacto	ind	15
bornes y terminales	ind	50
técnico electricista		120
Costos de mtto cada 2 meses		
cemento	1 unidad	50
puntas	3 unidades	45
cinceles	2 unidades	20
pernos	ind	50
fajas	3 unidades	60
mecánico para inspección		400

Para la proyección del beneficio económico se realizó una comparación de los costos por reparación por fallas del periodo de marzo – agosto 2022 (Anexo25, 26 y 27) que fueron de 15260 soles y los costos de mantenimiento 6579 soles, teniendo como resultado un beneficio económico 8681 soles. Con un tiempo de recuperación de inversión de 4 meses y medio.

## V. DISCUSION

En este estudio para la implementación de un plan de mantenimiento en la empresa servicios marperu se realizó una evaluación de las condiciones en base a los datos informativos proporcionados por los trabajadores, evidenciando que no se contaba con ningún tipo de mantenimiento predictivo definido. Por lo que se determinó que con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo los índices de operatividad (disponibilidad, confiabilidad y rendimiento) se ven incrementados, así mismo teniendo en cuenta estos indicadores el beneficio económico se ve influenciado en su desarrollo.

Con respecto a las fortalezas presentes en la investigación se tiene el beneficio económico de esta que es de 8681 soles y un tiempo de recuperación de la investigación muy corto 4 meses y medio, también como fortaleza tenemos que al realizar el programa de mantenimiento se reduce drásticamente los tiempos de paradas de producción por fallas.

Así mismo en el estudio se tiene que la proyección del programa de mantenimiento para las maquinas herramientas fue realizado en un software ProModel, el cual genera como resultados datos basados en su diseño.

Con respecto a la debilidad del estudio se tiene que el programa de mantenimiento solo fue proyectado en un software y aun no es ejecutado en la empresa servicios marperu,

Al analizar la investigación de (Amado Albornoz, 2018) la cual se planteó como objetivo la identificación de los problemas ocasionados por las fallas recurrentes en la producción en la empresa de metalmecánica. En la realización del estudio se identificaron las fallas eléctricas, así como mecánicas (recalentamiento de motores, conexiones eléctricas inadecuadas, desgastes y rupturas de piezas etc.), reportando en un mes 6 fallas en los equipos, siendo este un resultado perjudicial

para la producción que a su vez se ve reflejado en el costo para su operatividad, siendo este un indicativo de la deficiencia en la gestión y aplicación de mantenimiento. Se evaluó las condiciones que ocasionan las fallas críticas en las maquinas lo que representa un 50% donde, a pesar de las fallas mensuales no se emplea un eficiente mantenimiento. Se elaboro un análisis de gestión del mantenimiento presente y se tuvo como resultado una carencia en la gestión por parte de los involucrados, lo que genera la falta de efectividad de los mantenimientos preventivos efectuados, siendo consecuencia de estos los largos periodos de inoperatividad de las máquinas y equipos. Se propuso acciones correctivas para el torno, teniendo este un 40% de inoperatividad por fallas, indicando las acciones y actividades a realizar en los periodos determinados, siendo esto crítico para mejorar la actividad operativa y la buena gestión de mantenimiento. Dicha investigación presenta similitud en cuanto a las condiciones en las que se encontraron las maquinas herramientas y la falta de iniciativa para la aplicación del plan de mantenimiento por parte de ambas empresas lo que influencia al nuestro estudio en la importancia del desarrollo de nuestro programa de mantenimiento.

Así mismo la investigación presentada por (Laguna Oblitas, 2020) propuso estrategias para implementar un MP basándose en la confiabilidad, para lograr la mejora de la disponibilidad de las máquinas y equipos críticos en línea de molienda de la empresa. Para la realización de este estudio se evaluó las condiciones actuales del sistema de molienda de minerales, posterior a ello se realizó la implementación del programa de mantenimiento determinando un incremento en sus parámetros similar a la presentada en el estudio los cuales son disponibilidad de 0,79%, confiabilidad de 14.17% y con la aplicación de la técnica de análisis de criticidad, se determinó el proceso molino SAG ya no se encuentra en niveles críticos. Su evaluación económica, se tuvo como resultado un costo de inversión en dispositivos predictivos 97,700 \$ y un beneficio económico de 10718,529 \$, con relación al periodo de falla disminuido y, se determinó el retorno de inversión en 0.115 meses. Mientras que en el estudio presentado se tiene un beneficio económico de 8681 soles y un tiempo de recuperación de inversión de 4 meses

y medio, cabe mencionar que en la investigación de (Laguna Oblitas, 2020) se realizó una inversión considerable en dispositivos predictivos, lo que no se realizó en la investigación debido a sus altos costos de inversión, pero nos sirvió de complemento para decidir el tipo de inversión para la aplicación de nuestro programa de mantenimiento.

(Alban Salazar, 2017) en su estudio, diagnosticó los puntos críticos que originaron las fallas de las máquinas, con la realización de un análisis de costos para así obtener los efectos en la productividad, teniendo como resultado para los tornos las siguientes fallas (desgaste de reglas y piñones, lubricación, desgaste de orines, deterioro de piñón de ataque, cepillo de codo, sierra de cinta eléctrica, deterioro por poca lubricación y limpieza inadecuada). Consecuente, se elaboraron programas de MP para las máquinas que participan en el proceso de fabricación, para luego ser implementarlas, debido a esto los tiempos de paradas se vieron reducidos en un (97,81%), las frecuencias de fallas en un (81,43%), los costos por fallas mecánicas en (75,14%), un crecimiento en la producción total a 7 153 productos, los ingresos crecieron a S/. 699 401, reducción de dinero no percibido a S/. 48 803,21. Finalmente se realizó un análisis costo beneficio del plan, dando como resultado que por la inversión de cada nuevo sol la empresa obtendrá 0.76 céntimos de beneficio. En el estudio realizado por (Alban Salazar, 2017) se afirma que luego de la implementación de su plan de mantenimiento se dio lugar a una significativa mejora de los porcentajes en las condiciones de operación, a su vez la producción y el beneficio económico mejoran positivamente, siendo estos datos positivos influyentes para la implementación del plan de mantenimiento.

(Fortun Diaz, 2018) en su tesis empleó unas guías de entrevista para con este definir la gestión presente de mantenimiento, la observación directa y mediante el análisis de los datos determinando fallas y sus causas, así como el software promodel para la simulación del plan de mantenimiento con el costo que implica su aplicación y por último el simulador Montecarlo para con este determinar los costos por paradas no previstas. Siendo un resultado crucial que el área de molienda no presenta un plan de MP, siendo la causa de este el poco

presupuesto para mantenimiento en mencionada área. También se tuvo como resultados el costo de simulación de MP usando promodel el cual fue de 20746.5 nuevos soles y para la simulación realizada en Montecarlo sus costos por paradas no previstas de 170212.5 el cual guarda relación con la investigación en la forma de obtención de datos para evaluar las condiciones actuales, así como también el beneficio económico presentado a implementar el programa de mantenimiento, en esta investigación a igual que la presentada, se utilizó el software ProModel para su realización dándonos a conocer la importancia de la aplicación de software en nuestro estudio.

En otra investigación, realizada por (Guaitarilla Soto, 2019), en Santiago de Cali, Colombia, tuvo como objetivo garantizar una mayor confiabilidad y disponibilidad en los equipos, minimizando paradas inesperadas o tiempos muertos en la maquinaria. Se realizó el diseño de las herramientas e instructivos a utilizar para su correcta ejecución. En dichos instructivos se describe uno a uno el procedimiento de inspección, evaluación y optimización para cada MP. Por otro lado, se plasmó el costo de mantenimiento para cada uno de los equipos presentes en la producción, junto con el beneficio de su implementación. Se visualizó la viabilidad del proyecto mediante la relación beneficio costo, obteniendo como resultado 1,93%, llegando a la conclusión que siendo casi el doble el beneficio - costo, se garantiza resultados positivos en la implementación del programa, entre ellos paros mínimos y un ahorro considerable en las utilidades netas de la empresa. (Guaitarilla Soto, 2019) logró reducir los paros por fallas y lograr un ahorro significativo de costos de producción, siendo estos datos importantes en la solución a la problemática establecida en nuestro estudio.

(Santana Rojas, 2022) planteo objetivo elaborar un plan de mantenimiento para los activos de la empresa, la cual no presentaba un plan de mantenimiento y se realizaban intervenciones cuando las maquinas quedaban inhabilitadas de su operaciones lo que genera un elevado costos por el tiempo de inactividad de las maquinas así como también los costos de reparación de estas, esto implica una confiabilidad baja y un déficit de la producción debido a que estas

intervenciones interrumpen en las actividades de la empresa, teniendo en ciertos casos varios días de parada ocasionando pérdidas significativas. Este estudio se encargó de mostrar en detalle un análisis de los activos de la compañía que por medio de visitas realizadas a las instalaciones dando un diagnóstico de los equipos y/o máquinas, de igual manera se caracterizó cada una de ellas, realizando un análisis de las partes esenciales que comprometen la operación de las mismas, por consiguiente, se evaluó entre las estrategias de mantenimiento TPM, RCM y AMEF para establecer cuál de estas se adapta a los activos y a las necesidades de la empresa. Con la evaluación realizada se dedujo que el análisis de modo y efecto de falla es la estrategia apropiada para la empresa. Finalmente se dio solución a la problemática de sobrecostos y improductividad por reparaciones con la elaboración de este plan de mantenimiento que logro aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos de la empresa. (Santana Rojas, 2022) en su investigación resalta la importancia de la selección de enfoque de mantenimiento a realizar, basándose en el diagnóstico realizado a las máquinas, siendo este criterio considerado para la realización de nuestro estudio.

## VI. CONCLUSIONES

- Con las condiciones existentes en las maquinas herramientas en un periodo de 6 meses se determinó un déficit en la produción de las maquinas con periodos de fallas prolongados.
- Al determinar los equipos y elementos críticos que influyen en una baja producción con la información proporcionada por la empresa servicios marperu, se obtuvo los datos de mtrr, mtbf, disponibilidad de 89.62% a 95.38% y confiabilidad de 67.96% a 81.74%, así como también 4 máquinas herramientas niveles críticos.
- Con la información recolectada y datos encontrados se realizó la implementación del plan de mantenimiento de acuerdo con las necesidades presentadas en las máquinas de la empresa, priorizando los procesos de mantenimiento a realizar.
- Como resultado de el plan implementado en el programa promodel se obtuvo resultados que indican la mejora en los indicadores de disponibilidad entre 93.89% a 97.16% y confiabilidad entre 98.39% a 98.90% de las maquinas herramientas, así como la mejora en los niveles de criticidad luego de aplicación del plan de mantenimiento. A su vez el incremento que va entre 0.91% y 4.82 % de producción de elementos de las maquinas herramientas.
- Consecuente con la implementación del plan de mantenimiento se evaluó los costos necesarios para su aplicación, determinando unos costos de 6579 soles comparándolo con sus costos de reparación por fallas de 15260 soles, teniendo como resultado un beneficio económico 8681 soles y un tiempo de recuperación de inversión en 4 meses y medio

## **VII.RECOMENDACIONES.**

- Debido a que la empresa servicios marperu no presenta ningún tipo de mantenimiento preventivo actualmente, se recomienda la implementación del programa de mantenimiento propuesto para la realización en los meses siguientes, para así con la aplicación de éste se logre obtener los índices de mejora proyectados realizados en el software.
- Se recomienda fomentar una cultura de mantenimiento sugiriendo la participación de todo el personal involucrado en los procesos de producción de las maquinas herramientas antes mencionadas.
- Se recomienda la capacitación del personal en temas de manipulación y funcionamiento de las maquinas herramientas presentes en la empresa, logrando así reducir las fallas por error operativo.

## REFERENCIAS

- Acuña Lopez, A. J., & Casana Aguirre, K. D. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de la flota de transportes*. Chimbote - peru: UCV.
- Amendola, L. J. (2006). *GESTION DE PROYECTOS DE ACTIVOS INDUSTRIALES*. VALENCIA: Universitat Politècnica de València.
- Cruz Rabelo, E. (1998). *Ingeniería de Mantenimiento*. España : Nueva Liberia.
- Donald T. Campbell, Julian C. Stanley. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*.
- Escalante Silva, A. (2021). *Planeamiento Y Programación Del Mantenimiento*. BS grupo.
- Fombella Cuesta, A. (2010). *Desarrollo e implantación de plan de mantenimiento en edificio de oficinas*. Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 España.
- Fortun Diaz, G. F. (2018). *Mantenimiento preventivo utilizando promodel para disminuir los costos por paradas imprevistas en el área de molienda de la empresa El Rocío S.A. en el año 2018*. Trujillo: UCV.
- Garabito, Y. (2021). *Día mundial de la eficiencia energetica*.
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organizacion y gestion general de mantenimiento*. madrid.
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Diaz de Santos.
- Gomez de Leon, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Universidad de murcia.
- Gonzales fernandez, F. J. (2004). *AUDITORIA DE MANTENIMIENTO E INDICADORES DE GESTION*. FC Editorial.
- Gonzales Olabarria, T. (2015). *Evolucion y características del sector de las maquinas-herramientas en españa y pais vasco*.
- Guaitarilla Soto, J. D. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de la flota de transportes*. Santiago de Cali: Universidad

Autonoma de Occidente.

- Heinrich, G. (2006). *Alrededor de las maquinas herramientas*. Reverte.
- Huerta Mendoza, R. (2000). *El análisis de criticidad, una metodología para mejorarla*. Habana.
- Jacome Lozada, C. R. (2015). *Diseño e implementacion de un torno didactico para elevar el nivel de enseñanza. practica en el laboratorio de máquinas herramientas de la universidad tecnica de cotopaxi extension la manã*.
- Jingxiang Lv, Renzhong Tang, Shun Jia, & Ying Liu. (2015). *Experimental study on energy consumption of computer numerical control machine tools*. China.
- Kolaric, L. J. (2013). *Maquinas Herramientas*. Buenos Aires.
- Laguna Oblitas, R. A. (2020). *Propuesta de implementación de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de equipos y maquinaria críticos, en línea de molienda de la Empresa Minera Antamina – Ancash*. Trujillo - Peru: UCV.
- Lopez, P. L. (2004). *Poblacion muestra y muestreo*.
- Maria Asuncion Civicos Juarez, Manuel Hernandez Hernandez. (2007). *Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teoricos y practicos de la investigacion en trabajo social*.
- Medrano Marquez, J. A., Gonzalez Ajuech, V. L., & Diaz de Leon Santiago, V. M. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria.
- Mercado V & Peña J. (2016). *Modelo de gestion de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimizacion de la energia electrica*. Cumana.
- Mesa Grajales, D., Ortiz Sanchez, Y., & Pinzon , M. (2006). *LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS*. UTP.
- Milano, T. (1993). *Planificacion y gestion del mantenimiento industrial*. Panana.
- Molina, Maria Pinto. (1989). *Introduccion al analisis documental y sus niveles*. Boletin de la Anabad.
- Parra, C., & Crespo Marquez, A. (2015). *Optimización de la Gestión del Mantenimiento y Análisis crítico de Indicadores de Benchmarking bajo*

- el enfoque integral de la Gestión de Activos (ISO 55000)*. España: INGEMAN.
- Pérez González, A., Rodríguez Cervantes, P. J., & Sancho Brú, J. L. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. Universitat Jaume .
- Perez Rodriguez, R., Sanchez Aguilera, J., Molina Gutierrez, A., & Rodriguez Gonzales, C. (2010). *Diseño de máquinas eléctricas reconfigurables* .
- Pinedo, O. F. (2014). *Modelo de gestión y eficiencia en los procesos energéticos para plantas industriales de la región ancash*. Chimbote: universidad nacional del santa.
- Reginaldo Quispe, E. R. (2018). *Evaluación de eficiencia energética de las máquinas herramientas en el taller automotriz del IESTP Mario Gutierrez Lopez*. Orcotuna.
- Romero W & Rivera J. (2020). *Evaluación de la calidad de la energía eléctrica en la empresa Planet Motor's S.A.C.* Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Sanchez Chira, P. J. (2020). *“Propuesta de Gestión del Mantenimiento para la mejora de la productividad de las máquinas de soldar en el área de producción de una empresa metalmecánica Talara - 2020*. Piura: UCV.
- Sanchez Contreras, G. (2019). *Análisis técnico- económico y financiero de un proyecto de eficiencia energética*.
- Schwarz, P. M. (2018). *Energy Economics* .
- Sierra Alvarez , G. A. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccanica industrias AVM S.A*. Bucaramanga.
- Smith, A., & Hinchcliffe, G. (2005). Develop good strategies for effective preventive maintenance

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Plan de Mantenimiento	Plan de mantenimiento es un conjunto de técnicas destinadas a intervenir sobre los activos, con la finalidad de corregir defectos que se presentan en los equipos el cual dificulta o limita la producción y mantener o mejorar la eficiencia (García Garrido, Organización y gestión general de mantenimiento, 2003)	el mantenimiento preventivo, es aquel que tiene por misión mantener un nivel adecuado en el rendimiento de los equipos, programando las correcciones de las áreas vulnerables en el momento oportuno.	MTTR, MTBF	Tiempo de reparación Tiempo en funcionamiento	PORCENTUAL
			Disponibilidad Confiabilidad	Fallas	PORCENTUAL
				Tiempo de reparación Tiempo en funcionamiento	
		Análisis de criticidad	Frecuencia x Falla	PORCENTUAL	
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Producción	Producción es un conjunto de actividades enfocadas en transformar la materia prima en productos terminados en el cual intervienen distintos procesos para su realización. (Anaya Tejedo, 2016),	Producción es una actividad en la que intervienen distintos procesos para su realización, ya sea máquinas, equipos y herramientas industriales.	Producción	Producción sin mttto VS Producción con mttto	PORCENTUAL

Anexo 2: Carta de aceptación de la empresa.

<b>MARPERU</b>	SERVICIOS MARPERU E.I.R.L. 20602067751
<b>“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANIA NACIONAL”</b>	
Chimbote, 20 de octubre de 2022	
CARTA N° 01-2022 SERVICIOS MARPERU E.I.R.L.	
Señor: Mg. Tejada Ponce Alex Deyvi	
<b>ASUNTO: ACEPTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS EN LA EMPRESA SERVICIOS MARPERU E.I.R.L.</b>	
Estimado Señor, es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo a nombre de la empresa <b>SERVICIOS MARPERU E.I.R.L.</b> , y a la vez informarle que con el presente documento se da por aceptado y se autoriza al señor: <b>IBAÑEZ HUIZA JOSUE ANGEL</b> , identificado con <b>DNI: 76468744</b> , en calidad de estudiante de la carrera profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad CESAR VALLEJO - TRUJILLO, para recabar información necesaria a través de encuesta y entrevista o algún otro tipo de información que el alumno requiera, para que pueda llevar de la mejor forma el desarrollo de su tesis titulada <b>"IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS DE EL EMPRESA SERVICIOS MARPERU, PARA MEJORAR LA PRODUCCION, 2022"</b> y de esta manera la investigación sea la más acertada y real posible.	
<b>SERVICIOS MARPERU E.I.R.L.</b>  <b>BRUNO CARBONEL ROJAS</b> GERENTE GENERAL	
<small>Domicilio Fiscal: Pro. Ayacucho N° 453 Dpto. 202A Urb. Santa Florencia Uru-Uru-San Miguel Sacaral: Jr. Almirante Galvez Mz. F 10A Miraflores I Zona Chimbote - Santa - Ancash Cel.: 963336901 861817173 E-mail: <a href="mailto:servisaperu@gmail.com">servisaperu@gmail.com</a></small>	

*Anexo 3: Historial de falla de fresadora, marzo – agosto.*

**FRESADORA**

<b>MES</b>	<b>FALLA (7)</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>HORAS DE REPARACION</b>
MARZO	falla en línea de alimentación a motor eléctrico	verificación y cambio de líneas muertas	12 horas
ABRIL	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
MAYO	exceso de sonido en funcionamiento falta de lubricación en la caja de velocidades	limpieza y cambio de aceite limpieza y cambio de líneas de lubricación	4 horas 20 horas
JUNIO	falla de conmutador de posición	cambio de conmutador	8 horas
JULIO	falla en línea de alimentación a motor eléctrico	verificación y cambio de líneas muertas	12 horas
AGOSTO	falla en circuito de encendido	cambio de circuito de mando	8 horas
O	fajas de transmisión con desgaste falla de motor eléctrico principal	cambio de fajas rebobinado de motor eléctrico	4 horas 20 horas

*Anexo 4: Historial de falla de torno paralelo de 3 metros, marzo – agosto.*

**TORNO PARALELO DE 3 METROS**

<b>MES</b>	<b>FALLA (3)</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>HORAS DE REPARACION</b>
MARZO	falla de motor eléctrico motriz	rebobinado de motor eléctrico	20 horas
ABRIL	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
MAYO	exceso de sonido y vibración	cambio de engranaje secundario	60 horas
JUNIO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
JULIO	sobrecalentamiento en puntos de conexión	limpieza de puntos de conexión eléctrica	8 horas
AGOSTO	....	....	....

*Anexo 5: Historial de falla de torno paralelo de 1.5 metros, marzo – agosto.*

**TORNO PARALELO DE 1.5 METROS**

<b>MES</b>	<b>FALLA (9)</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>HORAS DE REPARACION</b>
MARZO	sobrecalentamiento en puntos de conexión	limpieza de puntos de conexión eléctrica	8 horas
ABRIL	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
MAYO	falla en línea de alimentación a motor eléctrico	verificación y cambio de líneas muertas	12 horas
JUNIO	exceso de vibración en funcionamiento	cambio de rodamientos de cabezal	20 horas
JULIO	fuga de aceite por caja de transmisión	cambio de retenes	8 horas
AGOSTO	exceso de vibración en funcionamiento	reparación de cimientos de bancada	28 horas
	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas

*Anexo 6: Historial de falla de cepillo horizontal, marzo – agosto.*

**CEPILLO HORIZONTAL**

<b>MES</b>	<b>FALLA (5)</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>HORAS DE REPARACION</b>
MARZO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
ABRIL	....	....	....
MAYO	falla de motor eléctrico principal	rebobinado de motor eléctrico	20 horas
JUNIO	falla en línea de alimentación a motor eléctrico	verificación y cambio de líneas muertas	12 horas
JULIO	falla en circuito de encendido	cambio de circuito de mando	8 horas
AGOSTO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas

*Anexo 7: Historial de falla de taladro, marzo – agosto.*

**TALADRO**

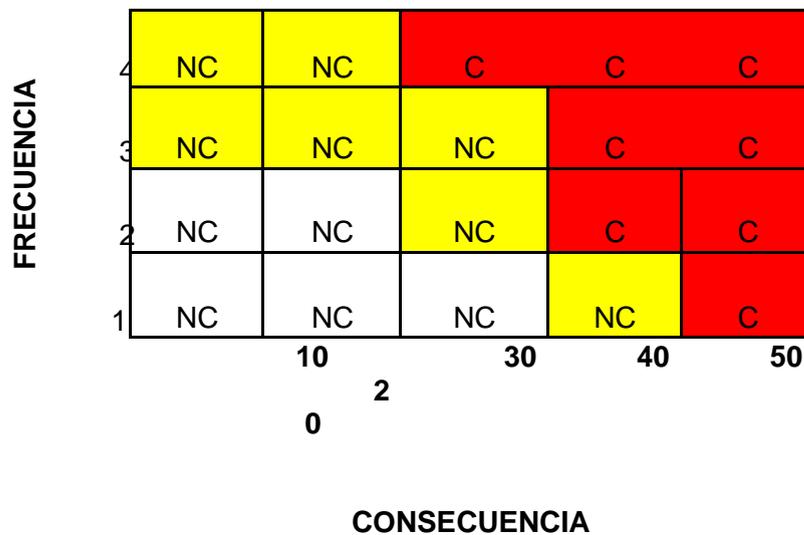
<b>MES</b>	<b>FALLA (7)</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>HORAS DE REPARACION</b>
MARZO línea	sobrecalentamiento de de alimentación	sustitución de líneas de alimentación	8 horas
ABRIL con	fajas de transmisión desgaste	cambio de fajas	4 horas
MAYO de	piñones dañados	cambio de piñón y/o fabricación este	20 horas
JUNIO	tornillo sin -fin dañado	Reparación	12 horas
JULIO	piñones dañados	cambio de piñón y/o fabricación de este	20 horas
	falla en línea de alimentación líneas a motor eléctrico	verificación y cambio de muertas	12 horas
	falla en circuito de encendido	cambio de circuito de mando	8 horas
AGOSTO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
O	chaveta de eje barrido de	cambio de chaveta y reparación eje transmisor	20 horas

Anexo 8: Historial de falla de sierra de vaivén, marzo – agosto.

SIERRA DE VAIVEN

MES	FALLA (5)	SOLUCION	HORAS DE REPARACION
MARZO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
ABRIL	...	...	...
MAYO	ruptura de brazo sujetador de hoja	reparación y soldeo de base de sujetador	8 horas
JUNIO	exceso de vibración en funcionamiento	reparación de cimientos de bancada	28 horas
JULIO	fajas de transmisión con desgaste	cambio de fajas	4 horas
AGOSTO	ruptura de base de motor eléctrico	soldeo de base de motor eléctrico	8 horas

Anexo 9: Nivel crítico (consecuencia vs frecuencia).



Anexo 10: Tabla de factores ponderados de criticidad.

**TABLA DE FACTORES PONDERADOS DE LA CRITICIDAD**

<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>PONDERACION</b>
Mayor o igual a 8 fallas al mes.	4
De 5 a 7 fallas al mes.	3
De 2 a 4 fallas al mes.	2
Menos o igual a 1 falla al mes.	1
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	
Parada inmediata de toda la producción.	10
Afecta más del 50% a la producción.	7
Afecta menos del 50% a la producción.	4
No afecta a la producción.	1
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	
No se dispone a otro equipo igual o similar.	4
El sistema puede seguir funcionando.	2
Se dispone de otro equipo igual o similar.	1
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	
Más de 10000.	3
Entre 5000 y 10000.	2
Menos de 5000.	1
<b>IMPACTO EN SEGURIDAD – AMBIENTE - HIGIENE</b>	
Afecta a la seguridad humana.	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles.	6
Afecta las instalaciones causando daños severos.	4
Provoca daños menores - accidentes e incidentes.	2
Provoca impacto ambiental cuyo afecto no viola las normas ambientales.	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente.	0

**Consecuencia**= (impacto operacional x flexibilidad operacional) + costos de mantenimiento + impacto medio ambiental

**Criticidad** = Consecuencia x Frecuencia de fallas

Anexo 11: Plan de mantenimiento para Torno de 3 metros.

Programacion de plan de mantenimiento preventivo -Torno de 3 metros										
N°	Actividad	Frecuencia	Duracion (min)	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	
1	inspeccion y limpieza de virutas	2 semanas	15							
2	limpieza y lubricacion de bancada	2 semanas	30							
3	lubricacion de carros horizontales y verticales	2 semanas	15							
4	verificacion de tension de faja transmision	2 semanas	15	16/01/2023	30/01/2023	13/02/2023	27/02/2023	13/03/2023	27/03/2023	10/04/2023
5	verificacion de solturas en equipo	2 semanas	15							
6	verificacion de ruidos extraños	mensual	15							
7	limpieza y lubricacion de engranajes	mensual	120							
8	limpieza y lubricacion de ejes	mensual	60							
9	verificacion de conductos de lubricacion	mensual	30							
10	cambio de aceites y grasas lubricantes	mensual	30							
11	revisión y sello de fugas de aceite	mensual	30							
12	inspeccion de puntos de conexión de motor	mensual	30							
13	inspeccion de circuito de encendido	mensual	15							
14	inspeccion de lineas de alimentacion	mensual	15							
15	inspeccion, verificación y reparacion de puntos de anclaje	2 meses	60							
16	inspeccion, verificacion y reparacion de cimientos	2 meses	60							
17	verificacion de desgaste de bancada	2 meses	30							
18	inspeccion de rodamientos	2 meses	60							
19	verificacion de desgaste de faja de transmision	2 meses	10							
20	verificacion de juego entre engranajes y eje	2 meses	60							
21	verificacion de holguras de piñones	2 meses	60							



Anexo 13: Plan de mantenimiento para Taladro.

Programacion de plan de mantenimiento preventivo -Taladro										
N°	Actividad	Frecuencia	Duracion (min)	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	
1	inspeccion y limpieza de virutas	2 semanas	15							
2	limpieza y lubricacion de bancada	2 semanas	30							
3	lubricacion de carros horizontales y verticales	2 semanas	15							
4	verificacion de tension de faja transmision	2 semanas	15	16/01/2023	30/01/2023	13/02/2023	27/02/2023	13/03/2023	27/03/2023	10/04/2023
5	verificacion de soldaduras en equipo	2 semanas	15							
6	verificacion de ruidos extraños	mensual	15							
7	limpieza y lubricacion de engranajes	mensual	120							
8	limpieza y lubricacion de ejes	mensual	60							
9	verificacion de conductos de lubricacion	mensual	30							
10	cambio de aceites y grasas lubricantes	mensual	30							
11	revisión y sello de fugas de aceite	mensual	30	16/01/2023	16/02/2023	27/03/2023	16/04/2023	16/05/2023	16/06/2023	
12	inspeccion de puntos de conexión de motor	mensual	30							
13	inspeccion de circuito de encendido	mensual	15							
14	inspeccion de lineas de alimentacion	mensual	15							
15	inspeccion, verificación y reparacion de puntos de anclaje	2 meses	60							
16	inspeccion, verificacion y reparacion de cimientos	2 meses	60							
17	verificacion de desgaste de bancada	2 meses	30							
18	inspeccion de rodamientos	2 meses	60							
19	verificacion de desgaste de faja de transmision	2 meses	10							
20	verificacion de juego entre engranajes y eje	2 meses	60							
21	verificacion de holguras de piñones	2 meses	60							

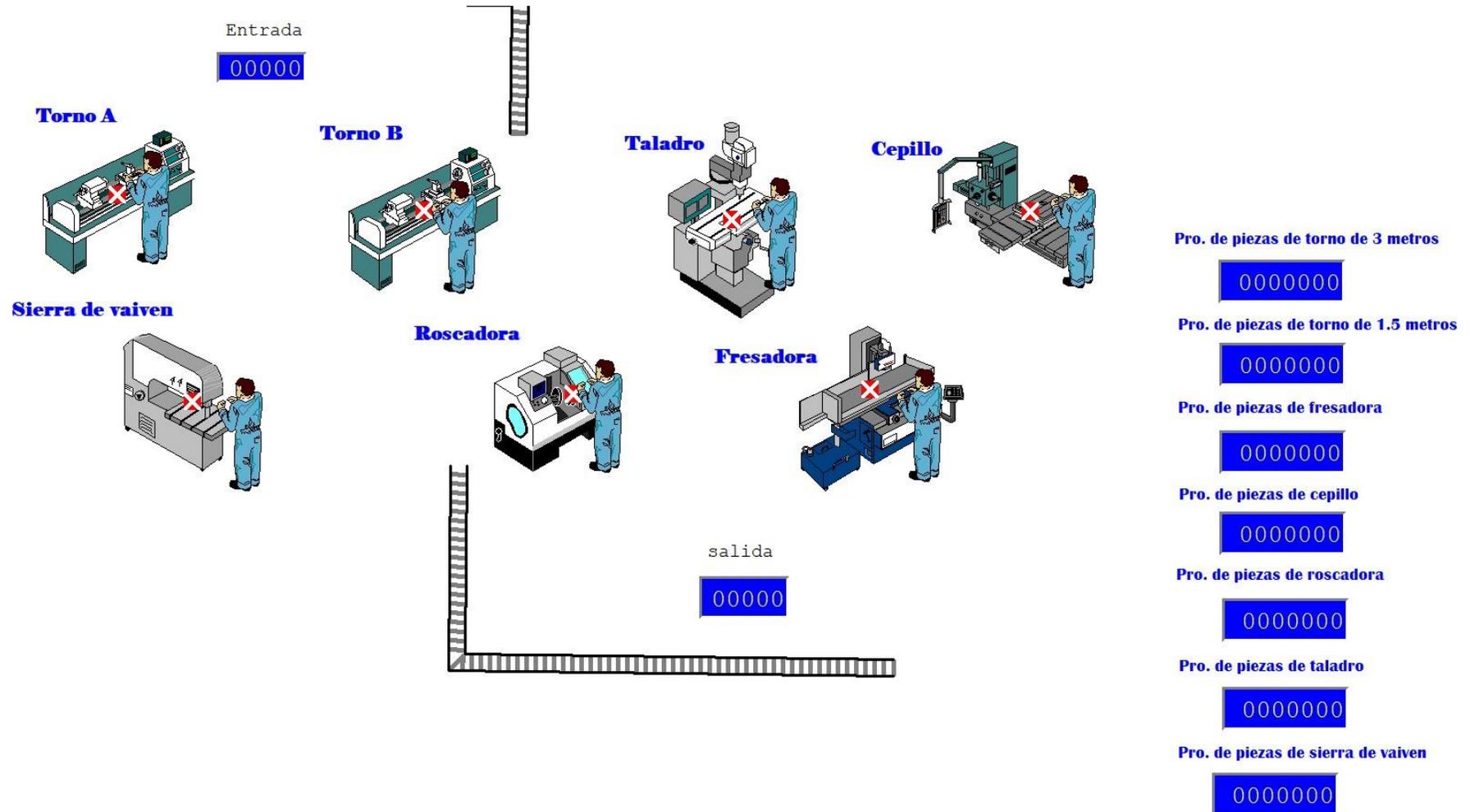




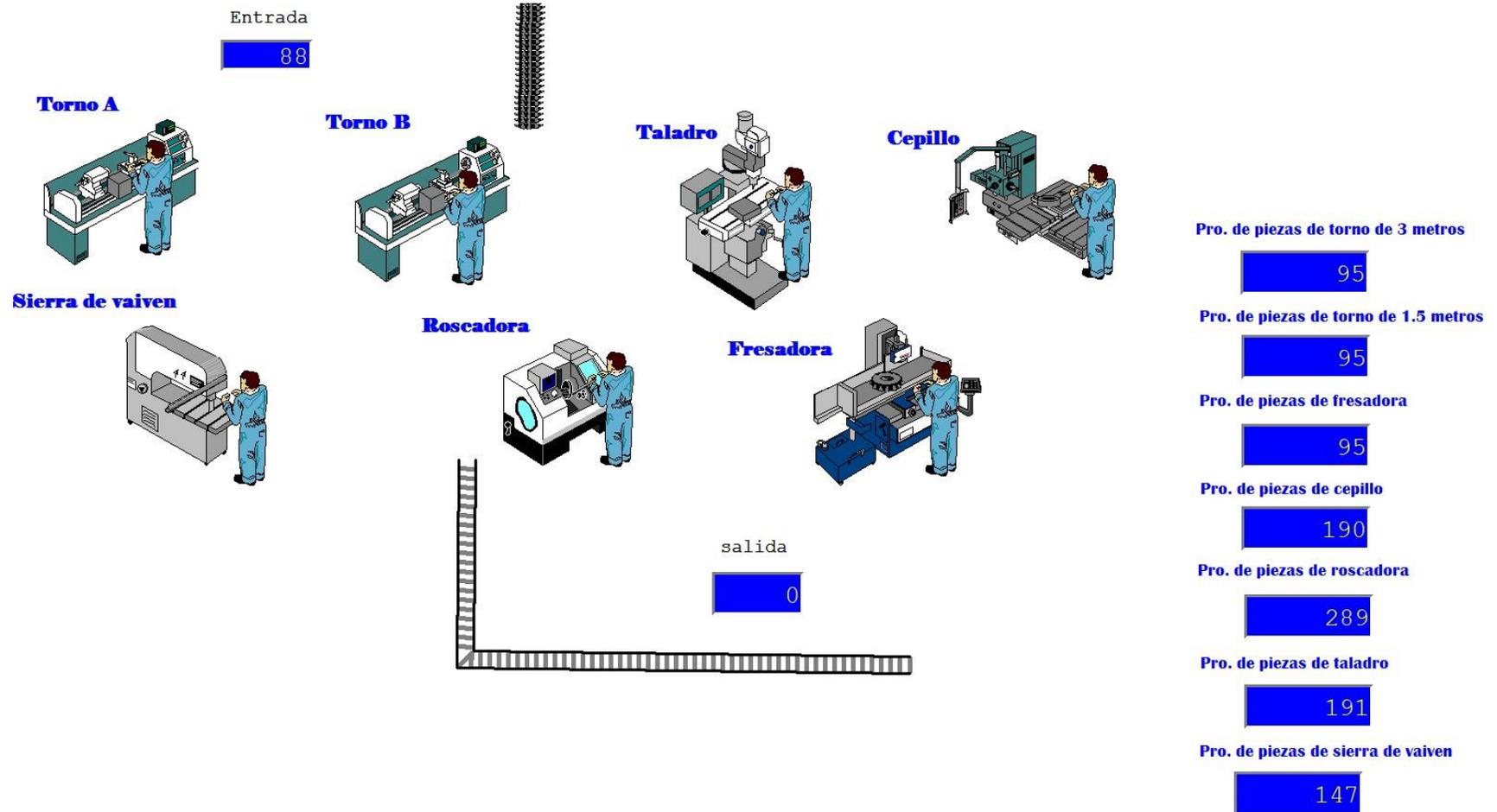
Anexo 16: Plan de mantenimiento para Cepillo.

Programacion de plan de mantenimiento preventivo -Cepillo										
Nº	Actividad	Frecuencia	Duracion (min)	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	
1	inspeccion y limpieza de virutas	2 semanas	10							
2	limpieza y lubricacion de bancada	2 semanas	15							
3	lubricacion de carros horizontales y verticales	2 semanas	15							
4	verificacion de tension de faja transmision	2 semanas	15	16/01/2023	30/01/2023	13/02/2023	27/02/2023	13/03/2023	27/03/2023	10/04/2023
5	verificacion de solturas en equipo	2 semanas	15							
6	verificacion de ruidos extraños	mensual	15							
7	limpieza y lubricacion de engranajes	mensual	30							
8	limpieza y lubricacion de ejes	mensual	30							
9	verificacion de conductos de lubricacion	mensual	30							
10	cambio de aceites y grasas lubricantes	mensual	30							
11	revisión y sello de fugas de aceite	mensual	30	16/01/2023	16/02/2023	27/03/2023	16/04/2023	16/05/2023	16/06/2023	
12	inspeccion de puntos de conexión de motor	mensual	30							
13	inspeccion de circuito de encendido	mensual	15							
14	inspeccion de líneas de alimentacion	mensual	15							
15	nspeccion, verificación y reparacion de puntos de anclaje	2 meses	60							
16	inspeccion, verificacion y reparacion de cimientos	2 meses	60							
17	verificacion de desgaste de bancada	2 meses	15							
18	inspeccion de rodamientos	2 meses	30							
19	verificacion de desgaste de faja de transmision	2 meses	10							
20	verificacion de juego entre engranajes y eje	2 meses	60							
21	verificacion de holguras de piñones	2 meses	60							

Anexo 17: Simulación de procesos en prog. ProModel.



Anexo 18: Simulación en progreso con paradas programadas por mantenimiento ProModel.



*Anexo 19: Datos de disponibilidad en promodel*

Datos obtenidos Promodel - Disponibilidad de las maquinas herramientas						
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% Operación	% Inactivo	% Esperando	% Down	
Torno A	1040	93.89	0.29	0	5.82	
Taladro	1040	94.13	0.05	0	5.82	
Torno B	1040	94.18	0	0	5.82	
Sierra de vaivén	1040	97.16	0.1	0	2.74	
Roscadora	1040	97.79	0.19	0	2.02	
Cepillo	1040	95.79	0.19	0.01	4.01	
Fresadora	1040	93.94	0.24	0	5.82	

*Anexo 20: Datos de incremento de disponibilidad*

Porcentaje de mejora de disponibilidad de máquinas aplicando mantenimiento propuesto			
Nombre	% Operación con mtto	% Operación sin mtto	% Incremento
Torno A	93.89	90.769	3.44%
Taladro	94.13	89.615	5.04%
Torno B	94.18	91.923	2.46%
Sierra de vaivén	97.16	95	2.27%
Cepillo	95.79	95.385	0.42%
Fresadora	93.94	91.154	3.06%

*Anexo 21: Datos de incremento de confiabilidad*

Porcentaje de mejora de confiabilidad de máquinas aplicando mantenimiento propuesto			
Nombre	% confiabilidad con mtto	% confiabilidad sin mtto	% Incremento
Torno A	98.50887024	80.910000000	21.75%
Taladro	98.90874434	67.960000000	45.54%
Torno B	98.39115695	74.610000000	31.87%
Sierra de vaivén	98.66898955	81.680000000	20.80%
Cepillo	98.65913935	81.740000000	20.70%
Fresadora	98.69855594	68.410000000	44.28%

## Anexo 22: Datos de tiempo de operación

Datos de tiempo de operación de sistema - Promodel - Con MTTO				
Nombre	Total, Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)
pieza para fresado	162	41.10875926	40.40845679	0.700302469
pieza para perforar	326	37.74466258	37.31786196	0.426800613
pieza para cortar	252	38.97160317	38.35509127	0.616511905
pieza para torneado A	162	40.84541358	40.43710494	0.408308642
pieza para torneado B	163	40.99031288	40.18130675	0.809006135
pieza para cepillar	332	37.86609337	37.32550904	0.540584337

## Anexo 23: Datos de mejora de productividad

Porcentaje de mejora de Productividad			
Piezas	Total, Salidas con MTTO	Total, Salidas sin MTTO	% Incremento
pieza para fresado	162	157	3.18%
pieza para perforar	326	311	4.82%
pieza para cortar	252	246	2.44%
pieza para torneado A	162	156	3.85%
pieza para torneado B	163	159	2.52%
pieza para cepillar	332	329	0.91%

Cálculo de incremento de % de rendimiento energético.

$$\% \text{ incremento fresadora} = 100 \% - \left( \frac{157}{162} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento taladro} = 100 \% - \left( \frac{311}{326} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento sierra vaiven} = 100 \% - \left( \frac{246}{252} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento torno A} = 100 \% - \left( \frac{156}{162} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento torno B} = 100 \% - \left( \frac{159}{163} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento cepillo} = 100 \% - \left( \frac{329}{332} \times 100 \right) \%$$

$$\% \text{ incremento} = 100 \% - \left( \frac{\text{Produccion total sin mtto}}{\text{Produccion total con mtto}} \times 100 \right) \%$$

Anexo 24: Costos de reparación Fresadora – Torno de 3 metros

COSTOS DE REPARACION MARZO - AGOSTO 2022			
ITEM	Actividad	Cantidad	COSTO (soles)
FRESADORA	Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270
	electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150
	cambio de faja	2 fajas	80
	lubricantes	ind	120
	aditivos	ind	30
	lubricantes	ind	120
	líneas de cobre	1 metro	30
	aditivos	ind	30
	cambio de conmutador	1 unidad	140
	electricista para cambio de conmutador	1 personal	70
	reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60
	contactor	1 unidad	250
	electricista para cambio y revisión de tablero	1 personal	
	cambio de faja	2 fajas	80
	rebobinado de motor eléctrico principal	1 unidad	1100
rebobinado de motor eléctrico principal	1 unidad	1100	
cambio de faja	2 fajas	80	
TORNO DE 3 METROS	Cambio y fabricación de engranaje	2 unidades	3500
	mecánico para reparación de torno	2 personal	
	reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60

Anexo 25: Costos de reparación Torno de 1.5 metros, Cepillo, Taladro, Sierra de vaivén.

COSTOS DE REPARACION MARZO - AGOSTO 2022					
ITEM	Actividad	Cantidad	COSTO (soles)		
TORNO DE 1.5 METROS	reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60		
	cambio de faja	2 fajas	80		
	Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270		
	electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150		
	Cambio de rodamientos	2 unidades	600		
	mecánico para reparación de torno	2 personal			
	cambio de retenes y reparación de fugas	ind	200		
	mecánico para reparación de torno	1 personal	400		
	reparación de cimientos de equipo	ind	300		
	cambio de faja	1 fajas	40		
CEPILLO		cambio de faja	2 fajas	80	
		rebobinado de motor eléctrico principal	1 unidad	1100	
		Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270	
		electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150	
		contactor	1 unidad	250	
		electricista para cambio y revisión de tablero	1 personal		
		cambio de faja	1 fajas	40	
TALARO		Cambio de línea quemada por exceso de carga	9 metros	270	
		electricista para cambio y verificación de líneas	1 personal	150	
			cambio de faja	1 fajas	40
			cambio de engranaje	1 unidades	1200
			mecánico para reparación de taladro	2 personal	
			reemplazo de conectores y puntos líneas	ind	60
			contactor	1 unidad	250
			electricista para cambio y revisión de tablero	1 personal	
				cambio de faja	1 fajas
		cambio de chaveta y reparación de eje transmisor	2 piezas	1100	
			mecánico para reparación de taladro	2 personal	
SIERRA DE VAIVEN			cambio de faja	1 fajas	40
			reparación y soldeo de base de sujetador	ind	30
			reparación de cimientos de equipo	ind	300
				cambio de faja	1 fajas
			soldeo de base de motor eléctrico	ind	30

*Anexo 26: Costos por Mtto cada 2 semanas.*

costos mtto cada 2 semanas		
Item	cantidad	costo(soles)
brocha	3 unidades	15
desengrasantes	3 litros	45
trapo	6 kg	42
aceite monogrado	1 galón	25
pernos	ind	20
herramientas	ind	120
Total, gastos durante 6 meses		1884

*Anexo 27: Costos por Mtto mensual.*

costos mtto mensual		
Item	cantidad	costo(soles)
aceites y grasas	ind	120
brocha	4 unidades	20
desengrasantes	3 litros	45
trapo	5 kg	35
pulverizador	1 unidad	40
empaquetaduras	ind	80
limpiador de contacto	ind	15
bornes y terminales	ind	50
técnico electricista		120
Total, de gastos en 6 meses		2950

*Anexo 28: Costos por Mtto cada 2 meses.*

costos de mtto cada 2 meses		
Item	cantidad	costo(soles)
cemento	1 unidad	50
puntas	3 unidades	45
cinceles	2 unidades	20
pernos	ind	50
fajas	3 unidades	60
mecánico para inspección		400
Total, de gastos en 6 meses		1745



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SIFUENTES INOSTROZA TEOFILO MARTIN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación de un plan de mantenimiento de las maquinas herramientas de empresa servicios marperu, para mejorar la producción, 2022", cuyo autor es IBAÑEZ HUIZA JOSUE ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 18 de Enero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SIFUENTES INOSTROZA TEOFILO MARTIN <b>DNI:</b> 17828568 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8621-236X	Firmado electrónicamente por: TSIFUENTES el 18- 01-2023 21:54:02

Código documento Trilce: TRI - 0523526