



**Mejoramiento en la Gestión de Herramientales a través de la Implementación de un Plan de
Mantenimiento Preventivo en UMO S.A.**

William Alexander Benitez Guzmán

Informe de Practica presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor Interno

Carlos Alberto Mejía Blandón, MSc en Ingeniería Mecánica

Asesor Externo

Orlando de Jesús Ramírez López, MBA

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín

2024

Cita	Benítez Guzmán [1]
Referencia	[1] Benítez Guzmán, “Mejoramiento en la Gestión de Herramientales a través de la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en UMO S.A.”, Informe de prácticas, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2024.
Estilo IEEE (2020)	



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mis padres Paco William Benitez y Jimena Guzmán, quienes me apoyaron desde el inicio que les comente que quería estudiar en otra ciudad, me impulsaron a emprender en esta carrera lejos de casa, apoyándome siempre, velando que siempre estuviera bien y que con sus valores que me forjaron hicieron que este reto fuera más fácil ya que a ellos les debo la templanza, honestidad e independencia, pilares fundamentales para poder sacar adelante una carrera universitaria sin familia en una ciudad lejos de donde nació y me crié.

También quiero dedicar este trabajo a mi pareja Valentina Tovar quien siempre estuvo acompañándome en todo el proceso de mi carrera desde los primeros semestres hasta el día de hoy, que culmina este bonito proceso, quien me apoyo en los momentos más difíciles donde sentía que el mundo se me venía encima con tantas cosas por resolver, y que sentía que no era capaz, ella con sus palabras me decía “eres el mejor, confía en lo que sabes” dándome la confianza para ejecutar proyectos que incluso yo dudaba si estaba capacitado para realizarlos, a ella le agradezco mucho por estar ahí siempre, este triunfo también es tuyo.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi asesor y profesor de la Universidad, Carlos Mejía por creer en mí desde que fue mi coordinador de monitores, donde lo conocí mejor y aprendí mucho de él, por tanto, le pedí que me acompañara en este proceso de prácticas, donde siempre estuvo atento a las asesorías y me guio de la mejor manera para entregar un proyecto de alto impacto, a mi asesor Orlando Ramírez quien desde que lo conocí supe el gran líder que es, del cual le agradezco por sus enseñanzas y su acompañamiento, admiro como lleva adelante una empresa y la convierte en una empresa de talla mundial, a Cristian Arenas por enseñarme tanto de gestión de herramientas, entender el proceso de troquelera y darme la confianza de acompañarlo con el manejo del taller de manufactura al permitirme mejorar mi gestión de personal, teniendo a cargo 7 mecánicos. Por último, agradecerle a UMO por permitirme realizar las prácticas y robustecer mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
III. JUSTIFICACIÓN.....	11
IV. OBJETIVOS	12
A. Objetivo general	12
B. Objetivos específicos	12
V. MARCO TEÓRICO	13
A. Mantenimiento Preventivo	13
B. Teoría de las restricciones (TOC).....	13
C. Gestión de Activos.....	14
D. Normativas y Estándares	14
E. Tecnologías Emergentes	14
F. Mejores Prácticas Industriales	14
VI. METODOLOGÍA	16
A. Identificación del Cuello de Botella:.....	16
B. Explotación del Cuello de Botella:.....	16
C. Subordinación de Todo lo Demás a la Decisión Anterior:.....	16
D. Elevación del Cuello de Botella:	17
E. Repetición del Proceso:	17
F. Revisión Bibliográfica:	17
G. Análisis de Datos Históricos:	17
H. Gráficas de Pareto para Identificación de Herramentales Críticos:	18

I. Entrevistas y Consultas con el Personal:	22
J. Desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo:.....	22
K. Implementación y Pruebas Piloto:.....	22
L. Capacitación y Sensibilización:	22
M. Seguimiento y Evaluación Continua:	23
VII. RESULTADOS	24
A. Reducción de Tiempos de Inactividad:	24
B. Aumento de la Productividad:	24
C. Mejora en la Calidad del Producto:	25
D. Optimización de Recursos Humanos:	26
E. Cultura de Mejora Continua:	28
F. Incremento en la Capacidad Efectiva del Taller:	29
G. Análisis de Datos y Gráficas de Pareto:	30
VIII. DISCUSIÓN.....	32
A. Reducción de Tiempos de Inactividad	32
B. Aumento de la Productividad	32
C. Mejora en la Calidad del Producto	32
D. Optimización de Recursos Humanos	33
E. Cultura de Mejora Continua	33
F. Incremento en la Capacidad Efectiva del Taller	33
G. Análisis de Datos y Gráficas de Pareto	34
IX. CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS	37
ANEXOS.....	38

LISTA DE TABLAS

TABLA I CINCO TROQUELES MAS CRITICOS.....	19
TABLA II COMPARATIVA NÚMERO MANTENIMIENTOS CON GESTIÓN	29

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Gráfico de Pareto de troqueles que entraron al taller en el año 2023	18
Fig. 2. Grafico de Pareto de modos de falla troquel 9716T28	19
Fig. 3. Troquel 9716T28	20
Fig. 4. Pieza resultante Troquel 9716T28	20
Fig. 5. Gráfico Tiempo entre fallas Troquel 9716T28	21
Fig. 6. Cronograma de Actividades – Desarrollo de proyecto	23
Fig. 7. Mantenimiento Preventivo Troquel embutidor semicoca.....	24
Fig. 8. Estantería Taller de Manufactura.....	25
Fig. 9. Fabricación preventiva de matriz troquel perforador.....	26
Fig. 10. Programación de Actividades Taller Manufactura – Excel	27
Fig. 11. Rectificado de macho cortador	28
Fig. 12. Macho rectificado	28
Fig. 13. Mantenimientos totales con gestión vs sin gestión	30
Fig. 14 Mantenimientos Correctivos vs Mantenimientos Preventivos	31

RESUMEN

La propuesta se enfocó en implementar un plan de mantenimiento preventivo para los herramientas en UMO S.A. con el fin de aumentar la disponibilidad y reducir los tiempos de inactividad por mantenimientos correctivos no planificados. Se empleó una metodología que incluyó la programación diaria de actividades de mantenimiento mediante una hoja de cálculo Excel, la creación de alertas para mantenimientos preventivos basadas en la planeación mensual de producción y el número de golpes realizados por los troqueles, calculando el tiempo de operación antes de entrar a mantenimiento preventivo; la elaboración de checklists específicos para cada tipo de troquel, la compilación de una base de datos de troqueles y el análisis de datos históricos mediante gráficas de Pareto para identificar los troqueles más críticos, sus causas de falla y la tasa de servicio. La implementación de este plan obtuvo un impacto significativo en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la disponibilidad de los herramientas. Reduciendo los mantenimientos correctivos no planificados, aumentando los mantenimientos preventivos y a su vez se aumentó la tasa de servicio.

***Palabras clave* — Mantenimiento preventivo, Herramientales, Disponibilidad, Checklist de mantenimiento, Gráficas de Pareto, Tasa de servicio, Eficiencia operativa.**

ABSTRACT

The proposal focused on implementing a preventive maintenance plan for the dies at UMO S.A. in order to increase availability and reduce downtime due to unplanned corrective maintenance. A methodology was used that included the daily scheduling of maintenance activities through an Excel spreadsheet, the creation of alerts for preventive maintenance based on the monthly production planning and the number of strokes performed by the dies calculating the operation time before entering preventive maintenance; the development of specific checklists for each die, the compilation of a die database and the analysis of historical data through Pareto charts to identify the most critical dies, their failure causes and service rate. The implementation of this plan had a significant impact on operational efficiency, product quality and tooling availability. It reduced unplanned corrective maintenance, increased preventive maintenance and increased the service rate.

Keywords — Preventive maintenance, Tooling, Availability, Maintenance checklist, Pareto charts, Service rate, Operational efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

La eficacia y eficiencia en el mantenimiento de los herramientas son pilares fundamentales para garantizar la operatividad y productividad en UMO S.A. En este contexto, se ha identificado la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo que no solo asegure la continuidad de las operaciones, sino que también optimice recursos, reduzca los tiempos de inactividad por fallas no planificadas y, en última instancia, incremente la rentabilidad de la empresa. Este proyecto se presenta como una iniciativa de alto impacto que tiene como propósito mejorar los procesos de mantenimiento, lo cual se traducirá en una significativa reducción de costos operativos y una mayor eficiencia en la gestión de los recursos, generando así beneficios tangibles para la compañía.

El proyecto se desarrolló basándose en la metodología de la Teoría de las Restricciones (TOC), programando actividades de mantenimiento diarias y asignando prioridades de mantenimiento correctivo según la producción planificada. Los mantenimientos preventivos se planificaron basándose en el número de golpes ejecutados del herramienta a lo largo de su vida serie y los planificados según demanda, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano. Con esta programación, se logró adelantar mantenimientos preventivos antes de que los herramientas llegaran a la falla, aumentando su disponibilidad. Además, se consiguió una disminución en los mantenimientos correctivos, aumentando los mantenimientos preventivos ejecutados con proyección a continuar con esta tendencia. Por último, se incrementó la capacidad efectiva del taller en un 21% solamente mejorando la gestión de mantenimiento de herramientas a través de la programación de actividades, logrando ejecutar una mayor cantidad de mantenimientos al mes con la misma capacidad instalada.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En UMO S.A., el mantenimiento de herramientas es un proceso crítico que impacta directamente en la eficiencia operativa y la productividad de la empresa. Sin embargo, se ha observado que una gran parte de los mantenimientos realizados son de carácter correctivo, lo que implica tiempos de inactividad no planificados y altos costos operativos. La falta de un plan estructurado de mantenimiento preventivo ha llevado a que los herramientas, piezas fundamentales en el proceso de producción, experimenten fallas inesperadas, afectando la continuidad de las operaciones y generando retrasos en la entrega de productos

Antes de la implementación de la programación de actividades diaria, a los mecánicos no se les asignaba los mantenimientos por prioridades, simplemente el mecánico a su criterio propio escogía un herramental para realizarle el mantenimiento correctivo, incluso era tanta la acumulación de trabajo por una falta de gestión que llegaban a estar troqueles en el piso debido a que no se podían almacenar en las estanterías del taller de manufactura.

Los registros históricos de mantenimiento revelan que los tiempos de inactividad no planificados son frecuentes y prolongados, lo cual no solo afecta la producción, sino que también incrementa los costos debido a reparaciones urgentes y pérdida de eficiencia. Esta situación también tiene un impacto negativo en la calidad del producto, ya que los fallos en los herramientas pueden llevar a defectos en los productos finales, lo que a su vez genera retrabajos y desperdicio de materiales.

III. JUSTIFICACIÓN

La falta de un enfoque preventivo en el mantenimiento de los herramientas no permite una gestión óptima de los recursos humanos y materiales. La ausencia de una programación regular de actividades de mantenimiento y la falta de alertas basadas en la planeación de producción y el histórico de golpes de los herramientas, hacen que las intervenciones sean reactivas en lugar de proactivas. Esto resulta en un uso ineficiente del personal de mantenimiento, quienes deben responder a emergencias en lugar de seguir un plan de trabajo organizado y sistemático.

Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita anticiparse a las fallas, optimizar los recursos disponibles y mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los herramientas. Este plan debe incluir la programación diaria de actividades de mantenimiento, la creación de alertas preventivas, la elaboración de checklists específicos y el análisis de datos históricos para identificar y priorizar los troqueles más críticos.

Se busca transformar la gestión del mantenimiento de herramientas en UMO S.A. para reducir los tiempos de inactividad no planificados, mejorar la productividad y calidad del producto, y reducir los costos operativos. La implementación de este plan se espera que no solo solucione los problemas actuales, sino que también establezca una base sólida para una gestión más proactiva y estratégica de los activos de la empresa en el largo plazo.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los herramientas en UMO S.A., con el fin de optimizar la operatividad y disponibilidad de los recursos, reducir tiempos de inactividad no planificados, y mejorar la eficiencia general en la gestión de los activos.

B. Objetivos específicos

- Analizar datos históricos mediante gráficas de Pareto para identificar los troqueles críticos, sus causas de falla y establecer criterios de priorización para el mantenimiento preventivo.
- Reducir los tiempos de inactividad no planificados y aumentar la disponibilidad de los herramientas mediante la implementación efectiva del plan de mantenimiento preventivo.
- Mejorar la productividad y la calidad del producto a través de una reducción en los defectos y retrabajos asociados con fallos en los herramientas.
- Fomentar una cultura de mejora continua en la gestión de los activos de la empresa, asegurando una adopción sostenible del plan de mantenimiento preventivo y promoviendo la participación activa del personal en el proceso de mejora.

V. MARCO TEÓRICO

El marco teórico para el proyecto se fundamenta en diversos conceptos y teorías relacionadas con el mantenimiento industrial, la gestión de activos, la teoría de las restricciones y las mejores prácticas en el mantenimiento preventivo. A continuación, se detallan algunos aspectos clave

A. Mantenimiento Preventivo

Esta estrategia de mantenimiento se centra en la realización de actividades planificadas y sistemáticas para prevenir la aparición de fallos en los equipos y maquinarias. El mantenimiento preventivo se basa en la idea de que es más eficiente y económico prevenir los fallos que repararlos una vez que han ocurrido. Se busca maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos a través de la aplicación de inspecciones, ajustes, lubricaciones, reemplazos y otras tareas programadas. [4]

B. Teoría de las restricciones (TOC)

La teoría de las restricciones es una metodología de gestión que se basa en la premisa de que toda organización tiene al menos una restricción que limita su capacidad para alcanzar sus objetivos. Estas restricciones, también conocidas como cuellos de botella, son los puntos críticos que restringen la producción, la eficiencia y el rendimiento en general de un proceso o sistema. El enfoque de la TOC consiste en identificar y eliminar estas restricciones para mejorar el flujo de trabajo y lograr un mejor rendimiento en toda la organización. A través de la identificación de cuellos de botella y la implementación de soluciones, la TOC busca maximizar la eficiencia, reducir los costes y aumentar la rentabilidad. [2]

C. Gestión de Activos

La gestión de activos es un enfoque sistemático para el mantenimiento, operación y optimización de los activos físicos de una organización a lo largo de su ciclo de vida. Este enfoque considera aspectos como la planificación estratégica, la gestión del riesgo, la toma de decisiones basada en datos y el ciclo de vida completo de los activos. El rediseño y mejora de un plan de mantenimiento preventivo se alinea con los principios de gestión de activos al garantizar la maximización del valor de los herramientas a lo largo del tiempo. [9]

D. Normativas y Estándares

Existen normativas y estándares internacionales que proporcionan directrices y mejores prácticas para la intervención de programas de mantenimiento preventivo. Entre ellos se encuentran normas como la IATF 16949 + ISO 9001, que es la norma del sistema de gestión de la calidad automotriz; la ISO 55000 sobre gestión de activos, la ISO 14224 sobre recopilación y análisis de datos de fiabilidad, entre otras. Estos estándares proporcionan un marco de referencia para el diseño, mejora y evaluación de programas de mantenimiento preventivo. [7]

E. Tecnologías Emergentes

En la actualidad, el mantenimiento preventivo se beneficia de avances tecnológicos como el Internet de las cosas (IoT), el análisis de datos avanzado, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático. Estas tecnologías permiten la implementación de enfoques predictivos y prescriptivos para el mantenimiento, que se basan en la monitorización en tiempo real de los activos, la detección temprana de anomalías y la optimización de las estrategias de mantenimiento. [8]

F. Mejores Prácticas Industriales

Existen numerosas investigaciones, casos de estudio y experiencias prácticas en la industria que respaldan la eficacia del mantenimiento preventivo como estrategia para mejorar la

disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de los activos industriales. La aplicación de mejores prácticas en la selección de técnicas de mantenimiento, frecuencia de intervenciones y gestión de riesgos contribuye al éxito de los programas de mantenimiento preventivo. [1] [3]

Este marco teórico proporciona una base sólida para la intervención y rediseño del plan de mantenimiento preventivo para los herramientas en la empresa, al integrar principios fundamentales de mantenimiento industrial, gestión de activos y tecnologías emergentes.

VI. METODOLOGÍA

En este proyecto, se aplicó la metodología TOC (Teoría de las restricciones) [2] para identificar y gestionar las limitaciones que afectan el rendimiento del sistema de mantenimiento de herramientas en UMO S.A. La TOC se centra en encontrar y resolver los cuellos de botella que impiden que el sistema logre su máximo desempeño. En el contexto de este proyecto, se utilizó TOC para optimizar los procesos de mantenimiento y mejorar la eficiencia operativa.

La implementación de TOC siguió los pasos:

A. Identificación del Cuello de Botella:

Se identificaron los herramientas críticos que limitaban la capacidad del taller y causaban mayores tiempos de inactividad. Este proceso incluyó el análisis de datos históricos y la elaboración de gráficas de Pareto para determinar los troqueles más propensos a fallas.

B. Explotación del Cuello de Botella:

Se desarrollaron estrategias para maximizar el rendimiento de los herramientas críticos. Esto incluyó la programación de mantenimientos preventivos antes de que ocurrieran fallas, basándose en el número de golpes y la planeación de producción mensual.

C. Subordinación de Todo lo Demás a la Decisión Anterior:

Se ajustaron todas las demás actividades de mantenimiento para apoyar la explotación del cuello de botella. Esto significó priorizar los mantenimientos preventivos y asegurarse de que los recursos necesarios estuvieran disponibles cuando se requirieran.

D. Elevación del Cuello de Botella:

Se implementaron mejoras para aumentar la capacidad del taller, como la capacitación del personal y la creación de checklists específicos para cada tipo de troquel. Estas acciones permitieron adelantar los mantenimientos preventivos y reducir la frecuencia de fallas.

E. Repetición del Proceso:

Una vez que se lograron mejoras en el rendimiento, se repitió el proceso para identificar nuevos cuellos de botella y continuar mejorando la eficiencia operativa.

Aplicando estos principios, se lograron mejoras significativas en la gestión de los herramientas, incluyendo un aumento del 21% en la capacidad efectiva del taller.

Paralelamente mediante un cronograma elaborado al inicio del proyecto se realizaron las siguientes actividades a lo largo de la práctica.

F. Revisión Bibliográfica:

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre mantenimiento preventivo, herramientas y metodologías relacionadas. Se recopilaron y analizaron investigaciones previas, normativas y mejores prácticas en el campo del mantenimiento industrial para fundamentar el diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

G. Análisis de Datos Históricos:

Se examinaron detalladamente los registros históricos de mantenimiento para identificar patrones de fallas, frecuencia de mantenimientos correctivos, tiempos de inactividad y otros datos relevantes. Este análisis proporcionó información valiosa para la elaboración del nuevo plan de mantenimiento preventivo.

H. Gráficas de Pareto para Identificación de Herramentales Críticos:

Se elaboraron gráficas de Pareto para identificar los herramentales críticos basándose en los datos de fallas y mantenimiento histórico. Con esta información, se comenzó a ejecutar el plan de acción, recopilando además información sobre el número de golpes de cada herramental desde su inicio en cadencia registrada en el sistema SAP. Este análisis permitió priorizar los esfuerzos de mantenimiento preventivo en los herramentales más críticos, optimizando así la disponibilidad y eficiencia operativa.

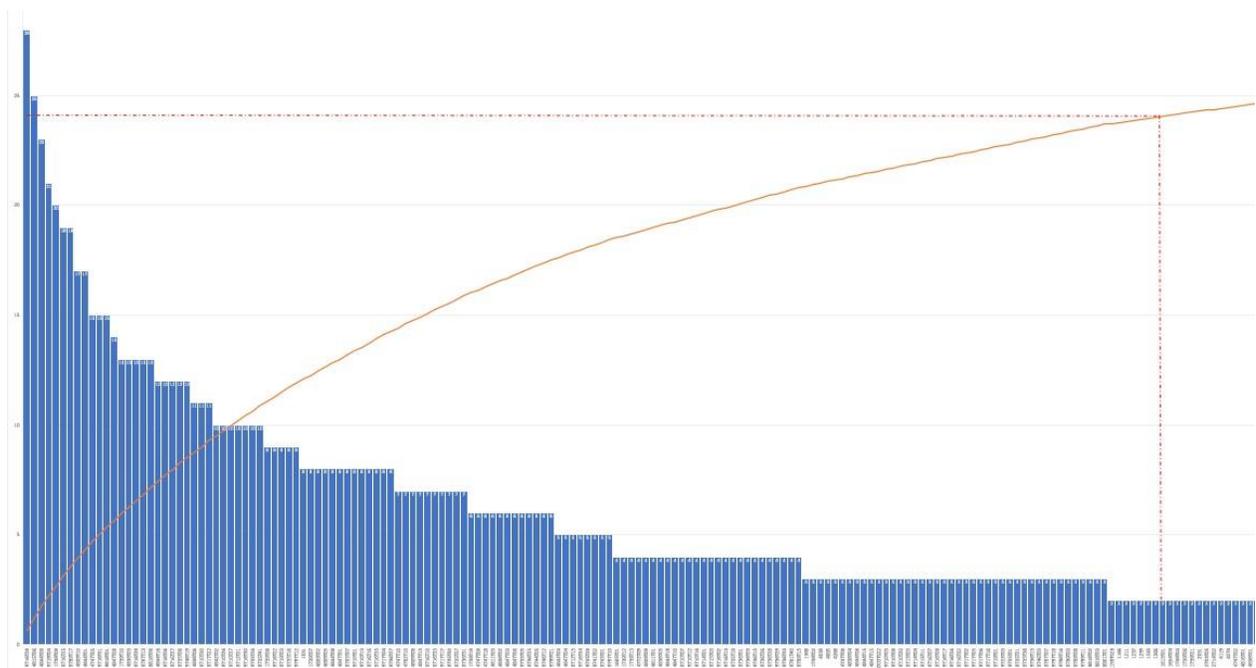


Fig. 1. Gráfico de Pareto de troqueles que entraron al taller en el año 2023

Como se observa en la Fig.1. la cantidad de troqueles dentro del Pareto asciende a una cantidad muy alta, ya que el análisis se realizó con 351 troqueles que entraron a mantenimiento, primero se trabajó con los 5 troqueles más críticos que representan el 10% del Pareto, entraron entre 28 a 20 veces en el año cada uno, generalmente la teoría indica que debe ser 20-80% pero en este caso el 20% corresponde a 14 troqueles; de acuerdo a la metodología TOC no es recomendable abarcar tanta cantidad, si no, enfocarse en una cantidad que si se pueda atacar.

TABLA I
CINCO TROQUELES MAS CRITICOS

Troquel	Cantidad
9716T28	28
4815T06	25
4844T09	23
9719T04	21
1739T09	20

Una vez identificado cada troquel critico se procedió analizar en cada uno sus modos de falla, para lo cual se realizó un Pareto, Así:

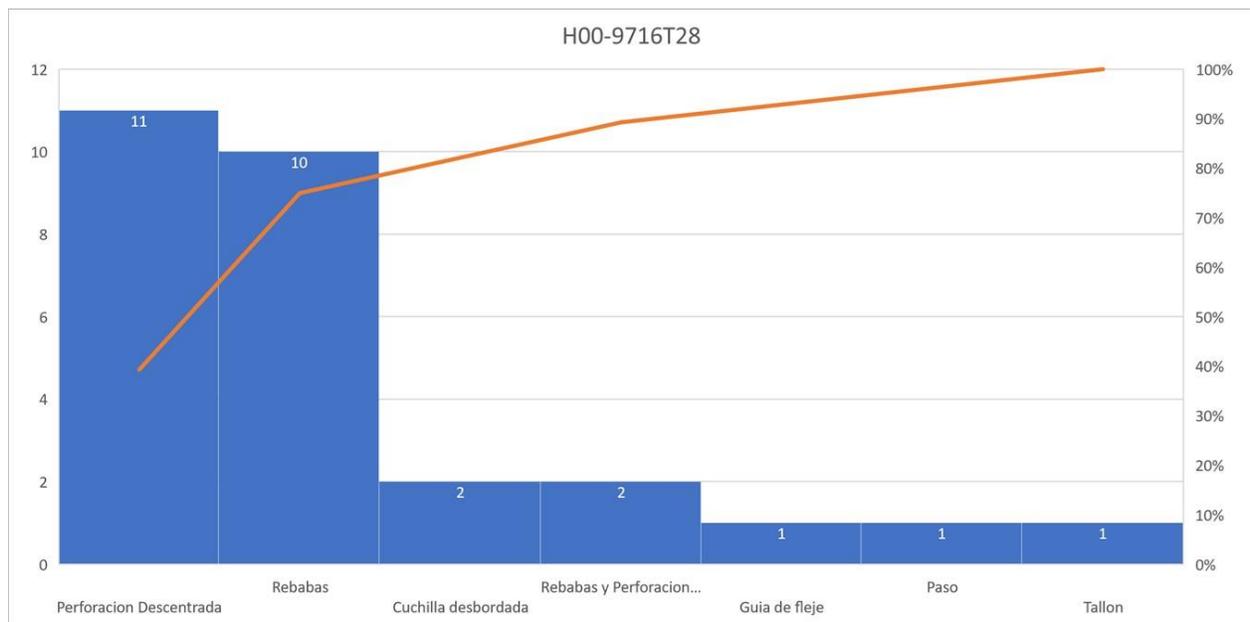


Fig. 2. Gráfico de Pareto de modos de falla troquel 9716T28

Con el troquel más crítico se identificó que las causas más frecuentes de falla eran por perforación descentrada y rebabas, esto llevo a un análisis más exhaustivo para realizar las mejoras de este troquel con acompañamiento de los mecánicos y el equipo de ingeniería. Al cual se le realizo esta mejora el 6 de junio de 2024, donde a la fecha no ha vuelto a presentar problemas y ha producido 7080 unidades conformes.



Fig. 3. Troquel 9716T28



Fig. 4. Pieza resultante Troquel 9716T28

Posteriormente se realizó un análisis adicional donde se investiga el tiempo entre fallas para determinar rutinas de mantenimiento ya que este troquel progresivo se tenía una programación de mantenimiento preventivo cada 20.000 golpes, lo cual casi nunca cumplía ya que fallaba antes de llegar a este ciclo.

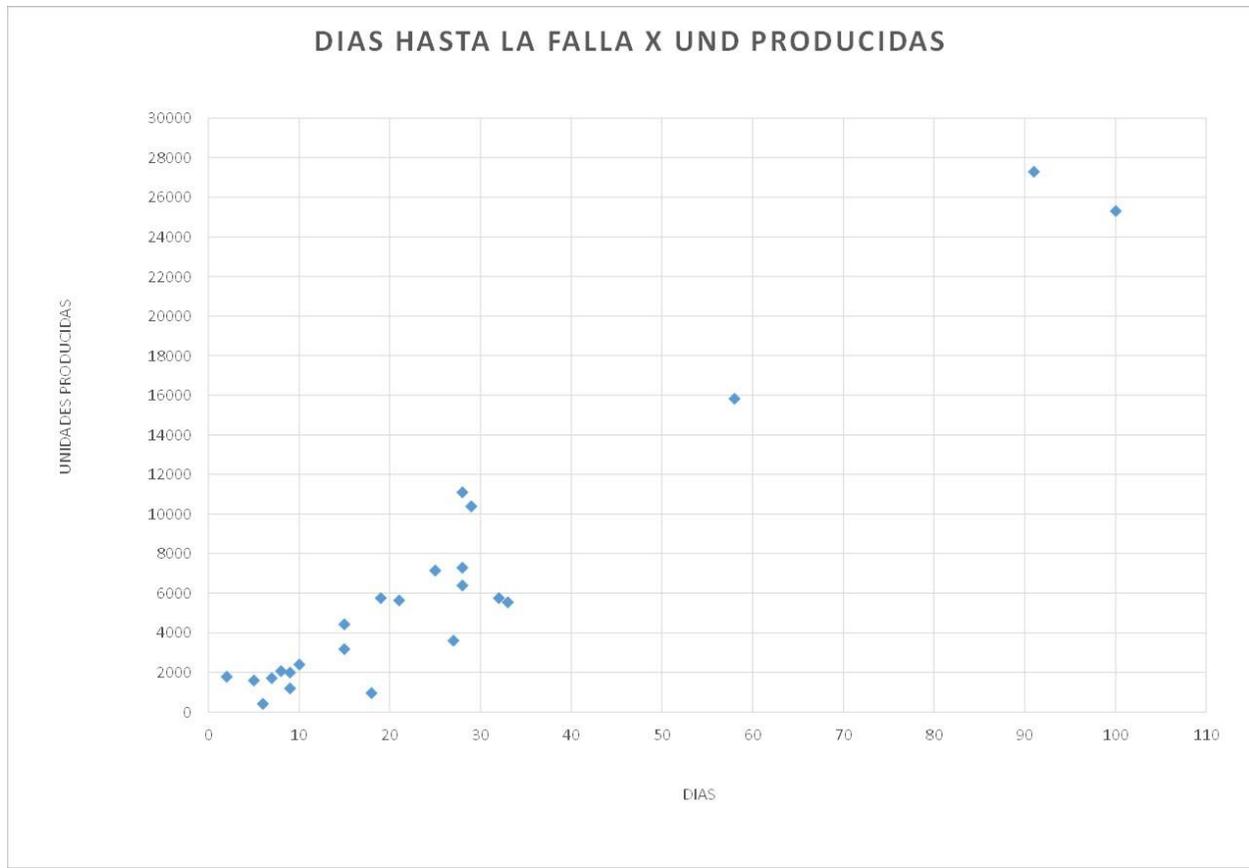


Fig. 5. Gráfico Tiempo entre fallas Troquel 9716T28

En promedio este troquel producía menos de 7000 unidades y fallaba, se espera que con la mejora realizada en el paso del troquel progresivo alcance a cumplir por lo menos 10.000 unidades. Este troquel está programado para mantenimiento preventivo para el 25 de julio de 2024 ya que se espera produzca 2000 unidades antes de entrar al ciclo de 10.000 golpes.

Después de realizar este mantenimiento preventivo se programará el siguiente para los 14.000 golpes, con el fin de buscar el intervalo P-F después de esta mejora y realizar mantenimientos preventivos óptimos. Si supera esta meta se ampliaría el máximo hasta encontrar una rutina de mantenimiento óptima para este troquel que en el 2023 entro 28 veces al taller.

Este mismo análisis se efectuó con los otros 4 troqueles críticos, pero para no volver repetitivo este informe se omite la documentación.

I. Entrevistas y Consultas con el Personal:

Se llevaron a cabo entrevistas y reuniones con el personal de mantenimiento, operarios y otros involucrados para comprender sus experiencias, percepciones y necesidades respecto al mantenimiento de los herramientas. Esto permitió identificar desafíos actuales, áreas de mejora y posibles soluciones.

J. Desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo:

Con base en la información recopilada, se diseñó un plan detallado de mantenimiento preventivo para los herramientas de la empresa. Este plan incluyó la definición de actividades preventivas, frecuencia de ejecución, criterios de priorización, herramientas de programación y seguimiento, así como la asignación de responsabilidades y el uso de checklists para ejecutar mantenimientos preventivos según el tipo de herramienta.

K. Implementación y Pruebas Piloto:

Se realizó la implementación gradual del plan de mantenimiento preventivo, comenzando con pruebas piloto en un conjunto seleccionado de herramientas basado en las gráficas de Pareto. Durante esta etapa, se evaluó la efectividad del plan, se realizaron ajustes según fue necesario y se capacitó al personal en su aplicación.

L. Capacitación y Sensibilización:

Se impartieron sesiones de capacitación al personal técnico y operativo sobre el nuevo plan de mantenimiento preventivo, sus objetivos, procedimientos y beneficios. Además, se llevó a cabo una campaña de sensibilización para promover la importancia del mantenimiento preventivo en la mejora de la eficiencia y la productividad.

M. Seguimiento y Evaluación Continua:

Se establecieron mecanismos de seguimiento y evaluación continua para monitorear la implementación del plan, identificar áreas de mejora y realizar ajustes según fue necesario. Se llevaron a cabo reuniones periódicas de seguimiento y evaluación con el equipo de proyecto y los stakeholders relevantes.

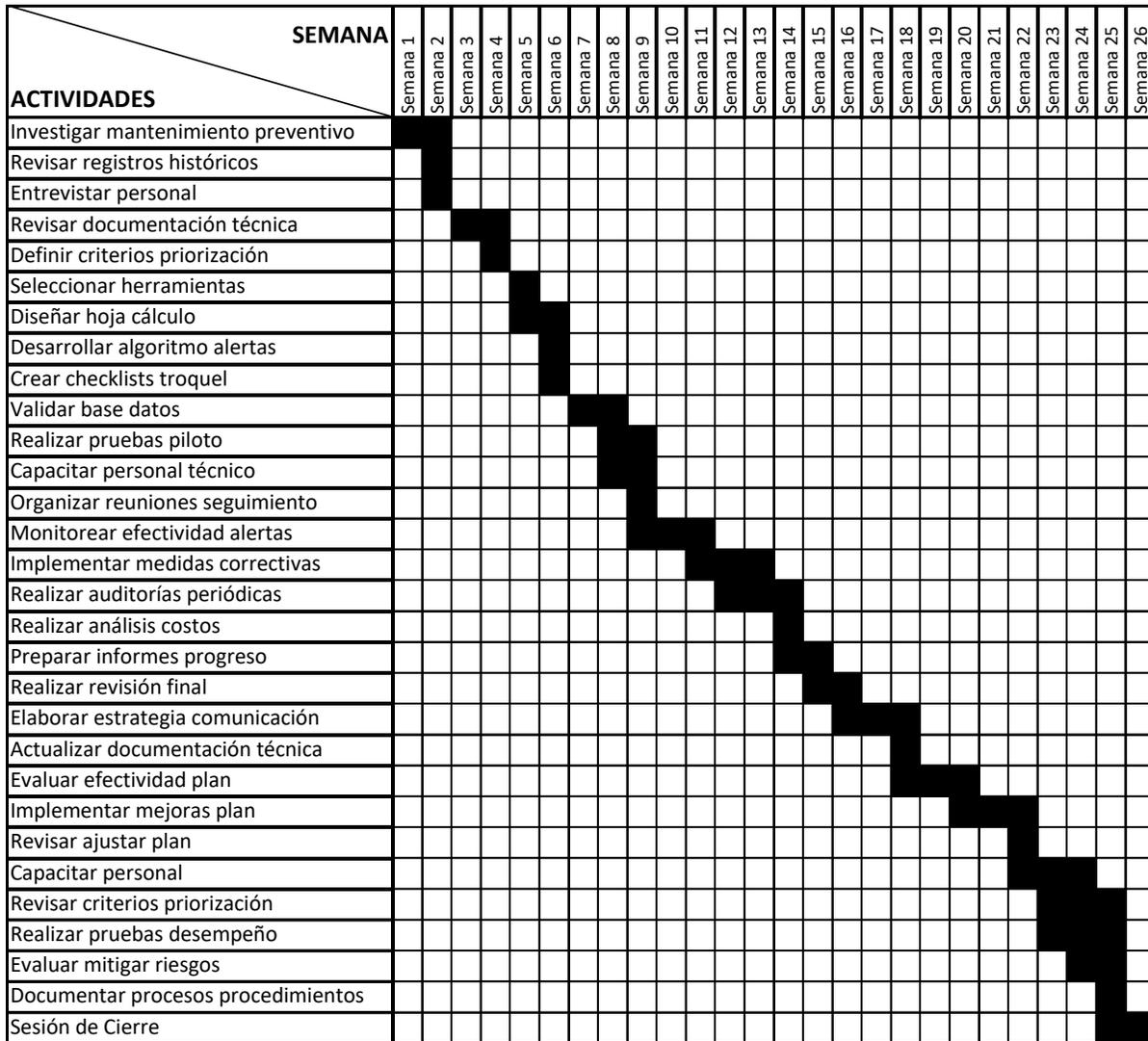


Fig. 6. Cronograma de Actividades – Desarrollo de proyecto

VII. RESULTADOS

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en UMO S.A. generó una serie de resultados positivos que se alinean con los objetivos planteados inicialmente. A continuación, se detallan los principales resultados obtenidos, algunos resultados son cualitativos mientras que otros si se pueden contrastar de manera cuantitativa.

A. Reducción de Tiempos de Inactividad:

La introducción del plan de mantenimiento preventivo permitió una significativa disminución en los tiempos de inactividad no planificados. Al anticiparse a las fallas mediante mantenimientos preventivos programados, se logró reducir la incidencia de paradas imprevistas, aumentando la disponibilidad de los herramientas.



Fig. 7. Mantenimiento Preventivo Troquel embutidor semicoca

B. Aumento de la Productividad:

Gracias a la mayor disponibilidad de los herramientas, la productividad de la planta experimentó un notable incremento. La optimización del tiempo operativo de los troqueles permitió cumplir con los plazos de producción de manera más eficiente y responder mejor a la demanda del

mercado. Logrando tener una estantería organizada sin troqueles en el piso, priorizando por la necesidad de la operación de producción el nivel donde se ubicaría cada troquel, como se muestra a continuación, donde el nivel superior son los troqueles de mayor producción y más demanda, mientras que los de niveles inferiores son troqueles que pueden esperar más tiempo para ser intervenidos.

Incluso gracias a la gestión realizada se llegó a tener la estantería en el módulo superior prácticamente vacía, en esos momentos se aprovechaba para programar la mayor cantidad de preventivos posibles



Fig. 8. Estantería Taller de Manufactura

C. Mejora en la Calidad del Producto:

La reducción de fallos en los herramientas se tradujo en una mejora significativa en la calidad del producto. La consistencia y fiabilidad de la producción aumentaron, reduciendo defectos y retrabajos, y asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad, como la norma IATF 16949.



Fig. 9. Fabricación preventiva de matriz troquel perforador

D. Optimización de Recursos Humanos:

La implementación del plan permitió una mejor gestión del personal técnico. La capacitación en nuevos procedimientos, junto con una programación efectiva de las actividades de mantenimiento, aumentó la eficiencia del equipo de mantenimiento, aprovechando al máximo su experiencia y habilidades. Esto se logró creando un documento compartido amigable y de fácil lectura y uso, los mecánicos solamente deben verificar la prioridad asignada para cada troquel e ir marcando el porcentaje de avance conforme terminan un mantenimiento, con esto se garantiza la disponibilidad de acuerdo a los requerimientos de producción, se les facilita diariamente organizar por prioridad y nombre para una fácil lectura y optimización del recurso, adicional al finalizar el

día si no lograron terminar con la última actividad marcan el porcentaje aproximado que llevan de ese proceso.

Posteriormente ellos cierran el orden de trabajo en SAP creada, indicando lo que se le hizo al troquel en el mantenimiento. Alimentando la base de datos para recopilar los indicadores de mantenimiento y la tasa de servicio.

FECH	TROQ	PROCESO	Prioridad	Tipo	Días	Resp.	PROG	ESTADO
4842	4842T02	CORTAR BLANCO SOPORTE TUBO ENTRADA PC	1	Correctivo	2	Cristian R	100%	OK
9719	9719T03	CORTAR BLANCO DEFLECTOR	2	Correctivo	2	Cristian R	100%	OK
9710	9710T30	CORTAR BLANCO SOPORTE 2-2, 2,1 PC	3	Correctivo	2	Cristian R	100%	OK
		FABRICAR CAMAS PARA NUBO	5	Fabricacion	2	Cristian R	50%	En Proceso
9735	9735T11	TAPA ENTRADA 3.2 PC	6	Preventivo	1	Cristian R	0%	Sin Iniciar
9735	9735T04	ENCONAR 1ER PASO-CUERPO DELANTERO	1	Correctivo	1	Jalder G	100%	OK
4847	4847T05	TAPA SALIDA SILENCIADOR P8.6 PC (Fabricar columna)	2	Correctivo	2	Jalder G	100%	Retrasado
		FABRICACION TROQUELES PERFORADORES	3	Fabricacion	7	Jalder G	0%	Sin Iniciar
4844	4844T01	BAFLE SILENCIADOR P8.4, P7.4 PC	1	Correctivo	1	William B.	100%	OK
9716	9716T27	SOP. TUBO ENTRADA 22 CORTAR Y DOBLAR	2	Correctivo	1	Javier A	100%	OK
9735	9735T16	BOTONES TAPA SALIDA 3.5 PC (VOLVIO)	3	Correctivo	2	Javier A	100%	OK
9735	9735T37	SOPORTE EN TAPA SALIDA 2.25 PC	4	Correctivo	2	Javier A	0%	Sin Iniciar
1179	1179	TUBO INTERIOR ENTRADA (VOLVIO)	5	Correctivo	2	Javier A	0%	Sin Iniciar
1204	1204	TUBOS INTERIORES (pendiente material)	6	Correctivo	2	Javier A	0%	Sin Iniciar
		FABRICACION GAS SPRING	1	Fabricacion	4	Mario G	0%	En Proceso
9735	9735T18	TAPA SALIDA 3.5 PC	2	Preventivo	1	Mario G	0%	Sin Iniciar
9735	9735T27	SEMICOCA INFERIOR 2.2 PC	3	Preventivo	1	Mario G	0%	Sin Iniciar
9715	9715T23	CORTAR DOBLADOR (PROGRESIVO) SOPORTE TUBO INTERMEDIO	1	Mejora	2	Ramón M	100%	Retrasado
9865	9865	TUBO ESPACIADOR BGK3 MATRIZ Y MACHO (falta material)	2	Mejora	2	Ramón M	50%	En Proceso
9735	9735T28	RANURA SEMICOCA INFERIOR 2.2 PC	3	Preventivo	1	Ramón M	0%	Sin Iniciar
9715	9715T32	DOBLAR DOBLE (Ajustar para entrega)	1	Mejora	2	Waldis O	100%	Retrasado
9715	9715T44	PERFORADOR RANURAS (Ajustar para entrega)	2	Mejora	2	Waldis O	0%	Sin Iniciar
9735	9735T37	TUBO INTERIOR PRESILENCIADOR 2.9 PC	3	Preventivo	1	Waldis O	0%	Sin Iniciar

Fig. 10. Programación de Actividades Taller Manufactura – Excel

El documento también cuenta con indicadores de cumplimiento para verificar la tasa de servicio, estos indicadores se van diligenciando a diario, el símbolo amarillo significa los días asignados para completar la actividad, la bandera verde significa que si se trabajó según lo estipulado y el símbolo rojo significa un retraso por alguna eventualidad o por no completar un trabajo anterior que repercutió en el que tiene asignado para después.

Estos indicadores sirven para poder tomar una decisión a tiempo y establecer acciones en caso de que un mecánico este retrasado por cualquier motivo no previsto poder verificar el recurso disponible y apoyarlo para alcanzar la meta. También sirven para el caso contrario donde el mecánico termine las actividades antes del tiempo estipulado por Ingeniería, poder asignar más preventivos y así poco a poco ir mejorando y sentando bases con este proyecto.

E. Cultura de Mejora Continua:

El proyecto fomentó una cultura de mejora continua dentro de la organización. La participación del personal en la implementación y seguimiento del plan de mantenimiento preventivo estableció las bases para una gestión más proactiva y estratégica de los activos a largo plazo.



Fig. 11. Rectificado de macho cortador



Fig. 12. Macho rectificado

Se logro que los mismos mecánicos levantaran la mano cuando tenían alguna eventualidad incluso cuando habían terminado el trabajo antes de tiempo, solicitando prioridades para continuar con mantenimientos, ya que se sienten parte del proceso y entienden que una buena gestión a largo plazo ayuda radicalmente a no tener esa presión cuando llega un troquel urgente esperando a ser reparado en tiempos cortos para poder entregar la producción.

Es por esto que la cultura de mejora continua es un pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto.

F. Incremento en la Capacidad Efectiva del Taller:

La capacidad efectiva del taller aumentó en un 21% gracias a la mejora en la gestión de mantenimiento de herramientas. Esto se logró mediante la programación diaria de actividades, la creación de alertas preventivas y el análisis de datos históricos para identificar y actuar sobre los troqueles más críticos.

TABLA II
COMPARATIVA NÚMERO MANTENIMIENTOS CON GESTIÓN

Mantenimientos Ejecutados con Gestión de Herramientales		Mantenimientos sin Gestión de Herramientales	
mar-24	32	nov-23	39
abr-24	45	dic-23	34
may-24	46	ene-24	32
jun-24	50	feb-24	38
Promedio	43,25		35,75
Incremento		21%	



Fig. 13. Mantenimientos totales con gestión vs sin gestión

Se evidencia un aumento significativo de los mantenimientos ejecutados gracias a la gestión de actividades, de acuerdo con las prioridades, mejorando la capacidad de ejecutar más mantenimientos sin necesidad de aumentar personal.

G. Análisis de Datos y Gráficas de Pareto:

La utilización de gráficas de Pareto permitió identificar los herramientas más críticas y sus causas de falla. Este análisis fue fundamental para priorizar las acciones de mantenimiento y asegurar que los recursos se utilizaran de manera eficiente para maximizar el impacto del plan de mantenimiento preventivo.

También permitió realizar mejoras que no permitían que algunos troqueles superaran cierta cantidad de golpes ya que fallaban antes del tiempo establecido, efectuando mejoras de rediseño y optimizar los tiempos de mantenimiento preventivo.

En resumen, la implementación del plan de mantenimiento preventivo en UMO S.A. no solo logró los objetivos propuestos, sino que también estableció un marco sólido para la mejora continua y la gestión efectiva de los activos de la empresa. Los resultados obtenidos demuestran el impacto positivo de un enfoque sistemático y proactivo en el mantenimiento industrial.

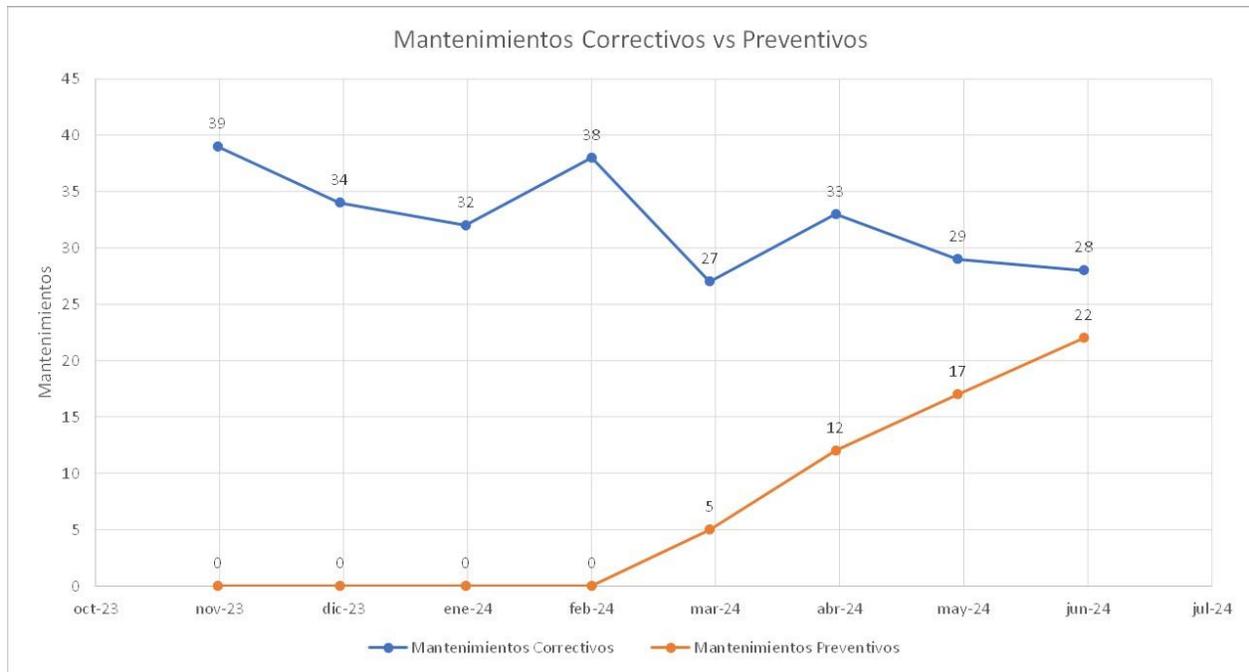


Fig. 14 Mantenimientos Correctivos vs Mantenimientos Preventivos

Por último el resultado más importante es que la implementación de mantenimientos preventivos y el rediseño en la gestión de herramientas empieza a mostrar la tendencia esperada al inicio de este proyecto, que es que aumenten los preventivos y disminuyan los correctivos, formando una X, 6 meses es poco tiempo para efectuar la mejora en la gestión de herramientas que se espera, pero este proyecto sienta bases sólidas para que la empresa continúe con esta implementación y en el corto y mediano plazo.

VIII. DISCUSIÓN

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en UMO S.A. ha revelado varios resultados significativos, lo cual lleva a una interpretación crítica de estos hallazgos. Se analizará la efectividad del plan, se identificará áreas de mejora y se discutirá las implicaciones a largo plazo para la empresa.

A. Reducción de Tiempos de Inactividad

La reducción de tiempos de inactividad no planificados es uno de los resultados más notables de este proyecto. Al anticipar las fallas mediante mantenimientos preventivos programados, se ha logrado disminuir significativamente la incidencia de paradas imprevistas. Este resultado subraya la importancia de un enfoque proactivo en la gestión de mantenimiento, en lugar de uno reactivo. Sin embargo, es fundamental continuar monitoreando los datos para asegurarse de que esta tendencia se mantenga y mejore con el tiempo.

B. Aumento de la Productividad

La mayor disponibilidad de los herramientas ha llevado a un aumento en la productividad de la planta. La organización de la estantería según la prioridad de los troqueles permitió una gestión más eficiente del espacio y del tiempo de operación. Sin embargo, para maximizar este beneficio, es necesario continuar optimizando la programación y priorización de los mantenimientos, y considerar la integración de tecnologías avanzadas como el mantenimiento predictivo, que puede ofrecer aún mayores ventajas.

C. Mejora en la Calidad del Producto

La mejora en la calidad del producto como resultado de la reducción de fallos en los herramientas es un avance significativo. Este resultado no solo demuestra el éxito del plan de mantenimiento preventivo, sino que también resalta la interdependencia entre mantenimiento y

calidad. Para consolidar este logro, es esencial mantener un enfoque riguroso en la capacitación continua del personal y en la actualización de los procedimientos de mantenimiento.

D. Optimización de Recursos Humanos

La mejor gestión del personal técnico, a través de la capacitación en nuevos procedimientos y la utilización de herramientas de programación efectivas, ha aumentado la eficiencia del equipo de mantenimiento. La implementación de un documento compartido de fácil lectura y uso ha facilitado la organización y priorización de las actividades. No obstante, es crucial seguir mejorando estos sistemas y adaptándolos según las necesidades cambiantes del equipo y de la producción, una mejora de este proyecto sería la implementación en SAP, y no mediante una hoja de cálculo de Excel.

E. Cultura de Mejora Continua

El fomento de una cultura de mejora continua dentro de la organización es quizás uno de los logros más importantes y duraderos del proyecto. La participación activa del personal en la implementación y seguimiento del plan de mantenimiento preventivo ha establecido las bases para una gestión más proactiva y estratégica. Este enfoque debe ser sostenido y fortalecido mediante programas de formación y motivación constantes, asegurando que todos los empleados comprendan y valoren su papel en la mejora continua.

F. Incremento en la Capacidad Efectiva del Taller

El incremento del 21% en la capacidad efectiva del taller destaca el impacto positivo de una gestión de mantenimiento bien estructurada. Este aumento ha sido posible gracias a la programación diaria de actividades, la creación de alertas preventivas y el análisis de datos históricos. Para mantener y posiblemente aumentar esta capacidad, es esencial seguir refinando los procesos y considerar la inversión en nuevas tecnologías y herramientas que puedan mejorar aún más la eficiencia operativa.

G. Análisis de Datos y Gráficas de Pareto

La utilización de gráficas de Pareto para identificar los herramientas más críticos y sus causas de falla ha sido fundamental para la priorización efectiva de las acciones de mantenimiento. Este análisis ha permitido mejoras de rediseño y optimización de los tiempos de mantenimiento preventivo. Continuar utilizando herramientas analíticas avanzadas será crucial para mantener y mejorar este nivel de comprensión y eficiencia en la gestión de mantenimiento.

En conjunto, los resultados obtenidos a partir de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en UMO S.A. han demostrado ser altamente beneficiosos, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. La mejora en la eficiencia operativa, la calidad del producto, y la gestión de recursos humanos, junto con la promoción de una cultura de mejora continua, son logros que no solo cumplen con los objetivos iniciales, sino que también proporcionan un marco sólido para el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo.

Es importante reconocer que, aunque los resultados iniciales son prometedores, la verdadera medida del éxito se verá a largo plazo. La empresa debe mantener su compromiso con la implementación continua de mejoras y la adaptación a nuevas tecnologías y metodologías. Solo así podrá asegurarse de que los beneficios obtenidos se sostengan y amplíen en el futuro.

La experiencia obtenida en este proyecto ofrece valiosas lecciones para otros esfuerzos de mantenimiento preventivo y gestión de activos en la industria. Al compartir estos aprendizajes y continuar innovando, UMO S.A. puede posicionarse como un líder en prácticas de mantenimiento industrial eficiente y proactivo.

IX. CONCLUSIONES

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en UMO S.A. ha demostrado ser una iniciativa efectiva para mejorar la gestión de herramientas. El proyecto ha cumplido sus objetivos, logrando una notable reducción de los tiempos de inactividad no planificados y aumentando significativamente la disponibilidad de los troqueles. La anticipación a las fallas mediante mantenimientos preventivos programados ha sido clave para reducir las paradas imprevistas, lo que ha incrementado la eficiencia operativa de la planta.

La productividad también experimentó un aumento considerable. La optimización del tiempo operativo de los troqueles permitió cumplir con los plazos de producción de manera más eficiente, reflejándose en una mayor capacidad de respuesta a la demanda del mercado. Además, la mejora en la calidad del producto fue evidente, ya que la reducción de fallos en los herramientas se tradujo en una menor cantidad de defectos y retrabajos, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.

La gestión del personal técnico también se benefició del nuevo plan. La capacitación en nuevos procedimientos y una programación efectiva de las actividades de mantenimiento aumentaron la eficiencia del equipo de mantenimiento, maximizando el aprovechamiento de su experiencia y habilidades. La creación de un documento compartido y amigable facilitó la organización de las tareas diarias, optimizando el uso del recurso humano disponible.

El proyecto también promovió una cultura de mejora continua dentro de la organización. La participación activa del personal en la implementación y seguimiento del plan estableció las bases para una gestión más proactiva y estratégica de los activos a largo plazo. La capacidad efectiva del taller aumentó en un 21%, reflejando la eficacia de la programación diaria de actividades y la creación de alertas preventivas.

El uso de gráficas de Pareto permitió identificar los herramientas más críticos y sus causas de falla, facilitando la priorización de las acciones de mantenimiento y asegurando el uso eficiente de los recursos. Las mejoras realizadas en los troqueles que fallaban antes de lo esperado contribuyeron a optimizar los tiempos de mantenimiento preventivo.

En resumen, la implementación del plan de mantenimiento preventivo no solo alcanzó los objetivos propuestos, sino que también estableció un marco sólido para la mejora continua y la gestión efectiva de los activos de UMO S.A. Los resultados obtenidos demuestran el impacto positivo de un enfoque sistemático y proactivo en el mantenimiento industrial, sentando bases sólidas para que la empresa continúe con esta implementación y logre mejoras sostenibles a largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] D.-H. Dinh, P. Do y B. Iung, “Maintenance optimisation for multicomponent system with structural dependence: Application to machine tool sub-system”, *CIRP Ann.*, vol. 69, n.º 1, pp. 417–420, 2020, <https://doi.org/m843>
- [2] ESIC Business & Marketing School. “Teoría de las restricciones (TOC): Qué es y ejemplos para identificar obstáculos”. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3YbTZFb>
- [3] G. R. Dos Santos, T. K. L. R. Da Silva y A. J. Da Silva, “Optimization of preventive maintenance in production lines: An approach based on reliability statistics”, *Contrib. Cienc. Soc.*, vol. 17, n.º 2, 2024, <https://doi.org/m844>
- [4] J. M. Gross, *Fundamentals of Preventive Maintenance*. Praeger/Greenwood, 2002.
- [5] M. Effiong Ekpenyong y N. Sunday Udoh, “Intelligent optimal preventive replacement maintenance policy for nonrepairable systems”, *Comput. & Ind. Eng.*, 2024. <https://doi.org/m845>
- [6] M. Fujishima, M. Mori, K. Nishimura, M. Takayama y Y. Kato, “Development of sensing interface for preventive maintenance of machine tools”, *Procedia CIRP*, vol. 61, pp. 796–799, 2017, <https://doi.org/gj2q>
- [7] International Automotive Task Force, [IATF], *IATF 16949, Norma del sistema de gestión de la calidad automotriz*, 2016.
- [8] P. Mallioris, E. Aivazidou y D. Bechtsis, “Predictive maintenance in Industry 4.0: A systematic multi-sector mapping”, *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 50, pp. 80–103, 2024, <https://doi.org/m846>
- [9] S. Fore y A. Msipha, “Preventive maintenance using reliability centred maintenance (rcm): A case study of a ferrochrome manufacturing company”, *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 21, n.º 1, 2010, <https://doi.org/grxh8m>

ANEXOS

Anexo A. Checklist de mantenimientos preventivos

	<h3>LISTA DE CHEQUEO</h3>	Elaboró: Equipo DPS	Cod. formato:
		Revisó: Orlando Ramirez	
		Fecha de elaborac: 14/03/2024	Página: 1 / 1

MANTENIMIENTO DE TROQUELES

PREVENTIVO CORTADOR EMBUTIDOR DOBLADOR

NÚMERO DE ORDEN _____
FECHA: _____

SUBSISTEMA	ITEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N/A
GENERAL		Abrir troquel y verificar última pieza producida			
		Verificar Macho y Matriz contra última pieza producida			
TROQUEL CORTADOR	1	Revisión del estado del filo de hembra y macho, despieces, golpes y grietas			
	2	Afilar, reparar, fabricar o rectificar (según sea necesario) y limpiar			
	3	Reemplazar hembra y/o macho dañado (sólo si es necesario)			
TROQUEL EMBUTIDOR	4	Verificar agujas de embuticion; cambiar (sólo si es necesario)			
	5	Verificar agujas del pisador; cambiar (sólo si es necesario)			
	6	Revisar el acabado de hembra y macho; suavizar imperfecciones (sólo si es necesario)			
	7	Verificar radios de embuticion			
TROQUEL DOBLADOR	8	Revisar el acabado de hembra y macho; suavizar imperfecciones (sólo si es necesario)			
	9	Verificar radios de doblez			
	10	Reparacion de radios (sólo si es necesario)			
TORNILLERIA	11	Revisión del estado de los tornillos			
	12	Reemplazo de los tornillos (sólo si es necesario)			
	13	Verificación (registros) y apriete de tornillería (sólo si es necesario)			
	14	Reparacion de roscas (sólo si es necesario)			
PLACAS, COLUMNAS, BUJES GUIA, BOTADORES	15	Verificar con calibrador/micrometro ajustes de bujes y columnas			
	16	Cambio de bujes o columnas dañados y/o desgastados (sólo si es necesario)			
	17	Calentar y enderezar placas sup e inf (sólo si es necesario)			
	18	Enderezar y Reparar placa porta punzones (solo si es necesario)			
	19	Verificar placa pisadora y rectificar (sólo si es necesario)			
	20	Rectificar placas guía (sólo si es necesario)			
	21	Cambiar Botador y realizar procedimiento de pegado (sólo si es necesario)			
GENERAL	22	Verificar última pieza troquelada			
	23	Verificar resortes y cambiar (sólo si es necesario)			
	24	Verificar Poros, golpes y daños			
	25	Aplicar Soldadura, ajustar y pulir zona			
	26	Lubricar las partes móviles que lo requieran			

OBSERVACIONES

EJECUTÓ: _____ DURACIÓN: _____
 VoBo MANUFACTURA: _____
 VoBo COORD./SUPERVISOR: _____

REVISIÓN	FECHA	MODIFICACIÓN	APROBÓ
0	2024-03-14	EMISIÓN	CRISTIAN ARENAS