



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación del TPM para mejorar la eficiencia general de equipos
de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Lima 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Gallardo Mendoza, Juan Carlos (orcid.org/0000-0001-9386-290X)

Lindo Mendoza, Alex Manuel (orcid.org/0000-0002-2975-8101)

ASESOR:

Mgr. Paz Campaña, Augusto Edward (orcid.org/0000-0001-9751-1365)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios padre por darnos la dicha de la vida y guiar nuestro camino en este proceso para no rendirnos y salir adelante con dedicación y perseverancia. A nuestros padres por el constante apoyo emocional y arduo aliento de seguir a pesar de las adversidades. A nuestros hijos que fueron la mayor motivación para no rendirnos y ser un ejemplo para ello

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecemos a Dios quien nos guio y nos dio fuerzas para perseverar, a nuestros padres y hermanos, que han sido un sustento económico y moral en el proceso de la elaboración de este proyecto.

A nuestro docente asesor por la convicción y la dedicación académica que puso en nosotros para concluir este trabajo, a todos ellos gracias, porque se obtuvo los resultados propuestos, los amamos y estaremos eternamente agradecidos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación	11
3.2 Variables y operacionalización	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	14
Población	14
Muestra.....	16
Muestreo.....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5 Procedimientos	18
3.6 Métodos de análisis de datos	71
3.7 Aspectos éticos.....	71
IV. RESULTADOS.....	73
4.1 Análisis Descriptivo.....	73
4.2 Prueba de hipótesis	81
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
VI. CONCLUSIONES	94
VII. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS	96
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Producción de la empresa meses agosto a noviembre 2022</i>	20
Tabla 2. <i>Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.</i>	24
Tabla 3. <i>Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040</i>	25
Tabla 4. <i>Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020</i>	26
Tabla 5. <i>Indicadores de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.</i>	27
Tabla 6. <i>Indicadores de disponibilidad de los equipos del área de producción</i>	29
Tabla 7. <i>Indicadores de rendimiento del área de producción</i>	30
Tabla 8. <i>Indicadores de calidad del área de producción</i>	30
Tabla 9. <i>Indicadores de OEE antes de la implementación</i>	31
Tabla 10. <i>Programación de las actividades de mantenimiento autónomo</i>	36
Tabla 11. <i>Programación de las actividades de mejoras enfocadas</i>	38
Tabla 12. <i>Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.</i>	43
Tabla 13. <i>Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040</i>	44
Tabla 14. <i>Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020</i>	45
Tabla 15. <i>Programación de Mantenimiento para el Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.</i>	46
Tabla 16. <i>Procedimiento Estándar para Máquinas CNC</i>	47
Tabla 17. <i>Programación de la formación al personal en mantenimiento</i>	54
Tabla 18. <i>Programación del Mantenimiento de Seguridad y Salud</i>	55
Tabla 19. <i>Programación del Mantenimiento de Seguridad y Salud</i>	57
Tabla 20. <i>Programación de la Mejora en los procesos administrativos</i>	59
Tabla 21. <i>Programación del seguimiento y control de las actividades TPM</i>	60
Tabla 22. <i>Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.</i>	61
Tabla 23. <i>Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040</i>	62
Tabla 24. <i>Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020</i>	63
Tabla 25. <i>Indicadores post test de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.</i>	64
Tabla 26. <i>Indicadores de disponibilidad de los equipos del área de producción (post test).</i>	65
Tabla 27. <i>Indicadores post test de rendimiento del área de producción</i>	66
Tabla 28. <i>Indicadores de calidad del área de producción</i>	67
Tabla 29. <i>Indicadores de OEE antes de la implementación</i>	67

Tabla 30. <i>Inversión de la propuesta</i>	69
Tabla 31. <i>Proyección del flujo de caja</i>	70
Tabla 32. <i>Prueba de normalidad de los instrumentos de recolección de datos</i> ...	81
Tabla 33. <i>Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la OEE.</i>	82
Tabla 34. <i>Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la eficiencia de equipos</i>	82
Tabla 35. <i>Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la disponibilidad</i>	84
Tabla 36. <i>Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la disponibilidad de equipos</i>	84
Tabla 37. <i>Resultados estadísticos descriptivos de las medias del rendimiento</i>	86
Tabla 38. <i>Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para el rendimiento de la producción</i>	86
Tabla 39. <i>Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la calidad</i>	88
Tabla 40. <i>Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la calidad de producción</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Representación del nivel de investigación</i>	11
Figura 2. <i>Estructura organizacional</i>	21
Figura 3. <i>Mapa de procesos de la empresa</i>	23
Figura 4. <i>Modelo conceptual de implementación de TPM</i>	32
Figura 5. <i>Cronograma de implementación del modelo TPM</i>	33
Figura 6. <i>Modelo aplicado para mantenimiento autónomo</i>	35
Figura 7. <i>Formato para actividad de lubricación</i>	40
Figura 8. <i>Formato para inspección de equipos</i>	41
Figura 9. <i>Formato para intervención sobre equipos</i>	42
Figura 10. <i>Actividades de lubricación</i>	50
Figura 11. <i>Actividades de mantenimiento y limpieza</i>	51
Figura 12. <i>Actividades de mantenimiento y limpieza</i>	52
Figura 13. <i>Actividades de mantenimiento y limpieza</i>	53
Figura 14. <i>Formación al personal en mantenimiento</i>	55
Figura 15. <i>Revisión del programa de Mantenimiento de Seguridad y Salud</i>	58
Figura 16. <i>Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V</i>	73
Figura 17. <i>Variaciones en los indicadores de mantenimiento Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040</i>	74
Figura 18. <i>Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020</i>	75
Figura 19. <i>Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.</i>	76
Figura 20. <i>Variaciones en el índice de disponibilidad de los equipos del área de producción</i>	77
Figura 21. <i>Variaciones en el índice de rendimiento de los equipos del área de producción</i>	78
Figura 22. <i>Variaciones en el índice de calidad de los equipos del área de producción</i>	79
Figura 23. <i>Variaciones en el índice de OEE del área de producción</i>	80

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C. Este estudio académico contó con un enfoque cuantitativo y de nivel explicativo, se estructura sobre una sólida base de análisis cuantitativos, utilizando datos objetivos recogidos mediante fichas de registro, y se enfoca en explicar la correlación y causalidad entre la implementación del TPM y la mejora operativa. La población estuvo conformada los equipos utilizados en el área de producción de la empresa (n=14) y la muestra por los equipos automatizados (n=4). Los hallazgos revelan incrementos significativos en diversas métricas clave post-implementación del TPM: Eficiencia General de los Equipos mejorada en un 35.59%, disponibilidad de equipos incrementada en un 12.05%, un alza en el rendimiento del 13%, y una mejora de la calidad de un 1.20%. se concluyó que implementación del TPM en la empresa ha propiciado un notable incremento en la eficiencia general de los equipos, elevando los indicadores de OEE en un 35.59%. A través de un análisis estadístico riguroso, el estudio proporciona una comprensión detallada de cómo las prácticas específicas de TPM se traducen en mejoras operativas y de calidad.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo total, mejoras, desempeño,

ABSTRACT

The general objective of the research was to determine how the implementation of the TPM increases the overall efficiency of the equipment in the company Industrial and Mining Solution, S.A.C. This academic study had a quantitative and explanatory level approach, is structured on a solid basis of quantitative analyses, using objective data collected through registration sheets, and focuses on explaining the correlation and causality between the implementation of the TPM and operational improvement. The population consisted of the equipment used in the company's production area (n=14) and the sample consisted of automated equipment (n=4). The findings reveal significant increases in several key post-TPM implementation metrics: Overall Equipment Efficiency improved by 35.59%, equipment availability increased by 12.05%, performance increased by 13%, and quality improved by 1.20%. It was concluded that the implementation of the TPM in the company has led to a notable increase in the overall efficiency of the equipment, raising the OEE indicators by 35.59%. Through rigorous statistical analysis, the study provides a detailed understanding of how specific TPM practices translate into operational and quality improvements.

Keywords: Total Productive Maintenance, improvements, performance,

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito en el que actualmente se desarrollan las operaciones empresariales, el alto nivel de competencia actual y un aumento significativo de las solicitudes de las clientes relacionadas con el acceso a información relevante sobre productos y servicios. Argueta (2020), cada vez es más difícil satisfacer la demanda, lograr los resultados del proceso de producción y ganar cuota de mercado, aspectos con los que las organizaciones pueden alcanzar sus metas financieras Quiroz, Carrasco y Aznaran (2021). Como factor adicional, las organizaciones continúan mostrando interés en utilizar estrategias para incrementar la productividad y reducir los costos operativos, aspecto importante a la hora de competir con organizaciones más rentables en términos de capital humano o calidad laboral Linz, Pérez y Caiado (2021).

A nivel internacional, la situación en torno a los estudios sobre la eficiencia de los equipos general (OEE) industriales a nivel internacional es amplia y diversa. La productividad es un tema de gran importancia en el ámbito empresarial y económico, ya que se relaciona directamente con la productividad, el mantenimiento y el rendimiento de las organizaciones. En este sentido, se han realizado numerosos estudios y análisis para comprender y mejorar la eficiencia de equipos en diferentes sectores y países. Estas investigaciones se centraron en identificar los factores que influyen en su productividad, evaluar las mejores prácticas y analizar las tendencias y desafíos actuales en este ámbito Ribeiro y otros (2019). Algunos de los temas que se abordaron en los estudios sobre la OEE a nivel internacional incluyen la tecnología y la innovación, la gestión de recursos humanos, la calidad y eficiencia de los procesos y la inversión en capital humano.

En América Latina, el artículo de Lucena, Aznar y Romero (2020) encontró relación entre el logro de altos niveles de OEE y la cultura de mejora continua, ya que, si una organización no promueve una cultura de mejora constante, es probable que no se realicen los esfuerzos necesarios para aumentar la eficiencia de los equipos y optimizar los procesos de producción. De igual manera, Novais, Maqueira y Moyano (2020) hallaron que un mantenimiento deficiente puede afectar negativamente el rendimiento de los equipos y reducir el OEE. La falta de un plan de mantenimiento preventivo, problemas en la programación de mantenimiento y

falta de capacitación del personal pueden ser barreras para alcanzar altos niveles de OEE.

A nivel nacional, en un estudio de Mau y otros (2019) sobre las prácticas de mantenimiento de las empresas peruanas llegaron a la conclusión de que el mantenimiento se considera como una de las últimas opciones que las empresas generalmente consideran para lograr rentabilidad y competitividad. Las críticas a las fallas persistentes en los activos por parte de las empresas incluyen efectos adversos en los indicadores técnicos y los resultados económicos, medidos en el rendimiento empresarial Pardos y otros (2021).

A nivel local, una observación inicial en las actividades productivas de la empresa objeto de estudio reveló que la empresa no alcanzó las metas en el logro de la OEE por lo que se efectuó un análisis de causas mediante un proceso de lista de verificación u observación (Anexo 8) se prepara un diagrama de Ishikawa para agrupar las causas según su naturaleza (Anexo 9); y el diagrama de Pareto para evaluar la reiteración de los problemas (Anexo 10) en el que se halló que las causas principales que afectan la OEE son: el incumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (27.3%); incumplimiento de rutinas de inspección (26%) y carencia de métodos estandarizados en el área de producción (25.3%). Se analizaron las causas de reclamos por parte de los clientes con un diagrama de estratificación (Anexo 11) y se evaluaron las alternativas de solución para determinar que el TPM era la metodología adecuada (Anexo 12).

Los factores identificados también tuvieron un impacto negativo en el desempeño financiero de la empresa y en la imagen frente a sus clientes. Una vez realizado el diagnóstico inicial, se propuso un programa de mantenimiento productivo total para acrecentar la capacidad de respuesta de la empresa, el conocimiento de los empleados y la capacidad de toma de decisiones. Para orientar los resultados del estudio, se formuló el siguiente problema general: ¿Cómo la implementación del TPM incrementará la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.? y como problemas específicos: (a) ¿Cómo la implementación del TPM incrementará la disponibilidad de los equipos en la empresa? (b) ¿Cómo la implementación del TPM incrementará el rendimiento en la empresa? y (c) ¿Cómo la implementación del TPM incrementará la calidad de producción en la empresa?

De esta manera, el estudio se justificó desde el punto de vista práctico, en virtud de que en la empresa estudiada la gerencia tiene que destacar la creación de flujos de valor y la disminución de desperdicios. Desde la perspectiva académica, se propuso la revisión de diferentes estudios previos relacionados con el uso de TPM en el sector industrial para conocer y adoptar las mejores prácticas. Desde el punto de vista metodológico, los resultados del estudio pueden ser aplicables no solo a la empresa, sino también a otras organizaciones similares en la industria industrial y minera. Esto permite que los hallazgos se generalicen y se utilicen como referencia para otras empresas interesadas en implementar TPM, así como el cierre de brechas de conocimiento, la aplicabilidad y generalización de los resultados, así como la necesidad de mejorar continuamente y tomar decisiones informadas. Desde la perspectiva económica, la implementación del TPM puede resultar en un aumento de la productividad y eficiencia, lo que a su vez fortalece la competitividad de la empresa en el mercado.

Como objetivo general se propuso: determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C. Como objetivos específicos: (a) determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C. (b) determinar cómo la implementación del TPM acrecienta el rendimiento en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C. y (c) determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la calidad en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.

La hipótesis general de la investigación fue las siguiente: La implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Como hipótesis específicas se propusieron: (a) La implementación del TPM acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa; (b) La implementación del TPM acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa y (c) la implementación del TPM incrementa la calidad de la producción en la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes internacionales consultados, Tortorella y otros (2021) desarrollaron un artículo con el objetivo de aplicar una herramienta de mantenimiento productivo total a una empresa industrial brasileña. Sus resultados revelan que TPM se basa en el mantenimiento preventivo (PM) y emplea muchas actividades de mantenimiento enfocadas en la eliminación efectiva de pérdidas. Se analizaron y eliminaron los principales problemas del equipo del fuselaje. A través del análisis de los manuales de mantenimiento y el conocimiento interno, se desarrollaron procedimientos de mantenimiento automatizado (AM) y planes de mantenimiento preventivo para ejecutar de acuerdo con cronogramas definidos. Los autores concluyeron que los resultados son claramente positivos, gracias al mantenimiento correctivo y preventivo. La tasa de fallas de los tornos CNC disminuyó en un 23 % y la tasa de fallas de los centros de mecanizado CNC disminuyó en un 38 %, lo que resultó en un aumento significativo en la utilización de la máquina y un aumento del 5 % en la OEE.

Según Bashar, Akhtar y Jahangir (2021) realizaron un artículo para explorar las relaciones entre la gestión total de producción y mantenimiento (TPM), la gestión de recursos humanos (PEM) y el desempeño organizacional en la industria de la confección de Bangladesh. El estudio también explora los efectos directos y mediados de TPM en el desempeño organizacional. Los hallazgos brindan evidencia significativa de que la gestión del talento (a través de TPM) tiene un impacto directo e indirecto en el desempeño organizacional. Los resultados del análisis también indican que TPM tiene un impacto directo e intermedio en el rendimiento. Los autores concluyen que, a largo plazo, el uso de métricas como la eficiencia general del equipo (OEE) puede llevar a un redimensionamiento de las políticas internas de mantenimiento. Los índices propuestos están relacionados con la fiabilidad, el diagnóstico y el pronóstico de la actuación del TPM.

Xiang y Feng (2021) desarrollaron un con el objetivo de establecer un prototipo simple de mantenimiento productivo (TPM) acondicionado para pequeñas y medianas empresas (PYMES). Por diseño, este método usa menos dinero y recursos. El modelo soporta la implementación de TPM en tres fases, a saber, planificar, mejorar y mantener. En su conclusión, los autores explicaron que el caso de estudio muestra una mejora significativa en la productividad del equipo. En su

conclusión, mostraron que el proceso de planificación organiza la implementación de TPM y combina los diferentes niveles de planificación en el programa, desde la planificación, implementación y mantenimiento de las prácticas.

En la investigación de Díaz, García y Martínez (2019) elaboran un artículo para determinar el impacto del actual modelo de productividad total en el sector industrial. En total, se desarrollaron ocho modelos complejos, incluyendo nueve variables asociadas a los componentes críticos de la evaluación del desempeño total (TPM) y tres variables latentes relacionadas con el valor obtenido. De igual manera, se reportan indicadores para cada modelo final, donde las variables observadas se expresan como parte de cada variable latente, ya que la mayoría de las variables no se considera que aumenten la confianza. Los autores concluyeron que la capacitación de los empleados, la implementación de medidas preventivas y el mantenimiento del mantenimiento de acuerdo con el nivel de confiabilidad son los principales aspectos para el éxito del plan de gestión y la productividad, la mejora en los equipos en general.

Ribeiro y Otros (2019) elaboraron un artículo para evaluar los métodos utilizados por las empresas de fabricación a nivel mundial para lograr los objetivos de productividad y comprendieron las técnicas y estrategias de mantenimiento inteligente incorporadas en estos métodos. Este estudio muestra que la eficiencia y la elección de la estrategia de mantenimiento están estrechamente relacionadas con el tamaño del fabricante; hubo una amplia variación en la adopción de métodos de mantenimiento avanzados, así como tecnologías de diagnóstico y alarma entre las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Con respecto a los antecedentes nacionales, Canahua (2021) desarrolló un artículo con el propósito de mostrar la viabilidad de realizar TPM-Lean Manufacturing en las PYMES industriales, debido al aumento del crecimiento de la demanda, que no se aprecia en este campo. Se utiliza debido a sus valores bajos de eficiencia general del equipo (OEE). En sus resultados muestra que el TPM constituye un medio de agregar valor a las organizaciones, significa la participación humana en el evento y tiene como objetivo aumentar la eficiencia, con aspectos favorables de competitividad y productividad, con lo que se logró reducir residuos 0,13%; se redujeron los accidentes causados por productos no conformes y la tasa

de reprocesamiento de productos no conformes durante la producción se redujo en un 0,48%, lo que supuso un gran ahorro para la empresa.

Del mismo modo, Pardo y otros (2021) elaboró un artículo destinado a recomendar una mejor disponibilidad de equipos para las empresas que emplean técnicas TPM. Como resultado, los autores explican que los principales obstáculos para la implementación de TPM son: Desarrollo de planes y estrategias, implementación de TPM en plazos no especificados, falta de conocimiento y comprensión de los TPM. Los autores argumentan que las mejoras propuestas aplicando la metodología TPM y las herramientas desarrolladas establecen principalmente una cultura de limpieza, orden y cumplimiento de estándares a través de 5S, mantenimiento automatizado realizado y mejorado Tiene como objetivo implementar mantenimiento programado y concluye que registró un incremento de 5.54% en disponibilidad de maquinarias.

En su estudio, Fernández (2020) elaboró una tesis con el objetivo de desarrollar una propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento basada en TPM para una empresa de impresión de documentos. Los resultados muestran que se ha desarrollado un plan que incluye herramientas 5S, gestión de visualización y mantenimiento avanzado, en línea con el plan de capacitación para potenciar las habilidades del talento, aumentando así los indicadores de mantenimiento y disponibilidad. El autor concluyó que la implementación integrada de prácticas Lean, es decir, compromiso del cliente, procesos estadísticos, procesos comerciales y TPM conduce a mejoras en el desempeño general de la empresa medido a través de medidas de desempeño operativo, financiero y de mercado, por lo que es importante llevar cada una de estas métricas de rendimiento por separado.

En su estudio, Ayala y Santiesteban (2019) elaboraron una tesis para implementar el TPM para mejorar la productividad de las empresas manufactureras del sector metalmecánico. Como resultado, se demostró que las actividades de mantenimiento convencional, al igual que las iniciativas basadas en TPM, tienen un impacto significativo en la eficiencia operativa del sitio de producción, pero no se encontró diferencia en cuanto al liderazgo y organización de las actividades de mantenimiento. El compromiso de la dirección es fundamental desde el principio para definir la planificación y la continuidad del programa. Sin embargo, la

combinación de iniciativas tradicionales y TPM puede impulsar la generación de compromiso, la asignación adecuada de recursos, la implementación y la mejora para tener un impacto positivo en las métricas de rendimiento.

Según Mau y Otros (2019) realizaron un artículo con el objetivo de proponer un modelo integral de gestión de mantenimiento basado en los principios de TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas en una empresa manufacturera peruana. Gracias a las pruebas piloto se pudo implementar el modelo propuesto. Esto ha reducido la frecuencia de fallas de las máquinas y los tiempos de reparación, lo que ha aumentado la disponibilidad y la eficiencia general de los equipos. En sus hallazgos, los autores mostraron que el compromiso de la gerencia, la disponibilidad de recursos y la implementación estratégica son aspectos importantes para abordar los problemas de mantenimiento organizacional.

Para la primera variable, TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un enfoque de gestión que busca incrementar la eficiencia y la productividad de los equipos y procesos en una organización; se enfoca en el mantenimiento preventivo, la mejora continua, la participación de los empleados y la eliminación de pérdidas para lograr un alto rendimiento operativo Pardos y otros (2021). El objetivo de TPM es mejorar la productividad general al maximizar la disponibilidad del dispositivo. La planificación cuidadosa y el mantenimiento regular mantienen el equipo en muy buen estado Franchi y otros (2021).

TPM es un concepto revolucionario en la fabricación que ha evolucionado desde el mantenimiento preventivo hasta la adopción de métodos de mantenimiento efectivos, mantenimiento preventivo e ingeniería de confiabilidad Borges, Tortella y Martínez (2020). TPM continúa desarrollando la idea de mantenimiento y mantenimiento preventivo al involucrar a todos los departamentos y personas dentro de la organización Fetterman y otros (2020). Con una mentalidad de toda la organización centrada en ser responsable de las máquinas y los equipos, es posible aumentar el rendimiento general incluso con una cantidad limitada de recursos. de acuerdo con Meca, Camello (2020). Este método de trabajo consta de ocho componentes comúnmente denominados los ocho pilares de TPM:

El primero es el mantenimiento autónomo, donde el mantenimiento y servicio del equipo debe comenzar con las personas que lo utilizan. Cuando se forma a los

operadores para realizar actividades sencillas de mantenimiento de manera eficiente, los equipos de mantenimiento pueden concentrarse en tareas más especializadas Prasad y otros (2020). Continúa con el segundo pilar, Mejora Continua, también conocida por el término japonés Kaizen, la mejora continua promueve una actitud progresiva hacia cero desperdicios y cero defectos. A través de pequeños pero continuos ajustes de proceso, se mejora la eficacia y eficiencia general de la organización Chandra, Nurjanah y Rimawan (2019).

Por otro lado, el tercer pilar, actividades de mantenimiento planificadas son esenciales para prevenir fallas en los equipos. El mantenimiento planificado se logra mediante la evaluación periódica del estado del equipo para prevenir de forma proactiva el deterioro y las fallas mecánicas Suthursan y Kaple (2019). El cuarto pilar es el Mantenimiento de la Calidad, lo que indica que para garantizar la satisfacción del cliente, los procesos de fabricación tienen como objetivo producir una producción libre de errores. Se debe contar con altos estándares de calidad y asegurarse de que se cumplan los estándares. El objetivo del mantenimiento de la calidad es identificar las posibles causas de las desviaciones de la producción sin defectos.

El quinto pilar es la formación al personal. Cuando se trata de capacitación, la idea de TPM es que todos hagan su parte para contribuir a la productividad general del proceso de producción. Lograr un desempeño óptimo y desarrollar las habilidades de cada integrante requiere una capacitación adecuada para dotar a todos de conocimientos teóricos y prácticos en el manejo de maquinaria y equipos Meca y Camello (2020).

El sexto pilar es la gestión administrativa TPM. Esto se debe a que un rol clave que a menudo se pasa por alto es el de los departamentos administrativos que operan fuera de las operaciones Thakur y Panghal (2021).

El séptimo es gestión de equipos: como cualquier equipo o proceso de producción, la gestión y las operaciones están sujetas a ganancias de productividad. Esto incluye identificar y eliminar pérdidas y contribuir al rendimiento general de la planta Sutharsan y Kaple (2019).

Finalmente, Seguridad, Salud y Medio Ambiente: El último de los ocho pilares se enfoca en construir lugares de trabajo seguros. La esencia de este pilar se realiza cuando se aplica activamente a cada uno de los otros pilares. El éxito de

este pilar contribuye a un lugar de trabajo seguro y protegido Meca y Camello (2020).

Para la evaluación del mantenimiento productivo total, los autores investigados recomiendan el curso de las siguientes dimensiones: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad: la disponibilidad es la probabilidad de que el sistema esté operativo y preparado para usar. También se puede describir como el tiempo que se espera que funcione un activo. Para calcular la disponibilidad, se compara la cantidad de tiempo que un activo estuvo disponible y el tiempo que debería haber estado funcionando Kumar y otros (2020).

Mantenibilidad: a veces llamada capacidad de servicio, que es la facilidad con la que se puede reparar o mantener un sistema. La alta capacidad de mantenimiento sugiere un tiempo bajo para reparar. El tiempo de reparación incluye la evacuación, el diagnóstico, el montaje de los recursos, la reparación en sí, la inspección y el regreso al servicio Sutharsan y Kaple (2019).

Confiabilidad: La confiabilidad es la probabilidad de que un sistema obtenga la salida correcta, que no lo mismo que estar a disposición. Por lo general, un aumento en la confiabilidad significa una mayor disponibilidad. Mejorar la confiabilidad significa evitar fallas o mal funcionamiento con planes personalizados.

La disponibilidad define la frecuencia de fallas y determina los patrones de tiempo de actividad. La capacidad de mantenimiento describe qué tan pronto se puede reparar la unidad o el sistema, lo que determina los patrones de tiempo de inactividad. La disponibilidad es el porcentaje de tiempo de actividad durante el horizonte temporal y está determinada por la confiabilidad y la mantenibilidad Pinto y otros (2020).

La segunda variable es la Efectividad General del Equipo (OEE). Este es una palabra utilizada para medir la eficiencia con la que se utilizan las operaciones de un fabricante Irfan y otros (2020). En resumen, OEE lo ayuda a identificar problemas operativos, determinar qué porcentaje del tiempo de producción es realmente productivo y solucionarlos, todo mientras proporciona métricas estandarizadas Canahua (2021). El objetivo de la medición de OEE es la mejora continua

La OEE es una métrica clave para medir el desempeño de la empresa. OEE ofrece información relevante en un solo índice, por lo que hay varias formas de medir la productividad utilizando OEE Sing, Khamba y Singh (2021). Calculado e interpretado correctamente, el resultado se puede maximizar en gran medida. El desempeño en global del equipo se utiliza como muestra para comparar un producto en particular con los estándares de la industria, equipos internos u otros equipos que trabajan en el mismo equipo. Un estudio de la eficacia general del dispositivo incluye tres aspectos específicos: disponibilidad, rendimiento y calidad Uddin, Sakaline y Aziz (2021).

Disponibilidad: La disponibilidad OEE es la relación entre la fecha de entrega y el tiempo de producción esperado. Considera la pérdida de disponibilidad, incluido cualquier evento que detenga la producción planificada durante un período de tiempo significativo. El tiempo de conversión se incluye en el análisis OEE ya que es el tiempo disponible para la producción Uddin, Sakaline y Aziz (2021).

Rendimiento: el rendimiento de OEE tiene en cuenta la pérdida de rendimiento. Representa factores que ralentizan la producción desde la velocidad máxima posible durante el funcionamiento. El desgaste mecánico, la mala calidad del material, los problemas de alimentación del papel y los atascos de papel son ejemplos de causas de bajo rendimiento. El tiempo restante después de deducir la degradación del rendimiento se denomina tiempo de ejecución neto Uddin, y otros (2021).

Calidad: La calidad considera la pérdida de calidad, que representa la falla de las piezas fabricadas para cumplir con los estándares de calidad Uddin y otros (2021). Cuando se trata de mantenimiento, la falla o el daño del equipo pueden generar problemas de calidad en el producto final. Ejemplos de lo que reduce la calidad son los desechos y las piezas que necesitan volver a trabajar.

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Enfoque de Investigación

El enfoque utilizado para determinar la influencia de la implementación del TPM sobre la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C., correspondió a una investigación cuantitativa, que es un enfoque metodológico que utiliza datos numéricos y estadísticas para analizar y comprender fenómenos. Bloomfield y Fisher (2019).

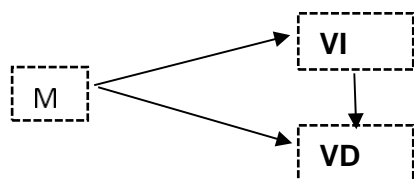
Tipo de Investigación

Por otra parte, el tipo de investigación fue aplicada, debido a su enfoque práctico y orientado a la resolución de problemas concretos en un contexto real Sheu y Chang (2022). En el caso del estudio sobre la implementación del TPM en una empresa metalmeccánica, el objetivo fue investigar cómo la adopción de esta metodología puede mejorar la eficiencia y la productividad.

Diseño de Investigación

Correspondió a una investigación pre experimental, ya que se busca evaluar los efectos de una intervención o tratamiento en un grupo Hernández, Fernández y Baptista (2018). El enfoque se centró en recolectar datos antes y después de la implementación del TPM para analizar los cambios y mejoras. Además, la investigación fue de nivel explicativo, porque busca encontrar relaciones de causa y efecto, expresadas de forma estadística entre una variable autónoma y una variable no autónoma Sheard (2018); en este caso, la implementación de TPM sobre la OEE. El corte de la investigación fue de tipo transversal, en vista de que la medición se realizó en un solo momento en el tiempo Taguchi (2018).

Figura 1. Representación del nivel de investigación.



Nota: a partir de información de Hernández, Fernández y Baptista (2018).

Donde

M = Muestra

VI = TPM

VD = OEE

➔ = Mantenimiento productivo total y su influencia en la OEE.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: mantenimiento productivo total (TPM)

Definición conceptual: Es un enfoque de gestión que busca maximizar la eficiencia y la productividad de los equipos y procesos en una organización; se enfoca en el mantenimiento preventivo, la mejora continua, la participación de los empleados y la eliminación de pérdidas para lograr un alto rendimiento operativo Pardo y otros (2021)

Definición operacional: evaluación de los niveles de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad en el área de producción de la organización antes y después de la implementación de estrategias de TPM.

Dimensiones:

Mantenibilidad: se refiere a la facilidad con la que un sistema o equipo puede ser mantenido con el objetivo de diagnosticar, identificar y corregir defectos o fallas, y realizar actividades de mantenimiento preventivo. Un índice importante para medir la mantenibilidad es el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR), que es el tiempo promedio que toma reparar una falla y restaurar el equipo a su funcionamiento normal.

Confiabilidad: es la probabilidad de que un sistema o componente realice la función para la cual fue diseñado, sin fallar, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones operativas establecidas. El Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF) es una métrica comúnmente utilizada para medir la confiabilidad, representando el tiempo promedio que transcurre entre fallas de un sistema.

Disponibilidad: se refiere a la habilidad de un sistema o componente para estar en un estado operacional y realizar su función requerida en cualquier punto del tiempo o durante un periodo de tiempo establecido. La disponibilidad se ve afectada tanto por la confiabilidad como por la mantenibilidad del sistema y es crucial para garantizar que los equipos y sistemas estén listos para operar cuando se necesiten.

Indicador: Indicador de disponibilidad, que es el resultado de la división del índice de confiabilidad entre la sumatoria del índice de confiabilidad y de mantenibilidad. Escala cuantitativa de razón.

Variable dependiente: eficiencia general de equipos (OEE)

Definición conceptual. Es una métrica utilizada para evaluar y medir el rendimiento de los equipos de producción en una organización. Se calcula como el producto de tres componentes principales: disponibilidad, rendimiento y calidad Irfan y otros (2020).

Definición operacional. Medición del cumplimiento de disponibilidad, rendimiento y calidad antes y después de la de la implementación de estrategias de TPM, para obtener una visión integral del rendimiento del equipo y permite identificar oportunidades de mejora para maximizar la eficiencia y productividad.

Dimensiones:

Disponibilidad: mide el tiempo de operación actual del equipo en comparación con el tiempo de operación planificado. Permite identificar y cuantificar las pérdidas por paradas no planificadas, tales como averías de equipos, cambios de herramienta o ajustes, representando la proporción de tiempo en que la maquinaria está disponible y operativa con respecto al tiempo total planificado.

Indicador: Indicador de disponibilidad, que es la división entre el Tiempo de ejecución y Tiempo de producción planificado. Escala cuantitativa de razón.

Rendimiento: evalúa cuán bien el equipo realiza su operación en comparación con su capacidad teórica máxima cuando está operando. Ayuda a identificar las pérdidas de rendimiento y a comprender si los equipos están operando a su máxima capacidad, o si hay factores, como obstrucciones o velocidades subóptimas, que limitan el rendimiento.

Indicador: Indicador de rendimiento, que es la división entre las unidades producidas y las unidades planificadas. Escala cuantitativa de razón.

Calidad: mide la proporción de productos fabricados correctamente (sin defectos) en relación con la cantidad total de productos producidos. Identifica las pérdidas asociadas a la producción de unidades defectuosas, considerando las unidades que necesitan ser retrabajadas o desechadas, enfocándose en garantizar que la producción sea de la calidad deseada.

Indicador: Indicador de calidad, que es la división entre el total de unidades aceptadas y el Total unidades elaboradas. Escala cuantitativa de razón.

3.3 Población, muestra y muestreo.

La elección de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. como unidad de estudio es coherente ya que el objetivo principal es analizar y mejorar las prácticas dentro de esta organización en particular. Esto permite una inmersión profunda en las dinámicas, procesos y desafíos específicos que enfrenta la empresa, ofreciendo soluciones y recomendaciones adaptadas a su contexto único. Por otro lado, al seleccionar el departamento de producción como unidad de análisis, se está poniendo el foco en el corazón operativo de la empresa, donde se llevan a cabo las principales actividades que generan valor y producto final. El departamento de producción es, por lo general, donde se materializan los esfuerzos de optimización y donde se pueden observar de forma más directa los impactos de las intervenciones, como la implementación del TPM. Analizar este departamento en particular ofrece una perspectiva detallada sobre cómo las prácticas y estrategias adoptadas influyen la eficiencia, calidad y rentabilidad de la producción en la empresa

Población

Por tanto, la población es el grupo completo de elementos que comparten características o atributos específicos y que son objeto de estudio. Representa a todos los individuos, objetos, eventos o fenómenos que cumplen con los criterios de inclusión establecidos Hernández, Fernández y Baptista (2018). Para la presente investigación la población estuvo constituida por las maquinarias y equipos utilizados en el proceso productivo de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. ubicada en la ciudad de Lima, las cuales fueron sometidas a un proceso de observación durante ocho semanas anteriores y posteriores a la implementación de TPM:

- a) Mandrino (1)
- b) Tornos paralelos (7)
- c) Fresadora (1)
- d) Taladro fresador (1)

- e) Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V
- f) Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040
- g) Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020
- h) Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X

Criterio de Inclusión:

- a) Grado de Automatización: Se priorizaron las máquinas que tuvieran un mayor nivel de automatización y precisión, como las CNC (Control Numérico Computarizado), ya que representan la vanguardia tecnológica en la empresa y son esenciales para la producción.
- b) Complejidad de Operación: Se seleccionaron máquinas con operaciones complejas y multifuncionales, dado que estas suelen ser más susceptibles a fallos si no se mantienen adecuadamente.
- c) Frecuencia de Uso: Se incluyeron en la muestra aquellas máquinas que tienen un alto nivel de utilización en los procesos productivos, implicando un mayor desgaste y necesidad de mantenimiento.
- d) Antigüedad del Equipo: Se optó por máquinas más modernas o recientemente adquiridas, considerando que son las que pueden proporcionar una visión más actualizada de las prácticas de mantenimiento.

Criterio de Exclusión:

- a) Grado de Automatización: Se priorizaron las máquinas que tuvieran un mayor nivel de automatización y precisión, como las CNC (Control Numérico Computarizado), ya que representan la vanguardia tecnológica en la empresa y son esenciales para la producción.
- b) Complejidad de Operación: Se seleccionaron máquinas con operaciones complejas y multifuncionales, dado que estas suelen ser más susceptibles a fallos si no se mantienen adecuadamente.
- c) Frecuencia de Uso: Se incluyeron en la muestra aquellas máquinas que tienen un alto nivel de utilización en los procesos productivos, implicando un mayor desgaste y necesidad de mantenimiento.

- d) Antigüedad del Equipo: Se optó por máquinas más modernas o recientemente adquiridas, considerando que son las que pueden proporcionar una visión más actualizada de las prácticas de mantenimiento

Muestra

En el contexto de una observación al área de producción para medir la OEE antes y después de la implementación de TPM, la muestra se refiere al grupo de unidades de producción o eventos que se seleccionan para ser observados y medidos con el fin de obtener información representativa sobre el desempeño general del proceso Hernandez y otros (2018). La muestra se eligió de manera estratégica para capturar la variabilidad y características clave del área de producción. Por ello, se seleccionó como muestra los cuatro equipos que conforman el área de producción de la empresa, en dos periodos de observación: pretest de ocho semanas y post test de ocho semanas después de la implementación:

- i) Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V
- j) Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040
- k) Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020
- l) Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X

Muestreo

El muestreo, por otro lado, se refiere al proceso de selección y recolección de la muestra. Implica determinar la cantidad de unidades o eventos que se deben observar, así como el método y la técnica de selección utilizados. El objetivo del muestreo es obtener una muestra representativa que refleje de manera precisa el desempeño general del área de producción. El tipo de muestreo aplicado se denomina muestreo por juicio, ya que se basa en la experiencia y el juicio del investigador para seleccionar elementos que representen la población de interés Hernández, Fernández y Baptista (2018). Este tipo de muestreo se utiliza cuando se requiere conocimiento especializado para seleccionar los elementos más relevantes.

La elección de una muestra intencional se justifica en este caso por la búsqueda de resultados más significativos y representativos para la empresa. Al

priorizar máquinas con un mayor nivel de automatización y precisión, como las CNC, se está poniendo el foco en equipos que, por su naturaleza tecnológicamente avanzada, desempeñan un papel crucial en la productividad y calidad de la producción. Estas máquinas suelen tener un mayor costo de adquisición y mantenimiento, por lo que optimizar su funcionamiento a través de la implementación del TPM tiene un impacto directo en la rentabilidad y eficiencia operativa de la empresa. Además, al centrarse en la "vanguardia tecnológica", los hallazgos del estudio pueden proporcionar hallazgos valiosos sobre cómo las prácticas de mantenimiento más actuales pueden influir en la eficiencia de las máquinas más modernas, lo cual es de gran relevancia para la toma de decisiones estratégicas en la organización

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La técnica seleccionada para la recolección de datos en el estudio fue la observación. De acuerdo con Hernandez, Fernández y Baptista (2018) dicha técnica es un método de investigación utilizado para recopilar datos respecto al comportamiento de una operación, mediante el uso de documentos registros fotografías y el control visual.

En alineación con la técnica seleccionada el instrumento correspondiente fue la ficha de registro, en la que se midieron los resultados de las variables relacionadas con TPM - Índice de confiabilidad (MTBF), Índice de mantenibilidad (MTTR) e Índice de disponibilidad, así como los indicadores de eficiencia general de equipos (disponibilidad, rendimiento y calidad). De acuerdo con Hernandez y otros (2014) dicha técnica es un método de investigación utilizado para recopilar datos respecto al comportamiento de una operación, actividad o proceso, que luego puede ser sometida a tratamiento estadístico para obtener conclusiones. Allen (2017).

Validez.

Es la recopilación y análisis de datos, cuya precisión es medible por un instrumento Hernandez y otros (2018). Se realizó mediante juicio de expertos,

quienes evaluarán el instrumento de acuerdo con la construcción de las variables, dimensiones e ítems, en alineación con los objetivos del estudio.

La validación por juicio de expertos es un método ampliamente reconocido y utilizado en la investigación para garantizar la validez de los instrumentos, como las fichas de registro. Al emplear este enfoque, se busca la opinión y el conocimiento de individuos con amplia experiencia y especialización en el área relevante para el estudio. Estos expertos evalúan el contenido, la estructura, la relevancia y la claridad del instrumento, asegurando que esté bien diseñado y sea adecuado para su propósito. Al someter el instrumento al escrutinio de expertos, se minimizan los sesgos, se eliminan ambigüedades y se garantiza que el instrumento mida de manera precisa lo que pretende medir. Además, esta validación aporta credibilidad y confianza en los resultados obtenidos a través del uso del instrumento, ya que ha pasado por un proceso riguroso de evaluación por parte de profesionales con profundo conocimiento.

Confiabilidad.

En el estudio en cuestión, se optó por la utilización de fichas de registro en lugar de cuestionarios como instrumento de recolección de datos, lo que anuló la necesidad de realizar una prueba de fiabilidad del instrumento de recolección. Las fichas de registro, a diferencia de los cuestionarios, tienden a recolectar datos directos y objetivos, como pueden ser cifras o hechos observables y verificables, los cuales no están sujetos a la interpretación o percepción del consultado, y, por lo tanto, no son susceptibles a la variabilidad y subjetividad que caracterizan a las respuestas de los cuestionarios Hernandez y otros (2018). La integridad de los datos obtenidos mediante fichas de registro se asegura principalmente a través de la precisión en la observación y el registro, y no está influenciada por las variaciones inherentes en las respuestas humanas a las preguntas de un cuestionario.

3.5 Procedimientos

Primera etapa: Recolección de datos.

En las actividades productivas de la empresa se identificó inicialmente que no se estaban alcanzando las metas establecidas en el logro de la Eficiencia Global

del Equipo (OEE, por sus siglas en inglés). Para comprender las causas de esta situación, se llevó a cabo un análisis utilizando una lista de verificación u observación (Anexo 2). Con el fin de agrupar y visualizar las causas identificadas, se utilizó un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto (ver Anexo 3). Este diagrama permitió clasificar las causas según su naturaleza, ayudando a identificar las principales áreas de mejora. Además, se empleó un diagrama de Pareto (ver Anexo 4) para determinar la frecuencia con la que se presentaban los problemas y focalizar los esfuerzos en las causas más significativas. Tras el análisis, se identificaron las siguientes causas principales que afectaban la OEE: el incumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (27.3%), el incumplimiento de rutinas de inspección (26%) y la ausencia de métodos estandarizados en el área de producción (25.3%). Estas causas se consideraron como los principales desafíos a abordar para mejorar la eficiencia operativa.

Segunda etapa: Procesamiento.

Se comenzó a deducir las bases teóricas de las variables de la investigación para la operacionalización (Anexo 1), así como también, fijar las fichas de registro como instrumentos, junto con indicadores de medición, además, determinar los métodos a manejar para la recopilación de datos, las dimensiones de la metodología TPM y sus pilares, de la misma manera se realizó la medición de las dimensiones de la variable OEE: (a) disponibilidad; (b) mantenibilidad y (c) calidad.

Situación actual de la empresa:

a. Datos generales de la empresa:

- **Razón Social:** INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION S.A.C
- **RUC:** 20555331721
- **Departamento:** Lima
- **Distrito:** Los Olivos
- **Dirección:** Jr. Jorge Anson 1966. Urb El Trebol. - Los Olivos
- **Fecha de funcionamiento:** Activo desde el año 2013.

b. Descripción de la empresa

INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION S.A.C. es una compañía peruana que originó sus operaciones en el distrito de Los Olivos en los años 2013. Va a cumplir 10 años de actividad en el rubro de metalmecánica proporcionando soluciones en diseño, selección, fabricación, reparación integral y parcial de equipos, maquinaria para la industria minera y en general

c. Volumen de la empresa

Los volúmenes proporcionados por la empresa con relación a la cantidad de repuestos de maquinarias mineras según los requerimientos de las empresas mineras comprendidos entre agosto y noviembre del 2022. La empresa fabrica y comercializa dos piezas metalmecánicas: impulsor metálico 4x3 y discos succión 6x4. En la tabla 1 se observa que la mayor demanda son las mineras del Norte por mayor desgaste en sus componentes a la alta extracción de minerales (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Producción de la empresa meses agosto a noviembre 2022.

Clientes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Totales
Mineras del sur	25	30	23	28	106
Mineras del norte	40	45	43	49	177
Mineras del este	19	18	21	18	76
Totales	84	93	87	95	359

Fuente: datos suministrados por la Gerencia General

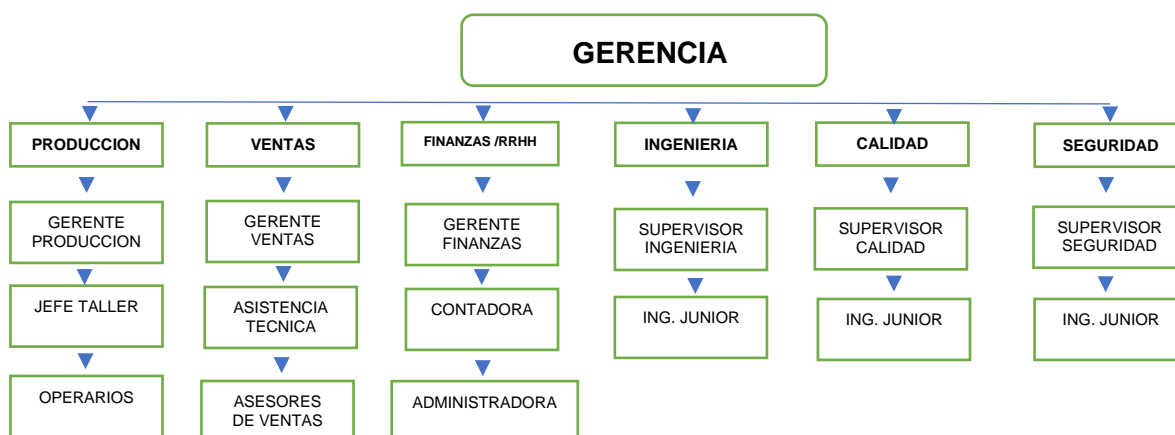
d. Clientes de la empresa

En el punto anterior, se visualiza por temas de información confidencial se agruparon las mineras para asegurar la confiabilidad de la información ofrecida por la empresa.

e. Organigrama de la empresa

La empresa Industrial and Mining Solution., dispone de un organigrama elaborado por la ingeniera industrial de planta. La cual se optó por dividir en seis departamentos, Producción, Ventas, Finanzas, Ingeniería, Calidad y Seguridad (ver Figura 2).

Figura 2. Estructura organizacional.



Fuente: Realizado por el estudiante.

f. Aspectos estratégicos

En este punto la empresa no precisa con los aspectos estratégicos solicitados. Es por ello, que se elaboró una propuesta para cada aspecto requerido. Se resalta, que lo presentado a continuación fue la alternativa elegida por la empresa en referencia a todas las alternativas presentadas.

Misión propuesta

IMS SAC es una empresa especializada en soluciones en general brindando un servicio de calidad buscando satisfacer con eficiencia las necesidades y expectativas de nuestros clientes con nuestros productos, buscando el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.

Visión propuesta

En cinco años nuestro objetivo es ser reconocida como una de las mejores empresas con fortalezas económicas y financieras brindando soluciones integrales. También buscamos abrir una sucursal en Centroamérica con dos departamentos (Asistencia Técnica y Logística) para dar una mejor atención a los clientes.

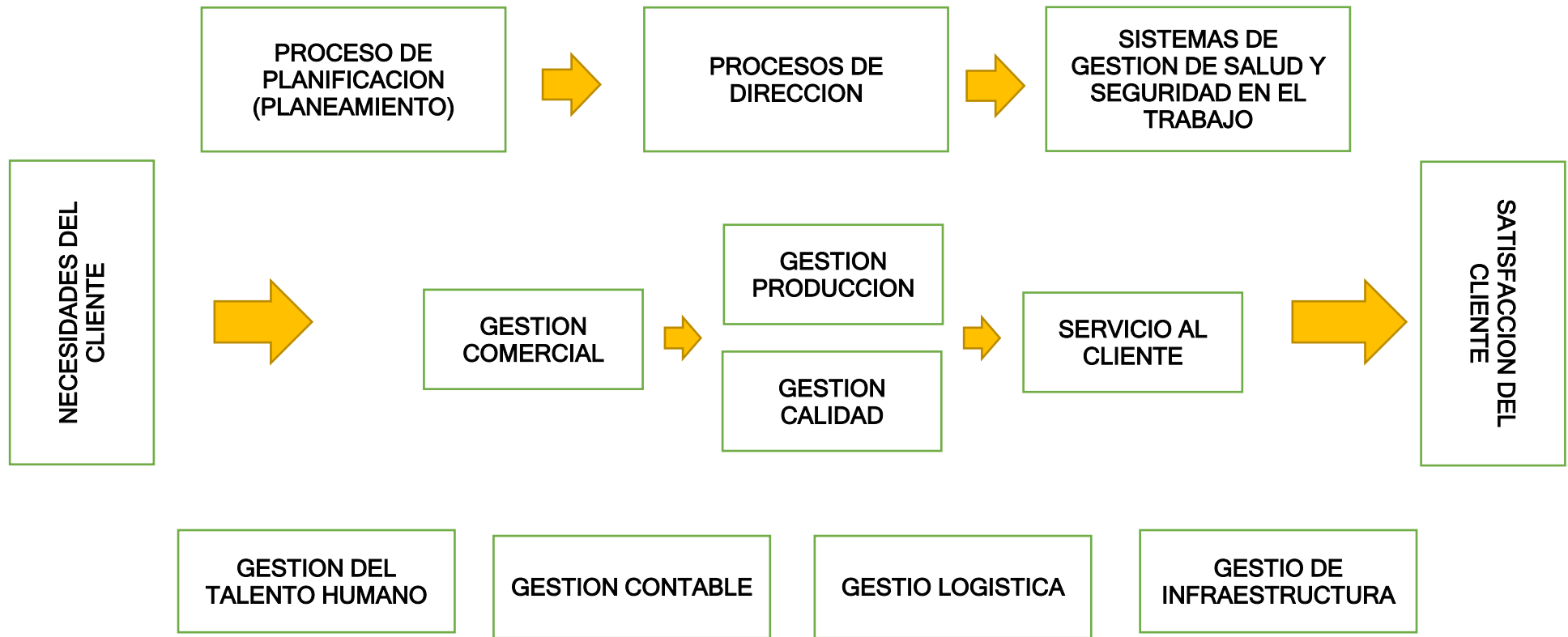
Valores propuestos

- Innovación: Presto para mejorar el tiempo de producción de los productos, reduciendo costos y cero horas hombres desperdiciadas.
- Trabajo en equipo: Generar confianza en cada uno de los colaboradores y disponibilidad de colaborar siempre aportando lo mejor de sí para llegar a una meta común. Lo principal es la confianza de los colaboradores y siempre tener disponibilidad aportando lo mejor de sí.
- Servicio al Cliente: Al cliente se le propone una mejora continua y por eso nos enfocamos en mejorar nuestra calidad de servicio.
- Ética: Ser transparente y justos con los colaboradores, proveedores, clientes y toda la comunidad que rodea a la empresa.
- Compromiso: Sentirse orgulloso de trabajar en esta empresa y aporte de cada trabajador para mejorar cada día.

g. Mapa de procesos

En la Figura 3 se presenta la representación visual que muestra de manera gráfica las etapas y las interacciones de los procesos clave de una organización, brindando una visión general de cómo se llevan a cabo las actividades para lograr los objetivos establecidos:

Figura 3. Mapa de procesos de la empresa.



Fuente: Realizado por el estudiante

h. Resultados del pretest

En relación con la primera variable, en la Tabla 2 se presentan los resultados de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V:

Tabla 2. *Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.*

Base de datos año 2022						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	1.00	11.00	31.00	11.00	0.7381
2	62	2.00	17.00	20.67	8.50	0.7086
3	62	1.00	21.00	31.00	21.00	0.5962
4	62	2.00	18.00	20.67	9.00	0.6966
5	62	1.00	16.00	31.00	16.00	0.6596
6	62	1.00	14.00	31.00	14.00	0.6889
7	62	2.00	18.00	20.67	9.00	0.6966
8	62	2.00	21.00	20.67	10.50	0.6631
Totales	496	12.00	136.0	38.15	11.33	0.7710

Fuente: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones.

Descripción	Resultado
Moda	0.6966
Mediana	0.6928
Mayor valor	0.7381
Menor valor	0.5962
Promedio	0.6810
Varianza	0.0018

Los resultados de la Tabla 2 muestran en el equipo 12 fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 136 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla en 38.15 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 11.33 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 77.1%. Las principales causas de fallas de este equipo son las siguientes:

- a) Desgaste de conectores de bronce para lubricación.

- b) Descalibración de eje "X".
- c) Falla de tarjeta del drive x.
- d) Descalibración del magazine porta herramientas.
- e) Recalentamiento del servomotor del eje "Y".

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040:

Tabla 3. *Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040.*

Base de datos año 2022						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	-	-	62.00	-	1.0000
2	62	2	20.0	20.67	10.00	0.6739
3	62	1	12.0	31.00	12.00	0.7209
4	62	1	14.0	31.00	14.00	0.6889
5	62	2	19.0	20.67	9.50	0.6851
6	62	-	-	62.00	-	1.0000
7	62	1	12.0	31.00	12.00	0.7209
8	62	1	9.0	31.00	9.00	0.7750
Totales	496	8	86.0	55.11	10.75	0.8368

Fuente: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones.

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.7209
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.6739
Promedio	0.7831
Varianza	0.0189

Los resultados de la Tabla 3 muestran en el equipo ocho fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 86 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla en 55.11 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 10.75 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 83.7%. Las principales causas de fallas de este equipo son las siguientes:

- a) Avería del pistón neumático que da movimiento al magazine.
- b) Falla de manifold de lubricación.
- c) Desgaste de la cadena transportadora de cable del eje "Y".
- d) Falla de Timer Temporizador de 4 tiempos para regular.
- e) Desgaste de turcrite.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020:

Tabla 4. *Indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020.*

Base de datos año 2022						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	2	14.5	20.67	7.25	0.7403
2	62	3	21.0	15.50	7.00	0.6889
3	62	-	-	62.00	-	1.0000
4	62	1	13.0	31.00	13.00	0.7045
5	62	2	20.0	20.67	10.00	0.6739
6	62	1	9.0	31.00	9.00	0.7750
7	62	2	19.0	20.67	9.50	0.6851
8	62	2	23.0	20.67	11.50	0.6425
Totales	496	13	119.5	35.43	9.19	0.7940

Fuente: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones.

Descripción	Resultado
Moda	-
Mediana	0.6967
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.6425
Promedio	0.7388
Varianza	0.0128

Los resultados de Tabla 4 muestran en el equipo 13 fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 119.5 horas de paradas, para un índice de

confiabilidad de tiempo promedio de falla en 35.43 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 9.19 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 79.40%. Las principales causas de fallas de este equipo son las siguientes:

- a) Fuga de aire de conector del husillo para expulsar las herramientas.
- b) Desgaste de limpiadores de limpieza de las guardas.
- c) Recalentamiento del servomotor Y.
- d) Desgaste de rieles por donde corre la puerta.
- e) Falla de patines de desplazamiento.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X:

Tabla 5. *Indicadores de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.*

Base de datos año 2022						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	2	18.0	20.67	9.00	0.6966
2	62	3	25.0	15.50	8.33	0.6503
3	62	1	15.5	31.00	15.50	0.6667
4	62	1	9.0	31.00	9.00	0.7750
5	62	-	-	62.00	-	1.0000
6	62	2	22.0	20.67	11.00	0.6526
7	62	1	10.5	31.00	10.50	0.7470
8	62	1	13.0	31.00	13.00	0.7045
Totales	496	11	113.0	41.33	10.27	0.8009

Fuente: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones.

Descripción	Resultado
Moda	-

Mediana	0.7006
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.6503
Promedio	0.7366
Varianza	0.0133

Los resultados de la Tabla 5 muestran en el equipo 11 fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 113 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla en 41.33 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 10.27 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 80.09%. Las principales causas de fallas de este equipo son las siguientes:

- a) Fuga de lubricación de Torreta por desgaste de retén.
- b) Problemas de bomba hidráulica que acciona la torreta y contrapunta.
- c) Desconfiguración de subcódigos para iniciar las actividades de la máquina.
- d) Desgaste de carbón del pedal que acciona el tubo hidráulico del chuck.
- e) Descalibración de torreta.

En relación con los indicadores OEE, en la Tabla 6 se muestran los resultados de la medición de la disponibilidad de los equipos en el periodo de observación antes de la implementación:

Tabla 6. *Indicadores de disponibilidad de los equipos del área de producción.*

Mes	Tiempo de producción planificado (horas)	Paradas planificadas (horas)	Paradas no planificadas (horas)	Total, tiempos de paradas	Total, Tiempo de ejecución	Indicador de disponibilidad
Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V	496.00	-	136.00	136.00	360.00	0.7258
Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040	496.00	-	86.00	86.00	410.00	0.8266
Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020	496.00	-	119.50	119.50	376.50	0.7591
Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X	496.00	-	113.00	113.00	383.00	0.7722
Total	1,984.00	-	454.50	454.50	1,529.50	0.7709

Fuente: Realizado por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	-
Mediana	0.7709
Mayor valor	0.8266
Menor valor	0.7258
Promedio	0.7709
Varianza	0.0013

En la Tabla 6 se muestra que para una planificación de la producción de 1,984 horas ocurrieron 454.5 horas de paradas no planificadas ocasionados por fallas en los equipos, para reducir el tiempo de ejecución a 1529.50 horas; con lo que la disponibilidad de los equipos se ubicó en 77.09%. Hay que indicar en este punto que la empresa no realizaba para las planificadas de mantenimiento preventivo a los equipos. En la Tabla 7 se muestran los resultados del indicador de rendimiento:

Tabla 7. *Indicadores de rendimiento del área de producción.*

Semana	Tiempo de producción planificado (horas)	Tiempo estándar de fabricación (horas)	Producción teórica o planificada (unidades)	Producción real (unidades)	Indicador de rendimiento
1	250	10	25	21	0.8400
2	250	10	25	24	0.9600
3	250	10	25	19	0.7600
4	250	10	25	23	0.9200
5	250	10	25	19	0.7600
6	250	10	25	18	0.7200
7	250	10	25	16	0.6400
8	250	10	25	27	1.0800
Totales	2,000.00	80	200	167	0.8350

Fuente: Realizado por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	0.7600
Mediana	0.8000
Mayor valor	1.0800
Menor valor	0.7200
Promedio	0.8350
Varianza	0.0208

En relación con el rendimiento, se muestra que la empresa tenía para el periodo de observación una programación de fabricación de 200 unidades de las cuales se alcanzaron 167 en un tiempo estándar de fabricación de 10 horas promedio con lo que el rendimiento alcanzó el 83.5% en el periodo antes de la implementación. En la Tabla 8 se muestran los resultados relacionados con la calidad de la producción:

Tabla 8. *Indicadores de calidad del área de producción.*

Semana	Producción total (unidades)	Producción con defectos (unidades)	Producción sin defectos (unidades)	Indicador de calidad
1	21.00	-	21.00	1.000
2	24.00	1.00	23.00	0.958
3	19.00	-	19.00	1.000
4	23.00	1.00	22.00	0.957
5	19.00	-	19.00	1.000
6	23.00	1.00	17.00	0.944
7	26.00	-	16.00	1.000
8	27.00	1.00	26.00	0.963
Totales	167.00	4	163	0.9760

Fuente: Realizado por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.9815
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.9440
Promedio	0.9778
Varianza	0.0006

En relación con la calidad, en el periodo de observación antes de la implementación se detectaron cuatro unidades producidas con defectos para alcanzar un índice de 97.6%. Con toda esta información se procedió al cálculo de la OE en el periodo de observación pretest:

Tabla 9. *Indicadores de OEE antes de la implementación.*

Indicador	Resultado
Disponibilidad	0.7709
Rendimiento	0.8350
Calidad	0.9760
OEE	0.6283

Fuente: Realizado por el estudiante

Con los cálculos realizados se determina como indicador base de la eficiencia general de equipos 62.83% para el periodo observación antes de la implementación producto de una disponibilidad de 77.1, un rendimiento de la producción de 83.5% y un índice de calidad de 97.6%.

I. Desarrollo del plan de mejoras

A partir de estos resultados se propuso un modelo de mejoras basado en TPM que se representa visualmente en la Figura 3 y el cronograma de implementación se muestra en la Figura 4:

Figura 4. Modelo conceptual de implementación de TPM.

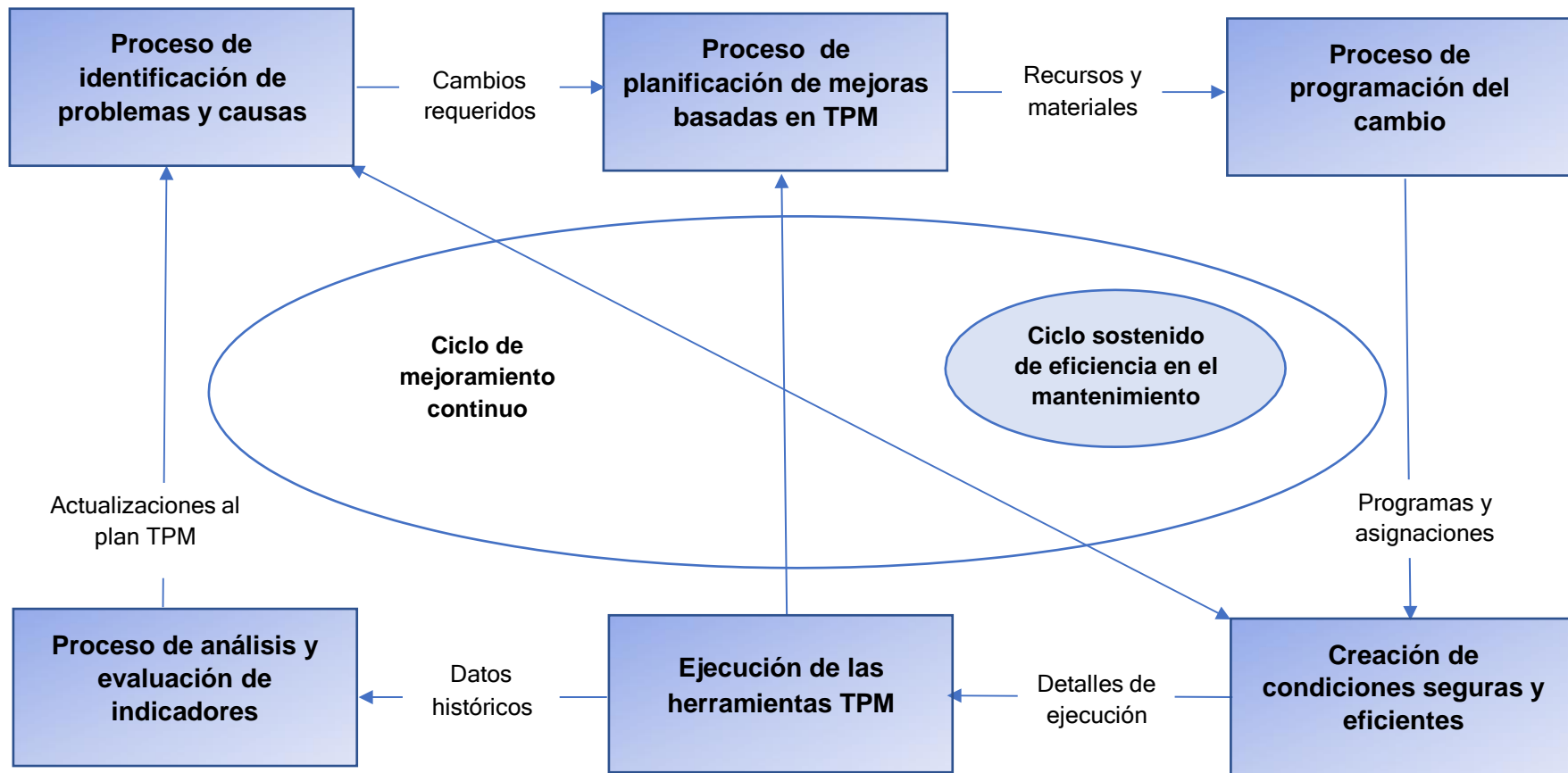


Figura 5. Cronograma de implementación del modelo TPM.

ACTIVIDADES	MESES/SEMANAS					
	JULIO				AGOSTO	
	SEMANA 1 03-07 al 08-07	SEMANA 2 10-07 al 15-07	SEMANA 3 17-07 al 22-07	SEMANA 4 24-07 al 29-07	SEMANA 5 31-07 al 05-08	SEMANA 6 07-08 al 12-08
PILAR 1. Mantenimiento Autónomo						
Establecer equipos de trabajo autónomos en cada área de producción						
Capacitar a los empleados en técnicas de mantenimiento básico y resolución de problemas.						
Realizar auditorías regulares para evaluar la implementación y los resultados de las actividades de mantenimiento autónomo.						
PILAR 2. Mantenimiento planificado						
Establecer un programa de mantenimiento preventivo para equipos críticos.						
Desarrollar procedimientos de mantenimiento estandarizados y documentados.						
Implementar un sistema de seguimiento y control de las actividades de mantenimiento planificado.						
PILAR 3. Mantenimiento de calidad						
Implementar sistemas de inspección y control de calidad en los procesos de mantenimiento.						
Establecer indicadores de desempeño relacionados con la calidad del mantenimiento.						
Capacitar al personal de mantenimiento en técnicas de control de calidad.						
PILAR 4. Formación al personal						
Identificar las necesidades de capacitación del personal de mantenimiento.						
Implementar sesiones de capacitación práctica y teórica para el personal de mantenimiento.						

Realizar evaluaciones periódicas del conocimiento y habilidades adquiridos por el personal de mantenimiento.							
PILAR 5. Mantenimiento de Seguridad y Salud							
Realizar evaluaciones de riesgos y establecer medidas de seguridad para las actividades de mantenimiento							
Capacitar al personal de mantenimiento en prácticas seguras de trabajo y uso de equipos de protección personal.							
Implementar un sistema de reporte de incidentes y acciones correctivas para mejorar la seguridad y salud en el mantenimiento.							
PILAR 6. Gestión del Medio Ambiente							
Evaluar y reducir el impacto ambiental de las actividades de mantenimiento							
Implementar prácticas de reciclaje y manejo adecuado de residuos generados por el mantenimiento.							
Establecer indicadores de desempeño ambiental y realizar seguimiento regular.							
PILAR 7. Mejora en los Procesos Administrativos							
Identificar oportunidades de mejora en los procesos administrativos relacionados con el mantenimiento.							
Establecer indicadores de desempeño para evaluar la eficiencia de los procesos administrativos.							
Realizar revisiones periódicas de los procesos administrativos y realizar ajustes según sea necesario.							
PILAR 8. Seguimiento y Control							
Establecer un sistema de seguimiento y control de las actividades de TPM.							
Definir indicadores clave de desempeño (KPIs) para evaluar el avance y los resultados del TPM.							
Implementar un sistema de retroalimentación y reconocimiento para motivar y mantener el compromiso con el TPM.							

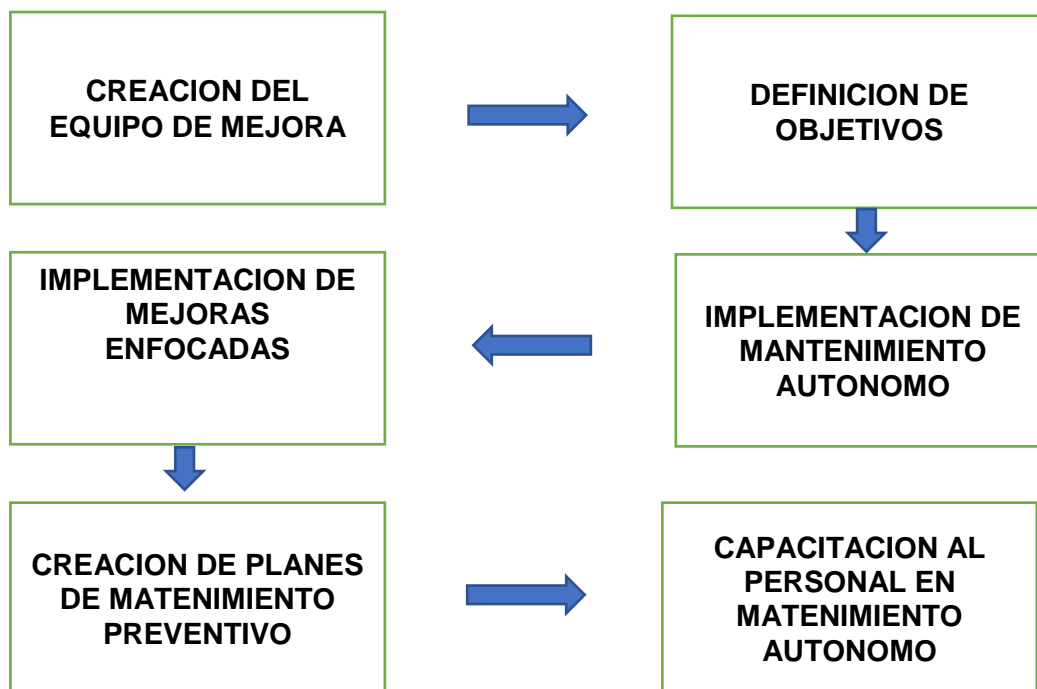
Fuente: Realizado por el estudiante

PILAR 1. Mantenimiento Autónomo

Dentro del ámbito industrial, el TPM es crucial para maximizar la eficiencia de los equipos y procesos. La empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C., especializada en la producción de componentes metalmecánicos, reconoce la importancia de este enfoque y, en particular, se centra en el primer pilar del TPM: el mantenimiento autónomo. Mediante la implementación de seis fases estratégicas, se busca capacitar y empoderar al personal, permitiéndoles desempeñar un papel activo en la conservación y mejora de la maquinaria que utilizan a diario. En la Figura 6 se representa visualmente el modelo aplicado para mantenimiento autónomo y en la Tabla 10 se presenta el resumen de las actividades desarrolladas:

Fuente: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones.

Figura 6. Modelo aplicado para mantenimiento autónomo



Fuente: Realizado por el estudiante.

Tabla 10. Programación de las actividades de mantenimiento autónomo.

No.	Descripción	Responsable	Fecha
Fase I. CREACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORA			
1	Identificación y selección de miembros clave de diferentes áreas de la empresa para formar parte del equipo de mejora.	Gerente de producción Jefe de Taller	03/07/23
2	Designación de un líder de equipo con habilidades en liderazgo y conocimiento en TPM.		03/07/23
3	Realización de una reunión inicial para establecer las responsabilidades y roles de cada miembro.		03/07/23
4	Establecimiento de una línea de tiempo y programación de reuniones periódicas.		03/07/23
5	Formación inicial en técnicas de mejora y fundamentos del TPM para todos los miembros del equipo.		04/07/23
Fase II. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS			
6	Análisis de los procesos actuales de fabricación de las piezas metalmecánicas.	Gerente de producción Jefe de Taller Investigador	04/07/23
7	Identificación de áreas problemáticas o de oportunidad dentro de los procesos.		04/07/23
8	Definición de objetivos SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales).		04/07/23
9	Priorización de objetivos basados en impacto y factibilidad.		04/07/23
10	Documentación y comunicación de objetivos a todas las partes interesadas.		04/07/23
Fase III. IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
11	Capacitación del personal en técnicas básicas de mantenimiento y cuidado de las máquinas.	Jefe de Taller Investigador	05/07/23
12	Establecimiento de una rutina diaria de inspección y limpieza por parte de los operadores.		05/07/23
13	Creación de un sistema de reporte para anomalías o problemas detectados.		05/07/23
14	Establecimiento de un sistema de solución rápida a problemas menores.		05/07/23
15	Continua revisión y actualización de las rutinas de mantenimiento autónomo.		05/07/23

Fase IV. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS ENFOCADAS			
16	Reunión de ideas con el equipo para generar opciones de mejora en áreas identificadas.	Jefe de Taller Investigador	06/07/23
17	Selección y planificación de las mejoras propuestas basadas en viabilidad y efectividad.		06/07/23
18	Implementación piloto de las mejoras en un área o línea específica.		06/07/23
19	Monitorización y evaluación del impacto de las mejoras.		06/07/23
20	Escalado y implementación en todas las áreas correspondientes.		06/07/23
Fase V. CREACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
21	Revisión y documentación del estado actual de todos los equipos y máquinas.	Jefe de Taller Investigador	07/07/23
22	Diseño de un calendario de mantenimiento preventivo basado en la vida útil y uso de cada máquina.		07/07/23
23	Implementación de un sistema de alerta para los próximos mantenimientos.		07/07/23
24	Revisión periódica y actualización del plan de mantenimiento basado en resultados y retroalimentación.		07/07/23
25	Designación de personal específico para la supervisión y ejecución del plan de mantenimiento preventivo.		07/07/23
Fase VI. CAPACITACIÓN AL PERSONAL EN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
26	Diseño de un programa de capacitación en TPM para todo el personal de la empresa.	Jefe de Taller Investigador	08/07/23
27	Establecimiento de sesiones de reconocimiento y recompensa para los equipos o individuos que destaquen en la implementación del TPM.		08/07/23
28	Realización de talleres y actividades prácticas para reforzar el aprendizaje y la aplicación de TPM.		08/07/23
29	Encuestas periódicas para medir el nivel de satisfacción y compromiso del personal.		08/07/23
30	Establecimiento de canales de comunicación abierta para recibir retroalimentación, sugerencias y resolver dudas respecto al TPM.		08/07/23

PILAR 2. MEJORAS ENFOCADAS

La empresa, consciente de los desafíos y oportunidades que este enfoque ofrece, ha decidido emprender un ambicioso programa de mejoras enfocado en sus equipos de mecanizado CNC. Este programa, que forma parte del plan TMP, busca no solo mantener, sino elevar, los estándares de calidad y precisión que los clientes esperan. En la Tabla 11 se presentan las actividades realizadas para poner al día los equipos con un plan de mejoras enfocadas:

Tabla 11. Programación de las actividades de mejoras enfocadas

Equipo	Actividad	Responsable	Fecha
Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V	Limpieza diaria de las áreas críticas, incluyendo guías, husillos y zonas de trabajo.	Jefe de Taller Investigador	10/07/23
	Lubricación de guías lineales y husillos según especificaciones del fabricante.		
	Revisión del sistema de refrigerante, incluido nivel y calidad del fluido.		
	Calibración de ejes para garantizar precisión.		
	Inspección de herramientas y Portaherramientas para verificar desgaste o daños		
Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040	Inspección de filtros de aire para garantizar un flujo adecuado y libre de contaminantes.	Jefe de Taller Investigador	11/07/23
	Verificación y ajuste de tensión de correas de transmisión.		
	Limpieza de residuos en áreas de recogida y transporte de virutas.		
	Revisión de sistema hidráulico y cambio de aceite cuando sea necesario.		
	Respaldo regular de programas y configuraciones del control CNC		

Equipo	Actividad	Responsable	Fecha
Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020	Inspección diaria de sensores y cables, buscando desgaste o daño.	Jefe de Taller Investigador	12/07/23
	Lubricación automática, asegurando que el sistema funcione correctamente.		
	Revisión de frenos y embragues del sistema de movimiento.		
	Monitoreo de vibraciones para detectar desequilibrios o desalineaciones.		
	Verificación de estanqueidad en sellos y juntas.		
Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X	Limpieza regular del chuck (mordaza) y revisión de sus garras.	Jefe de Taller Investigador	13/07/23
	Lubricación de la torreta y cambio de herramientas.		
	Inspección de estabilizadores y contrapuntos para asegurar la correcta sujeción de piezas.		
	Revisión de sistemas de seguridad como resguardos y paros de emergencia.		
	Monitoreo de temperatura del husillo principal para prevenir sobrecalentamientos.		

Fuente: Realizado por el estudiante

Creación de normas de lubricación: El encargado de producción designó a un empleado para que se encargue de la lubricación de la maquinaria. Para ello, se diseñó un formulario que detalla los criterios de la tarea, dónde llevarla a cabo, los métodos y el tiempo dedicado a las acciones de lubricación (Ver Figura 7). Es vital sensibilizar al equipo sobre cómo tomar decisiones en relación con las máquinas que requieren limpieza diaria, cómo llevar a cabo las inspecciones y la forma adecuada de reportar irregularidades. También es necesario indicar los lugares específicos para lubricar y la periodicidad con que se debe realizar dicha tarea.


Figura 7. Formato para actividad de lubricación

INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION			
FORMATO DE LUBRICACIÓN		N°:	
Fecha:			
Codigo:		Equipo:	
Area:		Supervisor:	
Ejecutor:		Especialidad:	
Componentes	Actividad	Lubricante	Tiempo

Fuente: Realizado por el estudiante

Formato de inspección de equipos: Este modelo se diseñó para documentar las máquinas examinadas, detallando el método empleado y el tiempo invertido en la tarea. En las anotaciones se debe reflejar la condición actual del aparato y sus partes, determinando si requiere alguna acción correctiva:


Figura 8. *Formato para inspección de equipos*

INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION			
FICHA DE INSPECCION		N°:	
Fecha:			
Codigo:		Equipo:	
Area:		Supervisor:	
Ejecutor:		Especialidad:	
Mecanismo/Componente	Actividad	Tiempo (minutos)	Observaciones

Fuente: Realizado por el estudiante

Formato de intervención sobre equipos: Tras la revisión, se estableció este modelo para registrar las acciones de mantenimiento llevadas a cabo, el tiempo empleado en dichas acciones y los componentes o insumos aplicados (Ver Figura 9):

Figura 9. Formato para intervención sobre equipos

INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION		
FIHA DE INTERVENCION		N°:
Fecha:		
Codigo:	Equipo:	
Area:	Supervisor:	
Ejecutor:	Especialidad:	
Actividad	Tiempo(minutos)	Insumos

Fuente: Realizado por el estudiante

PILAR 3. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Se desarrolló para la empresa un plan de mantenimiento planificado, enmarcado en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TMP). Esta estrategia busca optimizar la operatividad de sus equipos CNC, asegurando una producción continua y de calidad. En la Tabla 12 se presentan las actividades con frecuencias diarias, semanales, mensuales y anuales para cada uno de los equipos del área de producción de la empresa:

Tabla 12. Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC

Kasuga Quantum Q-1250V.

MANTENIMIENTO DIARIO	
No.	Actividad planificada
1	Inspección visual: Verificar señales de desgaste, daños o fugas en el equipo.
2	Limpieza: Eliminar virutas, polvo y cualquier contaminante de todas las superficies.
3	Verificación de lubricación: Asegurar que los puntos de lubricación estén correctamente atendidos y reponer si es necesario.
4	Inspección de herramientas: Verificar el desgaste de las herramientas y cambiarlas si es necesario.
5	Lubricación de guías lineales y husillos según especificaciones del fabricante
6	Chequeo de sistemas eléctricos: Asegurar que no haya cables sueltos o dañados.

MANTENIMIENTO SEMANAL	
No.	Actividad planificada
7	Calibración: Asegurarse de que el equipo esté calibrado según las especificaciones del fabricante.
8	Verificación del sistema de refrigeración: Revisar y limpiar el sistema de refrigeración.
9	Revisión del sistema hidráulico: Verificar niveles de fluido y posibles fugas.
10	Inspección de la tornamesa: Garantizar su correcto funcionamiento y alineación.
11	Verificación de alarmas y sensores: Confirmar que estén operativos y calibrados.

MANTENIMIENTO MENSUAL	
No.	Actividad planificada
12	Revisión general de seguridad: Confirmar que todos los sistemas de seguridad, como cortinas de luz y paros de emergencia, estén en perfecto estado.
13	Chequeo de la programación: Asegurarse de que el software esté actualizado y funcionando correctamente.
14	Inspección de guías y carriles: Lubricar y asegurar su correcto desplazamiento.
15	Revisión del husillo: Asegurar que no presente vibraciones anormales ni desgastes.
16	Verificar la precisión y repetibilidad: Realizar pruebas para confirmar la precisión del equipo.

MANTENIMIENTO ANUAL	
No.	Actividad planificada
17	Cambio de aceite del sistema hidráulico: Drenar y reemplazar con aceite fresco.
18	Reemplazo de filtros de aire y líquidos: Asegurar que el equipo cuente con filtros limpios para su óptimo desempeño.
19	Revisión del motor principal y servo motores: Comprobar su estado y realizar mantenimientos correctivos si se requiere.
20	Revisión exhaustiva de software: Asegurarse de tener las últimas actualizaciones y comprobar la necesidad de actualizaciones.

21	Inspección detallada de partes y piezas: Evaluar el desgaste de piezas críticas y planificar su reemplazo si es necesario.
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Realizado por el estudiante

Tabla 13. Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040.

MANTENIMIENTO DIARIO	
No.	Actividad planificada
1	Limpieza del área de trabajo: eliminar virutas, residuos y polvo de las áreas de trabajo del equipo.
2	Revisión del sistema de refrigerante: verificar el nivel y calidad del fluido refrigerante.
3	Inspección visual: buscar signos visibles de desgaste o daño en herramientas y componentes.
4	Verificación de lubricación: asegurarse de que las guías y los husillos estén correctamente lubricados.
5	Inspección de herramientas: comprobar el estado y filo de las herramientas en uso.
6	Comprobación del sistema neumático: verificar fugas y nivel de presión.

MANTENIMIENTO SEMANAL	
No.	Actividad planificada
7	Lubricación intensiva: aplicar lubricante en guías lineales, husillos y otros componentes móviles.
8	Inspección de filtros de aire: verificar y limpiar para garantizar un flujo adecuado.
9	Revisión de correas: comprobar la tensión y estado de las correas de transmisión.
10	Verificación de sistemas de seguridad: asegurar que todos los sistemas de seguridad y paros de emergencia funcionen correctamente.
11	Inspección del sistema hidráulico: comprobar niveles de aceite y posibles fugas.
12	Respaldo de programas: guardar una copia de seguridad de los programas en uso.

MANTENIMIENTO MENSUAL	
No.	Actividad planificada
13	Calibración de ejes: asegurar la precisión y alineación de todos los ejes.
14	Inspección de rodamientos: comprobar posibles signos de desgaste o ruido.
15	Cambio de fluidos: reemplazar aceites y refrigerantes según sea necesario.
16	Revisión de componentes eléctricos: comprobar el estado de cables, conectores y otros componentes eléctricos.

17	Inspección de sistema de enfriamiento: limpiar y verificar que esté funcionando correctamente.
18	Limpieza general: realizar una limpieza profunda de todas las áreas del equipo.

MANTENIMIENTO ANUAL	
No.	Actividad planificada
19	Reemplazo de piezas desgastadas: cambiar componentes que presenten desgaste severo o cercano a su vida útil.
20	Actualización de software: asegurarse de tener la última versión del sistema operativo y aplicaciones.
21	Inspección general: realizar una revisión completa del equipo buscando cualquier anomalía o mejora posible.
22	Pruebas de rendimiento: verificar el rendimiento general del equipo y compararlo con los estándares.
23	Capacitación y formación: actualizar y formar al personal sobre las mejores prácticas y cambios en el equipo.
24	Revisión de protocolos: asegurarse de que todos los protocolos de mantenimiento estén actualizados y sean relevantes.

Fuente: Realizado por el estudiante

Tabla 14. Programación de Mantenimiento para el Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020.

MANTENIMIENTO DIARIO	
No.	Actividad planificada
1	Inspección de área de trabajo: limpiar virutas y eliminar cualquier tipo de residuo del área de operación.
2	Comprobación del sistema de refrigeración: asegurarse de que el nivel y la calidad del fluido refrigerante sean adecuados.
3	Examen visual: observar posibles daños, desgastes o irregularidades en las herramientas y componentes del equipo.
4	Comprobación de lubricación: verificar que las partes móviles, husillos y guías estén debidamente lubricadas.
5	Revisión de herramientas: chequear el desgaste y filo de las herramientas en uso.
6	Monitorización de paneles y controles: asegurarse de que no haya errores o alertas en el panel de control.

MANTENIMIENTO SEMANAL	
No.	Actividad planificada
7	Lubricación general: aplicar lubricante a todas las partes móviles, incluidas las guías y husillos.
8	Inspección de correas: chequear el estado y tensión de las correas de transmisión.
9	Limpieza de filtros de aire: asegurarse de que estén limpios y permitan un flujo de aire adecuado.
10	Revisión de sensores y limitadores: comprobar el funcionamiento y calibración.

11	Inspección de conexiones eléctricas: verificar conexiones, cables y componentes eléctricos.
12	<i>Respaldo de programaciones: guardar copias de seguridad de programas y configuraciones.</i>

MANTENIMIENTO MENSUAL	
No.	Actividad planificada
13	Revisión de rodamientos: buscar señales de desgaste, ruidos o vibraciones inusuales.
14	Cambio de fluidos y refrigerantes: si es necesario, reemplazar o rellenar.
15	Verificación de piezas de desgaste: chequear y reemplazar, si es necesario, componentes que presenten desgaste elevado.
16	Limpieza profunda: asegurarse de que todas las áreas internas y externas de la máquina estén limpias.
17	Comprobación del sistema hidráulico: revisar niveles y buscar posibles fugas.
18	<i>Calibración: asegurar la precisión del equipo recalibrando los ejes.</i>

MANTENIMIENTO ANUAL	
No.	Actividad planificada
19	Revisión de rodamientos: buscar señales de desgaste, ruidos o vibraciones inusuales.
20	Cambio de fluidos y refrigerantes: si es necesario, reemplazar o rellenar.
21	Verificación de piezas de desgaste: chequear y reemplazar, si es necesario, componentes que presenten desgaste elevado.
22	Limpieza profunda: asegurarse de que todas las áreas internas y externas de la máquina estén limpias.
23	Comprobación del sistema hidráulico: revisar niveles y buscar posibles fugas.
24	<i>Calibración: asegurar la precisión del equipo recalibrando los ejes.</i>

Fuente: Realizado por el estudiante

Tabla 15. Programación de Mantenimiento para el Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.

MANTENIMIENTO DIARIO	
No.	Actividad planificada
1	Inspección visual: revisar posibles daños o desgastes visibles en herramientas y componentes.
2	Limpieza: eliminar virutas y residuos del área de trabajo y de la zona de corte.
3	Verificación de lubricación: comprobar que las partes móviles, tales como guías y husillos, estén adecuadamente lubricadas.
4	Control del sistema de refrigeración: asegurarse de que el nivel y calidad del refrigerante sean óptimos.
5	Revisión de herramientas: chequear el estado y filo de las herramientas, reemplazando las que estén desgastadas.
6	<i>Monitorización de controles: confirmar que no haya mensajes de error o alertas en el panel de control.</i>

MANTENIMIENTO SEMANAL	
No.	Actividad planificada
7	Lubricación profunda: lubricar todas las partes móviles, incluyendo las guías, husillos y contrapunto.
8	Chequeo de correas: revisar la tensión y desgaste de las correas de transmisión y reemplazar si es necesario.
9	Inspección de filtros de aire: asegurar que estén limpios y permitan una adecuada circulación de aire.
10	Revisión de sensores: verificar el correcto funcionamiento y calibración de todos los sensores.
11	Verificación de conexiones eléctricas: inspeccionar conexiones, cables y componentes eléctricos buscando signos de desgaste.
12	<i>Respaldo de configuraciones: guardar copias de seguridad de programas y configuraciones actuales.</i>

MANTENIMIENTO MENSUAL	
No.	Actividad planificada
13	Cambio de fluidos: reemplazar o rellenar aceites y refrigerantes si es necesario.
14	Inspección de rodamientos: buscar signos de desgaste o ruido anormal y reemplazar si es necesario.
15	Revisión de piezas de desgaste: chequear y reemplazar componentes con desgaste significativo.
16	Limpieza profunda: limpiar todas las áreas, incluidas las zonas menos accesibles del torno.
17	Verificación del sistema hidráulico: revisar niveles y detectar posibles fugas.
18	<i>Calibración: confirmar la precisión de los ejes y realizar ajustes si es necesario.</i>

MANTENIMIENTO ANUAL	
No.	Actividad planificada
19	Revisión completa: realizar una inspección detallada de todo el equipo para identificar mejoras o reemplazos.
20	Actualizaciones de software: instalar las últimas versiones de firmware y software recomendadas por el fabricante.
21	Capacitación: asegurarse de que todo el personal está actualizado en cuanto a formación y buenas prácticas.
22	Verificación de seguridad: comprobar todos los sistemas de seguridad y medidas preventivas.
23	Inspección de cableado: revisar y reemplazar cables y conducciones si muestran signos de desgaste.
24	<i>Auditoría de procedimientos: actualizar y revisar los protocolos y procedimientos de mantenimiento.</i>

Fuente: Realizado por el estudiante

Asimismo, se creó una plantilla de procedimiento estándar para verificar el buen funcionamiento y mantenimiento de las máquinas CNC de la empresa (Ver Tabla 16:

Tabla 16. *Procedimiento Estándar para Máquinas CNC.*

No.	Fase/Actividad	Verificado por:	Observaciones
Preparación y encendido			
1.1	Asegurarse de que el área de trabajo esté limpia y libre de obstáculos.		
1.2	Verificar que todos los dispositivos de seguridad estén en su lugar y funcionen correctamente.		
1.3	Inspeccionar visualmente la máquina en busca de daños o desgaste evidente.		
1.4	Encender la máquina y esperar a que realice el ciclo de arranque completo.		
Carga del programa			
2.1	Cargar el programa CNC deseado mediante el software correspondiente o mediante un dispositivo USB o conexión directa.		
2.2	Verificar que el programa corresponda al trabajo que se va a realizar y a la pieza que se va a mecanizar.		
2.3	Realizar una simulación en el control CNC para asegurarse de que no haya colisiones o errores en el programa.		
2.4	Cargar el programa CNC deseado mediante el software correspondiente o mediante un dispositivo USB o conexión directa.		
Configuración y fijación de la pieza			
3.1	Asegurarse de que la mesa o el dispositivo de sujeción estén limpios.		
3.2	Montar la pieza a trabajar asegurando su correcta fijación.		
3.3	Establecer el punto cero o punto de referencia del trabajo		
Selección y montaje de herramientas:			
4.1	Elegir las herramientas adecuadas para el trabajo según el programa.		
4.2	Montar las herramientas en los portaherramientas respectivos y cargarlos en la máquina.		
4.3	Configurar los desplazamientos y velocidades de corte según el material y la herramienta.		
Ejecución del programa			
5.1	Verificar una vez más todos los parámetros y configuraciones.		

5.2	Iniciar el programa en modo "pasada en aire" para comprobar su correcto funcionamiento sin riesgo de colisiones.		
5.3	Ejecutar el programa en modo de producción.		
Finalización y limpieza			
6.1	Una vez finalizado el programa, esperar a que la máquina se detenga por completo.		
6.2	Retirar la pieza terminada y verificar su calidad.		
6.3	Limpiar la máquina, eliminando virutas y residuos.		
6.4	Realizar un mantenimiento básico: lubricar las partes móviles, comprobar niveles de fluido refrigerante y asegurarse de que no haya obstrucciones.		
Apagado			
7.1	Asegurarse de que todos los sistemas estén en estado de reposo.		
7.2	Apagar la máquina mediante el procedimiento correcto.		
7.3	Desconectar la alimentación eléctrica si es procedente según las normas de la empresa.		

Fuente: Realizado por el estudiante

El procedimiento establece una secuencia lógica y eficiente de operaciones, lo que reduce el tiempo de configuración y cambio entre trabajos, y maximiza el tiempo productivo de las máquinas. Al seguir una rutina estándar, se asegura que cada pieza producida cumpla con los estándares de calidad consistentemente, reduciendo la variabilidad entre lotes. Además, el mantenimiento y la operación adecuados pueden prolongar la vida útil de las máquinas CNC, lo que representa un ahorro a largo plazo al reducir la necesidad de reemplazos o reparaciones costosas. Asimismo, reduce el riesgo de accidentes al establecer protocolos seguros para la operación de la máquina.

Figura 10. Actividades de lubricación



(a) Revisión del tanque de lubricación maquina Bridgeport



(b) revisión del tanque de lubricación maquina Kasuga

Figura 11. Actividades de mantenimiento y limpieza



(a) Mantenimiento al tanque de lubricación de la maquina Kasuga



(b) Limpieza al tablero de la maquina Nakamura

Figura 12. Actividades de mantenimiento y limpieza



(a) Limpieza al tablero de la maquina Nakamura



(b) Revisión del tanque lubricación maquina Chevalier

Figura 13. Actividades de mantenimiento y limpieza



(a) Revisión de las guardas maquina Kasuga



(b) Mantenimiento a los dosificadores de la maquina Nakamura

PILAR 4. FORMACIÓN AL PERSONAL

Se desarrolló un plan de capacitación al personal para adaptar las habilidades y competencias del recurso humano del área de producción a las necesidades demandadas por la implementación de un plan TPM. En la Tabla 16 se presenta el contenido del plan de formación aplicado al personal:

Tabla 17. Programación de la formación al personal en mantenimiento.

Categoría	Descripción
Objetivo general	Fortalecer las competencias técnicas del personal de Industrial and Mining Solution, S.A.C. en relación con el mantenimiento preventivo y planificado de equipos CNC, garantizando así un mayor tiempo de vida útil y eficiencia operativa de los equipos.
Duración del plan:	Cuatro semanas.
Introducción al mantenimiento:	<ul style="list-style-type: none"> — Historia y evolución del mantenimiento. — Tipos de mantenimiento: Preventivo, Predictivo, Correctivo. — Beneficios del mantenimiento preventivo y planificado. — Impacto del mantenimiento en la rentabilidad.
Componentes y funcionamiento de las máquinas:	<ul style="list-style-type: none"> — Descripción general de componentes de CNC. — Funcionalidad de componentes primarios. — Sistemas auxiliares de las máquinas. — Interacción y coordinación entre componentes.
Mantenimiento preventivo básico:	<ul style="list-style-type: none"> — Limpieza y lubricación de componentes. — Rutinas de comprobación visual. — Procedimientos de ajuste. — Revisión de sistemas de enfriamiento.
Electricidad básica:	<ul style="list-style-type: none"> — Conceptos básicos de electricidad. — Seguridad eléctrica y prevención. — Interpretación de esquemas eléctricos. — Diagnóstico de fallas eléctricas básicas.
Mantenimiento Correctivo Básico	<ul style="list-style-type: none"> — Identificación de problemas comunes. — Técnicas básicas de reparación. — Uso de herramientas estándar. — Protocolos para reportar y documentar averías.
Mantenimiento Avanzado y Diagnóstico de Averías	<ul style="list-style-type: none"> — Herramientas avanzadas de diagnóstico. — Estrategias de mantenimiento proactivo. — Identificación de averías complejas. — Procedimientos de calibración.
Seguridad en el Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> — Normativas y protocolos de seguridad. — Equipos de protección personal. — Protocolos en caso de emergencias. — Importancia de la comunicación en tareas de mantenimiento.
Buenas Prácticas de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> — Importancia de la documentación y registro. — Procedimientos estandarizados. — Casos de éxito en mantenimiento. — Estudios comparativos y lecciones aprendidas.

Fuente: Realizado por el estudiante

Figura 14. *Formación al personal en mantenimiento*



PILAR 5. MANTENIMIENTO DE SEGURIDAD Y SALUD

La siguiente actividad fue el desarrollo de un plan de Mantenimiento de Seguridad y Salud que incluyó las siguientes etapas: (a) realizar evaluaciones de riesgos y establecer medidas de seguridad para las actividades de mantenimiento; (b) capacitar al personal de mantenimiento en prácticas seguras de trabajo y uso de equipos de protección personal e (c) implementar un sistema de reporte de incidentes y acciones correctivas para mejorar la seguridad y salud en el mantenimiento.

Tabla 18. *Programación del Mantenimiento de Seguridad y Salud*

Categoría	Descripción
Realización de evaluaciones de riesgos y establecer medidas de seguridad para las actividades de mantenimiento	Identificación de peligros: revisar todas las áreas de trabajo, herramientas y equipos para identificar posibles peligros.
	Análisis de riesgos: determinar la probabilidad y gravedad de los riesgos identificados.
	Documentación de riesgos: crear un registro detallado de todos los peligros y riesgos asociados.
	Desarrollo de procedimientos seguros: establecer protocolos claros y seguros para cada tarea de mantenimiento identificada.
	Implementación de medidas preventivas: colocación de barreras, señales, y demás elementos que reduzcan el riesgo.
	Revisión periódica: establecer un calendario para revisar y actualizar regularmente las evaluaciones de riesgos a medida que cambian las condiciones o se introducen nuevos equipos.
Capacitación al personal de mantenimiento en prácticas seguras de trabajo y uso de equipos de protección personal	Identificación de peligros: revisar todas las áreas de trabajo, herramientas y equipos para identificar posibles peligros.
	Análisis de riesgos: determinar la probabilidad y gravedad de los riesgos identificados.
	Documentación de riesgos: crear un registro detallado de todos los peligros y riesgos asociados.
	Desarrollo de procedimientos seguros: establecer protocolos claros y seguros para cada tarea de mantenimiento identificada.
	Implementación de medidas preventivas: colocación de barreras, señales, y demás elementos que reduzcan el riesgo.
	Revisión periódica: establecer un calendario para revisar y actualizar regularmente las evaluaciones de riesgos a medida que cambian las condiciones o se introducen nuevos equipos.
Implementación de un sistema de reporte de incidentes y acciones correctivas para mejorar la seguridad y salud en el mantenimiento	Plataforma digital de reportes: desarrollar una herramienta digital para facilitar el reporte de incidentes en tiempo real.
	Protocolo de reporte: establecer un procedimiento claro sobre cómo y cuándo reportar incidentes y casi accidentes.
	Análisis de incidentes: designar un equipo para analizar los reportes de incidentes y determinar sus causas raíz.
	Desarrollo de acciones correctivas: basándose en el análisis, establecer medidas correctivas para evitar la repetición de incidentes similares.
	Comunicación de acciones: informar al personal sobre las acciones correctivas tomadas y los cambios en los procedimientos.
	Revisión de efectividad: monitorizar y evaluar la efectividad de las acciones correctivas implementadas para asegurar una mejora continua.

PILAR 6. GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La sexta fase fue el desarrollo de un plan de Gestión del medio ambiente que incluyó las siguientes etapas: (a) evaluación y reducción del impacto ambiental de las actividades de mantenimiento; (b) implementación de prácticas de reciclaje y manejo adecuado de residuos generados por el mantenimiento y (c) Implementación de un sistema de reporte de incidentes y acciones correctivas para mejorar la seguridad y salud en el mantenimiento. En la Tabla 18 se muestran las actividades desarrolladas:

Tabla 19. Programación del Mantenimiento de Seguridad y Salud

Categoría	Descripción
Evaluación y reducción del impacto ambiental de las actividades de mantenimiento	Auditoría ambiental: realizar una evaluación inicial para identificar y cuantificar el impacto actual de las operaciones de mantenimiento en el medio ambiente.
	Identificación de áreas de mejora: determinar qué áreas de mantenimiento tienen el mayor impacto y cuáles ofrecen oportunidades de reducción.
	Implementación de tecnologías amigables: introducir herramientas y tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente en las operaciones de mantenimiento.
	Optimización de procesos: revisar y modificar procedimientos existentes para reducir desperdicios y minimizar el uso de recursos.
	Formación ecológica: capacitar al personal sobre la importancia y métodos para reducir el impacto ambiental en sus tareas diarias.
	Revisiones periódicas: establecer un calendario para reevaluar y adaptar las estrategias de reducción de impacto según las necesidades cambiantes y los avances tecnológicos.
Implementación de prácticas de reciclaje y manejo adecuado de residuos generados por el mantenimiento	Auditoría ambiental: realizar una evaluación inicial para identificar y cuantificar el impacto actual de las operaciones de mantenimiento en el medio ambiente.
	Identificación de áreas de mejora: determinar qué áreas de mantenimiento tienen el mayor impacto y cuáles ofrecen oportunidades de reducción.
	Implementación de tecnologías amigables: introducir herramientas y tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente en las operaciones de mantenimiento.
	Optimización de procesos: revisar y modificar procedimientos existentes para reducir desperdicios y minimizar el uso de recursos.
	Formación ecológica: capacitar al personal sobre la importancia y métodos para reducir el impacto ambiental en sus tareas diarias.
	Revisiones periódicas: establecer un calendario para reevaluar y adaptar las estrategias de reducción de impacto

	según las necesidades cambiantes y los avances tecnológicos.
Implementación de un sistema de reporte de incidentes y acciones correctivas para mejorar la seguridad y salud en el mantenimiento	Definición de indicadores clave: determinar qué métricas serán las más indicativas del desempeño ambiental de las operaciones de mantenimiento.
	Implementación de herramientas de seguimiento: utilizar software o plataformas para rastrear y analizar estos indicadores en tiempo real.
	Revisiones periódicas: organizar reuniones regulares para revisar los indicadores y discutir posibles áreas de mejora.
	Retroalimentación de empleados: crear canales para que los empleados ofrezcan retroalimentación y sugerencias relacionadas con el desempeño ambiental.
	Reportes anuales: generar informes detallados anualmente que muestren el progreso y los desafíos en relación con los objetivos ambientales.
	Adaptación continua: ajustar y refinar indicadores y objetivos a medida que la empresa crece y cambia, y a medida que surgen nuevas preocupaciones ambientales.

Fuente: Realizado por el estudiante

Figura 15. *Revisión del programa de Mantenimiento de Seguridad y Salud*



PILAR 7. MEJORA EN LOS PROCESOS ADMINISTRATIVOS

Optimizar la eficiencia, reducir costos y garantizar una gestión efectiva de los activos. La séptima fase fue el desarrollo de un plan de mejora en los procesos administrativos relacionados con el mantenimiento que incluyó las siguientes etapas: (a) identificación de oportunidades de mejora en los procesos administrativos relacionados con el mantenimiento; (b) establecer indicadores de desempeño para evaluar la eficiencia de los procesos administrativos y (c) realizar revisiones periódicas de los procesos administrativos y realizar ajustes según sea necesario. En la Tabla 20 se muestran las actividades desarrolladas:

Tabla 20. Programación de la Mejora en los procesos administrativos

Categoría	Descripción
Identificación de oportunidades de mejora en los procesos administrativos relacionados con el mantenimiento	Evaluación inicial: realizar un diagnóstico completo de los procesos administrativos actuales, identificando flujos de trabajo, responsabilidades y tiempos de respuesta.
	Encuestas de retroalimentación: distribuir cuestionarios a personal relacionado con mantenimiento para recoger su percepción sobre ineficiencias o desafíos en los procesos actuales.
	Análisis de datos históricos: examinar registros pasados de mantenimiento para identificar posibles demoras o problemas recurrentes en la administración.
	Comparación benchmarking: comparar las prácticas administrativas actuales con las de empresas líderes o referentes en el sector para identificar áreas de mejora.
	Workshops participativos: organizar talleres con equipos multidisciplinarios para idear mejoras y soluciones innovadoras.
	Análisis FODA: evaluar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de los procesos administrativos actuales
Establecer indicadores de desempeño para evaluar la eficiencia de los procesos administrativos	Identificación de KPI relevantes: determinar qué métricas reflejarán mejor el desempeño y eficiencia de los procesos administrativos.
	Capacitación en uso de indicadores: asegurar que el personal comprenda cómo interpretar y actuar según los indicadores establecidos.
	Establecimiento de metas y objetivos: definir metas claras y alcanzables basadas en los indicadores seleccionados.
	Integración de indicadores: asegurar que los KPI se integren en los informes y revisiones rutinarias de la administración.
	Evaluación de relevancia: revisar y ajustar regularmente los KPI para asegurarse de que sigan siendo relevantes y reflejen las necesidades cambiantes de la administración.
Realizar revisiones periódicas de los procesos administrativos	Programación de revisiones: establecer un calendario de revisiones regulares, por ejemplo, trimestrales o semestrales, de los procesos administrativos.

y realizar ajustes según sea necesario	Retroalimentación continua: crear canales de comunicación para que el personal ofrezca retroalimentación constante sobre los procesos administrativos.
	Auditorías internas: implementar auditorías internas para evaluar la adherencia a los procesos y la eficiencia de las operaciones.
	Actualización de procedimientos: refinar y actualizar los manuales o guías de procedimientos administrativos según las necesidades identificadas.

Fuente: Realizada por el estudiante

PILAR 8. SEGUIMIENTO Y CONTROL

La octava y última fase fue el desarrollo de un plan de seguimiento y control en los procesos administrativos relacionados con el mantenimiento que incluyó las siguientes etapas: (a) Establecer un sistema de seguimiento y control de las actividades de TPM; (b) Definir indicadores clave de desempeño (KPI) para evaluar el avance y los resultados del TPM y (c) Implementar un sistema de retroalimentación y reconocimiento para motivar y mantener el compromiso con el TPM. En la Tabla 21 se muestran las actividades desarrolladas:

Tabla 21. Programación del seguimiento y control de las actividades TPM

Categoría	Descripción
Establecer un sistema de seguimiento y control de las actividades de TPM	Desarrollo de una plataforma digital o software específico que permita monitorizar en tiempo real todas las actividades relacionadas con el TPM.
	Integración de sistemas de registro automático para cada máquina o equipo, permitiendo la recolección de datos sin intervenciones manuales.
	Establecimiento de procedimientos estándar de operación (SOP) para garantizar la uniformidad en la realización y reporte de las actividades de TPM.
	Creación de un protocolo de intervención rápida en caso de desviaciones o anomalías detectadas en el seguimiento.
	Organización de reuniones periódicas para revisar el progreso y la eficacia del sistema de seguimiento y control.
Definir indicadores clave de desempeño (KPI) para evaluar el avance y los resultados del TPM	Definición de métricas específicas para la disponibilidad, rendimiento y calidad dentro de la OEE.
	Establecimiento de metas y objetivos claros para cada uno de los componentes de la OEE, basándose en datos históricos y referencias de la industria.
	Desarrollo de un panel de control que visualice en tiempo real la OEE y sus componentes individuales.
	Realización de análisis periódicos para identificar tendencias, puntos de mejora y áreas de oportunidad en relación con la OEE.

	Capacitación del personal en la interpretación y uso de la OEE como herramienta de mejora continua.
Implementar un sistema de retroalimentación y reconocimiento para motivar y mantener el compromiso con TPM.	Desarrollo de una plataforma o canal de comunicación donde los empleados puedan ofrecer seguimiento sobre las actividades de TPM y su impacto.
	Establecimiento de un programa de reconocimiento que recompense a los equipos o individuos que destaquen en la implementación y resultados del TPM.
	Creación de un sistema de puntos o recompensas para incentivar la participación y el compromiso con el TPM.
	Organización de eventos o talleres periódicos para compartir mejores prácticas, logros y casos de éxito relacionados con el TPM.
	Implementación de encuestas periódicas para medir el nivel de satisfacción y compromiso del personal con respecto a las iniciativas de TPM.
	Establecimiento de un mecanismo para actuar sobre la retroalimentación recibida, garantizando que las sugerencias y preocupaciones sean consideradas y abordadas adecuadamente.

Fuente: Realizada por el estudiante

j. Resultados del post test

El levantamiento de los indicadores posteriores fue elaborado en atención a cada una de las dos variables del estudio y sus respectivos indicadores. Con relación a la variable mantenimiento productivo total, se muestran los resultados de la observación en las fichas de registro realizadas en las ocho semanas posteriores al cierre del plan de mejoras. En relación con la primera variable, en la Tabla 22 se presentan los resultados post test de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V:

Tabla 22. *Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.*

Base de datos año 2023						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	1.00	8.00	31.00	8.00	0.7949
2	62	1.00	11.00	31.00	11.00	0.7381
3	62	1.00	9.00	31.00	9.00	0.7750
4	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
5	62	1.00	7.00	31.00	7.00	0.8158
6	62	-	-	62.00	1.00	1.0000

7	62	1.00	6.00	31.00	6.00	0.8378
8	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
Totales	496	5.00	41.0	82.67	8.20	0.9098

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.8268
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.7381
Promedio	0.8702
Varianza	0.0124

Los resultados mostrados en la Tabla 2 muestran en el equipo cinco fallas en el periodo de observación de post test que ocasionaron 41 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla de cada 82.67 horas y un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 8.20 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 90.98%. En la Tabla 23 se presentan los resultados post test de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040:

Tabla 23. *Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040.*

Base de datos año 2023						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
2	62	1	11.0	31.00	11.00	0.7381
3	62	1	7.0	31.00	7.00	0.8158
4	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
5	62	1	8.0	31.00	8.00	0.7949
6	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
7	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
8	62	1	4.0	31.00	4.00	0.8857
Totales	496	4	30.0	99.20	7.50	0.9297

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000

Mediana	0.9429
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.7381
Promedio	0.9043
Varianza	0.0121

Los resultados mostrados en la Tabla 23 muestran en el equipo cuatro fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 30 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla en 99.20 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 7.5 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 92.97%. En la Tabla 24 se presentan los resultados de los indicadores de mantenimiento relacionados con el Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020:

Tabla 24. *Indicadores post test de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020.*

Base de datos año 2023						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	1	7.5	31.00	7.50	0.8052
2	62	1	8.0	31.00	8.00	0.7949
3	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
4	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
5	62	1	11.0	31.00	11.00	0.7381
6	62	1	6.0	31.00	6.00	0.8378
7	62	1	7.0	31.00	7.00	0.8158
8	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
Totales	496	5	39.5	82.67	7.90	0.9128

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.8268
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.7381
Promedio	0.8740
Varianza	0.0117

Los resultados mostrados en la Tabla 24 muestran en el equipo solamente cinco fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 39.5 horas de

paradas, para un índice de confiabilidad de 82.67 horas, un índice de mantenibilidad de 7.90 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 91.28%.

Tabla 25. *Indicadores post test de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.*

Base de datos año 2022						
Semanas	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	62	1	7.0	31.00	7.00	0.8158
2	62	2	14.0	20.67	7.00	0.7470
3	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
4	62	1	7.0	31.00	7.00	0.8158
5	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
6	62	1	8.0	31.00	8.00	0.7949
7	62	-	-	62.00	1.00	1.0000
8	62	1	5.0	31.00	5.00	0.8611
Totales	496	6	41.0	70.86	6.83	0.9120

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.8385
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.7470
Promedio	0.8793
Varianza	0.0110

Los resultados mostrados en la Tabla 25 muestran en el equipo 6 fallas en el periodo de observación de pretest que ocasionaron 41 horas de paradas, para un índice de confiabilidad de tiempo promedio de falla en 70.86 horas, un índice de mantenibilidad de tiempo promedio de reparación de 6.83 horas; información que permitió calcular un índice de disponibilidad de 91.20%.

En relación con los indicadores OEE, en la Tabla 26 se muestran los resultados de la medición de la disponibilidad de los equipos en el periodo de observación después de la implementación:

Tabla 26. *Indicadores de disponibilidad de los equipos del área de producción (post test).*

Mes	Tiempo de producción planificado (horas)	Paradas planificadas (horas)	Paradas no planificadas (horas)	Total, tiempos de paradas	Total, Tiempo de ejecución	Indicador de disponibilidad
Centro Mecanizado CNC Kasuga Quatum Q-1250V	496	16	41.00	57.00	439.00	0.8851
Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040	496	16	30.00	46.00	450.00	0.9073
Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020	496	16	39.50	55.50	440.50	0.8881
Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X	496	16	41.00	57.00	439.00	0.8851
Total	1,984.00	64	151.50	215.50	1,768.50	0.8914

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	0.8851
Mediana	0.8881
Mayor valor	0.9073
Menor valor	0.8851
Promedio	0.8914
Varianza	0.0001

En la Tabla 26 se muestra que, una vez realizada la implementación de TPM, para una planificación de la producción de 1,984 horas ocurrieron 151.50 horas de paradas no planificadas ocasionados por fallas en los equipos, para incrementar el tiempo de ejecución a 1,768.50 horas; con lo que la disponibilidad de los equipos se ubicó en 89.14%. Hay que indicar en este punto que la empresa implementó las paradas planificadas de mantenimiento preventivo a los equipos (dos horas semanales). En la Tabla 27 se muestran los resultados del indicador de rendimiento:

Tabla 27. *Indicadores post test de rendimiento del área de producción.*

Semana	Tiempo de producción planificado (horas)	Tiempo estándar de fabricación (horas)	Producción teórica o planificada (unidades)	Producción real (unidades)	Indicador de rendimiento
1	250	10	25	21	0.8400
2	250	10	25	24	0.9600
3	250	10	25	22	0.8800
4	250	10	25	25	1.0000
5	250	10	25	25	1.0000
6	250	10	25	24	0.9600
7	250	10	25	25	1.0000
8	250	10	25	25	1.0000
Totales	2,000.00	80	200	191	0.9550

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	0.9800
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.8400
Promedio	0.9550
Varianza	0.0039

En relación con el rendimiento, se muestra que la empresa tenía para el periodo de observación post test una programación de fabricación de 200 unidades de las cuales se alcanzaron 191 en un tiempo estándar de fabricación de 10 horas

promedio con lo que el rendimiento alcanzó el 95.50% en el periodo después de la implementación. En la Tabla 28 se muestran los resultados relacionados con la calidad de la producción:

Tabla 28. *Indicadores de calidad del área de producción.*

Semana	Producción total (unidades)	Producción con defectos (unidades)	Producción sin defectos (unidades)	Indicador de calidad
1	21	-	21.00	1.0000
2	24	1.00	23.00	0.9583
3	22	-	22.00	1.0000
4	25	1.00	24.00	0.9600
5	25	-	25.00	1.0000
6	24	-	24.00	1.0000
7	25	-	25.00	1.0000
8	25	-	25.00	1.0000
Totales	191	2.00	189.00	0.9895

Fuente: Realizada por el estudiante

Descripción	Resultado
Moda	1.0000
Mediana	1.0000
Mayor valor	1.0000
Menor valor	0.9583
Promedio	0.9898
Varianza	0.0004

En relación con la calidad, en el periodo de observación antes de la implementación se detectaron dos unidades producidas con defectos de un total de 191 unidades, para alcanzar un índice de calidad de 98.95%. Con toda esta información se procedió al cálculo de la OE en el periodo de observación pretest:

Tabla 29. *Indicadores de OEE antes de la implementación.*

Indicador	Resultado
Disponibilidad	0.8914
Rendimiento	0.9550
Calidad	0.9895
OEE	0.8423

Fuente: Realizada por el estudiante

Con los cálculos realizados se determina como indicador posterior de la eficiencia general de equipos 84.23% para el periodo observación antes de la implementación producto de una disponibilidad de 89.14, un rendimiento de la producción de 95.5% y un índice de calidad de 98.95%. De esta forma, las mejoras obtenidas se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$Mejoras\ OEE = \frac{OEE\ postest - OEE\ pretest}{OEE\ pretest} \times 100$$

$$Mejoras\ OEE = \frac{0.8423 - 0.6212}{0.6212} \times 100$$

$$Mejoras\ OEE = 35.59\%$$

De esta manera, con la implementación del TPM, se alcanzó una mejora de 32.59% en la eficiencia general de equipos

e. Evaluación económica de las mejoras

Para hacer un análisis comparativo de los beneficios económicos del modelo implementado, se hizo una proyección bajo el escenario de no realizar ninguna implementación, y luego se comparó con la proyección bajo la cual se realizó la implementación. En la Tabla 30 se detallan los montos de inversión, en la Tabla 31 se resalta las proyecciones del flujo de caja sin implementaciones y en la Tabla 32 se indica las proyecciones del flujo de caja con implementaciones:

Tabla 30. *Inversión de la propuesta.*

Fase/Recursos Necesarios	Inversión (S/)
Mantenimiento Autónomo	
Horas hombre	12,485.00
Materiales para procesos de lubricación y limpieza	692.00
Material de oficina	15.00
Mantenimiento planificado	
Horas hombre	8,479.95
Compra de repuestos	15,540.00
Material de oficina	20.00
Mantenimiento de calidad	
Horas hombre	1,241.20
Material de limpieza	221.00
Materiales para elaboración de protocolos y presentación	40.00
Material de oficina	20.00
Formación al personal	
Horas hombre	299.60
Materiales para elaboración de instructivos informativos	60.00
Material de oficina	20.00
Mantenimiento de Seguridad y Salud	
Horas hombre	1,006.25
Material de apoyo para programa de capacitación	120.00
Material de oficina	20.00
Gestión del Medio Ambiente	
Horas hombre	1,560.00
Material de oficina	115.00
Mejora en los Procesos Administrativos	
Horas hombre	1,820.00
Material de oficina	115.00
Seguimiento y Control	
Horas hombre	1,560.00
Material de oficina	50.00
Total	45,500.00

Tabla 31. Proyección del flujo de caja

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión Inicial	45,500.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de RR. HH.	26,892.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de Materiales y Herramientas	16,232.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	2,376.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de antes de la propuesta de mejora	-	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83	61,627.83
Costos directos	-	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42	40,800.42
Costos indirectos	-	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42	10,827.42
Costos después de la propuesta de mejora	-	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75	55,366.75
Costos directos	-	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25	48,354.25
Costos indirectos	-	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50	7,012.50
FLUJO NETO	-45,500.00	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08	6,261.08

Fuente: Realizada por el estudiante

Indicadores Financieros

VAN= S/69,077.35

TIR= 15%

B/C= 1.65 soles por cada sol invertido

Tiempo de recuperación= 7.2 meses

Nota: en esta tabla se presenta las proyecciones de flujo de caja en el escenario de no haberse realizado ninguna implementación, para lo cual se manejan como datos de referencias los resultados del último año antes de la implementación del modelo (2022), con una tasa interanual de crecimiento del 5%, de acuerdo con las políticas de la organización.

3.6 Métodos de análisis de datos

Se realizó un estudio descriptivo de las variables, con medidas de resumen y dispersión para las variables; debido a que las variables son categóricas, la realización de tablas y gráficos permiten una mejor visualización de los datos Allen (2017). Asimismo, en el análisis inferencial se aplicó el estadístico correspondiente (Wilcoxon o T de Student) de acuerdo con la prueba de normalidad de los datos. Permite cuantificar la contribución de cada variable independiente y evaluar su impacto en la variable dependiente Boeren (2018)

3.7 Aspectos éticos

- a) Consentimiento informado: Es fundamental adquirir el consentimiento informado de los participantes antes de llevar a cabo la investigación. Los participantes deben comprender plenamente los objetivos, los procedimientos y los posibles riesgos asociados con la investigación, y deben tener la libertad de participar o retirarse del proceso.
- b) Privacidad y confidencialidad: Durante la investigación, se deben respetar la privacidad y confidencialidad de los participantes. Se deben realizar métodos correctos para proteger la información y garantizar que los datos recopilados se usen únicamente para los fines establecidos en el estudio.
- c) Respeto a la propiedad intelectual: se cumplieron los protocolos para citar y referenciar correctamente las fuentes utilizadas en la investigación. Esto incluye citar las obras de otros investigadores, artículos científicos, libros, entre otros. Además, se utiliza el formato de cita apropiado según las normas académicas o editoriales establecidas.
- d) Beneficios y riesgos: Se debe considerar cuidadosamente la relación entre los beneficios potenciales y los posibles riesgos asociados con la investigación. Es importante asegurarse de que los beneficios justifiquen los posibles riesgos y de que se tomen medidas para minimizar cualquier riesgo o daño involucrado.
- e) Sesgo y objetividad: Es fundamental que la investigación se lleve a cabo de manera imparcial y objetiva, evitando cualquier forma de sesgo o manipulación de los datos. Los resultados deben ser reportados de manera transparente y precisa, sin distorsionar la información o influir en los hallazgos para favorecer ciertos intereses.

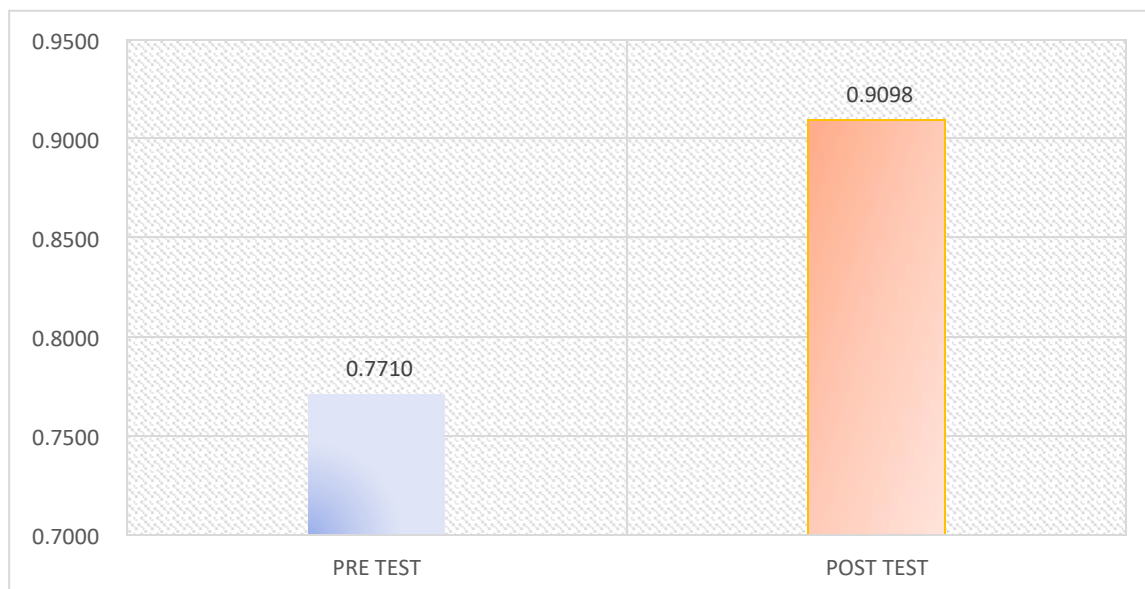
- f) Impacto social y ambiental: La investigación sobre el TPM puede tener implicaciones sociales y ambientales. Es importante considerar y evaluar los posibles impactos de la implementación del TPM en los trabajadores, la comunidad y el medio ambiente. Se deben tomar medidas para garantizar que la investigación se realice de manera responsable y sostenible.
- g) Divulgación de resultados: Los efectos de la investigación tienen ser divulgados de manera precisa y accesible, tanto a los participantes como a la comunidad científica. Es importante compartir los hallazgos de manera ética, asegurándose de que la información sea comprensible y utilizable para el avance del conocimiento en el campo del TPM.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis Descriptivo

En esta sección del estudio se procedió a hacer una comparación entre los resultados antes y después en las variables mantenimiento productivo total y OEE. En la Figura 16 se muestran las variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V.

Figura 16. Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Kasuga Quantum Q-1250V

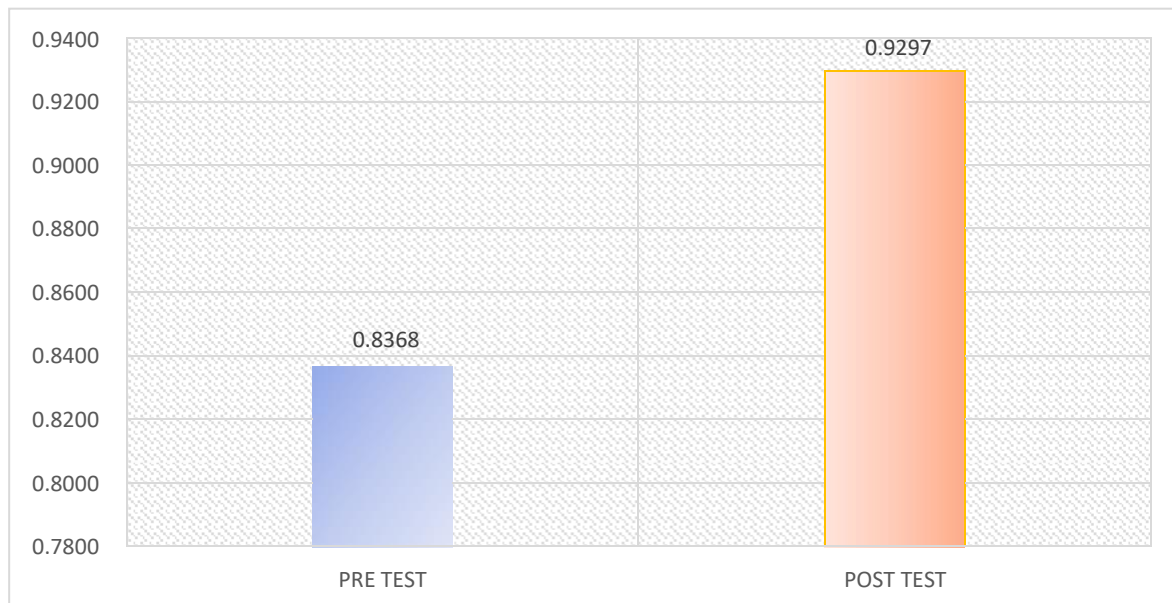


Nota: El análisis de los indicadores de mantenimiento sugiere que las intervenciones o modificaciones realizadas entre el pretest y el post test han tenido un impacto positivo en el desempeño del equipo analizado.

El MTBF mejoró notablemente en el post test, aumentando de 38.15 horas a 82.67 horas, indicando que el tiempo medio entre las fallas ha aumentado, lo cual es un indicativo de mejora en la confiabilidad del equipo. Por su parte, la reducción del MTTR de 11.33 horas a 8.20 horas indica una mejora en la capacidad de mantenimiento, lo que sugiere que las reparaciones se están llevando a cabo de una manera más eficiente y/o efectiva. En general, la disponibilidad del equipo aumentó de 77.1% a 90.98%, lo cual es una mejora significativa. Esto sugiere que el equipo estuvo operativo y disponible para la producción un mayor porcentaje del tiempo durante el período de post test en comparación con el período de pretest. Hay un incremento en el tiempo promedio

entre fallas, lo que sugiere que las intervenciones de mantenimiento o las modificaciones realizadas al equipo han mejorado su confiabilidad. En la Figura 17 se muestran las variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040.

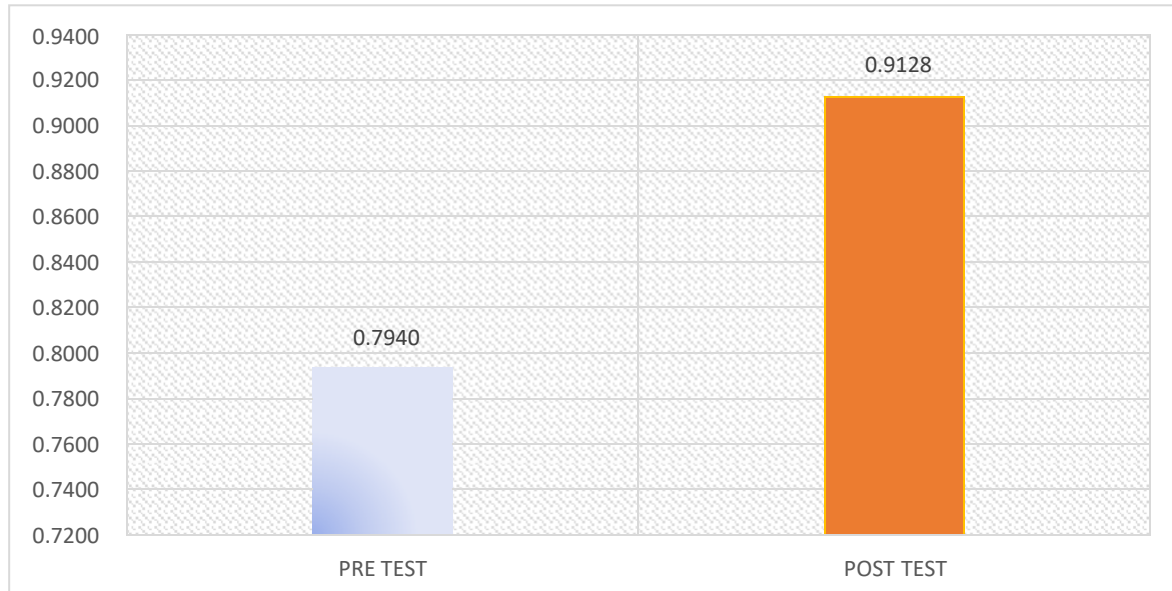
Figura 17. Variaciones en los indicadores de mantenimiento Centro Mecanizado CNC Chevalier VCM 2040.



Nota: La mejora en el MTBF refleja una mayor confiabilidad del equipo en el periodo de post test. Es posible que las intervenciones realizadas o los cambios en las estrategias de mantenimiento hayan impactado positivamente en la durabilidad y fiabilidad del equipo.

El MTBF ha mejorado significativamente en el periodo de post test, disminuyendo de 86 a 30 horas de paradas, para apreciar una mejora de 55.1 a 99.2 horas de falla, indicando que las intervenciones o cambios realizados han incrementado la confiabilidad del equipo. Igualmente, Existe una disminución en el MTTR (de 10.75 a 7.5 horas) de pretest a post test, indicando que las acciones de mantenimiento o las estrategias implementadas han mejorado la eficiencia en las actividades de reparación. Hay un incremento notable en la disponibilidad del equipo (de 83.7% a 92.9%), lo cual es positivo ya que indica que el equipo estuvo operativo y disponible para la producción un mayor porcentaje del tiempo en el periodo de post test. En la Figura 18 se muestran las variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020.

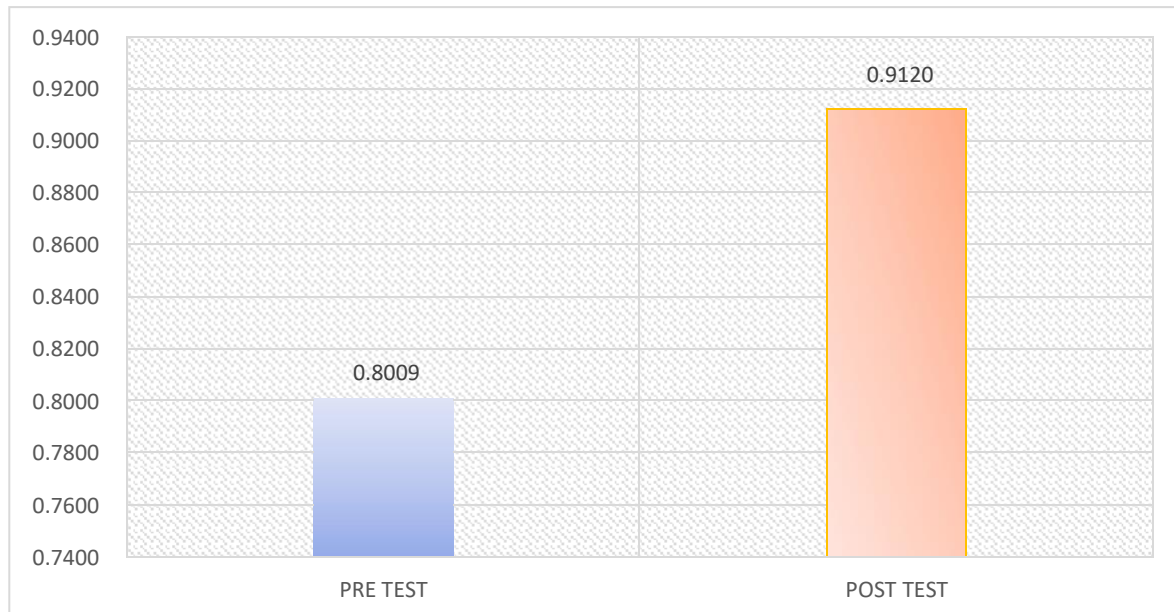
Figura 18. Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020.



Nota: El aumento de la disponibilidad del equipo en 11.88% en el período de post test indica que el equipo estuvo operativo y disponible para la producción un porcentaje del tiempo notablemente mayor, lo que puede contribuir positivamente a la productividad y rentabilidad operacional.

El MTBF se ha incrementado en 47.24 horas de pretest a post test (de 35.43 a 82.67 horas), mostrando una mejora notable en la confiabilidad del equipo. El MTTR se ha reducido en 1.29 horas (de 9.19 a 7.90) desde el pretest hasta el post test, lo que indica un proceso de reparación más eficiente en el período más reciente. La disponibilidad ha experimentado un incremento del 11.88%, lo cual indica que el equipo ha estado más tiempo disponible para producción en el post test. Esto implica que las fallas se han vuelto menos frecuentes, lo que es un indicador de que los procesos y/o equipos han mejorado en términos de estabilidad y desempeño. A pesar de que la mejora es más modesta en comparación con la confiabilidad, la reducción del MTTR en 1.29 horas muestra que las intervenciones de mantenimiento se han vuelto ligeramente más eficaces o eficientes, lo cual es también un indicador positivo. En general, los indicadores de mantenimiento del Centro Mecanizado CNC Bridgeport 3020 muestran mejoras en todos los aspectos clave examinados: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. En la Figura 19 se muestran las variaciones en los indicadores de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.

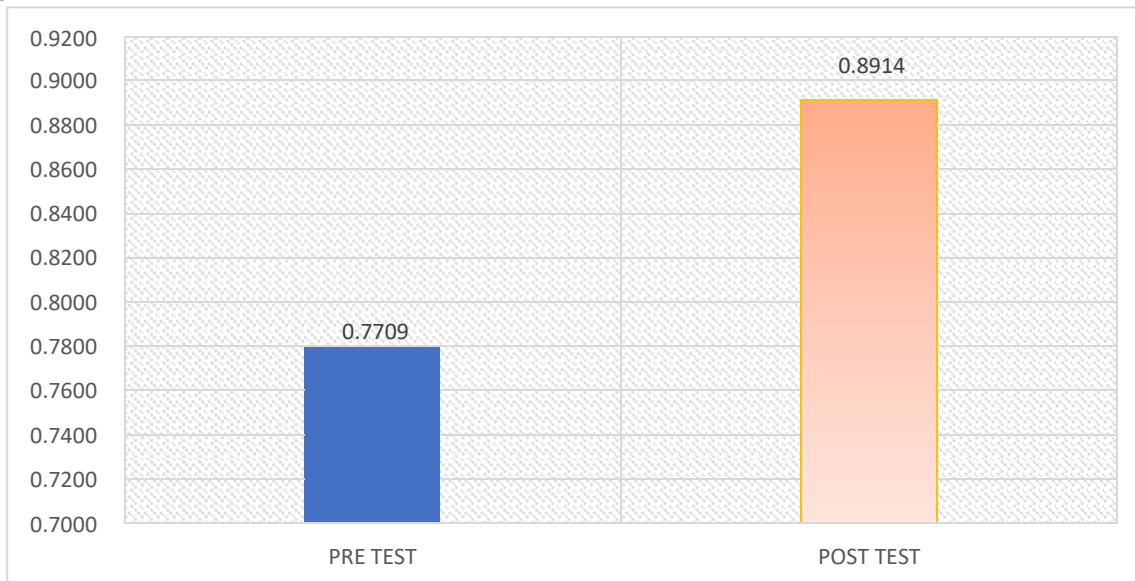
Figura 19. Variaciones en los indicadores de mantenimiento del Torno CNC Nakamura Tome TMC- 35 X.



Nota: Con una mejora del 11.11% en la disponibilidad, este indicador refleja positivamente las mejoras tanto en la confiabilidad como en la mantenibilidad, ya que el equipo estuvo disponible para la producción una mayor proporción del tiempo.

Se observa una mejora en el MTBF de 29.53 horas, denotando una mayor confiabilidad en el periodo del post test. Las mejoras implementadas entre ambos periodos parecen haber sido efectivas en prolongar el tiempo medio entre fallas. Se presenta una disminución del MTTR de 3.44 horas, lo que significa que el equipo fue reparado, en promedio, más rápidamente durante el periodo de post test. Esta mejora apunta hacia una mayor eficiencia en las actividades de mantenimiento y/o reparación. Existe un aumento en la disponibilidad del 11.11%, indicando que el torno CNC estuvo operativo un porcentaje del tiempo significativamente mayor en el post test, lo cual es un indicador positivo respecto al mantenimiento y operación del equipo. En relación con los indicadores de OEE, en la Figura 20 se muestran las variaciones en el índice de disponibilidad de los equipos del área de producción:

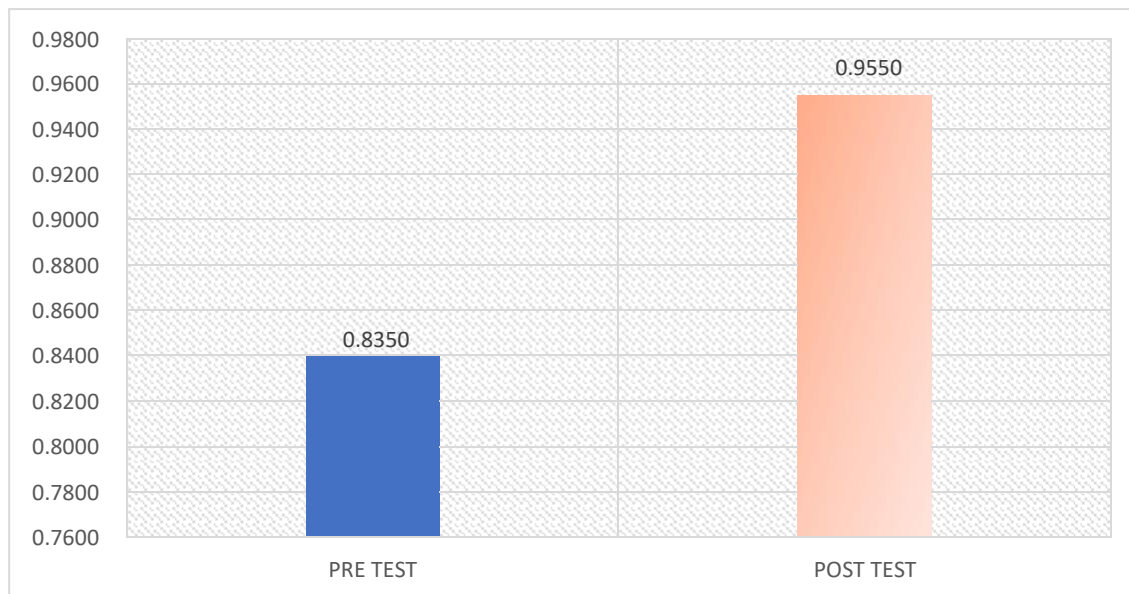
Figura 20. Variaciones en el índice de disponibilidad de los equipos del área de producción.



Nota: Tras implementar TPM, las paradas no planificadas se redujeron notablemente de 454.5 a 151.5 horas.

La implementación de TPM ha conseguido una reducción significativa de 303 horas en paradas no planificadas. Este es un indicativo de la efectividad del TPM en la reducción de inactividad y mejoramiento de la eficiencia del equipo. El tiempo de ejecución incrementó a 1768.5 horas (1984h – 1. Esta mejora de 239 horas en el tiempo de ejecución demuestra que la introducción del TPM ha sido beneficiosa en maximizar el uso efectivo del equipo durante el tiempo planificado, mejorando así la productividad (51.5h) con TPM implementado. Hay un incremento del 12.05% en la disponibilidad, lo que indica una mejora sustancial en la capacidad del equipo para estar operativo y producir durante los periodos de tiempo planificados. Estos resultados subrayan la importancia del mantenimiento proactivo y preventivo que el TPM favorece, poniendo de manifiesto que una gestión eficaz del mantenimiento puede ser un factor diferencial en la capacidad productiva y la eficiencia operativa de una instalación de producción. En la Figura 21 se muestran las variaciones en el índice de rendimiento de los equipos del área de producción:

Figura 21. Variaciones en el índice de rendimiento de los equipos del área de

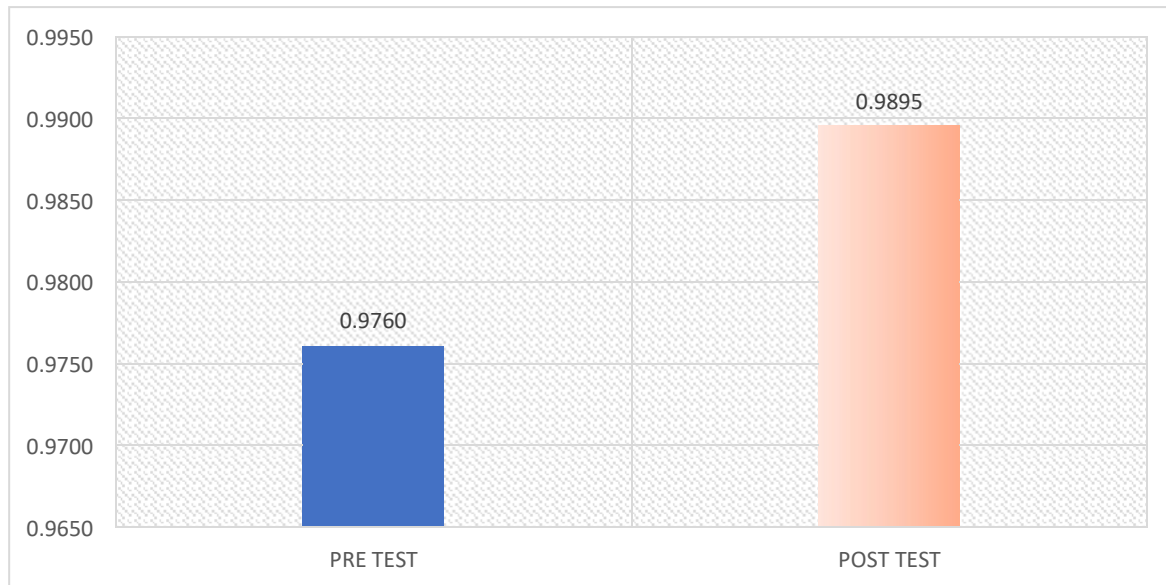


producción.

Nota: La producción incrementó en 24 unidades, lo que implica una mejora sustantiva en la cantidad de productos fabricados en el mismo periodo de tiempo, reflejando una optimización en los procesos o la reducción de incidencias que pudieran afectar la producción.

El rendimiento experimentó una mejora del 12%, lo cual es indicativo de que las intervenciones y/o implementaciones realizadas (en este caso, presumiblemente TPM o alguna estrategia similar) han sido efectivas en optimizar los procesos de producción, permitiendo una operación más cercana a la capacidad óptima. Este incremento en el rendimiento y las unidades producidas tiene potencial para incrementar los ingresos y la rentabilidad, especialmente si la demanda del mercado es robusta y se mantienen constantes los costos de producción. La notable mejora en el rendimiento sugiere una mejor utilización de los recursos, ya sea a través de una mejor eficiencia operativa, reducción de defectos, o posiblemente mejoras en la calidad de las entradas o los procesos. Esto implica que las estrategias implementadas para mejorar los procesos de producción han sido efectivas. En la Figura 22 se muestran las variaciones en el índice de calidad de los equipos del área de producción:

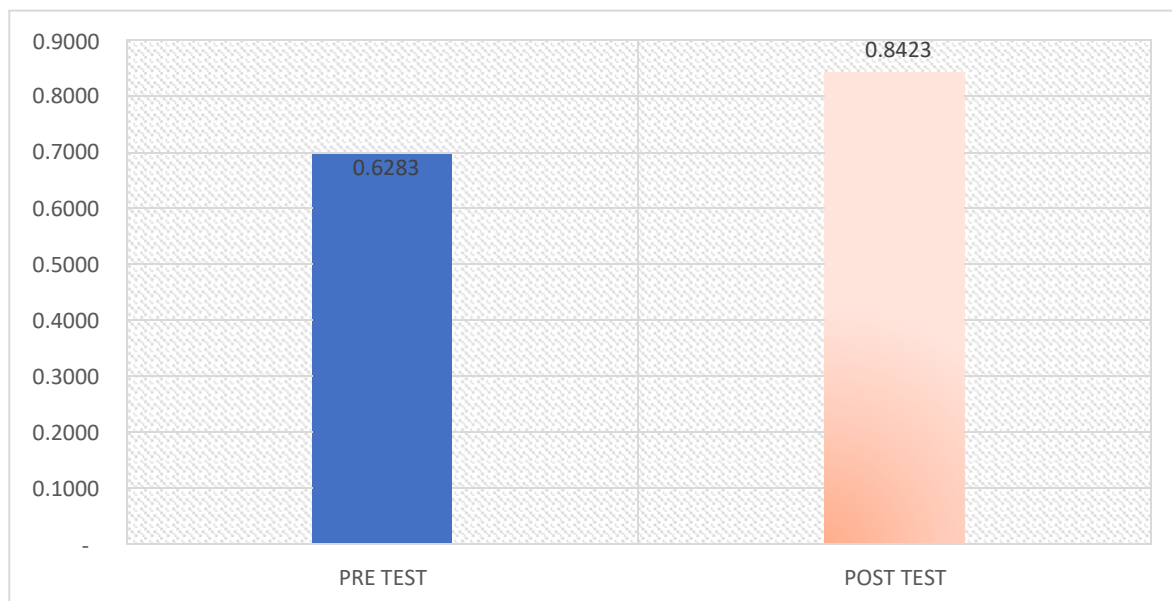
Figura 22. Variaciones en el índice de calidad de los equipos del área de producción.



Nota: A pesar de que la producción total incrementó (como se indicó en el análisis previo de rendimiento), las unidades defectuosas disminuyeron, lo cual es indicativo de una mejora en la calidad de la producción.

Hay un incremento del 1.35% en el índice de calidad, lo que sugiere que las intervenciones implementadas han sido efectivas en mejorar la calidad de la producción, pese al aumento de las unidades producidas. La reducción de unidades defectuosas junto con un aumento en la producción total y en el índice de calidad es un indicativo claro de una mejora sustantiva en la calidad de la producción. Este es un logro significativo, ya que, a menudo, el aumento en la producción puede llevar a un aumento de unidades defectuosas si no se gestionan adecuadamente los procesos. Menos unidades defectuosas significan menos desperdicio de materiales y recursos humanos, lo cual puede tener un impacto positivo en los costos de producción y en la rentabilidad. Este análisis demuestra que las estrategias implementadas no solo han mejorado la cantidad de producción, sino también la calidad, lo que se traduce en una producción más eficiente y rentable. Mantener esta calidad, especialmente durante periodos de alta producción o cuando se introducen cambios, será vital para el éxito a largo plazo de la operación de producción. En la Figura 23 se muestran las variaciones en el índice de OEE de los equipos del área de producción:

Figura 23. Variaciones en el índice de OEE del área de producción.



Nota: Hay un incremento sustancial del 21.4% en el OEE, evidenciando un mejoramiento notable en la eficiencia general del equipo y los procesos de producción.

Se experimentó una mejora del 12.04% en la disponibilidad de los equipos, lo que puede indicar reducciones en el tiempo de inactividad y mejoras en la planificación y ejecución de mantenimientos, entre otros factores. Se observa un incremento del 12% en el rendimiento, lo que puede ser resultado de optimizaciones en los procesos y mejor manejo de recursos. El aumento del 1.35% en el índice de calidad sugiere una reducción en las unidades defectuosas o mejoras en los procesos de control de calidad. El mejoramiento en todos los componentes del OEE y, por ende, en el OEE mismo, es un indicativo de que las implementaciones realizadas han tenido un impacto positivo global en los procesos de producción y mantenimiento del equipo. La mejora en la disponibilidad, rendimiento y calidad sugiere que las intervenciones implementadas han mejorado de manera integral la eficiencia de los equipos y procesos de producción, lo que podría traducirse en mejores márgenes, mayor capacidad de producción y mayor satisfacción del cliente.

4.2 Prueba de hipótesis

4.2.1 Prueba de normalidad

Con el objetivo de examinar las hipótesis planteadas, se realizó una prueba inicial de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk. Esta prueba permitió evaluar si la serie de datos seguía una distribución normal o no. La regla establecida fue la siguiente: si el valor de p obtenido era mayor que el nivel de significación α (0.05), se concluía que los datos procedían de una distribución normal. En cambio, si el valor de p obtenido era menor que α , se concluía que los datos no procedían de una distribución normal. Los resultados del análisis inferencial de los instrumentos de recolección de información para determinar la distribución de los datos se presentan en la Tabla 35:

Tabla 32. Prueba de normalidad de los instrumentos de recolección de datos.

	Shapiro-Wilk*		
	Estadístico	gl	Sig.
DIMEN1_1 Disponibilidad.	0.691	8	0.000
DIMEN1_2 Rendimiento	0.740	16	0.000
DIMEN1_3 Calidad.	0.682	16	0.000
VARIABLE1 Eficiencia general de equipos	0.692	40	0.000

(*) Con coeficiente de corrección Lilliefors

Fuente: Base de datos de SPSS IBM versión 26.0

Los resultados del análisis indican que tanto las variables como las dimensiones del estudio presentan un valor de significancia (p-valor) de 0,000, el cual es menor que el nivel de significación establecido de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que las variables y dimensiones estudiadas no siguen una distribución normal. Dado que los datos no siguen una distribución normal, se optó por utilizar el estadístico de Wilcoxon para el análisis, también conocido como prueba de rangos con signo de Wilcoxon o prueba de Wilcoxon emparejada, se utiliza cuando se desea comparar dos muestras relacionadas o pareadas. Esta prueba no asume una distribución específica de los datos y es apropiada cuando los datos no siguen una distribución normal o cuando la variable de interés es de naturaleza ordinal.

4.2.2 Hipótesis general

Ho= La implementación del TPM no acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Ha= La implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Tabla 33. Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la OEE.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación	Mínimos	Máximos
OEE antes	8	0.6212	0.002	0.4858	0.7605
OEE después	8	0.8423	0.002	0.7435	0.8881
N válido (por lista)	16				

En la Tabla 36 se puede observar que la media de la eficiencia de los equipos antes y después de la implementación ha aumentado, pasando de 0.6212 a 0.8423. Se procede a realizar una prueba adicional utilizando el estadístico de la Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que ambas muestras son paramétricas.

Tabla 34. Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la eficiencia de equipos.

Eficiencia general de equipos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest -Postest	Rangos negativos	0	0.0000	0.0000
	Rangos positivos	8	0.8423	6.7386
	Empates	0	0.0000	0.0000
	Total	8		

Estadísticas de contraste ^a	
	OEE Antes - OEE Después
Z ^b	-0.3500
Sig. Asintótica bilateral (p)	0.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos

Regla de decisión:

Si: $p \leq 0,05$ Se rechaza la hipótesis nula

Interpretación:

Al realizar la prueba de Wilcoxon para la productividad antes y después de la implementación del TPM, se obtiene un valor de significancia menor a 0.05. Esto confirma que es válido afirmar que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

4.2.3 Hipótesis Específica 1

Ho= La implementación del TPM no acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Ha= La implementación del TPM acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Tabla 35. Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la disponibilidad

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación	Mínimos	Máximos
Disponibilidad antes	8	0.7709	0.046	0.7258	0.8266
Disponibilidad después	8	0.8914	0.006	0.8851	0.9073
N válido (por lista)	16				

Al analizar los resultados de la prueba de Wilcoxon para la disponibilidad antes y después de la implementación del plan TPM, se observa que la media ha aumentado de 0.7709 a 0.8914. Se procedió a verificar si es válido aceptar la hipótesis alternativa utilizando el estadístico de la Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, dado que ambas son paramétricas (ver Tabla 39).

Tabla 36. Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la disponibilidad de equipos.

Disponibilidad		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest -Postest	Rangos negativos	0	0.0000	0.0000
	Rangos positivos	8	0.8914	7.1310
	Empates	0	0.0000	0.0000
	Total	6		

Estadísticas de contraste ^a	
	OEE Antes - OEE Después
Z ^b	-0.964
Sig. Asintótica bilateral (p)	0.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos

Regla de decisión:

Si: $p \leq 0,05$ Se rechaza la hipótesis nula

Interpretación:

Al realizar la prueba de Wilcoxon para la disponibilidad antes y después de la implementación del TPM, se obtuvo un valor de significancia menor a 0.05. Esto respalda la afirmación de que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la implementación del TPM acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

4.2.4 Hipótesis Específica 2

Ho= La implementación del TPM no acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Ha= La implementación del TPM acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Tabla 37. Resultados estadísticos descriptivos de las medias del rendimiento

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación	Mínimos	Máximos
Rendimiento antes	8	0.8250	0.048	0.6400	1.0000
Rendimiento después	8	0.9550	0.002	0.8400	1.0000
N válido (por lista)	16				

Fuente: SPSS versión 26

Al analizar los resultados de la prueba de Wilcoxon para el rendimiento antes y después de la implementación del plan TPM, se observa que la media ha aumentado de 0.8250 a 0.9550. Se procedió a verificar si es válido aceptar la hipótesis alternativa utilizando el estadístico de la Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, dado que ambas son paramétricas (ver Tabla 41).

Tabla 38. Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para el rendimiento de la producción.

Disponibilidad		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest -Postest	Rangos negativos	0	0.0000	0.0000
	Rangos positivos	5	0.9680	4.8400
	Empates	3	0.9333	2.8000
	Total	8		

Estadísticas de contraste ^a	
	OEE Antes - OEE Después
Z ^b	-1.040
Sig. Asintótica bilateral (p)	0.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos

Regla de decisión:

Si: $p \leq 0,05$ Se rechaza la hipótesis nula.

Interpretación:

Se puede verificar en la Tabla 40 que mediante la prueba de Wilcoxon para el rendimiento antes y después, el valor de significancia es inferior a 0,05. Esto respalda la afirmación de que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la implementación del TPM acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

4.2.5 Hipótesis Específica 3

Ho= La implementación del TPM no incrementa la calidad de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Ha= La implementación del TPM incrementa la calidad de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

Tabla 39. Resultados estadísticos descriptivos de las medias de la calidad.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación	Mínimos	Máximos
Calidad antes	8	0.9778	0.013	0.9444	1.0000
Calidad después	8	0.9898	0.020	0.9583	1.0000
N válido (por lista)	16				

Fuente: Datos SPSS

Como se muestra en la Tabla 41, se puede evidenciar que la media de la calidad antes y después de la implementación del plan TPM se ha incrementado, pasando de 0.9778 a 0.9898. Según la regla de decisión, es correcto afirmar que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Para confirmar esto, se procede a utilizar el estadístico de la Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que ambas son paramétricas (ver Tabla 43).

Tabla 40. Resultados para muestras relacionadas de Prueba de Wilcoxon para la calidad de producción.

Disponibilidad		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest -Postest	Rangos negativos	0	0.0000	0.0000
	Rangos positivos	3	0.9867	2.9600
	Empates	5	0.9917	4.9583
	Total	8		

Fuente: Datos SPSS

Estadísticas de contraste ^a	
	OEE Antes - OEE Después
Z ^b	-0.096
Sig. Asintótica bilateral (p)	0.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos

Regla de decisión:

Si: $p \leq 0,05$ Se rechaza la hipótesis nula.

Interpretación:

Se puede verificar en la Tabla 42 que mediante la prueba T para la calidad antes y después, el valor de significancia es inferior a 0.05. Esto confirma que es correcto afirmar que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que la implementación del TPM incrementa la calidad de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación con el objetivo general, se halló que la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C., pasando los indicadores de OEE de 0.6394 a 0.8571, para una mejora del 25.39%. Los resultados obtenidos corroboran los hallazgos presentados por Bashar, Akhtar y Jahangir (2021) quienes postulan que la implementación efectiva del TPM se asocia intrínsecamente con una gestión de personas eficaz y ejerce un impacto positivo notable sobre el rendimiento integral de la organización. De acuerdo con Palange y Dhatrak (2021), este aspecto subraya la imperativa necesidad de incorporar tanto la gestión de personas como el TPM en las estrategias y praxis organizacionales con el fin de cosechar éxitos palpables. No obstante, Ribeiro y Otros (2019) identificaron que una de las principales barreras a la hora de implementar TPM radica en la resistencia al cambio manifestada por los empleados. La introducción de prácticas y procesos novedosos puede infundir temor e incertidumbre entre los trabajadores, dificultando de este modo la adopción de TPM.

En lo que respecta al primer objetivo específico, se evidenció que la media de la disponibilidad antes y después de la implementación del plan TPM se ha incrementado, pasando de 0.7865 a 0.9062, con una mejora de 13.20% para luego determinar que la implementación del TPM acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Esto concuerda con las observaciones de Canahua (2021), quien documentó un ascenso significativo en la eficiencia y disponibilidad de maquinaria, así como una minimización en los períodos de inactividad y los gastos asociados al mantenimiento. Además, Lozada, Lara y Buele (2021) explicaron que se enfatiza la preponderancia de la involucración de la totalidad de los empleados y la instauración de una cultura orientada hacia la mejora continua dentro de la entidad organizacional. De manera análoga, Xiang y Feng (2021) ejecutaron un análisis de sensibilidad con el objetivo de identificar los factores primordiales que ejercen influencia sobre el desempeño de los equipos, mientras que Dimas, Nieves y Toledo (2022) determinaron que ciertos factores, tales como la temperatura, la presión y la velocidad operativa, inciden de manera significativa en el rendimiento. Estas conclusiones pueden ser

beneficiosas para profundizar en la comprensión de los elementos determinantes del rendimiento del equipo y para implementar acciones destinadas a su optimización.

En cuanto al segundo objetivo específico, se evidenció que la media del rendimiento antes y después de la implementación del plan TPM se ha incrementado, pasando de 0.8350 a 0.9550, con una mejora del 12.8% para luego determinar que la implementación del TPM acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Los hallazgos del estudio llevado a cabo por TORTORELLA y otros (2021) revelaron una mejora substancial en el rendimiento de la línea de producción a raíz de la implementación del TPM respaldado por la metodología 5S. Se registró una disminución en los períodos de inactividad, así como un incremento en la eficiencia y la fiabilidad de la línea de producción. En un sentido concordante, Díaz, García Y Martínez (2019) descubrieron que la implementación del TPM dio lugar a mejoras notables en diversas facetas del rendimiento organizacional. Estas comprenden un aumento en la eficiencia del equipo y una disminución en las pérdidas y los tiempos muertos. Adicionalmente, Lama y otros (2021) indicaron que la adopción del TPM también propició mejoras en la calidad del producto, una reducción de defectos y un incremento en la satisfacción del cliente.

En lo que corresponde al tercer objetivo específico, se evidenció que la media de la calidad antes y después de la implementación del plan TPM se ha incrementado, pasando de 0.9778 a 0.9898, con una mejora del 1.20%, para luego determinar que la implementación del TPM incrementa la calidad de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. En cuanto a la calidad, las revelaciones del estudio conducido por Bashar, Akhtar Y Jahangir (2021) indicaron que el liderazgo y la dedicación de la alta dirección son esenciales para definir una visión nítida y fomentar una cultura de mejora continua en la organización. De igual manera, Dias (2022) explicó que es imperativo que los líderes manifiesten su respaldo y compromiso con la implementación del TPM y que comuniquen de manera eficaz los beneficios y metas del programa a todos los estratos de la empresa. Asimismo, Pardo et al. (2021) identificaron que la instauración del TPM propició una cultura de mantenimiento tanto proactivo como preventivo en la

entidad corporativa. Se subrayó la relevancia de la limpieza, inspección y mantenimiento periódico de los equipos, además de la resolución anticipada de problemas y la prevención de descomposturas. Este renovado enfoque respecto al mantenimiento coadyuvó a la mejora continua y a la minimización de las interrupciones no programadas en la producción.

Consecuentemente, el TPM se centra en potenciar la disponibilidad y fiabilidad de los equipos mediante la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y predictivo. Fernández (2020) determinó que, mediante la implementación de prácticas de mantenimiento planificado y sistemático, se consigue una reducción en los periodos de inactividad no programados y una maximización del tiempo efectivo de producción. De acuerdo con Yashini (2020) El TPM se fundamenta en el principio de mejora continua, aspirando a erradicar las causas subyacentes de las ineficiencias. De igual manera, KOSE y otros (2022) coincidieron en que a través del empleo de herramientas y técnicas de mejora, como el análisis de causas raíz y el mantenimiento autónomo, se identifican y gestionan problemas de naturaleza recurrente, lo que facilita la optimización de procesos y la maximización constante de la eficiencia de los equipos.

En cuanto a sus aportes, el estudio evidencia que la implementación del Total Productive Maintenance (TPM) en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. conduce a una mejora sustancial en la eficiencia general de los equipos. Socialmente, esto se traduce en un ambiente laboral más seguro y eficiente, ya que la involucración del personal en prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo fomenta la responsabilidad y la competencia entre los empleados. La mejora en la calidad de la producción y la reducción de tiempos muertos puede también resultar en una mayor satisfacción del cliente, lo cual a su vez puede mejorar la imagen corporativa y la sostenibilidad social de la empresa.

Científicamente, el estudio añade evidencia empírica al cuerpo de conocimiento existente, confirmando que una gestión de personas efectiva es esencial para el éxito del TPM. El aumento significativo en indicadores como la disponibilidad de equipos y el rendimiento de la producción ilustra el impacto positivo de TPM en el rendimiento organizacional. Además, destaca la importancia de factores operativos como la temperatura, la presión y la velocidad en el

rendimiento de los equipos, ofreciendo direcciones para futuras investigaciones enfocadas en la optimización del desempeño de los equipos.

Asimismo, el estudio reconoce limitaciones inherentes a la resistencia al cambio por parte de los empleados, lo que puede obstaculizar la adopción del TPM. La introducción de nuevas prácticas puede generar incertidumbre y temor, afectando la implementación efectiva. Además, el análisis no abarca el impacto a largo plazo de TPM ni considera factores externos que puedan influir en el desempeño de los equipos. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo investigaciones longitudinales para evaluar la sostenibilidad de las mejoras obtenidas y ampliar el estudio a diferentes contextos industriales para generalizar los hallazgos

VI. CONCLUSIONES

1. La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. ha propiciado un notable incremento en la eficiencia general de los equipos, elevando los indicadores de Eficiencia General del Equipo (OEE) de 0.6212 a 0.8423, lo que se traduce en una mejora del C Estos hallazgos enfatizan la capacidad del TPM para potenciar las operaciones de producción y mantener los activos de la empresa en una condición óptima, coadyuvando así en la obtención de objetivos operativos y estratégicos más amplios.
2. La introducción del TPM ha generado un ascenso en la disponibilidad media de los equipos en la mencionada empresa. Específicamente, se observó un aumento del indicador desde 0.7709 hasta 0.8914, reflejando una mejoría porcentual de 15.63%.
3. La ejecución del TPM ha derivado en un crecimiento en el rendimiento medio de producción en Industrial and Mining Solution S.A.C. La métrica de rendimiento ha experimentado un ascenso desde 0.8250 a 0.9550, implicando una elevación del 15.75%.
4. Con la implementación del TPM, se observó una optimización en la calidad media de la producción en la empresa, transitando desde un indicador de 0.9778 a 0.9898, lo cual representa una mejora de 1.22%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Fortalecer y continuar la implementación del TPM: Dada la notable mejora en la eficiencia general de los equipos gracias al TPM, se recomienda no solo mantener sino también fortalecer la implementación de esta metodología. Esto podría incluir la capacitación continua del personal, la implementación de auditorías regulares de TPM y la búsqueda de oportunidades para aplicar principios de TPM en otras áreas de la empresa que aún no se han explorado.
2. Enfoque en la Disponibilidad de equipos: Al observar un significativo aumento en la disponibilidad media de los equipos, se sugiere enfocarse en estrategias que mantengan y mejoren aún más esta disponibilidad. Esto puede lograrse mediante la optimización de los planes de mantenimiento preventivo, la mejora en la gestión de repuestos y la implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real para predecir y prevenir fallas antes de que ocurran.
3. Maximizar el rendimiento de producción: Con el crecimiento observado en el rendimiento medio de producción, es recomendable buscar formas de maximizar aún más este rendimiento. Esto podría incluir la optimización de procesos de producción, la reducción de tiempos de inactividad no planificados y la implementación de sistemas de gestión de producción más eficientes.
4. Mantener y mejorar la calidad de producción: Aunque la mejora en la calidad media de la producción es menos pronunciada que en otras áreas, sigue siendo importante. Se recomienda mantener el enfoque en la calidad mediante la implementación de controles de calidad más rigurosos, la formación continua del personal en prácticas de calidad y la inversión en tecnología que pueda ayudar a detectar y corregir problemas de calidad más rápidamente.

REFERENCIAS

ARGUETA, Jesús. Total Productive Maintenance (TPM) New Trends, Along Energy Fit Plant Maintenance Protocols (2010-2020) [en línea]. Revista Economía y Administración, 11(2), 79-88. Junio 2020 [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.5377/eya.v11i2.10521>

ISSN: 2219-6722

AYALA, Luis, & Santiesteban, Leidy (2019). Implementación del mantenimiento productivo total TPM para incrementar la productividad en el proceso de fabricación de monopolos de la empresa Esmetel Perú S.A.C. distrito de Comas, Lima-2018 [Universidad Privada del Norte]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15192>

BASHAR, Abul, AKHTAR, Ahsan, & JAHANGIR, Nadim. Linkage between TPM, people management and organizational performance [en línea]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 28(2), 350-366. Marzo 2022. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1108/JQME-11-2019-0105>

ISSN: 1355-2511

BOEREN, Ellen. The Methodological Underdog: A Review of Quantitative Research in the Key Adult Education Journals [en línea]. Adult Education Quarterly, 68(1). Noviembre 2018. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2023]. <https://doi.org/10.1177/0741713617739347>

ISSN 0741-7136.

BORGES, Gabriela, TORTORELLA, Guilherme, & MARTÍNEZ, Felipe. Simulation-based analysis of lean practices implementation on the supply chain of a public hospital [en línea]. Production, 30(1), e20190131. Diciembre 2020. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190131>

ISSN 0103-6513

CANAHUA, N. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica [en línea]. Industrial Data, 24(1), 49-62. Diciembre 2021. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>

ISSN: 2013-8423: 1810-1993

CHANDRA, Nila, NURJANAH, Suyisanti, & RIMAWAN, Erry. Calculation of Overall Equipment Effectiveness Total Productive Maintenance in Improving Productivity of Casting Machines [en línea]. International Journal of Innovative Science and Research Technology, 4(7), 442-446. Octubre 2019. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT19JL255.pdf>

ISSN: 2456-2165.

DÍAZ, Roberto, GARCÍA, Jorge, & MARTÍNEZ, Valeria. Impact Analysis of Total Productive Maintenance Critical Success Factors and Benefits [en línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2023]. Disponible en: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01725-5>

ISSN: 2456-2165.

FERNÁNDEZ, A. Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento basado en el TPM para una imprenta de documentos [en línea] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Diciembre 2020. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/651944>

FETTERMAN, Diego, TORTORELLA, Guilherme, CAUCHIK, Paulo, & SAWHNEY, Rapinder. Learning organisation and lean production: empirical research on their relationship [en línea]. International Journal of Production Research, 58(12), 3650-3666. Julio 2020 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2019.1633028>

ISSN: 1366-588X

FRANCHI, Iara, ANHOLON, Rosley, RAMPASSO, Izabela, Silva, Dirceu, Goncalves, Osvaldo, Santa-Eulalia, Luis, & Leal, Walter. Difficulties observed when implementing Total Productive Maintenance (TPM): empirical evidences from the manufacturing sector [en línea]. Gestão e Produção, 28(3), 1-15. Marzo 2021. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/gp/a/R7x6DPTx5QLgkjJWpXWJhpQ/>

ISSN: 0104-530X

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2018). Metodología de la investigación. McGraw-Hill, Editores. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN: 978-607-15-0291-9

IRFAN, Shahryar, ALI, Muhammad, HUSSAIN, Tahir, & ALI, Aamir. Review of Total Productive Maintenance (TPM) & Overall Equipment Effectiveness (OEE) Practices in Manufacturing Sectors [en línea]. Proceedings of the International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management, 1-20. Diciembre 2020. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2023]. Disponible en: <http://www.ieomsociety.org/imeom/261.pdf>

KUMAR, Aditya, KRUSHNA, Rama, & DHIR, Amandeep. Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: a behavioural reasoning theory perspective [en línea]. Production Planning & Control, 33(12), 1197-1213. Octubre 2022. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1080/09537287.2020.1857449>

ISSN: 1366-5871

LINS, María, PEREZ, Luis, & CAIADO, Rodrigo. Critical factors for lean and innovation in services: from a systematic review to an empirical investigation [en línea]. Total Quality Management & Business Excellence, 32(5-6), 606-631.

Febrero 2021. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1624518>

ISSN: 1478-3371

LUCENA, Francisco, AZNAR, Inmaculada, & ROMERO, José (2020). Factor humano en la productividad empresarial: un enfoque desde el análisis de las competencias transversales [en línea]. *Innovar*, 30(76), 85-94. Enero 2020. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2023]. Disponible en:
<https://doi.org/10.15446/innovar.v30n76.85194>

ISSN: 0121-5051

MAU, Milagros, RAMOS, Roger, LLONTOP, José, & RAYMUNDO, Carlos. Lean Manufacturing production management model to increase the efficiency of the production process of a MSME company in the chemical sector [en línea]. *International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-9. Diciembre 2019. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2023]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.18680/LACCEI2019.1.1.101>

ISSN: 2414-6390

MECA, José, & CAMELLO, Carlos. Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness [en línea]. *International Journal of Engineering and Management Research*, 10(2), 2-11. Mayo 2020. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en:
<https://ssrn.com/abstract=3590948>

ISSN: 2250-0758

NOVAIS, Luciano, MAQUEIRA, Juan, & MOYANO, José. Lean Production implementation, Cloud-Supported Logistics and Supply Chain Integration: interrelationships and effects on business performance [en línea]. *The International Journal of Logistics Management*, 31(3), 629-633. Julio 2020. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2019-0052>

ISSN: 0957-4093

PARDO, Nicole, MORALES, Esteban, CABEL, Jonathan, & RAYMUNDO, Carlos. Integrated TPM Lean Model Under the Theory of Constraints Approach that Allows Increased Production in Cement Companies in Lima, Peru [en línea]. *International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies*, 1193-1200. Diciembre 2021 [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en:
http://doi.org/10.1007/978-3-030-85540-6_153

ISSN: 2367-3370

PINTO, G., SILVA, F., BAPTISTA, A., FERNANDES, N., CASAIS, R., & CARVALHO, C. TPM implementation and maintenance strategic plan - a case study [en línea]. *Procedia Manufacturing*, 51(1), 1423-1430. Septiembre 2020. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>

ISSN: 2683-345X

PRASAD, Mohan, DHIYANESWARI, J., JAMAAN, Ridzwanul, MYTHREYAN, S., & SUTHARSAN, S.M. A framework for lean manufacturing implementation in

Indian textile industry [en línea]. *Materials Today: Proceedings*, 33(7), 2986-2995. Diciembre 2020 [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.979>

ISSN: 2214-7853

QUIROZ, Juan, CARRASCO, Karin, & AZNARÁN, Sanda.. Integrated BPM-TPM Maintenance Model to reduce over-time order rate in heavy-duty sector SMEs: A Research in Peru [en línea]. *IEIM 2022: 2022 The 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, 34-40. Diciembre 2021. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3524338.3524344>

RIBEIRO, I., GODINA, R., PIMENTEL, C., SILVA, F., & MATIAS, J. Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line [en línea]. *Procedia Manufacturing*, 38(1), 1574-1581. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Diciembre 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>

ISSN: 2351-9798

SHEARD, Judithe. Quantitative data analysis [en línea]. En: *Research Methods (Second Edition): Information, Systems, and Contexts*, 429-452. Enero 2018. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102220-7.00018-2>

ISBN: 9780081022214

SHEU, Pei, & CHANG, Shu. Relationship of service quality dimensions, customer satisfaction and loyalty in e-commerce: a case study of the Shopee App [en línea]. *Applied Economics*, 54(1), 4597-4607. Enero 2022. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1980198>

ISSN: 1466-4283

SINGH, Sandeep, KHAMBA, Jaimal, & Singh, Davinder (2021). Role and scope of overall equipment effectiveness implementation in Indian sugarmill industries: A justified approach [en línea]. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 236(2), 546-555. Febrero 2021. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/09544089211050173>

ISSN: 2058-1203

SUTHARSAN, Sri, & KAPLE, Gavatri (2019). Benefits of Implementing the 8-Pillars of Total Productive Maintenance - A Case [en línea]. *Supply Chain Pulse*, 10(2), 32-40. Febrero 2021. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2376198634>

ISSN: 0975-7015

TAGUCHI, Naoko. Description and explanation of pragmatic development: Quantitative, qualitative, and mixed methods research [en línea]. *System*, 75(2), 23-

32. Febrero 2018. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.system.2018.03.010>

ISSN: 1879-3282

THAKUR, R., & PANGHAL, D. Total productive maintenance [en línea]. Lean Tools in Apparel Manufacturing, 12(1), 30-49. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-819426-3.00005-9>

ISSN: 9780-0891

TORTORELLA, Guilherme, FOGLIATTO, Flavio, CAUCHIK, Paulo, KURNIA, Sherah, & JURBURG, D. Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices in textile manufacturing [en línea]. International Journal of Production Economics, 240(1), 108224. Julio 2021. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>

ISSN: 0925-5273

UDDIN, Mahraj, SAKALINE, Golam, & AZIZ, Mohammed. Enhancing OEE as a Key Metric of TPM Approach-A Practical Analysis in Garments Industries [en línea]. European Journal of Engineering and Technology Research, 6(2), 142-151. Febrero 2021. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.24018/ejeng.2021.6.2.2376>

ISSN: 2736-576X

XIANG, Zhang, & FENG, Chin. Implementing Total Productive Maintenance in a Manufacturing Small or Medium-Sized Enterprise [en línea]. Journal of Industrial Engineering and Management, 14(2), 152-175. Febrero 2021. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.3926/jiem.3286>

ISSN: 2013-8423

ANEXOS

Anexo 1.

Operacionalización de las variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
VI: Mantenimiento productivo total (TPM)	Es un enfoque de gestión que busca maximizar la eficiencia y la productividad de los equipos y procesos en una organización; se centra en el mantenimiento preventivo, la mejora continua, (Pardo y otros, 2021).	Evaluación de los niveles de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad en el área de producción de la organización antes y después de la implementación de estrategias de TPM	Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número de fallas}} \times 100\%$	Razón:
			Confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{Número de fallas} + 1} \times 100\%$	
			Disponibilidad	$Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	
VD: Eficiencia general de equipos (OEE)	Es una métrica utilizada para evaluar y medir el rendimiento de los equipos de producción en una organización. Se calcula como el producto de tres componentes principales: disponibilidad, rendimiento y calidad (Irfan y otros, 2020)	Medición del cumplimiento de disponibilidad, rendimiento y calidad antes y después de la implementación de estrategias de TPM, para obtener una visión integral del rendimiento del equipo y permite identificar oportunidades de mejora	Disponibilidad	$Disp = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}} \times 100\%$	Razón:
			Rendimiento	$Rendimiento = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades planificadas}} \times 100\%$	
			Calidad	$Calidad = \frac{\text{unidades aceptadas}}{\text{Total unidades elaboradas}} \times 100\%$	

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

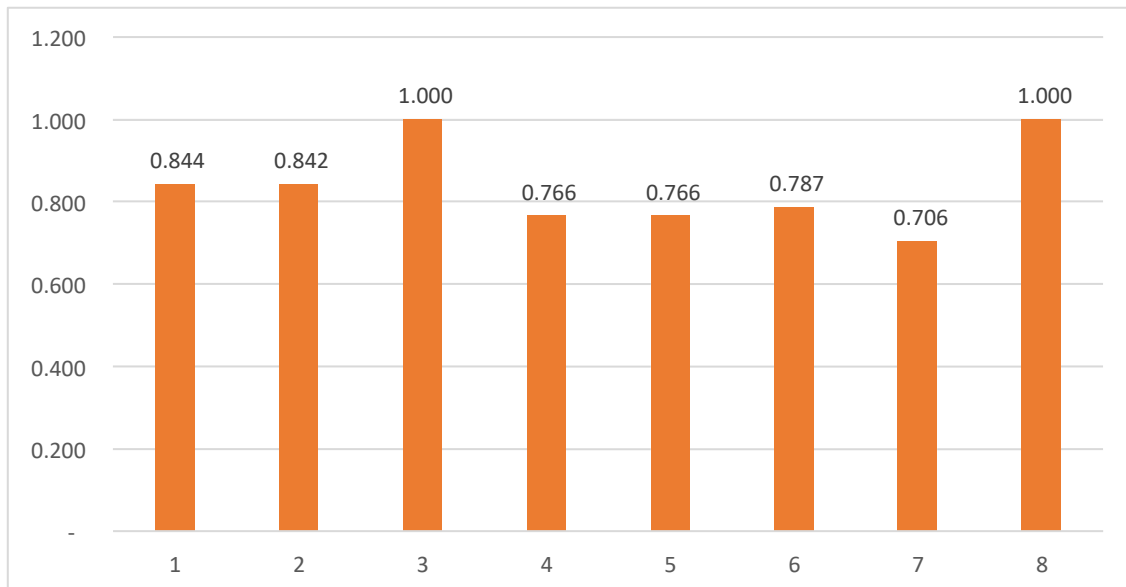
Datos Pretest

Indicadores de mantenimiento antes de la implementación.

Semana	Horas de operación	Número de fallas	Horas de reparación	Índice de confiabilidad (MTBF)	Índice de mantenibilidad (MTTR)	Índice de disponibilidad
1	72	3	10	18.00	3.33	0.844
2	72	2	9	24.00	4.50	0.842
3	72	-	-	72.00	-	1.000
4	72	1	11	36.00	11.00	0.766
5	72	1	11	36.00	11.00	0.766
6	72	2	13	24.00	6.50	0.787
7	72	1	15	36.00	15.00	0.706
8	72	2	-	24.00	-	1.000
Totales	576	12	69.0	44.31	5.75	0.8851

Nota: datos suministrados por la Gerencia de Operaciones de la empresa.

Gráfica de tendencias de Indicadores de mantenimiento antes de la implementación.

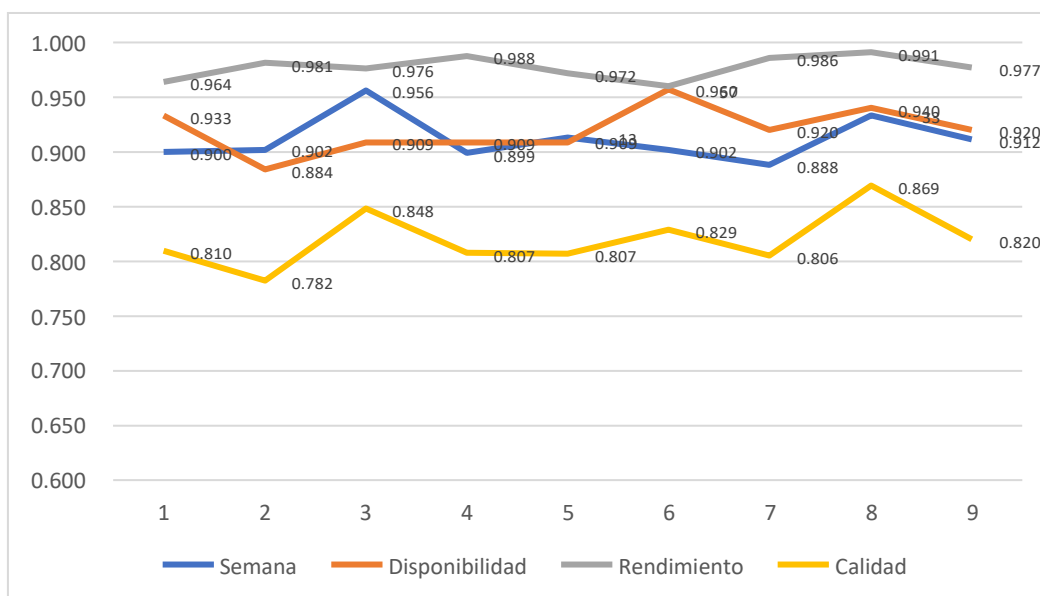


Resultados del índice de eficiencia general de equipos OEE antes de la implementación.


Semana	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1	0.900	0.933	0.964	0.810
2	0.902	0.884	0.981	0.782
3	0.956	0.909	0.976	0.848
4	0.899	0.909	0.988	0.807
5	0.913	0.909	0.972	0.807
6	0.902	0.957	0.960	0.829
7	0.888	0.920	0.986	0.806
8	0.933	0.940	0.991	0.869
Totales	0.912	0.920	0.977	0.820

Nota: información obtenida en el proceso de observación inicial mediante fichas de registro.

Gráfica de tendencias índice de eficiencia general de equipos OEE antes de la implementación.



Anexo 3. Carta de Autorización

**Industrial and Mining Solution S.A.C.**
RUC: 20555331721
Dirección: Jr. Jorge Anson 1966
Urb El Trébol - Los Olivos
Teléfono: +51(1)8749960


CARTA DE AUTORIZACION

Los Olivos, 02 de noviembre del 2023

Yo, José Luis Rumiche Pazos identificación con D.N.I 41214558, Gerente General de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C, con RUC 20555331721. Autorizo al Sr. Juan Carlos Gallardo Mendoza, identificado con DNI Nro. 71858964, con domicilio en Condominio Torre las Praderas Mz E, distrito de Comas, provincia y departamento de Lima, quien es estudiante de la facultad de Ingeniería Industrial en la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte, para que pueda hacer uso de la siguiente información:

- Giro y/o rubro comercial
- Organigrama interno de la empresa (únicamente cargos, no incluye datos como nombres y/o información confidencial de los colaboradores).
- Clientes, únicamente clasificados por zonas (Por política interna de base de datos personales, no autorizamos el uso de nombres ni cualquier dato confidencial de nuestros clientes).
- Nombre de maquinarias de la empresa (No se autoriza uso de fichas técnicas ni especificaciones especiales de cada maquinaria).
- Registro de tiempos de para de máquinas por averías.
- Registro de tiempo de duración de producción.
- Formatos de implementación.
- Registro fotostático de máquinas averiadas, incluyendo la reparación de cada una.

El uso de esta información es autorizada para la elaboración de la tesis de investigación denominada "Implementación del TPM para mejorar la eficiencia general de equipos de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Lima 2023". Asimismo, se establece que la empresa podrá disolver la autorización sin necesidad de comunicación previa, cuando así lo decida o cuando la información recopilada de la empresa esté teniendo un tratamiento distinto al de la presente autorización.


JOSE LUIS RUMICHE PAZOS
GERENTE GENERAL
INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION S.A.C
Gerente General

Anexo 4. Certificación de vigencia



Código de Verificación:
43655163
Solicitud N° 2023 - 6131459
03/10/2023 14:32:36

REGISTRO DE PERSONAS JURÍDICAS LIBRO DE SOCIEDADES ANONIMAS

CERTIFICADO DE VIGENCIA

El servidor que suscribe, **CERTIFICA:**

Que, en la partida electrónica N° 13119502 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de LIMA, consta registrado y vigente el **nombramiento** a favor de RUMICHE PAZOS, JOSE LUIS, identificado con DNI. N° 41214558 , cuyos datos se precisan a continuación:

DENOMINACIÓN O RAZÓN SOCIAL: INDUSTRIAL AND MINING SOLUTION S.A.C.

LIBRO: SOCIEDADES ANONIMAS

ASIENTO: C00002

CARGO: GERENTE GENERAL

FACULTADES:

(...)

NOMBRAR COMO NUEVO GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA A JOSE LUIS RUMICHE PAZOS, IDENTIFICADO CON D.N.I N° 41214558, PARA QUE PUEDA EJERCER LAS FACULTADES CONTENIDAS EN EL ESTATUTO DE LA EMPRESA INSCRITO EN LA PARTIDA DE LA SOCIEDAD.

(...)

ASIMISMO, EN EL ASIENTO A00001 CONSTA REGISTRADA LA ESCRITURA PÚBLICA DEL 21/10/2013 OTORGADA ANTE EL NOTARIO VAINSTEIN BLANCK, MARCOS EN LA CIUDAD DE LIMA, DONDE SE ACORDO:

RÉGIMEN DE LA GERENCIA:(ART. 9°).- LA SOCIEDAD TENDRÁ UN GERENTE GENERAL Y UNO O MÁS GERENTES, SOCIOS O NO, ELEGIDOS POR LA JUNTA GENERAL, QUE FIJARA SUS FACULTADES Y REMUNERACIONES. EL GERENTE GENERAL ESTÁ FACULTADO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ACTOS Y CONTRATOS ORDINARIOS CORRESPONDIENTES AL OBJETO DE LA SOCIEDAD, PUDIENDO ASIMISMO REALIZAR LOS SIGUIENTES ACTOS:

1) FACULTADES JUDICIALES Y ADMINISTRATIVAS:

A) REPRESENTAR A LA SOCIEDAD ANTE TODA CLASE DE AUTORIDAD, GOZANDO DE LAS FACULTADES SEÑALADAS EN LOS ARTÍCULOS 74°, 75°, 77° Y 436° DEL CÓDIGO PROCESAL CIVIL, ASÍ COMO LAS FACULTADES DE REPRESENTACIÓN PREVISTAS EN EL ARTÍCULO 10° DE LA LEY 26636 Y DEMÁS NORMAS, CONEXAS Y COMPLEMENTARIAS; TENIENDO EN TODOS LOS CASOS FACULTAD DE DELEGACIÓN Y SUSTITUCIÓN. ADEMÁS, PODRÁ CELEBRAR CONCILIACIONES O TRANSACCIONES, JUDICIALES O EXTRAJUDICIALES, PUDIENDO CONCILIAR Y DISPONER DE LOS DERECHOS MATERIA DE CONCILIACIÓN, SUSCRIBIR EL ACTA CONCILIATORIA O LOS DOCUMENTOS NECESARIOS PARA ELLO; EJERCER REPRESENTACIÓN EN PROCESOS ARBITRALES, PUDIENDO NOMBRAR ÁRBITROS Y ACORDAR PROCEDIMIENTOS PARA EL NOMBRAMIENTO RESPECTIVO, RECUSARLOS, PACTAR O CELEBRAR CONVENIOS ARBITRALES Y COMPROMISOS NECESARIOS PARA SOMETER A ARBITRAJE CONTROVERSIAS Y/O DERECHOS DE LIBRE DISPOSICIÓN, ASÍ COMO PARA RENUNCIAR AL ARBITRAJE; POR LO QUE GOZARÁ DE TODAS LAS FACULTADES ESTABLECIDAS EN LAS DIFERENTES DISPOSICIONES LEGALES QUE LOS REGULAN.

B) REPRESENTAR A LA EMPRESA ANTE TODA CLASE DE AUTORIDADES ADMINISTRATIVAS,

LOS CERTIFICADOS QUE EXTIENDEN LAS OFICINAS REGISTRALES ACREDITAN LA EXISTENCIA O INEXISTENCIA DE INSCRIPCIONES O ANOTACIONES EN EL REGISTRO AL TIEMPO DE SU EXPEDICIÓN (ART. 140° DEL T.U.O DEL REGLAMENTO GENERAL DE LOS REGISTROS PUBLICOS APROBADO POR RESOLUCION N° 128-2012-SUNARP-SN)

LA AUTENTICIDAD DEL PRESENTE DOCUMENTO PODRÁ VERIFICARSE EN LA PÁGINA WEB [HTTPS://ELINEA.SUNARP.GOB.PE/SUNARPWEB/PAGES/PUBLICIDADCERTIFICADA/VERIFICARCERTIFICADOLITERAL.FACES](https://eLINEA.SUNARP.GOB.PE/SUNARPWEB/PAGES/PUBLICIDADCERTIFICADA/VERIFICARCERTIFICADOLITERAL.FACES) EN EL PLAZO DE 90 DÍAS CALENDARIO CONTADOS DESDE SU EMISIÓN.

REGLAMENTO DEL SERVICIO DE PUBLICIDAD REGISTRAL : ARTÍCULO 81 - DELIMITACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD. EL SERVIDOR RESPONSABLE QUE EXPIDE LA PUBLICIDAD FORMAL NO ASUME RESPONSABILIDAD POR LOS DEFECTOS O LAS INEXACTITUDES DE LOS ASIENOS REGISTRALES, INDICES AUTOMATIZADOS, Y TITULOS PENDIENTES QUE NO CONSTEN EN EL SISTEMA INFORMÁTICO.

Anexo 5. Matriz Evaluación por juicio de expertos

Nº	VARIABLE/DIMENSIÓN Variable Independiente: Mantenimiento productivo total (TPM)	Coherencia 1		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Dimensión 1: Mantenibilidad. $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número de fallas}}$	X		X		X		
2	Dimensión 2: Confiabilidad. $MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{Número de fallas} + 1}$	X		X		X		
3	Dimensión 3: Disponibilidad. $Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	X		X		X		
Variable Dependiente: Eficiencia general de equipos (OEE)		Si	No	Si	No	Si	No	Sugerencias
4	Dimensión: Disponibilidad $Disp = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}}$	X		X		X		
5	Dimensión: Rendimiento. $\text{Rendimiento} = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades planificadas}}$	X		X		X		
6	Dimensión: Calidad. $\text{Calidad} = \frac{\text{unidades aceptadas}}{\text{Total unidades elaboradas}}$	X		X				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X], Aplicable después de corregir [], No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Paz Campaña Augusto Edward DNI : 07945812

Especialidad del validador: Ing industrial

Lima, 13 de Junio 2023

1 coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

2Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

3Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante.

N°	VARIABLE/DIMENSIÓN	Coherencia 1		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable Independiente: Mantenimiento productivo total (TPM)							
1	Dimensión 1: Mantenibilidad. $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número de fallas}}$	X		X		X		
2	Dimensión 2: Confiabilidad. $MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{Número de fallas} + 1}$	X		X		X		
3	Dimensión 3: Disponibilidad. $Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	X		X		X		
	Variable Dependiente: Eficiencia general de equipos (OEE)	Si	No	Si	No	Si	No	Sugerencias
4	Dimensión: Disponibilidad $Disp = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}}$	X		X		X		
5	Dimensión: Rendimiento. $Rendimiento = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades planificadas}}$	X		X		X		
6	Dimensión: Calidad. $Calidad = \frac{\text{unidades aceptadas}}{\text{Total unidades elaboradas}}$	X		X				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SI HAY SUFICIENCIA.**

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X], Aplicable después de corregir [], No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador: **Dr. Diaz Dumont Jorge Rafael** DNI : 08698815

Especialidad del validador: **Ing industrial**

Lima, 13 de Junio 2023

1 coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

2Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

3Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


Dr. Jorge Rafael Diaz Dumont (PhD)
INVESTIGADOR CIENCIA Y TECNOLOGIA
SINACYT - REGISTRO REGINA 15697

Firma del Experto Informante.

Nº	VARIABLE/DIMENSIÓN	Coherencia 1		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable Independiente: Mantenimiento productivo total (TPM)							
1	Dimensión 1: Mantenibilidad. $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número de fallas}}$	X		X		X		
2	Dimensión 2: Confiabilidad. $MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{Número de fallas} + 1}$	X		X		X		
3	Dimensión 3: Disponibilidad. $Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$			X		X		
	Variable Dependiente: Eficiencia general de equipos (OEE)	Si	No	Si	No	Si	No	Sugerencias
4	Dimensión: Disponibilidad $Disp = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}}$	X		X		X		
5	Dimensión: Rendimiento. $Rendimiento = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades planificadas}}$	X		X		X		
6	Dimensión: Calidad. $Calidad = \frac{\text{unidades aceptadas}}{\text{Total unidades elaboradas}}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X], Aplicable después de corregir [], No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Montoya Cárdenas Gustavo Adolfo

Especialidad del validador: Magister

Lima, 13 de junio 2023

1 coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

2Relevancia: El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

3Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


GUSTAVO ADOLFO
MONTAYA CÁRDENAS
INGENIERO INDUSTRIAL
RUC: CEP N° 14408

Firma del Experto Informante.

Anexo 7 Matriz de Coherencia

Implementación del TPM para mejorar la eficiencia general de equipos de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Lima 2023						
Autor 1 : Lindo Mendoza Alex Manuel , Autor 2 : <small>Gallardo</small> Mendoza Juan Carlos						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
¿Cómo la implementación del TPM incrementará la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.?	determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.	: La implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C.	Variable Mantenimiento productivo total (TPM)	Mantenibilidad $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número de fallas}} \times 100\%$	Ficha de recopilación de datos	Tipo de investigación: Aplicada
				Confiabledad $MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{\text{Número de fallas} + 1} \times 100\%$		Enfoque de la investigación: Cuantitativo
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS				
¿Cómo la implementación del TPM incrementará la disponibilidad de los equipos en la empresa?	determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la eficiencia general de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.	La implementación del TPM acrecienta la disponibilidad de los equipos en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.	Variable Dependiente (Y) Eficiencia general de equipos (OEE)	Disponibilidad $Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	Ficha de recopilación de datos	El diseño de la investigación: Pre Experimental
¿Cómo la implementación del TPM incrementará el rendimiento en la empresa?	determinar cómo la implementación del TPM acrecienta el rendimiento en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.	La implementación del TPM acrecienta el rendimiento de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.		Disponibilidad $Disp = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}} \times 100\%$	Ficha de recopilación de datos	El nivel de la investigación: Explicativa
¿Cómo la implementación del TPM incrementará la calidad de producción en la empresa?	determinar cómo la implementación del TPM acrecienta la calidad en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.	la implementación del TPM incrementa la calidad de la producción en la empresa Industrial and Mining Solution, S.A.C.		Rendimiento $Rendimiento = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades planificadas}} \times 100\%$	Ficha de recopilación de datos	Población: Maquinarias

Calidad

$$Calidad = \frac{\text{unidades aceptadas}}{\text{Total unidades elaboradas}} \times 100\%$$

Anexo 8. Resultados de la observación de los subprocesos de mantenimiento de la empresa relacionada con los métodos, medio ambiente, materiales, procesos y recursos humanos.

Ítems	Aspecto por observar	Hallazgos	
		Presente	Ausente
MÉTODOS			
1	Existencia de algún método en la empresa para identificar y notificar fallas en el proceso de mantenimiento.	x	
2	Planificación de reuniones de nivel táctico para discutir mejoras de procesos y seguimiento a actividades.	x	
3	Desarrollo de acciones para conservar y mejorar las condiciones de maquinarias y equipos con la participación del usuario u operador.		x
4	Inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento.	x	
5	Aplicación de alguna metodología para hacer seguimiento a los procesos e implementar mejoras.		x
6	El proceso de mantenimiento está soportado por un sistema de información que permita obtener información en tiempo real de las operaciones.	x	
7	Se realizan actividades de coordinación entre el área comercial, planificación, suministros y mantenimiento para identificar necesidades y prioridades basadas en los requerimientos de los clientes.		x
8	Se ha definido un proceso de planificación de los mantenimientos que incluye las funciones y responsabilidades de cada área clave para el logro de los objetivos.		x
MEDIO AMBIENTE			
Ítems	Aspecto por observar	Hallazgos	
		Presente	Ausente
9	Programación de actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en el proceso de producción.	x	
10	Evidencias de paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina o equipo.	x	

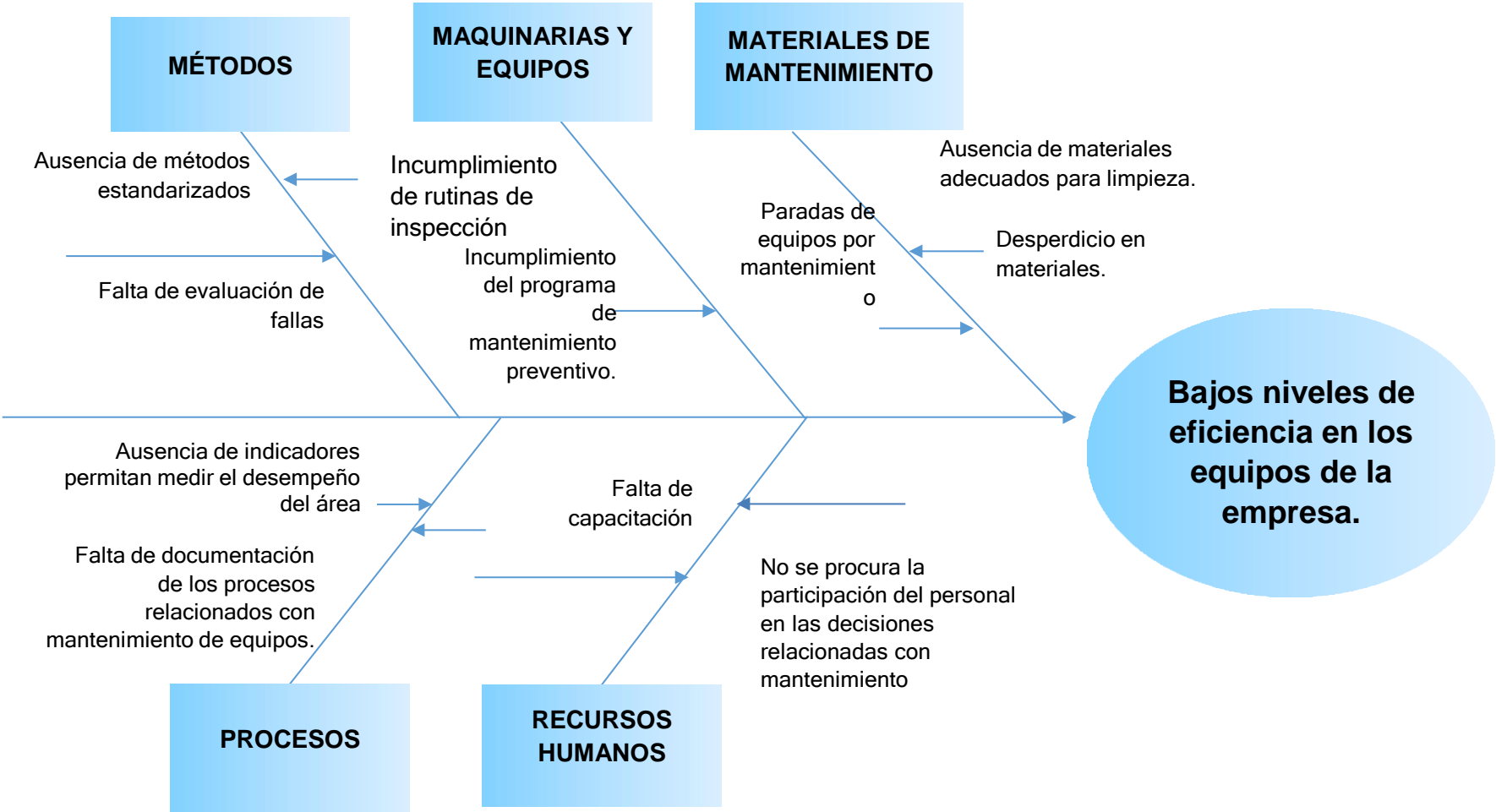
11	Medición del impacto ambiental de las operaciones de mantenimiento		x
12	Medición de los niveles de desperdicio generados en las operaciones.		x
13	Métodos apropiados para la disposición final de los residuos.		x
14	Plan de reciclaje	X	
15	Capacitación al personal en métodos para minimizar el impacto ambiental de las operaciones.		x

MATERIALES

Ítems	Aspecto por observar	Hallazgos	
		Presente	Ausente
16	Los trabajadores cuentan con las herramientas y materiales adecuados para hacer sus labores.	x	
17	Los trabajadores cuentan con los materiales adecuados para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas.		x
18	Los trabajadores disponen de los equipos de protección para hacer su trabajo en condiciones seguras.	x	
19	Se genera desperdicio de material por reprocesos de productos no aceptables.	x	
20	Se cuenta con un plan de reposición de inventarios de materiales e insumos para asegurar la continuidad de las operaciones.	x	
21	Se han creado alianzas estratégicas con los proveedores para garantizar una política de costos acorde con las expectativas del negocio y la continuidad de las operaciones.		x
22	Al momento de iniciar el proceso de mantenimiento de un proyecto se cuenta con todos los materiales e insumos para garantizar la continuidad de las operaciones y evitar retrasos.		x
23	Se han desarrollado acciones para evaluar el desempeño de los proveedores en cuanto a tiempo de entrega, cantidades entregadas y calidad del producto recibido.	x	
24	Existe comunicación adecuada entre el personal responsable de la planificación y las áreas de apoyo.	x	
25	Se han creado indicadores de gestión para medir el nivel de desempeño del área de mantenimiento.	x	

26	Se generan servicios defectuosos por fallas en el proceso de mantenimiento.	x	
27	El proceso de mantenimiento se realiza de forma organizada y ordenada.		x
28	Las áreas de trabajo se mantienen limpias, ordenadas y libres de contaminación.		x
29	El personal cumple con los procedimientos establecidos para llevar a cabo las operaciones bajo estándares de calidad.	x	
30	Se han hecho mediciones de tiempo en los procesos de mantenimiento para evaluar las causas de los cuellos de botella.		x
31	Se han desarrollado estrategias para conocer las acciones desarrolladas por los competidores directos.		x
32	Se han desarrollado estrategias para conocer las necesidades de los clientes que impliquen el desarrollo de nuevos servicios.		x
RECURSOS HUMANOS			
Ítems	Aspecto por observar	Hallazgos	
		Presente	Ausente
33	Los trabajadores han recibido capacitación para incrementar sus competencias y desempeño en las operaciones.		x
34	Los trabajadores han recibido capacitación para realizar mantenimiento preventivo y predictivo de las operaciones.		x
35	Existe un plan formal de capacitación al personal coordinado por la gerencia de Recursos Humanos.		x
36	Existe un plan formal de motivación al personal coordinado por la gerencia de Recursos Humanos.		x
37	La empresa ha incentivado al personal a proponer mejoras en el proceso de producción de la empresa.		x
38	Se comparte con el personal operativo información relativa a la misión, visión, objetivos y nuevos proyectos de la empresa.	x	

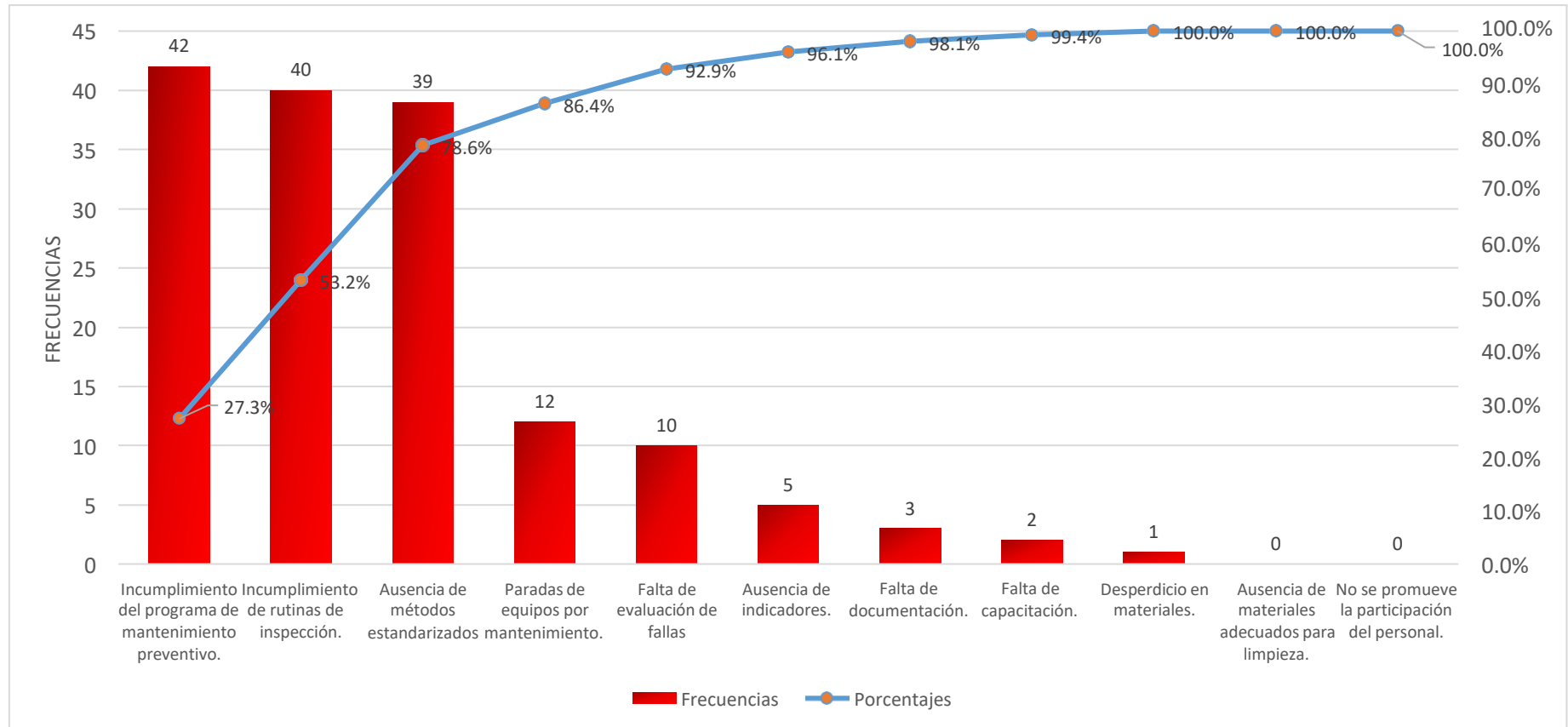
Anexo 9. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los factores que inciden en los bajos niveles de eficiencia en la gestión de mantenimiento de la empresa.



Anexo 10. *Frecuencia de ocurrencia de los principales los factores que inciden en los bajos niveles de eficiencia en la gestión de mantenimiento de la empresa.*

Situación detectada	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje acumulado
Incumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.	42	27.3%	27.3%
Incumplimiento de rutinas de inspección.	40	26.0%	53.2%
Ausencia de métodos estandarizados	39	25.3%	78.6%
Paradas de equipos por mantenimiento.	12	7.8%	86.4%
Falta de evaluación de fallas	10	6.5%	92.9%
Ausencia de indicadores.	5	3.2%	96.1%
Falta de documentación.	3	1.9%	98.1%
Falta de capacitación.	2	1.3%	99.4%
Desperdicio en materiales.	1	0.6%	100.0%
Ausencia de materiales adecuados para limpieza.	0	0.0%	100.0%
No se promueve la participación del personal.	0	0.0%	100.0%

Diagrama de Pareto de la frecuencia de ocurrencia de los principales factores que inciden en los bajos niveles de eficiencia en la gestión de mantenimiento de la empresa.

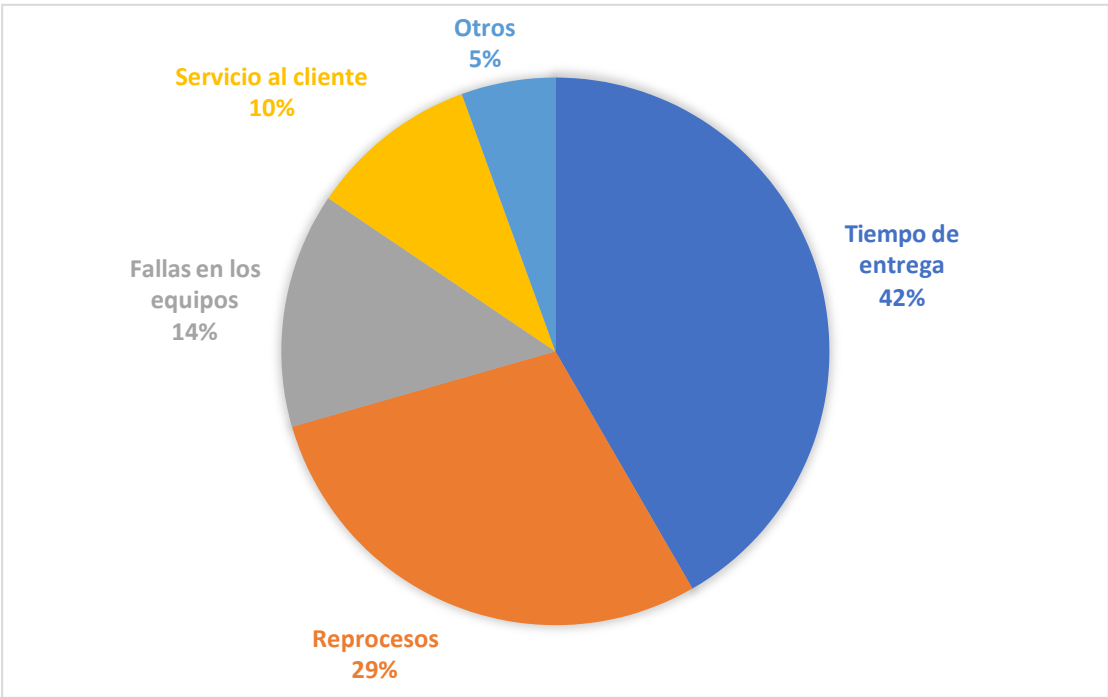


Nota: elaborado con la información obtenida en Tabla de frecuencias de los factores que inciden en los bajos niveles de mantenimiento.

Anexo 11. Causas de los reclamos de los clientes de la empresa - Año 2021.

Causa del reclamo	Valor absoluto	Valor relativo
Tiempo de entrega	75	41.67%
Reprocesos	52	28.89%
Fallas en los equipos	25	13.89%
Servicio al cliente	18	10.00%
Otros	10	5.56%
Totales	180	100.00%

Gráfica de los reclamos de los clientes de la empresa - Año 2021.



Anexo 12. *Evaluación y selección de la propuesta de solución*

Para la selección de la mejor alternativa de solución, se recurrió a la denominada matriz FACTIS, que implica los siguientes criterios:

F= Facilidad de implementación; es decir, la empresa cuenta con los recursos y el apoyo de la dirección para implementar el cambio.

A= Afectación o efecto de la propuesta a otras áreas de la empresa; para medir el grado en que los cambios propuestos impliquen cambios en otras áreas.

C= Calidad; la propuesta de mejora contribuye a incrementar la satisfacción del cliente.

T= Tiempo de solución; para medir cuales de las propuestas ofrece más conveniencia en cuanto a los tiempos de implementación.

I= Inversión; para evaluar el impacto financiero de los cambios propuestos.

S= Seguridad, contribución de los cambios al incremento de la seguridad de los procesos.

Esta evaluación se realizó con los siguientes factores de ponderación:

1= La opción es muy difícil de implementar.

2= La opción seleccionada es difícil de implementar.

3= Se dificulta el nivel exacto que puede presentar la opción en cuanto a su facilidad o dificultad.

4= La opción seleccionada es fácil de implementar.

5= La opción seleccionada es muy fácil de implementar.

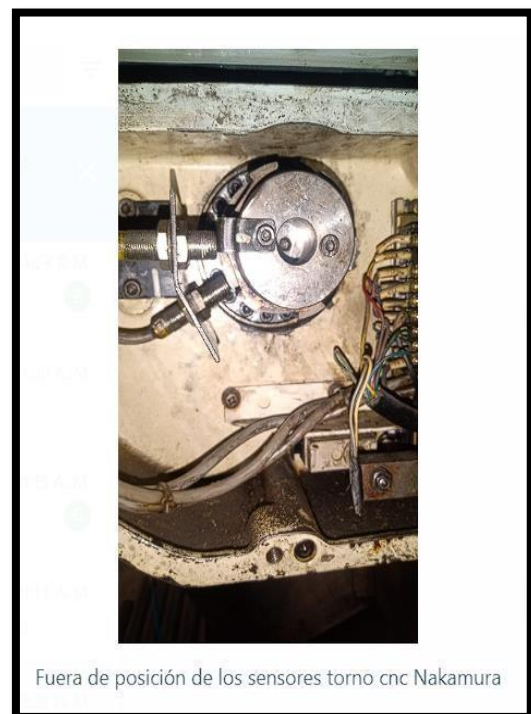
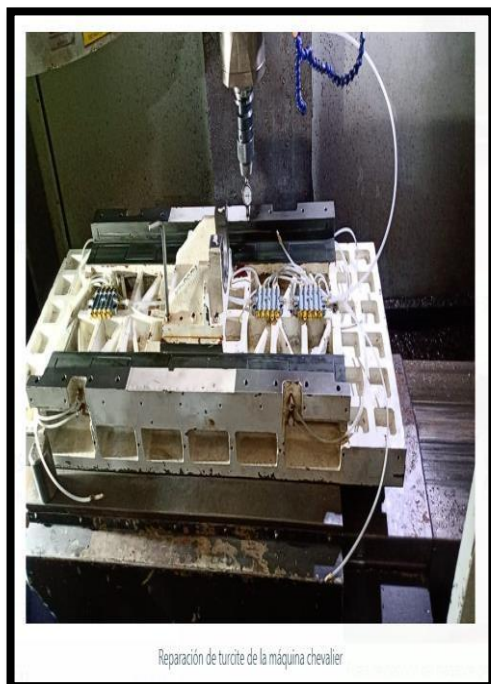
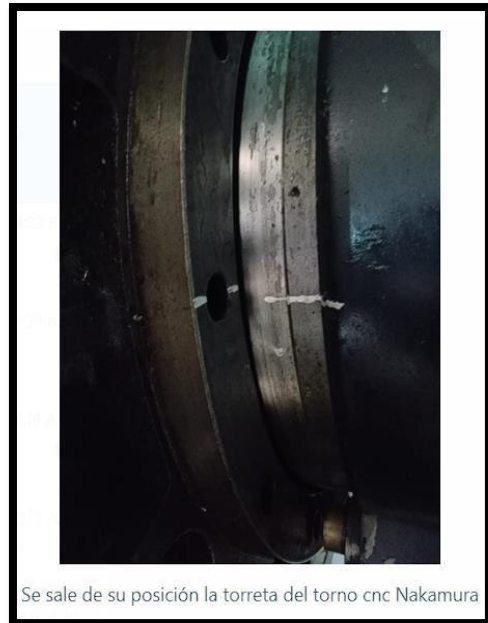
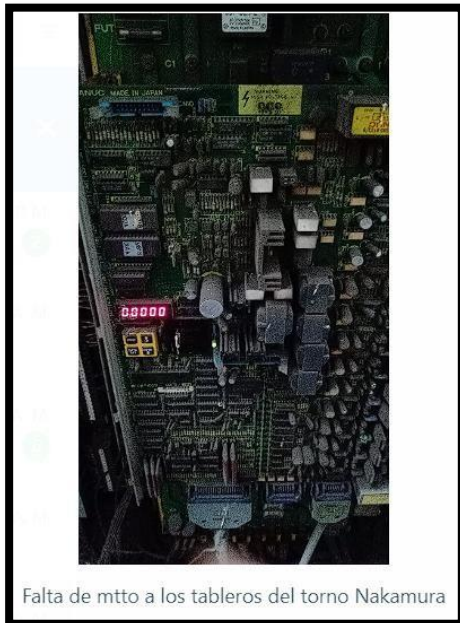
Como tercer elemento del análisis, se debe determinar la importancia del factor de ponderación, para lo cual se estableció un rango cuantitativo del 1 al 10, en el cual el valor uno corresponde a un elemento que carece de importancia y el valor 10 corresponde al elemento críticamente importante. Con La combinación de ambas evaluaciones se elaboró la matriz FACTIS con la cual se tomó la decisión de seleccionar la mejor opción:

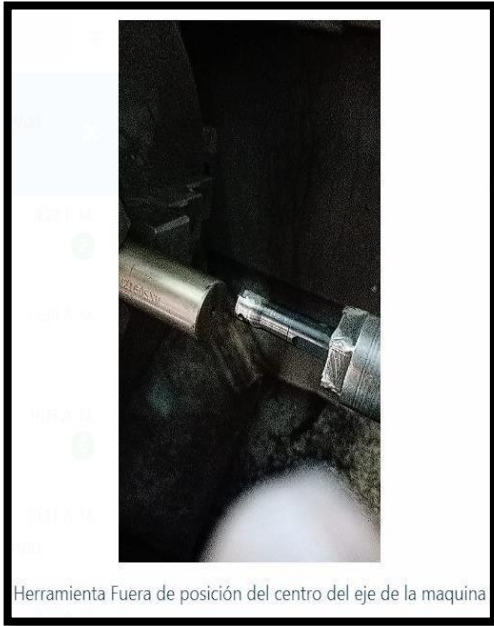
Matriz FACTIS para la selección de la mejor alternativa de solución relacionadas con la mejora en la eficiencia general de equipos.

Criterio	Importancia	Alternativa A: Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad			Alternativa B: Rediseño de las actividades de mantenimiento con la aplicación de TPM			Alternativa C: Implementación del modelo de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)		
		Evaluación	Valor	Puntos	Evaluación	Valor	Puntos	Evaluación	Valor	Puntos
Factibilidad	10	Oferta de empresas asesoras	2	20	Personal disponible para implementación	5	50	Personal disponible para implementación	3	30
Afectación	9	Ninguna	4	36	Tiempo razonable de implementación	5	45	Tiempo razonable de implementación	3	27
Calidad	10	Alineación con estándares	4	40	Alineación con estándares	4	40	Alineación con estándares	4	40
Tiempo	8	Seis meses	2	16	Seis meses	5	40	Seis meses	2	12
Inversión	10	Inversión alta	1	10	Inversión mediana	4	40	Inversión baja	5	50
Seguridad	7	Incremento de la seguridad	4	28	Incremento de la seguridad	5	35	Incremento de la seguridad	5	35
Totales				150			250			194

Una vez realizada la matriz de selección de alternativas, se escoge la opción B, Rediseño de las actividades de mantenimiento con la aplicación de TPM.

Anexo 14 Maquinarias antes de la implementacion





Herramienta Fuera de posición del centro del eje de la máquina



Falta de mtto a los sensores



Falta de mtto a las guardas máquina chevalier



Anexo 14.

RESULTADOS EN SPSS

	D_Antes	R_antes	C_antes	OEE_antes	D_despues	R_despues	C_despues	OEE_despues
1	.8261	.8400	1.0000	.6939	.8921	.8400	1.0000	.7494
2	.7309	.9600	.9583	.6724	.8245	.9600	.9583	.7585
3	.7932	.7600	1.0000	.6028	.9118	.8800	1.0000	.8024
4	.7928	.9200	.9565	.6977	.9466	1.0000	.9600	.9087
5	.7898	.7600	1.0000	.6003	.8774	1.0000	1.0000	.8774
6	.8151	.7200	.9444	.5543	.9219	.9600	1.0000	.8851
7	.7813	.6400	1.0000	.5000	.9271	1.0000	1.0000	.9271
8	.7631	1.0800	.9630	.7936	.9484	1.0000	1.0000	.9484
9								

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
D_Antes	N Numérico	8	4	Disponibilidad ...	Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
R_antes	N Numérico	8	4	Rendimiento a...	Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
C_antes	N Numérico	8	4	Calidad antes	Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
OEE_antes	N Numérico	8	4	OEE antes	Ninguna	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada
D_despues	N Numérico	8	4	Disponibilidad ...	Ninguna	Ninguna	13	Derecha	Escala	Entrada
R_despues	N Numérico	8	4	Rendimiento d...	Ninguna	Ninguna	13	Derecha	Escala	Entrada
C_despues	N Numérico	8	4	Calidad despu...	Ninguna	Ninguna	13	Derecha	Escala	Entrada
OEE_desp...	N Numérico	8	4	OEE después	Ninguna	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada

Pruebas NPar

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
OEE antes - OEE después	Rangos negativos	8 ^a	4.50	36.00
	Rangos positivos	0 ^b	.00	.00
	Empates	0 ^c		
	Total	8		

- a. OEE antes < OEE después
- b. OEE antes > OEE después
- c. OEE antes = OEE después

Estadísticos de prueba^a

	OEE antes - OEE después
Z	-2.521 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.012

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
- b. Se basa en rangos positivos.

Pruebas NPar

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Calidad antes - Calidad después	Rangos negativos	3 ^a	2.00	6.00
	Rangos positivos	0 ^b	.00	.00
	Empates	5 ^c		
	Total	8		

a. Calidad antes < Calidad después

b. Calidad antes > Calidad después

c. Calidad antes = Calidad después

Estadísticos de prueba^a

	Calidad antes - Calidad después
Z	-1.604 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.109

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Pruebas NPar

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Rendimiento antes - Rendimiento después	Rangos negativos	5 ^a	3.90	19.50
	Rangos positivos	1 ^b	1.50	1.50
	Empates	2 ^c		
	Total	8		

a. Rendimiento antes < Rendimiento después

b. Rendimiento antes > Rendimiento después

c. Rendimiento antes = Rendimiento después

Estadísticos de prueba^a

	Rendimiento antes - Rendimiento después
Z	-1.897 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.058

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Pruebas NPar

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Disponibilidad antes - Disponibilidad después	Rangos negativos	8 ^a	4.50	36.00
	Rangos positivos	0 ^b	.00	.00
	Empates	0 ^c		
	Total	8		

a. Disponibilidad antes < Disponibilidad después

b. Disponibilidad antes > Disponibilidad después

c. Disponibilidad antes = Disponibilidad después

Estadísticos de prueba^a

Disponibilidad antes - Disponibilidad después	
Z	-2.521 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.012

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PAZ CAMPAÑA AUGUSTO EDWARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Implementación del TPM para mejorar la eficiencia general de equipos de la empresa Industrial and Mining Solution S.A.C. Lima 2023", cuyos autores son LINDO MENDOZA ALEX MANUEL, GALLARDO MENDOZA JUAN CARLOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, 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.

LIMA, 30 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PAZ CAMPAÑA AUGUSTO EDWARD DNI: 07945812 ORCID: 0000-0001-9751-1365	Firmado electrónicamente por: AEPAZC el 12-12- 2023 11:20:44

Código documento Trilce: TRI - 0673758