

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA MADERERA CABANILLAS & SERVICIOS GENERALES S.R.L, CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autora:

Dianira Raquel Cerquin Huaman

Asesor:

Mg. Roger Samuel Silva Abanto

<https://orcid.org/0000-0002-2559-0268>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	SISNIEGAS NORIEGA KARLA ROSSEMARY	46071719
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	PIEDRA CABANILLAS FANNY EMELINA	47602202
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	MENDOZA AZAÑERO ANA ROSA	45512232
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA MADERERA CABANILLAS & SERVICIOS GENERALES S.R.L, CAJAMARCA, 2023"

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Le dedico a mi pequeña hija por ser el motivo de mi fuerza, voluntad de lucha constante y de esperanza. Y también a mis padres por siempre contar con su apoyo, y por sus sabios consejos y motivación.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, a mis futuros colegas, de la
Universidad Privada del Norte de la Escuela de
Ingeniería Industrial y a mis docentes en general.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR	- 2 -
INFORME DE SIMILITUD	- 3 -
DEDICATORIA.....	- 4 -
AGRADECIMIENTO.....	- 5 -
TABLA DE CONTENIDOS.....	- 6 -
ÍNDICE DE TABLAS	- 7 -
ÍNDICE DE FIGURAS	- 8 -
RESUMEN.....	9
SUMMARY.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1.Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	26
1.3. Objetivos.....	26
1.3.1. Objetivo general.....	26
1.3.1. Objetivos específicos	26
1.4. Hipotesis	26
CAPÍTULO II. METODOLOGIA.....	28
2.1. Tipo de investigación	28
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
2.6. Aspectos éticos	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	36
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	77
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización.....	30
Tabla 2 <i>Técnicas de recolección de datos</i>	31
Tabla 3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
Tabla 4 máquinas empleadas	39
Tabla 5 Priorización de las causas	42
Tabla 6 Disponibilidad actual 2022.....	44
Tabla 7 Rendimiento (%)2022.....	44
Tabla 8 Calidad (%).....	45
Tabla 9 Costo de Mantenimiento Total	46
Tabla 10 Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción.....	46
Tabla 11 Cronograma de capacitación al personal	48
Tabla 12 Resultados de la auditoria inicial.....	49
Tabla 13 Elementos encontrados para clasificación.....	51
Tabla 14 Resultados de la auditoria inicial &final de las 5S.....	57
Tabla 15 Contenido de la capacitación del TPM.....	59
Tabla 16 Estándares de limpieza	61
Tabla 17 Capacitación del personal	62
Tabla 18 Actividades de mantenimiento planificado	64
Tabla 19 Disponibilidad después de la mejora (%).....	67
Tabla 20 Rendimiento después de la mejora	68
Tabla 21 Calidad después de la mejora	69
Tabla 22 Costo de mantenimiento después de la mejora.....	71
Tabla 23 Costo de mantenimiento por unidad de producción	72
Tabla 24 Resumen de los indicadores y del impacto económico	73
Tabla 25 Costos en materiales y herramientas	74
Tabla 26 Costo de capacitación	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sierra circular de mesa.....	37
Figura 2	Cepilladora.....	37
Figura 3	Garlopa.....	38
Figura 4	Cinta sierra.....	38
Figura 5	Cantidad de fallas (6 meses).....	39
Figura 6	Diagrama de Ishikawa.....	41
Figura 7	Auditoria inicial de las 5S.....	49
Figura 8	Evidencia del área de trabajo.....	50
Figura 9	Tarjeta roja.....	51
Figura 10	Antes y después de ordenar.....	52
Figura 11	Formato de registro de limpieza.....	53
Figura 12	Antes y después de la implementación de las 5s.....	55
Figura 13	Periódico mural.....	56
Figura 14	Auditoria final de las 5S.....	56
Figura 15	Capacitación del personal.....	58
Figura 16	Estrategias de limpieza de difícil acceso.....	61
Figura 17	Programa del mantenimiento autónomo de la máquina.....	63
Figura 18	Tablero de registro de Mantenimiento planificado.....	66
Figura 19	<i>Disponibilidad (%) Antes & después de la mejora</i>	67
Figura 20	Rendimiento antes & después de la mejora.....	68
Figura 21	Calidad antes & después de la mejora.....	69
Figura 22	OEE Antes & Después de la mejora.....	70
Figura 23	Costo de mantenimiento antes & después de la mejora.....	71
Figura 24	Costo de mantenimiento por unidad de producción antes & después de la mejora.....	72
Figura 25	Flujo de caja.....	76

RESUMEN

El propósito de la investigación fue determinar en qué medida el Mantenimiento Productivo Total (TPM) reducirá los costos de mantenimiento en la empresa. El estudio es un diseño aplicado, cuantitativo y preexperimental. Tras la implementación de las mejoras, la disponibilidad de la máquina sierra circular ha experimentado una notable mejora. Pasó del 64% al 94%. Gracias a estas mejoras se logró un ahorro de 2.336,75 soles. La OEE aumentó del 65% al 81% y el rendimiento mejoró significativamente, del 80% al 94%. La diferencia favorable en ahorro económico es de 9.620 minutos, representados en 160,33 horas de trabajo, lo que significa un ahorro de 1.202,50 soles. En calidad de producto, aumentando el porcentaje de productos que cumplen con los estándares de calidad del 90% al 96%. Respecto a la reducción significativa del costo total de 25.007,62 a 13.707,62 soles. Esta mejora generó un ahorro de 11,300.00 soles al reducir los costos totales. En cuanto a los costos por unidad, se tuvo una reducción de 6.45 a 0.38 soles. El Valor Actual Neto (VAN) calculado es de 47.035,25 soles, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un sólido 80%. El Índice de Rentabilidad (IR) se sitúa en 3.61, lo que significa que por cada sol invertido tendrá una ganancia de 2.61 soles.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total (TPM), costos, OEE.

SUMMARY

The objective of the project was to determine to what extent Total Productive Maintenance (TPM) will reduce maintenance costs in the company. The type of research is applied, with a quantitative approach and a pre-experimental design. After the implementation of the improvements, the availability of the circular saw machine has experienced a remarkable improvement. It went from 64% to 94%. A saving of 2,336.75 soles was achieved thanks to these improvements. The OEE increased from 65% to 81%, and the yield improved significantly, from 80% to 94%. The favorable difference in economic savings is 9,620 minutes, represented in 160.33 working hours, which means a saving of 1,202.50 soles. In product quality, increasing the percentage of products that meet quality standards from 90% to 96%. Regarding the significant reduction of the total cost from 25,007.62 to 13,707.62 soles. This improvement generated savings of 11,300.00 soles by reducing total costs. As for the cost per unit, there was a reduction from 6.45 soles to 0.38 soles. The Net Present Value (NPV) calculated is 47,035.25 soles, the Internal Rate of Return (IRR) is a solid 80%. The Profitability Index (IR) stands at 3.61, which means that for each sol invested you will have a profit of 2.61 soles.

Key words: Total Productive Maintenance (TPM), costs, OEE.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En noviembre, se registró una disminución en la producción y operaciones de madera en varios países, incluyendo Brasil, Congo, Gabón, Malasia y México, según el reciente informe mensual del Índice Mundial de la Madera (GTI), publicado el día de ayer. De acuerdo con el informe, diversas razones influyeron en el rendimiento por debajo del promedio en este sector, como la contracción económica a nivel global, la disminución de la demanda internacional y las condiciones climáticas de la temporada de lluvias en África Organización Mundial Internacional de las Maderas Tropicales (OTTI, 2022) .

El Índice Mundial de la Madera (GTI) fue creado por la OIMT con el fin de brindar información y datos comerciales relacionados con el comercio de la madera. El propósito es promover la colaboración entre las partes interesadas en un entorno comercial estable, transparente y predecible. Esta iniciativa forma parte de la Plataforma GTI, que se encarga de recopilar, verificar, procesar, analizar y publicar datos sobre la madera provenientes de los principales productores y consumidores, utilizando modelos matemáticos específicos Organización Mundial Internacional de las Maderas Tropicales (OTTI, 2022).

La industria maderera y forestal en el Perú ha experimentado un crecimiento positivo en los últimos años, lo que ha generado un impacto positivo en la balanza comercial gracias a la producción local, disminuyendo de esta manera la dependencia en la adquisición de materias primas de naciones extranjeras. Según datos proporcionados por el Banco Central del Ecuador (BCE) y Pro Ecuador, solo en el año 2021, La industria forestal registró ventas al exterior por 629 millones de dólares. En el territorio nacional, se cultivan una variedad de tipos de árboles, tales como teca, balsa, eucalipto, pino, entre otros, los cuales desempeñan un papel fundamental en la generación de materiales

procesados con un considerable valor añadido entre estas variedades, el pino y el eucalipto destacan debido a su versatilidad para la fabricación de tableros de aglomerados, MDF, molduras y madera sólida utilizados en diferentes aplicaciones Businessempresarial (2022).

Pero eso no es todo, durante el transcurso del año 2022, las ventas al extranjero de madera aserrada excedieron la cifra de 50.460.000 dólares estadounidenses, un aumento espectacular del 48.8% respecto al año anterior. Este logro es una prueba más de que la madera peruana tiene un encanto especial, conquistando mercados y creando oportunidades para el desarrollo del país. Pero, la falta de gestión eficiente de las máquinas en algunas empresas genera costos elevados que pueden afectar la rentabilidad y sostenibilidad del negocio. Mantener las máquinas en óptimas condiciones, llevar a cabo mantenimientos preventivos, y capacitar al personal para su correcta operación podría marcar una gran diferencia. Los costos de reparaciones y paradas no planificadas podrían disminuir drásticamente, y los recursos ahorrados podrían destinarse a la innovación, expansión y mejora de la calidad. Además, una buena gestión puede contribuir a reducir el impacto ambiental, al utilizar los recursos de manera más responsable. De esta manera, podrán asegurar su posición de liderar el mercado de exportación de madera aserrada, maximizando beneficios y minimizando costos innecesarios.

Por esta razón, el mantenimiento juega un rol importante en las empresas, ya que busca mejorar su productividad a través del continuo monitoreo de sus máquinas y equipos, procurando de mantener constantemente operativo el equipo de forma eficiente, cumpliendo las expectativas para las cuales fue adquirido. Ahora bien, actualmente a nivel mundial, muchas de las empresas de la industria extractiva buscan una mejor operatividad y durabilidad de sus equipos y maquinarias, para no solo dotarlas de una mayor vida útil a sus máquinas sino también para lograr una mayor producción y de mejor calidad,

satisfaciendo así las necesidades de los clientes. En este sentido, las empresas de la industria maderera no son ajenas a estas proyecciones con respecto a sus equipos, buscando la forma de mantener su producción activa, cumpliendo sus metas y contratos, para lo cual es necesario llevar planes y procedimientos enfocados en el cuidado de los equipos; siendo necesario para ello disponer de conocimientos sobre mantenimiento de estas máquinas o equipos, los cuales obedecen a principios físicos y científicos con los cuales trabajan (García Sierra, 2019).

Padilla (2018), afirma que el sector maderero es uno de los ejes de la economía peruana, siendo actividades importantes en la industria maderera la tala y transporte de madera a los destinos de transformación, que generalmente son las ciudades y para ello es necesario la participación de operarios y maquinaria diversa, pero además un plan de gestión de mantenimiento que involucra fases predictivas, preventivas, correctivas para los equipos, sobre todo la fase del mantenimiento preventivo que puede reducir los costos.

En este sentido, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una poderosa herramienta que puede ayudar a las empresas de madereras a reducir sus costos al mejorar la eficiencia de las máquinas, prolongar su vida útil y evitar paradas no planificadas. El TPM es una metodología que ayuda a las empresas, específicamente en el sector de la madera aserrada, al mejorar el rendimiento de sus máquinas y reducir costos de manera significativa. Además, ayuda a la reducción de paradas no planificadas: Mediante el TPM, se establecen rutinas de mantenimiento preventivo para garantizar que las máquinas estén en óptimas condiciones. Esto ayuda a prevenir averías y paradas no planificadas, lo que reduce la pérdida de tiempo y la interrupción de la producción. También, incrementa la vida de las máquinas: Al conservar las máquinas de manera adecuada y regular, su vida útil se prolonga. Esto significa que las empresas no necesitarán invertir en reemplazos costosos de maquinaria con tanta frecuencia. También, mejora de la eficiencia y

productividad: Un mantenimiento adecuado asegura que las máquinas funcionen de manera eficiente y con su capacidad máxima. Esto permite producir mas rapido y con calidad, lo que puede aumentar los ingresos y reducir los costos unitarios de producción. Finalmente, reduce el costo de reparacion, ya que se detectan los problemas y se abordan a tiempo lo que evita que pequeños problemas se conviertan en grandes averías costosas.

La presentente investigacion, se llevó a cabo en la Empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L; es una compañía de carácter privado que se especializa en la comercialización y adquisición de madera en diversas variantes, además de llevar a cabo la transformación de la madera y la fabricación de una diversidad de muebles en diferentes estilos y diseños. La empresa se enfoca en mantener altos niveles de calidad en todos sus procedimientos. Sin embargo, la empresa se enfrenta a un desafío importante que está impactando sus finanzas de manera significativa: la falta de un adecuado plan de reparación para los equipos. Esta situación está generando altos costos operativos y pérdidas de eficiencia que podrían evitarse con una estrategia de mantenimiento. Sin un control de mantenimiento establecido, las máquinas en la empresa pueden estar propensas a sufrir averías y paradas no planificadas. Estos eventos no solo representan un costo directo en términos de reparaciones y reemplazos, sino que también afectan la productividad general de la empresa. Las paradas no planificadas significan tiempo de inactividad de la producción, lo que se traduce en pérdidas de ingresos y oportunidades comerciales. Además, la falta de mantenimiento adecuado puede reducir el tiempo de las máquinas y equipos, lo que lleva a gastos adicionales en reemplazos antes de lo esperado. Estas inversiones innecesarias no solo afectan la liquidez de la empresa, sino que también disminuyen su capacidad competitiva en el mercado. Por esta razón, el (TPM) es una poderosa metodología que puede ayudar a la Empresa a mejorar su gestión de mantenimiento y reducir sus costos operativos. Al implementar el TPM, la empresa estará

en una posición sólida para optimizar sus operaciones, aumentar la productividad y garantizar una mayor rentabilidad en el mercado de la madera aserrada.

Respecto a los antecedentes internacionales, el estudio de (Canahua Apaza, 2021) plantea como objetivo aplicar la metodología TPM para mejorar el OEE de la máquina. Mediante mantenimiento preventivo y autónomos, logró incrementar significativamente los factores de calidad, rendimiento y disponibilidad, y el OEE se incrementó del 32.86% al 85.58%. También el mantenimiento preventivo y correctivo mejor, pasando de 1:226 a 4:1. El MTBF anual incrementó de 50.86 horas a 237.65 horas, mientras que el MTTR se bajó de 7.76 hrs a 0.27 hrs.

En la investigación de (Benites, 2021) aplicó la metodología TPM en una máquina de corte de acero de una empresa metalmecánica. Los componentes más relevantes del OEE que impactan en los costos se redujeron proporcionalmente, siendo los componentes de Disponibilidad y Calidad los más significativos. Mediante la mejora de los mantenimientos preventivos y autónomos, se logró aumentar significativamente los factores de calidad, rendimiento y disponibilidad, y el OEE se incrementó del 32.86% al 85.58%, superando el 85%. También, tanto mantenimiento preventivo como correctivo mejor considerablemente, pasando de 1:226 a 4:1. Los índices de MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (tiempo medio para reparar) también mostraron mejoras significativas. El MTBF anual se incrementó de 50.86 horas a 237.65 horas, mientras que el MTTR disminuyó de 7.76 horas a 0.27 horas.

En el estudio de (Vargas-Hernández et al., 2018) se planeó analizar cómo la adopción de Lean Manufacturing puede reducir los costos operativos. Los resultados obtenidos mostraron disminuciones significativas en áreas como la optimización del espacio utilizado (50%), reducción de los costos y calidad (40% cada uno). También se logró una reducción del 25% en el Lead time y un 20% en los costos en las compras.

Estas mejoras contribuyeron a la eficiencia y competitividad de las empresas al utilizar de manera más eficiente los recursos.

Por su parte, (Singh et al., 2022) en su investigación planteo como objetivo adoptar el TPM para mejorar la efectividad del equipo. Después de revisar los datos, han determinado que la metodología mejora la eficacia del equipo en todas las estaciones de trabajo, incluyendo laminado, doblado, corte y troquelado. Como resultado de la implementación fue la reducción del tiempo de preparación y el número de paradas breves. El OEE actual de la estación de trabajo es del 19.64% para laminado (antes 16.17%), 14.04% para doblado (antes 12.73%), 52.73% para corte (antes 46.06%), y 16.72% para troquelado (antes 14.50%). Finalmente, se reconoce que las organizaciones deben prestar atención a TPM para lograr ganancias de productividad a largo plazo y reducir costos de equipos a largo plazo. TPM es una herramienta útil en este sentido.

En la investigación de (Giuria-Farías et al., 2022) plantearon como objetivo implementar TPM para minimizar las fallas, desgastes y roturas, basándose en estudios similares con flotas de barcos en el ámbito náutico, que tiene escasa investigación en gestión de flotas. Los altos costos de mantenimiento, alrededor del 45% de los costos totales, limitan su operatividad. La implementación parcial del TPM mostró resultados significativos al reducir los costos enfocados en mantenimiento y explotación en un 20.29% y aumentando la vida útil de los activos en un 47.33%. Finalmente, concluyeron que no se alcanzaron todas las expectativas.

Respecto a los antecedentes nacionales, en la investigación de (Sánchez, 2021); planteó como objetivo implementar TPM en una empresa de transportes, donde logró una reducción significativa de los costos operativos. Específicamente, lograron reducir S/. 9,791.67 al mes, lo que representa una disminución del 21%. También, resultó una eficiencia de reparación de solo el 34.8% y una pérdida de S/34,710.00. También

identificaron la carencia de logística de abastecimiento, con un cumplimiento del plan de adquisiciones de solo el 10% y una pérdida de S/6,960.93. Por otro lado, se establecieron metas para mejorar estas áreas. Buscaba alcanzar una eficiencia de reparación del 87.1%, un 100% de personal capacitado y un cumplimiento del 100% en la logística de aprovisionamiento. Finalmente, calcularon el Valor Actual Neto (VAN) en S/160,096.90 y un TIR de 76.23%, lo que indicaba que la inversión sería rentable. El análisis de beneficios arrojó un B/C de 1.63, lo que quiere decir que, por cada sol que fue invertido, se obtuvo 0.63 soles de ganancia. En última instancia, logró un ahorro de S/9,791.67 gracias a adopción exitosa del TPM.

En la investigación de (Ruiz et al., 2021) plantearon como propósito mejorar el OEE en el proceso de envasado de una empresa del rubor de alimentos. El uso de estas herramientas busca incrementar la disponibilidad, rendimiento y calidad, lo que resultará en un aumento del OEE y como consecuencia, una disminución de los costos enfocados en el mantenimiento de las máquinas. Como resultado de la adopción del TPM, lograron incrementar el indicador del OEE del 88.31% al 90.42%. Esto ha brindado una mayor participación comercial y bajar los costos en cuanto a S/ 15,824.40 durante toda la temporada. En conclusión, el estudio buscaba mejorar la eficiencia de arándanos a través del uso del TPM, lo que llevó a un aumento significativo en el OEE.

En la investigación de (Cotrina Roldán, 2018) plantearon como objetivo menorar los costos de operaciones en la compañía Minera Condestable S.A. mediante la aplicación del TPM. Con ello lograron precisión del 34% en los inventarios, un incremento del 35% en el mantenimiento preventivo y correctivo, y un incremento del 20% en la venta de productos mineros, lo que llevó a una eficiencia de producción de 480 lotes por semana. Además, redujo el número de trabajadores de 58 a 44, provocando un ahorro de S/ 24,800 en salarios. Finalmente, evaluaron el proyecto, con ello lograron una VAN de S/ 23,702,

un TIR del 43.5%, un B/C de 1.20 y un ROI de S/. 1,764.75, con ello demostraron que la propuesta es factible.

Por otro lado, (Jiménez 2019) en su investigación el propósito planteado es la disminución de los gastos en el departamento de mantenimiento de una entidad relacionada con la industria metalmecánica durante un período determinado. 2019. Para hacer realidad este objetivo aplicó Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado. El análisis reveló que el costo de mantenimiento es mayor que 28.64% del presupuesto que tiene el área. Lograron reducir el presupuesto asignado en un 20% en comparación con el año anterior, ya que el costo de mantenimiento disminuyó en un 40.50%, ajustándose al presupuesto. Además, mejoraron los indicadores de cumplimiento del mantenimiento preventivo, alcanzando un 85.17% de cumplimiento. También se redujeron significativamente las fallas por máquina, pasando de 212 fallas en 2018 a 87 fallas en 2019, lo que representa una disminución del 58.96%. En conclusión, el mantenimiento autónomo y planificado, demostraron ser efectivas para mejorar los costos asociados al mantenimiento.

En la investigación de (Mantilla & Pereyra, 2018) plantearon como objetivo mejorar la productividad en la mediante la implementación del TPM. Como resultado de la investigación mostraron mejoras significativas, con un aumento del 31.91 % en la efectividad global, una disminución del 78.10 % en el Tiempo Promedio entre fallas (MTBF), y una reducción del 40.04 % en el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR). Además, hubo un incremento en la productividad de los equipos de 96.36 %, la producción en 43.17 %. Finalmente, el flujo de caja determinó la viabilidad de la propuesta, con un COK del 9.51 %, un VAN de S/. 370,471.84, un TIR del 47 % y un IR que indica que por cada sol invertido se obtiene un beneficio de 1.11 soles. En conclusión,

la adopción del TPM demostró ser eficaz para incrementar la productividad de la compañía

En cuanto a la teoría relacionado al tema, según (Giuria-Farías et al., 2022) el concepto de TPM se originó en Japón como una evolución del enfoque planificado del mantenimiento. Se enfoca en menorar los costos de mantenimiento de maquinaria y equipos a través de una gestión más eficiente del mantenimiento y una mayor integración entre mantenimiento y producción. El TPM es considerado uno de los principales métodos de gestión de la calidad para mejorar el proceso de producción y forma parte esencial de la garantía de calidad que caracteriza la "naturaleza real del objeto" (producto, proceso, servicio, etc.).

Según (Drewniak & Drewniak, 2022) a lo largo de su desarrollo, el TPM se ha transformado en una estrategia global para optimar la calidad en operaciones de mantenimiento. Al enfocarse en la calidad, seguridad y rendimiento, el TPM facilita la gestión de la planta y mejora el rendimiento general de la organización. La aplicación del TPM ayuda a eliminar actividades que no crean valor y a mantener la competitividad en el mercado. El uso del método TPM conlleva beneficios directos e indirectos en diversos ámbitos, lo que contribuye significativamente a la mejora de la manufactura y otros aspectos de la empresa. Las ventajas del método TPM se dividen en directos e indirectos, ofreciendo importantes ventajas tanto a los constructores como a los beneficiarios de equipos técnicos. Los beneficios directos incluyen: mejora de la eficacia de la planta, reducción de devoluciones y reclamaciones, rebaja de coste de fabricación, incremento de la satisfacción del cliente, reducción de accidentes laborales y cumplimiento de principios ambientales.

Por otro lado, los beneficios indirectos incluyen el mantenimiento adecuado de los entornos laborales, el fomento de actitudes positivas entre los operarios de las máquinas, la introducción de nuevas perspectivas en las unidades organizativas, el cambio cultural y en las prácticas, así como un aumento en la responsabilidad de los empleados hacia las máquinas y dispositivos. Además, puede extender la vida útil de las máquinas, reducir los gastos de mantenimiento, aumentar la producción gracias a mejoras en la eficiencia y flexibilidad del proceso de fabricación, y disminuir las pérdidas causadas por tiempos muertos y problemas de calidad (Drewniak & Drewniak, 2022).

Para (Sukma et al., 2022) el TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una metodología que, al involucrar activamente a los operarios, contribuye a prolongar la vida útil de los equipos, reducir defectos y accidentes. Está basado en los principios de las 5S y se sustenta en 8 pilares clave. Estos ocho pilares del TPM incluyen:

1. **Mantenimiento Autónomo(MA):** Involucra otorgar autoridad a los operadores y equipos laborales para llevar a cabo tareas de mantenimiento esenciales y cuidado de las máquinas, asegurando que estén en óptimas condiciones y previniendo averías.
2. **Mantenimiento Planificado:** Consiste en programar y llevar a cabo actividades de mantenimiento preventivo y predictivo según un plan establecido, con el objetivo de mantener el equipo en buen estado y evitar fallos imprevistos.
3. **Mantenimiento Centrado en la Mejora:** Centra su atención en reconocer y eliminar las raíces de los inconvenientes frecuentes presentes en maquinaria y procesos, con el fin de potenciar la eficacia y disminuir las pérdidas.

4. Mantenimiento de la Calidad: Busca garantizar que los equipos cumplan con los estándares de calidad establecidos, evitando la producción de productos defectuosos y mejorando la calidad del producto final.

5. Formación y Educación: Consiste en ofrecer instrucción y educación constante a los empleados para potenciar sus destrezas técnicas y conocimientos en el ámbito de mantenimiento y operación de equipos.

6. Mantenimiento de la Oficina: Extiende los principios del TPM al ámbito administrativo y de gestión, optimizando los procesos en la oficina y reduciendo las ineficiencias.

7. Salud y Seguridad en el Trabajo: Su enfoque radica en establecer un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores, incentivando prácticas seguras y minimizando los peligros laborales.

8. Mantenimiento Temprano de los Equipos: Involucra la detección y corrección temprana de problemas potenciales en los equipos, evitando que se conviertan en fallas mayores y costosas.

Asimismo, (Kareem & Talib, 2015) afirman que, las 5S proporcionan la base sólida para implementar el TPM (Mantenimiento Productivo Total) en cualquier entorno de trabajo. Estas dos perspectivas de administración están fuertemente vinculadas y se integran mutuamente para lograr una mejora continua y una mayor eficiencia en la producción. El enfoque de las 5S se fundamenta en cinco principios esenciales, expresados mediante términos japoneses que simbolizan una administración eficaz. Estos principios tienen como objetivo agilizar los procesos de fabricación y mejorar la eficacia en cualquier entorno de trabajo. La lógica detrás de las 5S en el lugar de trabajo es que estas fases constituyen los requisitos básicos con el propósito de alcanzar eficacia en la

fabricación de bienes y prestación de servicios, así como brindar productos y servicios de calidad superior mientras se minimizan los desechos. Las cinco fases son:

1. Seiri (Clasificar): Implica reconocer y apartar los componentes vitales de los superfluos, descartando aquellos elementos que carecen de valor para el proceso de producción o prestación de servicio. De esta manera, se optimiza el espacio y se facilita el acceso a los elementos necesarios.
2. Seiton (Ordenar): En esta fase, se organiza y dispone de manera ordenada los elementos esenciales que fueron clasificados previamente. Se busca facilitar su ubicación, evitando pérdidas de tiempo y reduciendo el riesgo de accidentes.
3. Seiso (Limpiar): Esta fase implica mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado, fomentando la cultura de limpieza y el mantenimiento regular de los equipos. Un ambiente limpio mejora la seguridad y la eficiencia en las tareas.
4. Seiketsu (Estandarizar): En esta fase se establecen normas y procedimientos estandarizados para mantener las tres primeras S. Se busca mantener la organización y el orden a lo largo del tiempo, evitando la recurrencia de desorden.
5. Shitsuke (Disciplina): La última fase se enfoca en crear una cultura de disciplina y responsabilidad entre los trabajadores para mantener las cuatro S anteriores de manera constante y sostenible en el tiempo.

Respecto a los costos de mantenimiento, (Nkemakonam & Harold, 2022) alega que, es fundamental tener en cuenta que en cualquier proceso de mantenimiento o sustitución de componentes, existe un componente económico que no puede pasarse por alto. Cada vez que se realiza una acción de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, se incurre en costos que deben ser considerados de manera integral para una gestión efectiva de los recursos y un análisis preciso de la rentabilidad. El coste de mantenimiento o sustitución de un componente al final

de un determinado periodo de tiempo no se limita únicamente al coste de la avería en sí. Si bien este coste puede ser uno de los más evidentes, también se deben considerar otros factores clave. En primer lugar, está el coste del mantenimiento preventivo, es decir, los recursos económicos destinados a realizar revisiones y acciones de mantenimiento programadas con el fin de prevenir futuras averías o desgastes excesivos. Además, se deben tener en cuenta los costes asociados a la sustitución del componente. Esto implica el costo de adquirir el nuevo componente, así como los costos laborales y logísticos relacionados con la instalación o reemplazo. El tiempo de inactividad también es un elemento crítico a considerar, ya que cada minuto de parada de producción o servicio implica una pérdida económica que debe ser cuantificada. Por lo tanto, para calcular el coste total de mantenimiento o sustitución de un componente, es necesario sumar todos estos elementos: el coste de avería, el coste de mantenimiento preventivo, el coste de sustitución del componente y el coste del tiempo de inactividad.

Solo mediante un análisis completo y preciso de todos estos factores, las empresas pueden tomar decisiones informadas sobre la gestión óptima de sus recursos y evitar sorpresas económicas no deseadas. Una gestión eficiente de los costos de mantenimiento y sustitución permite a las organizaciones maximizar la vida útil de sus equipos, minimizar el tiempo de inactividad, mejorar la planificación de los recursos y, en última instancia, alcanzar mayores niveles de eficiencia y rentabilidad en sus operaciones. Es un enfoque estratégico que contribuye a una gestión responsable y sostenible de los activos y recursos empresariales.

Respecto a los costos de mantenimiento, según (Koopmans & de Jonge, 2023) el costo de Mantenimiento Total es un indicador utilizado para calcular la suma de los gastos asociados con el mantenimiento.

Los costes de mantenimiento representa los gastos relacionados con las reparaciones y acciones de mantenimiento realizadas después de una avería o fallo en los equipos, mientras

que los Costos de Mantenimiento Preventivo incluyen los gastos destinados a la ejecución de tareas de mantenimiento programadas de forma regular para prevenir fallos y asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Costo de Mantenimiento Total} = \text{Costos de Mantenimiento Correctivo} + \text{Costos de Mantenimiento Preventivo}$$

Para (He et al., 2023) el indicador del Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción se utiliza para calcular el costo promedio de mantenimiento relacionado con la fabricación de cada unidad de producto o servicio. Para obtener este indicador, se divide el Costo de Mantenimiento Total entre la cantidad de unidades producidas en un período específico. Este indicador es útil para evaluar la eficacia del proceso de mantenimiento en relación con la producción. Un bajo costo por unidad de producción indica una gestión eficiente del mantenimiento, lo que conduce a la reducción de gastos y un aumento en la productividad. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$\text{Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción} = (\text{Costos de Mantenimiento Total}) / (\text{Cantidad de Unidades Producidas})$$

Según el autor (He et al., 2023) la Tasa de Mantenimiento Correctivo es un indicador que mide el porcentaje del Costo de Mantenimiento Total que se atribuye a las acciones correctivas, es decir, los gastos relacionados con las reparaciones y mantenimiento realizados después de una avería o fallo en los equipos.

$$\text{Tasa de Mantenimiento Correctivo} = (\text{Costos de Mantenimiento Correctivo}) / (\text{Costo de Mantenimiento Total}) * 100$$

La justificación de la investigación se centra en bajar los costes relacionados al mantenimiento y en el reconocimiento del TPM como una poderosa metodología que puede contribuir a alcanzar dicho objetivo, ya que se reducirán los costos de costos de reparación: La organización maderera se enfrenta a altos costos asociados con las actividades de reparación de sus equipos y maquinarias. Estos costos incluyen tanto el mantenimiento correctivo para solucionar averías inesperadas como el mantenimiento preventivo para evitar fallos y mantener el buen funcionamiento de los activos. El TPM, es una metodología ampliamente reconocida y utilizada en la gestión de mantenimiento. Se cimenta en la intervención activa de los empleados, el cuidado proactivo de los equipos y la mejora continua. Su enfoque abarca tanto el mantenimiento preventivo como el mantenimiento autónomo, y se centra en eliminar las causas fundamentales de las averías y mejorar la confiabilidad de los activos. Finalmente, la combinación de diferentes técnicas de levantamiento de información, como entrevistas, observaciones y análisis de registros, permitirá triangulizar la información, lo que significa validar los hallazgos y corroborar la consistencia de los datos recolectados. La investigación también se justifica en el contexto de la mejora continua y la toma de disposiciones asentadas en antecedentes. Al lograr una amplia gama de información, la empresa madera podrá identificar áreas de oportunidad específicas y tomar acciones dirigidas a comprimir los costes de mantenimiento y aumentar la eficiencia operativa. Además, la implementación de diversas herramientas de recolección de datos permitirá medir el impacto de adopción del TPM y tasar la certeza de las estrategias de mejora implementadas. Al disminuir los gastos asociados con el mantenimiento, la empresa podrá asignar recursos adicionales a otras áreas, como innovación, expansión o mejora de la calidad de sus productos. Esto puede brindarle una ventaja competitiva al mejorar su eficiencia operativa y su capacidad para ofrecer precios más competitivos a los clientes.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el Mantenimiento Productivo Total (TPM) reducirá los costos de mantenimiento en la empresa madera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida el Mantenimiento Productivo Total (TPM) reducirá los costos de mantenimiento en la empresa madera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023

1.3.1. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación real del proceso de mantenimiento de las máquinas en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.
- Diseñar e implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.
- Comparar los indicadores de medición antes y después de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.
- Realizar el análisis económico-financiero para comprobar la viabilidad del proyecto en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.

1.4. Hipotesis

1.4.1. Hipótesis general

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) reducirá los costos de mantenimiento en la empresa madera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023

CAPÍTULO II. METODOLOGIA

2.1. Tipo de investigación

Es aplicada. Esto significa que el estudio se realiza con el fin de resolver problemas o situaciones prácticas específicas en un contexto real, en este caso, el problema relacionado con los costos relacionados al mantenimiento. La investigación aplicada se enfoca en generar conocimiento la toma de decisiones dentro de la compañía. Según (Hernández et al., 2006) definen la investigación aplicada como uno de los tipos de investigación científica que busca generar conocimientos que puedan ser aplicados en la solución de problemas o en la toma de decisiones concretas.

Según su enfoque es cuantitativa. En una investigación cuantitativa, se recopilan y analizan datos numéricos y medibles para obtener resultados objetivos y generalizables. En el contexto de la investigación sobre los costos de mantenimiento, se utilizarán datos numéricos relacionados con los gastos de mantenimiento, la cantidad de equipos y unidades de producción, entre otros, para obtener información cuantitativa sobre la problemática. Según (Hernández et al., 2006) definen la investigación es de enfoque cuantitativa como un enfoque de investigación científica que se basa en la recopilación y estudio de datos numéricos. En este tipo de investigación, se emplean métodos y técnicas estadísticas para medir, cuantificar y analizar variables.

Diseño de la investigación es experimental- pre experimental. En un diseño de investigación experimental, se aplican tratamientos o intervenciones controladas en un grupo de estudio para evaluar su efecto en una variable de interés. En el caso del diseño experimental-pre experimental, se llevan a cabo estudios preliminares antes de la implementación completa del experimento. Esto puede implicar la aplicación de una parte de la intervención o la implementación en una escala reducida para evaluar su viabilidad y efectividad antes de realizar el estudio completo. Según (Hernández et al., 2006) el diseño

de investigación preexperimental también busca establecer relaciones causales, pero es menos riguroso que el diseño experimental.

Explicativa. La investigación explicativa tiene como objetivo descubrir y comprender las conexiones entre las variables. En este contexto, se centra en explicar las razones detrás de los costos de mantenimiento en la empresa de la industria madera y cómo la adopción del TPM puede desempeñar un papel en la disminución de estos gastos. Según (Hernández et al., 2006) en este tipo de investigación, se busca comprender por qué ocurren ciertos fenómenos y cuáles son las causas que los originan.

2.3. Población y muestra

Según (Hernández et al., 2006), la población alude al conjunto total de elementos o personas que comparten una característica particular o conjunto de características y de los cuales se busca obtener información en una investigación. En este estudio, la población se encuentra conformada por el proceso de mantenimiento dentro de la empresa madera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.

Según (Hernández et al., 2006) la muestra es un subconjunto seleccionado de la población que se utiliza para llevar a cabo una investigación. En lugar de estudiar a todos los individuos en la población, se toma una muestra representativa para inferir conclusiones sobre la población en su conjunto. En la presente investigación la muestra está dada por el área de mantenimiento de la empresa madera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Cajamarca, 2023.

2.3. Matriz de operacionalización

Tabla
Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Fórmula de cálculo
Independiente				
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Según (Giuria-Farías et al., 2022) EL TPM es una metodología, cuyo principal objetivo es reducir los costos de mantenimiento de maquinaria y equipos a través de una gestión más eficiente del mantenimiento y una mayor integración entre mantenimiento y producción.	OEE	Efectividad del mantenimiento	OEE= Disponibilidad*Rendimiento*Calidad
		Disponibilidad del equipo	Disponibilidad (%)	Disponibilidad (%) = (Tiempo de funcionamiento del equipo / Tiempo total) x 100
		Rendimiento	Rendimiento(%)	Confiability=MTBF/(MTTR+MTBF)
		Calidad	Calidad (%)	Calidad (%) = (Productos conformes / Total de productos producidos) x 100
Dependiente				
Costos de Mantenimiento	Según (Nkemakonam & Harold, 2022) Un costo de mantenimiento se refiere a los gastos y recursos económicos que se invierten en el mantenimiento y conservación de un activo, equipo, infraestructura o cualquier otro elemento con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, prolongar su vida útil y prevenir fallas o deterioro.	Costo de Mantenimiento Total	Costo de Mantenimiento Total	CMT= Costos de Mantenimiento Correctivo + Costos de Mantenimiento Preventivo
		Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción	Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción	CMUP = (Costos de Mantenimiento Total) / (Cantidad de Unidades Producidas)

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este estudio, se llevarán a cabo diferentes técnicas de recolección de datos para obtener información relevante y precisa. Primero, se realizarán entrevistas con empleados y supervisores clave, utilizando una guía de preguntas estructurada. Estas entrevistas permitirán comprender la percepción del personal sobre el mantenimiento y las 5S y sus efectos en la organización del trabajo y los costos . Posteriormente, se realizará un análisis documental, examinando registros internos, informes de producción, y documentación relacionada con el proceso de mantenimiento, y los costos de mantenimiento. Esto proporcionará datos históricos y cifras relevantes que respalden los hallazgos obtenidos de las entrevistas. Finalmente, se llevará a cabo observación directa en el área de trabajo, utilizando una lista de verificación para registrar el tiempo de las actividades del proceso.

Tabla 2
Técnicas de recolección de datos

Método	Fuente	Técnicas
Cualitativo	Primarias	Entrevista
Cualitativo	Primaria	Observación directa.
Cualitativo	Secundaria	Análisis de documental

A continuación, se detallan las técnicas, rusticación, instrumentos y la aplicación de las mismas.

Tabla 3
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Entrevista	Permitirá obtener información confiable para recolecta datos de nuestras dimensiones establecidas.	Guía de entrevista	Jefe del área de mantenimiento/operarios
Observación Directa	Permitirá identificar las causas principales de los mantenimientos de mala calidad. Asimismo, analizar los procesos y técnicas más usadas.	Celular con Cámara Formatos Lapiceros Apuntes	Área de mantenimiento
Análisis documental	Permitirá identificar la información de antecedentes y bases teóricas de la tesis.	Lapiceros Ficha de apuntes	Área de mantenimiento

El proyecto busca implementar el TPM para reducir los costos de mantenimiento. Para obtener datos confiables, se utilizarán entrevistas con el jefe del área de mantenimiento, guiadas por una guía predefinida. La observación directa, utilizando celular con cámara, formatos, lapiceros y apuntes, permitirá identificar causas de mantenimientos de mala calidad y analizar técnicas usadas. Además, el análisis documental, con lapiceros y ficha de apuntes, ayudará a identificar antecedentes y bases teóricas de la tesis.

Entrevista

¿Cuál es la estructura organizacional actual del área de mantenimiento y cómo se distribuyen las responsabilidades?

¿Cuál ha sido el gasto promedio mensual en actividades de mantenimiento durante los últimos seis meses?

¿Cuáles son los principales tipos de mantenimiento que se realizan y cuáles representan mayores costos?

¿Qué estrategias o métodos se han implementado hasta ahora para reducir los costes de mantenimiento?

¿Cuáles son las principales causas de los mantenimientos correctivos y cómo impactan en los costos totales?

¿Existe un plan de mantenimiento preventivo? Si es así, ¿cómo se ha estructurado y qué resultados ha arrojado hasta el momento?

¿Existe algún indicador o sistema de seguimiento para medir la eficiencia del área de mantenimiento y sus costos asociados?

¿Qué tipo de capacitación y formación reciben los técnicos de mantenimiento para optimizar sus habilidades y desempeño?

¿Se ha considerado la posibilidad de implementar nuevas tecnologías o metodologías para mejorar la eficacia y reducir los costos?

Estas preguntas están diseñadas para obtener una visión amplia y detallada del estado actual del mantenimiento, identificar posibles áreas de mejora y entender la situación financiera en relación con los costos de mantenimiento. La información recopilada a través de esta entrevista será valiosa para proponer estrategias y acciones específicas para la reducción de costos y la optimización del área de mantenimiento.

En cuanto al **análisis documental**, se llevó a cabo la revisión detallada de cada documento. Se examinaron minuciosamente los informes para extraer datos relevantes sobre los costos de mantenimiento, la frecuencia de intervenciones, los tipos de mantenimiento más comunes, y otros indicadores relevantes. Además, se identificaron las prácticas actuales de mantenimiento, los sistemas de seguimiento utilizados y los resultados de los esfuerzos previos para reducir costos. A medida que se avanzaba en la

revisión, se tomaron apuntes detallados y se resaltaron los puntos clave. Estos apuntes fueron fundamentales para el posterior análisis y síntesis de la información.

Posteriormente, se procedió a analizar y comparar los datos recopilados. Se identificaron patrones, tendencias y relaciones entre los datos, lo que permitió obtener una comprensión más profunda del estado actual del área de mantenimiento y su relación con los costos asociados (Ver anexo2).

Respecto a **la observación directa**, se llevó a cabo mediante la presencia física del investigador en el área de mantenimiento. Durante esta etapa, se emplearon formatos de toma de tiempos y se utilizó un celular con cámara para registrar y documentar las actividades y procesos observados. Para iniciar la observación, se diseñaron formatos específicos para registrar los tiempos dedicados a cada tarea de mantenimiento, así como para documentar cualquier detalle relevante sobre el proceso. Estos formatos se desarrollaron previamente con el objetivo de estandarizar la toma de datos y asegurar la coherencia en la información recopilada. Una vez en el área de mantenimiento, se efectuó un minucioso monitoreo de las acciones realizadas por el equipo de trabajo. Se registraron los tiempos de inicio y finalización de cada tarea, así como cualquier interrupción o retraso que pudiera surgir. Además, se anotaron observaciones sobre la utilización de herramientas, la interacción entre los técnicos, el uso de equipos y cualquier otro aspecto relevante para el estudio (Ver anexo 3).

2.6. Aspectos éticos

En el presente proyecto, se han seguido estrictamente los principios éticos, asegurando el respeto a la autoría de las fuentes citadas. Todas las ideas, información o datos obtenidos de fuentes externas han sido adecuadamente referenciados, evitando el plagio y reconociendo el trabajo intelectual de los autores.

Asimismo, se ha asegurado la preservación del respeto a la privacidad y confidencialidad de los involucrados. Durante las entrevistas, se ha informado a los entrevistados sobre la naturaleza de la investigación y se ha solicitado su consentimiento para participar. Se han protegido los datos personales y se ha garantizado el anonimato de los participantes, utilizando seudónimos o códigos de identificación para preservar su privacidad.

Además, se ha mantenido la transparencia y la honestidad en la presentación de los datos recopilados. Se han mostrado los datos tal cual se han obtenido, sin manipulación ni alteración, evitando la selección o presentación sesgada de la información. Los resultados y hallazgos se han presentado de manera clara y objetiva, permitiendo una evaluación crítica y reproducibilidad de la investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Realizar un diagnóstico de la situación real del proceso de mantenimiento de las máquinas en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L Cajamarca, 2023

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L, es una empresa cajamarquina que ha dejado una huella significativa en la industria de la madera y los servicios generales en la región. Desde sus humildes inicios desde el año 2014 hasta convertirse en un referente en su campo, la empresa ha recorrido un camino de crecimiento y desarrollo.

Visión: Ser líderes en la industria de la madera y los servicios generales, reconocidos por nuestra calidad, innovación y compromiso con el desarrollo sostenible de nuestra región. Aspiramos a ser un referente en la creación de soluciones que satisfagan las necesidades de nuestros clientes y contribuyan al progreso de la comunidad cajamarquina.

Misión: En Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L, nuestra meta es ofrecer los productos y servicios más destacados en la industria de la madera y servicios generales. Trabajamos arduamente para cumplir con las expectativas de nuestros clientes, buscando la excelencia en todas las etapas de nuestro proceso. Además, estamos comprometidos con prácticas responsables y sostenibles que benefician tanto a la sociedad como al medio ambiente

Maquinarias que usa la empresa en el proceso productivo

Seguidamente, se muestran las máquinas desempeñan funciones esenciales en la transformación de la madera, permitiendo dar forma, cortar, aplanar y alisar para crear

productos de alta calidad en la empresa "Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L".

Sierra Circular

Corta piezas de madera en líneas rectas a través de discos giratorios con hojas dentadas. La sierra circular se utiliza para realizar cortes precisos y rectos en diversos materiales, como madera, plástico, metal delgado y otros.

Figura 1
Sierra circular de mesa



Cepilladora

La cepilladora se utiliza principalmente para alinear y aplanar caras y bordes de tablas y tablones de madera.

Figura 2
Cepilladora



Garlopa

La garlopa es esencial para aplanar y alisar superficies de madera. Puede eliminar asperezas, irregularidades y astillas.

Figura 3
Garlopa



Cinta sierra

La cinta circular es ideal para cortes curvos y precisos en madera y otros materiales. Es útil para resawing, que es el proceso de cortar una pieza de madera en láminas más delgadas, lo que puede ser útil para hacer tablonés más delgados o paneles.

Figura 4
Cinta sierra

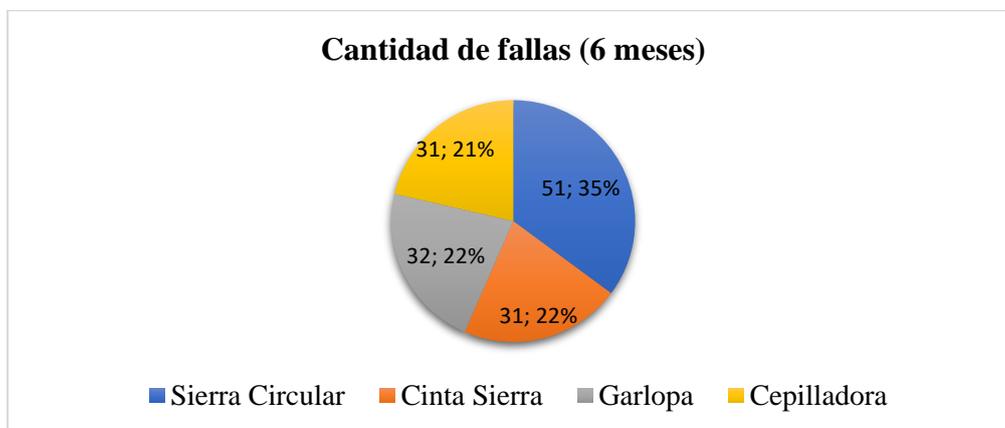


Durante el período de los últimos 6 meses, se ha realizado un análisis exhaustivo de las máquinas empleadas en "Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L", proporcionando una visión detallada de su desempeño y mantenimiento.

Tabla 4
máquinas empleadas

Máquina	Cantidad de fallas (6 meses) 2022	Costo de mantenimiento (S/.)
Sierra Circular	51	23,537.62
Sierra Cinta	31	1,263.19
Garlopa	32	1,212.15
Cepilladora	31	777.42
Costo total		26,790.38

Figura 5
Cantidad de fallas (6 meses)



De acuerdo a la tabla 4, representada en la figura 5, la "Sierra Circular" ha experimentado la mayor cantidad de fallas en comparación con las demás máquinas, totalizando 51 incidentes, con un costo de mantenimiento notablemente elevado de S/ 23,537.62.

En contraste, la "Cinta Sierra" ha tenido 31 fallas en el mismo período y un costo de mantenimiento de S/ 1,263.19. La "Garlopa" ha experimentado 32 fallas en los últimos 6 meses, con un costo de mantenimiento de S/ 1,212.15. Por último, la "Cepilladora" ha tenido 31 fallas

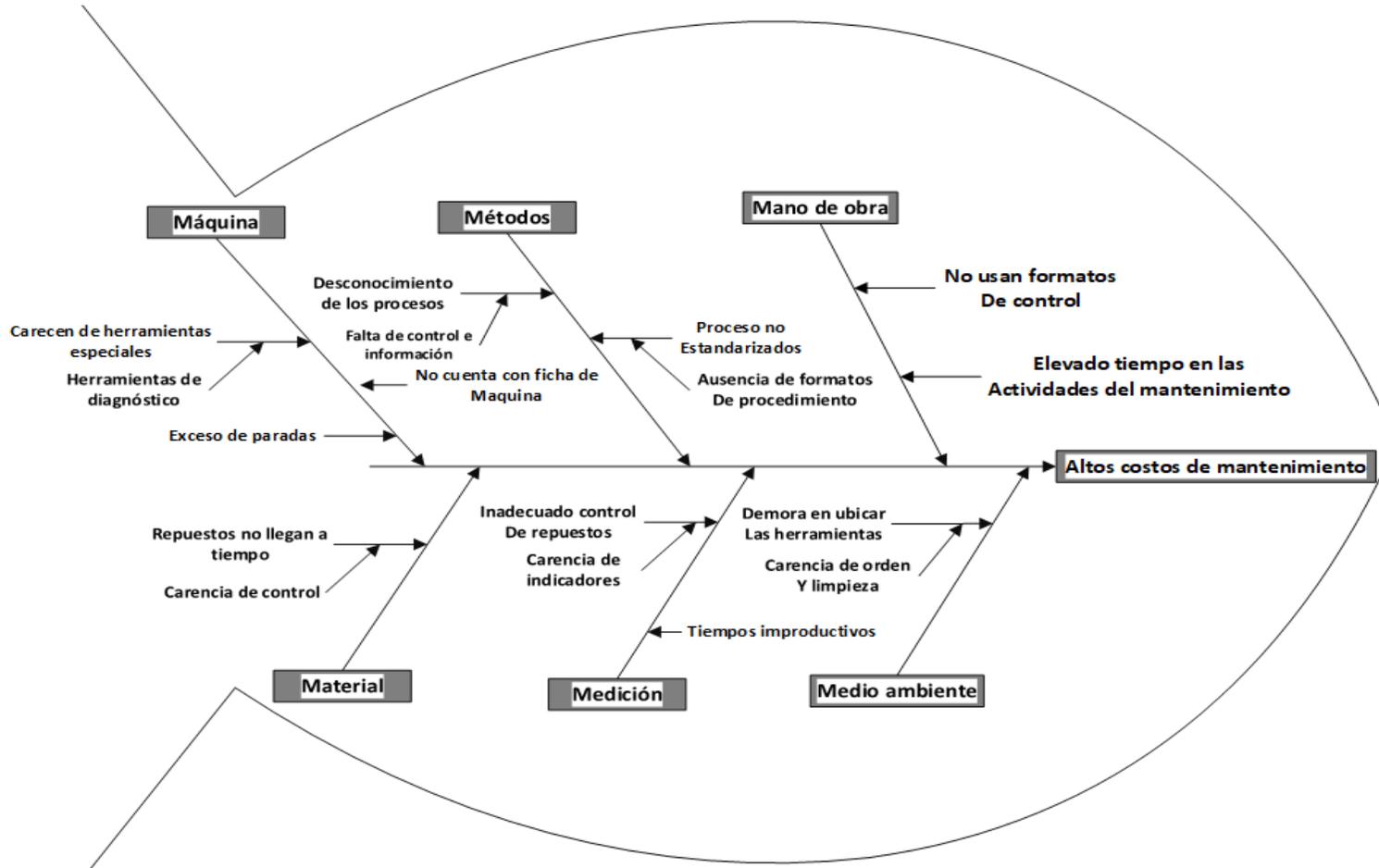
en el mismo período, con el costo de mantenimiento más bajo de todas las máquinas, totalizando S/ 777.42. Si bien su cantidad de fallas es similar a las otras máquinas, su bajo costo de mantenimiento podría indicar una gestión efectiva y un enfoque en la prevención de incidentes.

Basándonos en los resultados obtenidos de este análisis, se ha tomado la decisión de centrar el enfoque del presente trabajo de investigación en la "Sierra Circular". Los datos cuantitativos revelaron que esta máquina ha experimentado la mayor cantidad de fallas en los últimos 6 meses, así como los costos de mantenimiento más elevados en comparación con las demás.

Posteriormente, se procede a analizar las causa del problema de altos costos de mantenimiento mediante el diagrama de Ishikawa.

Figura

Diagrama de Ishikawa



A continuación, presentamos la priorización de las causas del problema relacionado con los altos costos de mantenimiento en la Sierra Circular de "Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L". Se procedió a la priorización de las causas considerando tres criterios clave: el Impacto Económico, la Facilidad de Resolución y la Inversión Mínima Requerida. Cada criterio se evaluó en una escala del 0 al 5, donde 0 indica la menor influencia y 5 indica la mayor influencia. A continuación, se presentan las causas priorizadas junto con sus respectivas descripciones y la puntuación asignada a cada criterio:

Tabla **5**
Priorización de las causas

as	Caus	Descripción	Frecuen	%	% acumulad
			cia		o
		Exceso de paradas por falla			25
C2	de máquina		45	%	25
		Elevado tiempo en las			22
C6	actividades de mantenimiento		40	%	47
		Tiempos improductivos			19
C3			35	%	66
		Procesos no estandarizados			15
C4			28	%	81
		Desconocimiento de los			8
C7	procesos		15	%	90
		Carecen de herramientas			5
C8	especiales		10	%	95
		Repuestos no llegan a			3
C5	tiempo		5	%	98
		Demora en ubicar las			1
C9	herramientas		2	%	99
		Inadecuado control de			1
C1	repuestos		2	%	100
					10
			64	0%	

Estas son las causas fundamentales que están contribuyendo al problema de los altos costos de mantenimiento, y en conjunto representan el 80% de las causas identificadas:

- **C2 - Exceso de paradas por falla de máquina:** Esta causa ha sido identificada como un factor crítico, ya que representa el 25% de las causas totales. Las

paradas frecuentes debido a fallas en la máquina están impactando significativamente en los costos de mantenimiento y en la eficiencia operativa.

- **C6 - Elevado tiempo en las actividades de mantenimiento:** Con un 22% de influencia, esta causa destaca la necesidad de reducir el tiempo requerido para las actividades de mantenimiento. Un tiempo prolongado de mantenimiento puede aumentar los costos operativos y afectar la productividad general.

- **C3 - Tiempos improductivos:** Contribuyendo con un 19%, esta causa resalta la importancia de minimizar los tiempos improductivos asociados con el funcionamiento de la máquina. Estos tiempos pueden ser una carga financiera significativa y deben ser abordados de manera efectiva.

- **C4 - Procesos no estandarizados:** Con un 15%, esta causa enfatiza la necesidad de establecer procesos estandarizados de mantenimiento. La falta de estandarización puede dar lugar a ineficiencias y errores costosos en el mantenimiento.

Estas causas prioritarias reflejan áreas críticas que requieren atención inmediata para abordar el problema de los altos costos de mantenimiento en la Sierra Circular. Al enfocarnos en estas causas, por ello se va a implementar la metodología TPM que contribuirá la reducción de costos y al mejoramiento general del rendimiento de la máquina.

Medición de los indicadores antes de la mejora de la sierra circular

Disponibilidad (%)

Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de la disponibilidad actual de la máquina, y los resultados revelan que esta se encuentra en un nivel del 64%. Esta evaluación involucró un análisis minucioso de los datos de operación y los registros de tiempo en que la máquina estuvo

disponible y en funcionamiento en comparación con el tiempo total disponible durante un período determinado.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = (\text{Tiempo de funcionamiento del equipo} / \text{Tiempo total}) \times 100$$

Tabla 6
Disponibilidad actual 2022

MES	TPP (MIN)	TTO(MIN)	% DISPONIBILIDAD
Jul	11520	6072	53%
Ag	12480	8183	66%
Set	12480	8490	68%
Oct	12000	7647	64%
Nov	12000	8103	68%
Dic	12480	8639	69%
Total			64%

Rendimiento (%)

Adema, el rendimiento actual de la máquina es excepcional, alcanzando un sólido 90%. Este indicador de rendimiento demuestra la eficacia con la que la máquina está produciendo en comparación con su capacidad teórica o estándar.

$$\text{Eficiencia Operativa (\%)} = (\text{Tiempo Real de Producción} / \text{Tiempo Teórico de Producción}) \times 100$$

Tabla 7
Rendimiento (%)2022

MES	Tiempo Teórico de Producción	Tiempo de Real Producción	% de Rendimiento
Jul	12000	9080	76%
Ago	12000	10080	84%
Set	12000	9880	82%
Oct	12480	9250	74%
Nov	12480	10280	82%
Dic	12000	10100	84%
Total			90%

Calidad (%)

También, se hizo un análisis de la calidad lo cual se sitúa en 90%. Esto es esencial para garantizar la satisfacción del cliente y mantener una imagen positiva en el mercado.

$$\text{Calidad (\%)} = (\text{Productos conformes} / \text{Total de productos producidos}) \times 100$$

Tabla 8
Calidad (%)

Mes	Total de productos producidos (Sillas)	Productos conformes (Sillas)	% Calidad
Jul	750	710	95%
Ag	680	590	87%
Set	710	655	92%
Oct	640	585	91%
Nov	590	495	84%
Dic	521	459	88%
Total	3891	3494	90%

Eficiencia General del Equipo (OEE)

Finalmente, se realizó el cálculo del OEE actual de la empresa mediante los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad. Este indicador actual es de 65%.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 64\% * 80\% * 90\%$$

$$\text{OEE} = 65\%$$

Costo de Mantenimiento Total

$$\text{CMT} = \text{Costos de Mantenimiento Correctivo} + \text{Costos de Mantenimiento Preventivo}$$

Tabla 9
Costo de Mantenimiento Total

Mes	Costos de Mantenimiento Correctivo		Costos de Mantenimiento Preventivo		Costo de mantenimiento (S/.)
Jul	S/	4,965.27	S/	250.00	S/ 5,215.27
Ag	S/	3,916.25	S/	240.00	S/ 4,156.25
Set	S/	3,636.46	S/	256.00	S/ 3,892.46
Oct	S/	3,967.29	S/	350.00	S/ 4,317.29
Nov	S/	3,551.70	S/	212.00	S/ 3,763.70
Dic	S/	3,500.66	S/	162.00	S/ 3,662.66
Total	S/	23,537.62	S/	1,470.00	S/ 25,007.62

Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción

En la tabla 10, se presenta el Costo de Mantenimiento Total, la cual es de 6.45 soles/unidad de producto. Este análisis detallado proporciona una visión completa de los gastos asociados con el mantenimiento de la máquina y su impacto en la eficiencia y los costos operativos.

$$\text{CMUP} = (\text{Costos de Mantenimiento Total}) / (\text{Cantidad de Unidades Producidas})$$

Tabla 10
Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción

Mes	Costos de Mantenimiento Total	Cantidad de Unidades Producidas	Costo/unidad
Jul	S/ 5,215.27	750	S/ 6.95
Ag	S/ 4,156.25	680	S/ 6.11
Set	S/ 3,892.46	710	S/ 5.48
Oct	S/ 4,317.29	640	S/ 6.75
Nov	S/ 3,763.70	590	S/ 6.38
Dic	S/ 3,662.66	521	S/ 7.03
Total	S/ 25,007.62	3891	S/ 6.45

3.2 Diseñar e implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L Cajamarca, 2023

Implementacion de las 5S

Formación y Sensibilización del equipo 5S

Durante esta fase, se brindó una presentación clara de los cinco principios 5S: Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina). Se explicó cómo cada uno de estos principios contribuye al ambiente de trabajo y cómo su implementación mejora la eficiencia y la calidad.

También, se comunicó a los miembros del equipo los objetivos y beneficios de la metodología 5S. Esto puede incluir la reducción del tiempo de búsqueda de elementos, la mejora de la seguridad laboral, la reducción de desperdicios y la creación de un lugar de trabajo más organizado y agradable. Finalmente, se detallaron los roles y compromisos de cada miembro del equipo en el proceso 5S.

Cronograma de capacitación al personal

Este cronograma proporciona una distribución equitativa de los temas y actividades a lo largo de tres meses, permitiendo una comprensión progresiva y la oportunidad de aplicar los principios de las 5S en el área de trabajo. Cada semana se enfoca en un tema específico, combinando teoría con práctica para lograr una implementación efectiva y sostenible de las 5S en la organización.

Tabla 11

Cronograma de capacitación al personal

	Semana	Tema	Actividades
2	Semana 1-	Introducción a las 5S	- Presentación del concepto de 5S - Importancia en el entorno laboral
4	Semana 3-	Seiri (Clasificación)	- Teoría y principios de Seiri - Identificación de áreas a mejorar
2	Semana 1-	Seiton (Orden)	- Teoría y práctica de Seiton - Organización de herramientas
4	Semana 3-	Seiso (Limpieza)	- Enfoque en limpieza y orden - Limpieza profunda de áreas
2	Semana 1-	Seikestu (Estandarización)	- Creación de estándares de trabajo - Documentación de procesos
4	Semana 3-	Shitsuke (Mantener)	- Cultura de mantenimiento - Implementación sostenible

Auditoria inicial de las 5S

Previo a la implementación de las 5S, se llevó a cabo una auditoría inicial con el propósito de evaluar y comprender el estado actual de nuestro entorno de trabajo. Esta auditoría nos permitió obtener una imagen clara de la situación actual en términos de organización, limpieza y eficiencia, sentando así las bases para una implementación exitosa de la metodología 5S.

La auditoría inicial también nos proporcionó una línea base con la cual comparar los resultados a medida que avanzamos en la implementación de las 5S. Esto nos permitirá medir el impacto real de nuestras acciones y realizar un seguimiento del progreso a lo largo del tiempo.

En el proceso de evaluación de cada fase, hemos empleado un sistema de puntuación que abarca un rango de 0 a 4. Esta escala de puntuación de 0 a 4 nos permite medir el progreso de manera detallada y precisa en cada fase y en cada área de trabajo, identificando áreas específicas que necesitan atención y mejoras adicionales.

Figura
Auditoria inicial de las 5S

7

AUDITORIA INICIAL- 5S						
	0	Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado				
	1	Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 30%				
	2	Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 30% y menor del 80%				
	3	Muy bien - El grado de cumplimiento es mayor del 80% y menor del 90%				
	4	Exelente - El grado de cumplimiento es mayor al 90%				
Fase	Preguntas	Puntaje				
		0	1	2	3	4
Seiri (Clasificación)	1. ¿Están las herramientas y repuestos clasificados adecuadamente?		X			
	2. ¿Existen materiales innecesarios en el área?		X			
	3. ¿Las etiquetas y marcadores son claros y legibles?		X			
	4. ¿Se ha realizado una limpieza y clasificación previa?	X				
		3				
Seiton (Orden)	1. ¿Las herramientas y repuestos están dispuestos de manera eficiente?		X			
	2. ¿Se puede acceder fácilmente a las herramientas y repuestos?		X			
	3. ¿Las áreas de almacenamiento están etiquetadas adecuadamente?		X			
	4. ¿Existe una disposición clara y organizada en el área?		X			
		4				
Seiso (Limpieza)	1. ¿El área de mantenimiento de la sierra está limpia en general?			X		
	2. ¿Se han eliminado residuos y suciedad de las superficies?		X			
	3. ¿Se han limpiado y ordenado áreas de difícil acceso?		X			
	4. ¿Se ha implementado una rutina regular de limpieza?		X			
		5				
Seiketsu (Estandarización)	1. ¿Se han establecido indicadores visuales para herramientas y repuestos ?		X			
	2. ¿Existen procedimientos documentados para el mantenimiento?		X			
	3. ¿Los estándares visuales son claros y comprendidos por el equipo?		X			
	4. ¿Los procedimientos son accesibles y fáciles de seguir?		X			
		4				
Shitsuke (Disciplina)	1. ¿El personal sigue consistentemente las prácticas de las 5S?		X			
	2. ¿Se mantiene el orden y la limpieza de manera constante?			X		
	3. ¿La disciplina es evidente en el área de mantenimiento?		X			
	4. ¿Se reforzó la conciencia sobre la importancia de las 5S a largo plazo?		X			
		5				
		TOTAL				
		21				

El resultado de la auditoría inicial de las 5S en el área de mantenimiento de la sierra arrojó un total de 21 puntos sobre un máximo posible de 80 puntos. A continuación, se detallan los puntajes obtenidos en cada fase de la auditoría:

Tabla 12
Resultados de la auditoria inicial

Fases	Auditoria inicial	puntaje objetivo	%
-------	-------------------	------------------	---

Seiri (Clasificar)	3	16	19%
Seiton (Ordenar)	4	16	25%
Seiso (Limpiar)	5	16	31%
Seikestu (Estandarizar)	4	16	25%
Shitsuke (Mantener)	5	16	31%
Total	21	80	26%

Fase 1: Seiri (Clasificar)

Durante el proceso de "Clasificar" (Seiri) en la auditoría de las 5S en el área de mantenimiento de la sierra, se llevaron a cabo diversas acciones orientadas a mejorar la organización y eficiencia de este espacio.

Se procedió a identificar y clasificar todas las herramientas, repuestos y materiales presentes en el área de mantenimiento de la sierra. Se evaluaron sus usos y frecuencias, determinando qué elementos eran esenciales para el proceso y cuáles podrían considerarse innecesarios. A continuación, en el flujograma, se detalla lo que se hizo en esta fase:

Figura 8

Evidencia del área de trabajo



Tabla 13
Elementos encontrados para clasificación

Elemento	Estado	Uso	Frecuencia de	Acción a Tomar
Sierra circular antigua	Usada		Baja	Evaluar necesidad
Repuestos diversos	Nuevos		Variable	Clasificar y etiquetar
Hojas de sierra	Usadas		Alta	Organizar por tamaño
Herramientas manuales	Usadas		Alta	Etiquetar y ordenar
Aceite lubricante	Abierto		Regular	Almacenar adecuadamente
Cables eléctricos	Nuevos		Variable	Clasificar y etiquetar
Materiales de limpieza	Abiertos		Regular	Almacenar y etiquetar
Manuales de operación	Usados		Variable	Crear archivo
Brocas	Usadas/Nuevas		Variable	Clasificar por tipo
Herramientas dañadas	Dañadas		Baja	Descartar o reparar

Figura 9
Tarjeta roja



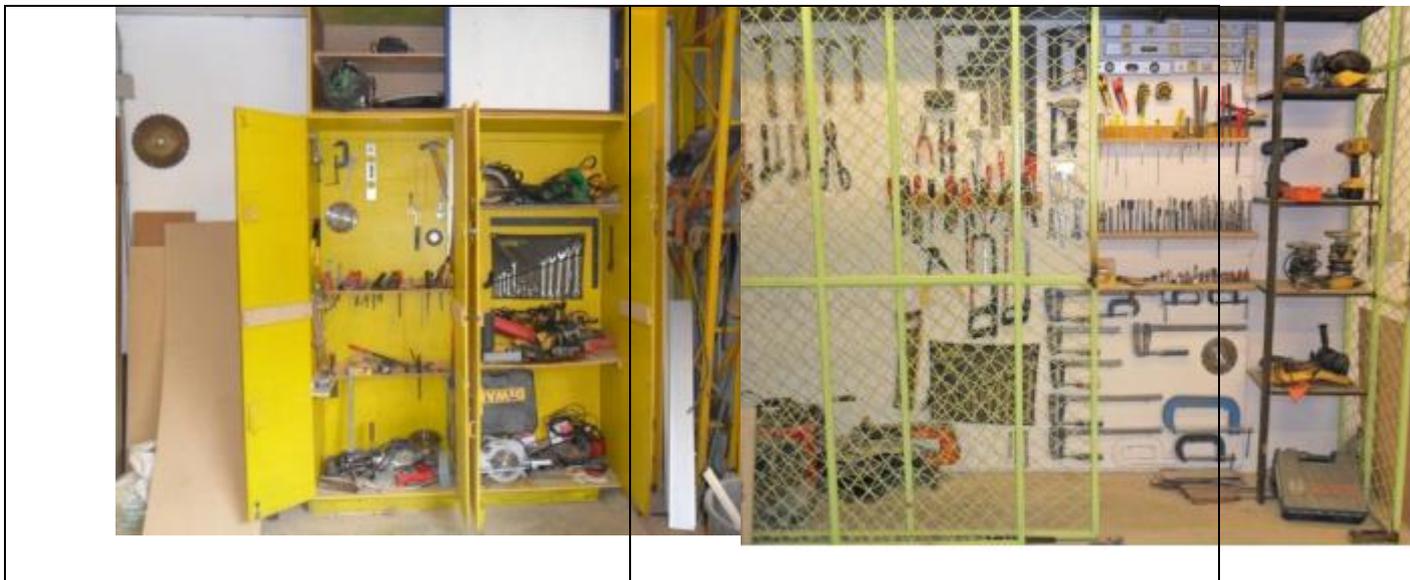
La fase de "Clasificar" se centró en la optimización de la utilización del espacio y en asegurar que solo los elementos esenciales estuvieran presentes en el área de mantenimiento de la sierra. Esto contribuye a una mayor eficiencia, facilita el acceso a las herramientas necesarias y crea un ambiente de trabajo más ordenado y seguro.

Fase 2: Orden (Seiton)

En la fase de "Orden" (Seiton) en el área de mantenimiento de la sierra, se llevaron a cabo una serie de acciones con el objetivo de mejorar la disposición y accesibilidad de herramientas, repuestos y materiales. Se establecieron espacios designados y delimitados para cada tipo de herramienta y repuesto. Esto permitió que el personal supiera exactamente dónde encontrar y colocar cada elemento después de su uso, facilitando la ordenación constante.

Figura 10

Antes y después de ordenar



Seiso (Limpiar)

En la fase de "Limpiar" (Seiso) de las 5S en el área de mantenimiento de la sierra, se llevaron a cabo una serie de acciones destinadas a garantizar un ambiente limpio, seguro y libre de residuos. Se identificaron y eliminaron todos los residuos y desechos, incluidos los materiales sobrantes, los envases vacíos y otros elementos que no tenían un lugar en el área de mantenimiento. Esto incluyó la disposición adecuada de estos residuos. A continuación, se detalla lo que se hizo en esta fase:

1. Preparación:

- Identificar el área de trabajo o el espacio que será limpiado.
 - Reunir los suministros necesarios, como escobas, trapeadores, detergente, cubetas y guantes.
2. Organización:
- Reorganizar los elementos en el área para facilitar la limpieza.
 - Mover objetos innecesarios fuera del área de trabajo para tener un espacio despejado.
3. Limpieza:
- Barrer o aspirar el suelo para eliminar el polvo y la suciedad.
 - Limpiar las superficies con un paño húmedo y detergente, eliminando manchas y suciedad acumulada.
 - Limpiar las herramientas y equipos utilizados durante el proceso.
4. Inspección:
- Revisar detenidamente las áreas limpiadas para asegurarse de que no queden residuos.
 - Identificar cualquier punto que necesite atención adicional.
5. Mantenimiento:
- Establecer un plan de mantenimiento regular para mantener la limpieza.
 - Asignar responsabilidades específicas para la limpieza diaria y semanal.
6. Mejora Continua:
- Evaluar la eficacia de la rutina de limpieza y buscar formas de mejorarla.
 - Escuchar el feedback del equipo y ajustar el proceso según sea necesario.

A continuación, se presenta la plantilla con la cual se va a controlar y mantener la limpieza.

Figura
Formato de registro de limpieza

11

Figura 12

Antes y después de la implementación de las 5s



Shitsuke (Mantener)

La fase "Shitsuke" (Mantener o Disciplina) en el marco de las 5S se refiere a mantener y fortalecer las prácticas implementadas en las fases anteriores (Selección, Orden, Limpieza y Estandarización). Esta fase se centra en garantizar la consistencia y la sostenibilidad de las mejoras logradas a lo largo del tiempo.

- Se fomenta una cultura de mejora continua donde los miembros del equipo sean alentados a sugerir formas de optimizar aún más las prácticas de las 5S y el proceso en general.
- Se establecieron rutinas y hábitos que refuercen las prácticas de las 5S. Por ejemplo, reservar tiempo al final de cada día para limpiar y organizar las áreas de trabajo.
- Se fomentó la participación activa de todo el equipo en la identificación de áreas de mejora y en la implementación de soluciones.
- Se realizan mediciones y evaluaciones regulares para verificar la efectividad de las prácticas de las 5S y para identificar áreas en las que se pueda seguir mejorando.

Figura
Periódico mural

13



Figura

Auditoria final de las 5S

14

AUDITORIA FINAL- 5S						
	0	Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado				
	1	Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 30%				
	2	Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 30% y menor del 80%				
	3	Muy bien - El grado de cumplimiento es mayor del 80% y menor del 90%				
	4	Exelente - El grado de cumplimiento es mayor al 90%				
Fase	Preguntas	Puntaje				
		0	1	2	3	4
Seiri (Clasificación)	1. ¿Están las herramientas y repuestos clasificados adecuadamente?					X
	2. ¿Existen materiales innecesarios en el área?					X
	3. ¿Las etiquetas y marcadores son claros y legibles?				X	
	4. ¿Se ha realizado una limpieza y clasificación previa?					X
						15
Seiton (Orden)	1. ¿Las herramientas y repuestos están dispuestos de manera eficiente?					X
	2. ¿Se puede acceder fácilmente a las herramientas y repuestos?					X
	3. ¿Las áreas de almacenamiento están etiquetadas adecuadamente?					X
	4. ¿Existe una disposición clara y organizada en el área?					X
						16
Seiso (Limpieza)	1. ¿El área de mantenimiento de la sierra está limpia en general?					X
	2. ¿Se han eliminado residuos y suciedad de las superficies?					X
	3. ¿Se han limpiado y ordenado áreas de difícil acceso?					X
	4. ¿Se ha implementado una rutina regular de limpieza?				X	
						15
Seiketsu (Estandarización)	1. ¿Se han establecido indicadores visuales para herramientas y repuestos ?					X
	2. ¿Existen procedimientos documentados para el mantenimiento?					X
	3. ¿Los estándares visuales son claros y comprendidos por el equipo?					X
	4. ¿Los procedimientos son accesibles y fáciles de seguir?					X
						16
Shitsuke (Disciplina)	1. ¿El personal sigue consistentemente las prácticas de las 5S?					X
	2. ¿Se mantiene el orden y la limpieza de manera constante?				X	
	3. ¿La disciplina es evidente en el área de mantenimiento?					X
	4. ¿Se reforzó la conciencia sobre la importancia de las 5S a largo plazo?					X
						15
						TOTAL
						77

Tabla 14
Resultados de la auditoria inicial & final de las 5S

Fases	Auditoria inicial	Auditoria Final	puntaje objetivo	%
Seiri (Clasificar)	3	15	16	94%
Seiton (Ordenar)	4	16	16	100%
Seiso (Limpiar)	5	15	16	94%
Seikestu (Estandarizar)	4	16	16	100%
Shitsuke (Mantener)	5	15	16	94%
Total	21	77	80	96%

En total, se acumularon 77 puntos de un posible total de 80 (5 fases x 16 puntos por fase), lo que representa un cumplimiento del 96%. Esto significa que el proyecto alcanzó un alto nivel de adherencia a las prácticas y objetivos de las 5S. Cada fase ha sido implementada y ejecutada con éxito en gran medida, lo que indica un fuerte compromiso y dedicación por parte del equipo en el proceso de optimización del área.

Implementacion del TPM

Formación y Sensibilización del equipo de trabajo

Durante el proceso de implementación del TPM, se llevó a cabo una capacitación integral dirigida a todo el equipo de trabajo involucrado en el proceso, abarcando desde los operadores hasta los equipos de mantenimiento y gestión. Esta capacitación se diseñó con el propósito de crear una comprensión profunda de los principios fundamentales y los beneficios clave del TPM.

Figura 15
Capacitación del personal



El objetivo principal de esta capacitación fue fomentar la conciencia y la comprensión de cómo el TPM puede tener un impacto significativo en la mejora de la eficiencia operativa,

la confiabilidad de los equipos y la calidad de los productos. Al brindar a todos los niveles de la organización una visión clara de los objetivos del TPM, se buscó lograr el compromiso y la colaboración necesarios para el éxito de la implementación.

Tabla 15
Contenido de la capacitación del TPM

Etapa	Tema de Capacitación	Objetivos	Contenido
1	Introducción a TPM	Familiarizar a los participantes con los conceptos básicos de TPM y su importancia en la mejora de la eficiencia y confiabilidad de los equipos.	- Definición y objetivos de los TPM. - Beneficios de implementar TPM y la mejora continua. - Relación entre TPM y la mejora continua.
2	Los Pilares de TPM	Comprender los ocho pilares fundamentales de TPM y cómo contribuyen a la optimización de los procesos y equipos.	- Presentación de los ocho pilares de TPM. - Explicación de cada pilar y su impacto en la eficiencia y confiabilidad.
3	Mantenimiento Autónomo	Dotar a los participantes de conocimientos sobre cómo involucrar a los operadores en el mantenimiento en la prevención de fallas.	- Importancia del mantenimiento autónomo. - Identificación de tareas de limpieza, inspección y lubricación. - Desarrollo de habilidades básicas de diagnóstico.
4	Mantenimiento Planificado	Enseñar a los participantes cómo planificar y programar el mantenimiento de manera eficiente para minimizar tiempos de inactividad.	- Planificación de mantenimiento preventivo. - Programación de actividades de mantenimiento. - Uso de herramientas como diagramas de Gantt.

Pilar 1: Mantenimineto Autónomo

En el mantenimiento autónomo, se promoverá la colaboración activa de los operadores y el equipo de trabajo en el cuidado y mantenimiento de la máquina sierra eléctrica. Esto implica capacitar a los operadores para que realicen tareas específicas de limpieza, inspección, lubricación y ajustes menores de manera regular. El propósito es

empoderar a los operadores para que puedan contribuir a la eficiencia y confiabilidad de la máquina, así como detectar dificultades antes de que se conviertan en fallas graves. Las actividades específicas que se llevarán a cabo en el mantenimiento autónomo para la sierra eléctrica incluyen:

Paso 1: Limpieza

La limpieza del área de trabajo se ha llevado a cabo con el enfoque de las 5S, lo que ha permitido mantener un entorno organizado y libre de desorden. Sin embargo, es importante destacar que la limpieza específica de la máquina sierra eléctrica sigue siendo una tarea fundamental en el mantenimiento autónomo. A través de esta actividad, se busca garantizar que la máquina esté libre de polvo, virutas y residuos que podrían afectar su rendimiento y durabilidad.

Paso 2: Eliminar fuentes de contaminación y difícil acceso

Este paso se inicia identificando las áreas donde hay fuentes de contaminación difíciles de acceder, como espacios estrechos, partes internas de maquinaria, entre otros. Luego, se elimina la contaminación, considerando las limitaciones de acceso. Esto podría incluir limpieza a distancia, uso de herramientas específicas, etc. Seguidamente, se crea procedimientos detallados para llevar a cabo la eliminación de contaminantes en las áreas de difícil acceso. Después, se brindó la capacitación necesaria al personal para realizar las tareas de limpieza. Finalmente, se controla los resultados.

Estrategias de limpieza de fuentes de contaminación y difícil acceso

Figura 16

Estrategias de limpieza de difícil acceso



Paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección

El mantenimiento autónomo se basa en la colaboración activa de los trabajadores en el cuidado de la maquinaria que utilizan. Realizar una limpieza regular y adecuada de la máquina contribuye a su funcionamiento eficiente y prolonga su vida útil. Esta tarea se lleva a cabo de manera más detallada y específica que la limpieza general del área, ya que se centra en los componentes y partes directamente relacionados con la sierra eléctrica, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

Estándares de limpieza

Elemento a Estandarizar	Descripción
Limpieza de la carcasa	Eliminación de polvo y residuos de la carcasa exterior de la sierra eléctrica.
Inspección del cable eléctrico	Verificación del estado del cable eléctrico en busca de daños o desgaste.
Lubricación de la cadena	Aplicación de aceite lubricante en la cadena de la sierra.
Inspección de la cadena	Revisión de la cadena para detectar desgaste, falta de tensión o daños.
Limpieza del área de trabajo	Eliminación de virutas, polvo y residuos del área alrededor de la sierra.

Paso 4: Capacitar al personal

A continuación, se presenta el cronograma detallado de las capacitaciones planificadas para la implementación de prácticas de mantenimiento autónomo.

Tabla 17
Capacitación del personal

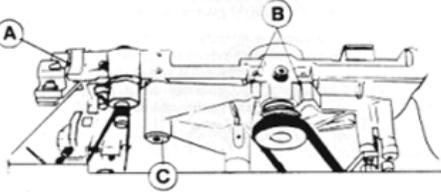
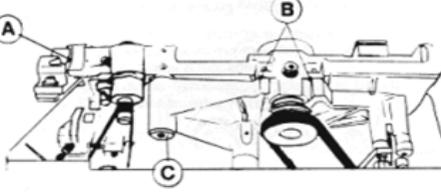
Tema de Capacitación	Duración	Facilitador
Introducción a Mantenimiento Autónomo	2 horas	Especialista en Mantenimiento
Tareas de Limpieza Autónoma y 5S	3 horas	Supervisor
Lubricación y Cuidado Preventivo	2.5 horas	Técnico de Mantenimiento
Inspección Visual y Ajustes Menores	2 horas	Supervisor
Identificación y Reporte de Problemas	2 horas	Técnico de Mantenimiento
Registro de Mantenimiento y Mejora Continua	2.5 horas	Especialista en Mantenimiento
Auditorías de Mantenimiento Autónomo	2 horas	Supervisor
Entrenamiento en Herramientas de Limpieza	2.5 horas	Técnico de Mantenimiento
Seguridad en el Mantenimiento Autónomo	2 horas	Especialista en Seguridad
Evaluación y Certificación del Personal	3 horas	Supervisor

Paso 5: Mantenimiento autónomo

Esta tabla detalla las actividades de mantenimiento autónomo que serán realizadas regularmente por los operarios de la máquina sierra circular. Cada actividad tiene una frecuencia específica, un responsable designado y las herramientas o materiales necesarios para llevar a cabo la tarea. El mantenimiento autónomo es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo de la máquina y contribuir a la prolongación de su vida útil.

Figura

Programa del mantenimiento autónomo de la máquina

LIMPIEZA E INSPECCIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO					
Sierra circular	Elemento a Estandarizar	Descripción	Frecuencia	Responsable	Procedimiento
	Limpieza de la carcasa	Eliminación de polvo y residuos de la carcasa exterior de la sierra eléctrica.	Diariamente al final del turno.	Operador	1. Apagar la sierra eléctrica. 2. Utilizar un paño seco para eliminar el polvo y los residuos de la carcasa.
	Inspección del cable eléctrico	Verificación del estado del cable eléctrico en busca de daños o desgaste.	Semanalmente.	Operador	1. Desconectar la sierra eléctrica de la corriente eléctrica. 2. Inspeccionar visualmente el cable en busca de cortes, raspaduras o deterioro. 3. Informar cualquier daño al supervisor.
	Lubricación de la cadena	Aplicación de aceite lubricante en la cadena de la sierra.	Después de cada uso.	Operador	1. Apagar y desconectar la sierra eléctrica. 2. Aplicar unas gotas de aceite en los eslabones de la cadena. 3. Dejar que el aceite penetre antes de guardar la sierra.
	Inspección de la cadena	Revisión de la cadena para detectar desgaste, falta de tensión o daños.	Antes de cada uso.	Operador	1. Verificar la tensión de la cadena según las instrucciones del fabricante. 2. Inspeccionar la cadena en busca de eslabones rotos o desgastados. 3. Ajustar la tensión si es necesario.
	Limpieza del área de trabajo	Eliminación de virutas, polvo y residuos del área alrededor de la sierra.	Al final de cada turno.	Operador	1. Recolectar las virutas y residuos generados durante el corte. 2. Barrer o aspirar el área para eliminar el polvo y las partículas.

Pilar 2: Mantenimiento planificado

Seguidamente, se muestran las tareas de mantenimiento planificado. Es preciso indicar que, el mantenimiento planificado se llevó a cabo teniendo en cuenta la ficha de la maquina (sierra eléctrica) y se adaptaron estas tareas según las recomendaciones específicas.

Tabla 18

Actividades de mantenimiento planificado

Tarea de Mantenimiento	Responsable	Procedimiento
Cambio de Aceite y Lubricación	Personal de Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la sierra y dejarla enfriar. 2. Drenar el aceite usado y reemplazarlo con aceite de nuevo. 3. Lubricar los puntos designados de la cadena y componentes móviles con aceite específico.
Inspección de Cadena	la Operador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Examinar visualmente la cadena en busca de eslabones rotos, desgaste excesivo o daños. 2. Verificar la tensión de la cadena y ajustarla si es necesario.
Afilado de la Cadena	Personal de Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desmontar la cadena siguiendo las indicaciones del fabricante. 2. Utilizar herramientas adecuadas para afilar los dientes de la cadena. 3. Asegurarse de que los dientes estén alineados y afilados de manera uniforme. 4. Volver a montar la cadena y verificar la tensión.
Revisión de Alimentación Eléctrica	la Operador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar el cable eléctrico en busca de cortes, daños o desgaste. 2. Verificar que las conexiones estén seguras y no haya cables expuestos.
Limpieza de Filtros de Aire y Refrigeración	Operador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar los filtros de aire y limpiarlos según las indicaciones del fabricante. 2. Inspeccionar los conductos de enfriamiento y limpiar cualquier acumulación de polvo o residuos.

Tarea	de	Responsable	Procedimiento
Mantenimiento			
Verificación de Frenos y Seguridad	de Personal Mantenimiento	de	<ol style="list-style-type: none"> 1. Probar el funcionamiento de los frenos y verificar si están respondiendo adecuadamente. 2. Inspeccionar los sistemas de seguridad, como el freno de cadena y el protector de mano, y asegurarse de que estén en buen estado.
Ajuste y Calibración	Operador o Personal de Mantenimiento		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar la guía y la profundidad de corte según las necesidades del proyecto. 2. Calibrar las escalas de medición para garantizar mediciones precisas.
Reemplazo de Piezas Desgastadas	Personal Mantenimiento	de	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar regularmente las piezas desgastadas, como la cadena y los piñones. 2. Reemplazar las piezas según las recomendaciones del fabricante o cuando se detecte desgaste excesivo.
Limpieza General	Operador		<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolectar las virutas y residuos generados durante el corte. 2. Limpiar la carcasa y los componentes exteriores con un paño seco. 3. Barrer o aspirar el área de trabajo para eliminar el polvo y las partículas.
Registro de Mantenimiento	de Personal Mantenimiento	de	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantener un registro detallado de cada tarea realizada, la fecha y los resultados. 2. Utilizar el registro para programar tareas futuras y tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento.

Figura
 Tablero de registro de Mantenimiento planificado

Tablero de registro de Mantenimiento Planificado		Mes												Año						Mes												Año						Versión: 001								
		2023						2024						2023						2024						Año: 2023																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2							
Máquina: Sierra circular		Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4						Semana 5																				
Descripción	Frecuencia	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
Cambio de Aceite y Lubricación	Semestral																																													
Inspección de la Cadena	Quincenal																																													
Afilado de la Cadena	Bimestral																																													
Revisión de la Alimentación Eléctrica	Bimestral																																													
Limpieza de Filtros de Aire y Refrigeración	Semanal							X							X																															
Verificación de Frenos y Seguridad	Mensual																																													
Ajuste y Calibración	Semestral																																													
Reemplazo de Piezas Desgastadas	Semestral																																													
Limpieza General	Semestral																																													

: Realizado
 : No realizado
 : Pendiente

3.3 Comparar los indicadores de medicion antes y despues de la implemtacion del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L Cajamarca,2023

Disponibilidad después de la mejora

Después de la implementación de las mejoras, la disponibilidad de la máquina sierra circular ha experimentado una notable mejora. Pasó de un 64% a 94%. Este aumento en la disponibilidad demuestra el impacto positivo de las acciones implementadas en el proceso de mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y las prácticas 5S.

Tabla 19

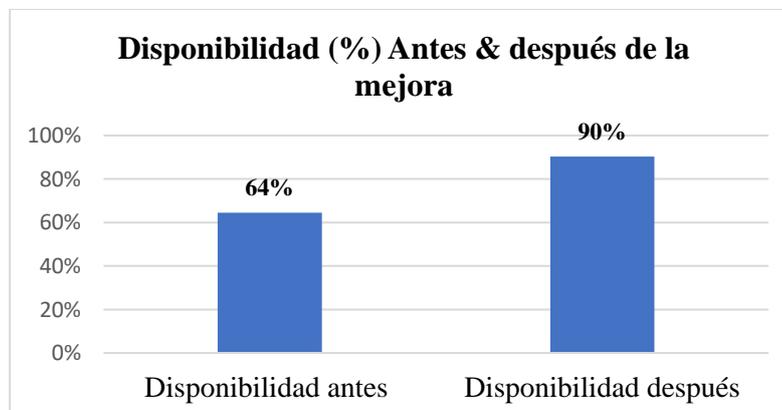
Disponibilidad después de la mejora (%)

MES-2023	TPP (MIN)	TTO(MIN)	% DISPONIBILIDAD
Ene	11520	11072	96%
Feb	12480	10318	83%
Mar	12480	11049	89%
Abr	12000	11647	97%
May	12000	11103	93%
Jun	12480	10639	85%
Tota promedio			90%

Figura

19

Disponibilidad (%) Antes & después de la mejora



Después de la implementación de mejoras en el proceso, el tiempo total de operación (TTO) aumentó de 47,134 a 65,828 minutos, lo que representa una diferencia de 18,694 minutos o aproximadamente 311.57 horas. Con un costo de hora hombre de 7.5 soles, se logró un ahorro de 2,336.75 soles gracias a estas mejoras.

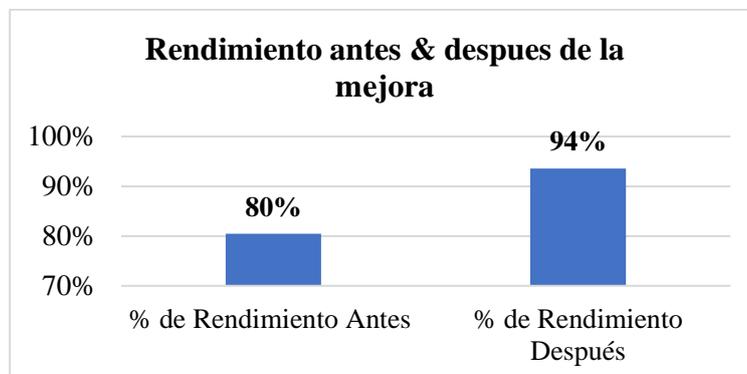
Rendimiento después de la mejora

Después de las mejoras implementadas, el rendimiento mejoró significativamente, aumentando del 80% al 94%.

Tabla 20
Rendimiento después de la mejora

Mes- 2023	Tiempo Teórico de Producción	Tiempo Real de de Producción	% de Rendimiento
Ene	12000	11080	92%
Feb	12000	11080	92%
Mar	12000	10820	90%
Abr	12480	12050	97%
May	12480	12280	98%
Jun	12000	10980	92%
	72960	68290	94%

Figura 20
Rendimiento antes & después de la mejora



La diferencia favorable en ahorro económico es de 9,620 minutos, representada en 160.33 horas de trabajo, lo que significa un ahorro de 1,202.50 soles. Para ello, se consideró el costo por hora de 7.5 soles.

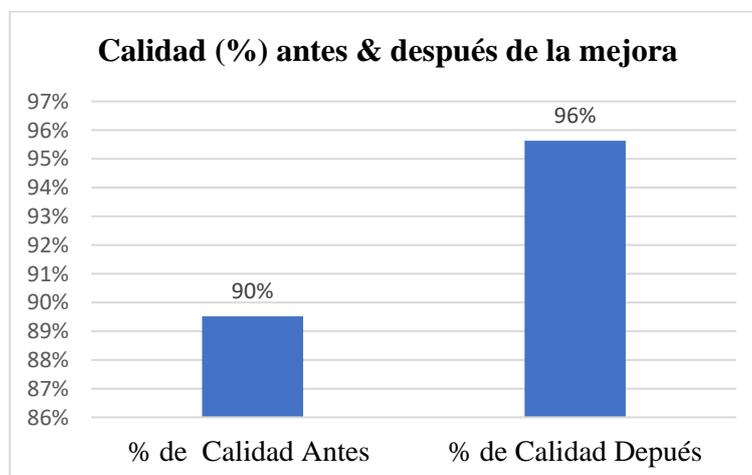
Calidad después de la mejora

La implementación de las mejoras ha tenido un impacto positivo en la calidad de los productos, aumentando el porcentaje de productos que cumplen con los estándares de calidad del 90% al 96%.

Tabla 21
Calidad después de la mejora

Mes	Total de productos producidos	Productos conformes	% de Rendimiento
Jul	750	742	99%
Ag	680	640	94%
Set	710	701	99%
Oct	640	600	94%
Nov	590	550	93%
Dic	521	495	95%
Total	3891	3728	96%

Figura 21
Calidad antes & después de la mejora



Este porcentaje de crecimiento, significo el incremento de la cantidad de productos conformes en 234 unidades, pasando de 3494 a 3728 unidades. El costo de producción por silla es de 20 soles. El ahorro total debido a las mejoras fue de 4,680 soles.

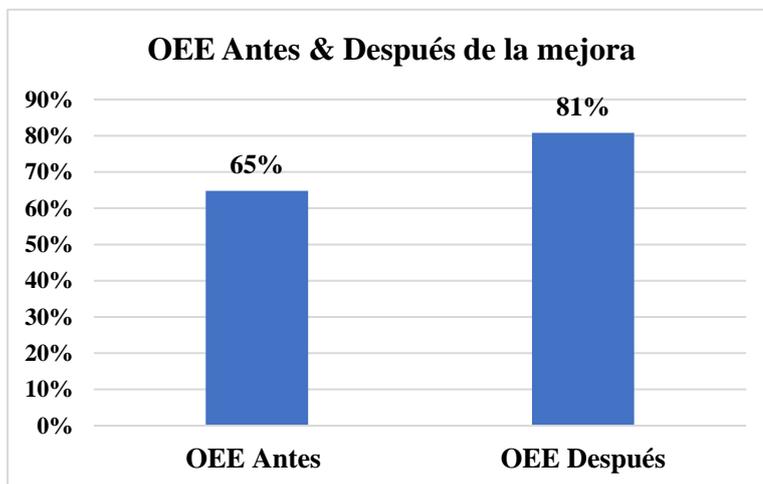
OEE= Disponibilidad*Rendimiento*Calidad

La implementación de las mejoras tuvo un impacto positivo en la eficiencia operativa del equipo. El aumento del OEE del 65% al 81% sugiere que las acciones implementadas contribuyeron a una mejor utilización del equipo, mayor disponibilidad, mayor rendimiento y/o mejor calidad del producto.

$OEE=90\% * 94\% * 96\%$

$OEE= 81\%$

Figura 22
OEE Antes & Después de la mejora



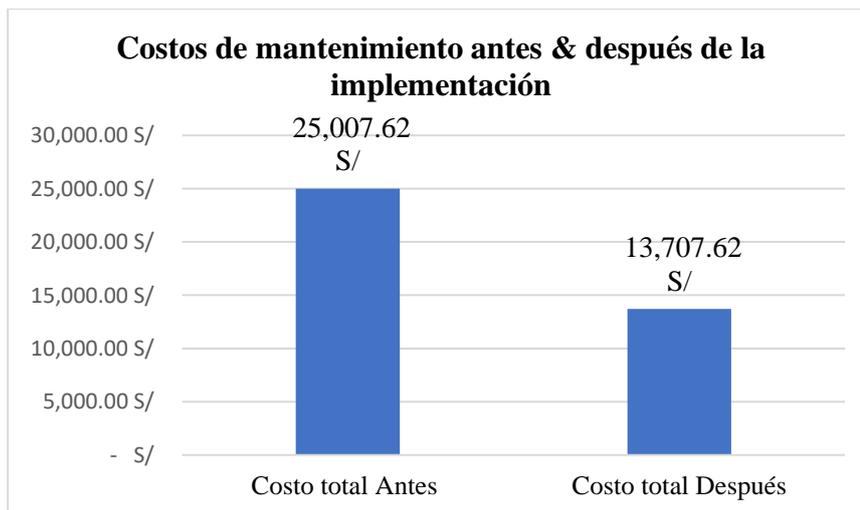
Costo de mantenimiento después de la mejora

En la tabla 22, se detallan los resultados del costo de mantenimiento después de las mejoras implementadas, las cuales tuvieron un impacto positivo en los costos totales, resultando en una reducción significativa del costo total de 25,007.62 a 13,707.62 soles. Esta mejora generó un ahorro de 11,300.00 soles al reducir los costos totales.

Tabla 22
Costo de mantenimiento después de la mejora

Mes	Costos de Mantenimiento Correctivo	de	Costos de Mantenimiento Preventivo	de	Costo total
Jul	S/ 2,965.27		S/ 250.00		S/ 3,215.27
Ago	S/ 2,916.25		S/ 240.00		S/ 3,156.25
Set	S/ 1,636.46		S/ 256.00		S/ 1,892.46
Oct	S/ 1,967.29		S/ 350.00		S/ 2,317.29
Nov	S/ 1,551.70		S/ 212.00		S/ 1,763.70
Dic	S/ 1,200.66		S/ 162.00		S/ 1,362.66
Total	S/ 12,237.62		S/ 1,470.00		S/ 13,707.62

Figura 23
Costo de mantenimiento antes & después de la mejora



Costo de mantenimiento por unidad de producción

En la tabla 23, representada en la figura, se muestra la disminución de los costos por unidad de 6.45 a 0.38 soles del impacto positivo de las mejoras.

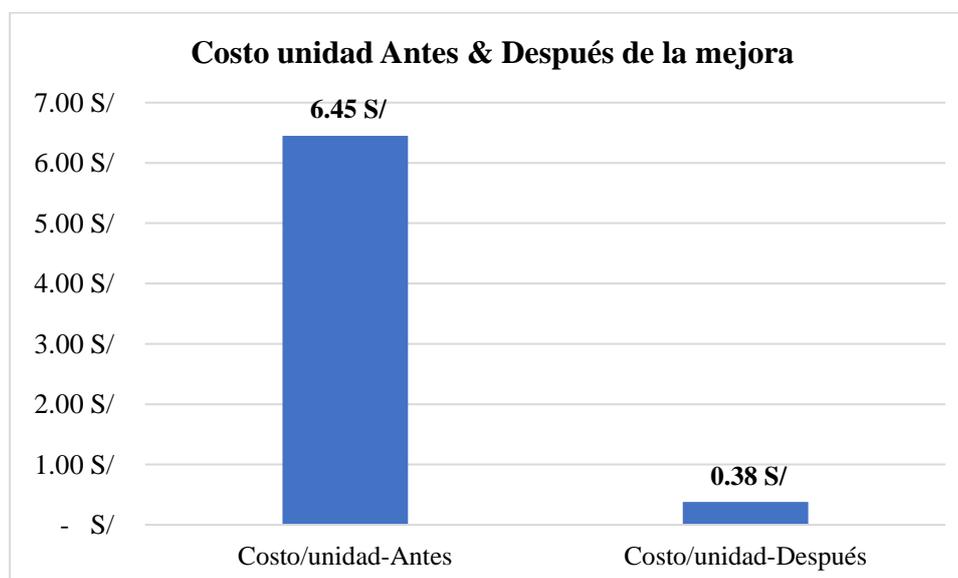
Tabla 23

Costo de mantenimiento por unidad de producción

Mes	Costos de Mantenimiento Total	Cantidad de Unidades Producidas	Costo/unidad
Jul	S/ 250.00	750	S/ 0.33
Ago	S/ 240.00	680	S/ 0.35
Set	S/ 256.00	710	S/ 0.36
Oct	S/ 350.00	640	S/ 0.55
Nov	S/ 212.00	590	S/ 0.36
Dic	S/ 162.00	521	S/ 0.31
Total	S/ 1,470.00	3891	S/ 0.38

Figura 24

Costo de mantenimiento por unidad de producción antes & después de la mejora



La implementación de mejoras resultó en un ahorro significativo de costos. Cada unidad producida tuvo una reducción de costos de 6.07 soles, lo que acumulativamente generó un ahorro total de 22,640.86 soles. Estos resultados demuestran cómo las acciones implementadas impactaron de manera positiva en la eficiencia y en los aspectos financieros del proceso de producción.

Resumen de los indicadores y del impacto económico

A continuación, en la tabla 14, se muestra el resumen de los indicadores y del impacto económico logrado a través de las mejoras implementadas:

Tabla 24
Resumen de los indicadores y del impacto económico

Indicador	Antes	Después	Diferencia (%)	Diferencia	Ahorro
Disponibilidad (%)	64%	90%	26%	311.57	S/ 2,336.75
Rendimiento (%)	80%	94%	13%	160.33	S/ 1,202.50
Calidad (%)	90%	96%	6%	234	S/ 4,680.00
Costo de mantenimiento (S/.)	S/ 25,007.62	S/ 13,707.62		S/ 11,300.00	S/ 11,300.00
Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción	S/ 6.45	S/ 0.38	S/ 6.07		S/ 22,640.86
Total					S/ 42,160.11

3.4 Realizar el análisis económica-financiero para comprobar la viabilidad el proyecto en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L Cajamarca, 2023

A continuación, se presentan los costos que incurrieron en la implementación de las mejoras.

Tabla 25
Costos en materiales y herramientas

Concepto	Costo (Soles)
Materiales 5S	2,000
Señalización 5S	800
Auditorías 5S	500
Herramientas TPM	2,500
Reparaciones TPM	1,200
Contingencias	500
Costo Total	7,500

Tabla 26
Costo de capacitación

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (Soles)	Costo (Soles)	Total
Consultora externa	1	5000	5000	
Capacitación	5 operarios	80		3,000
Capacitación	gerente	25		2,500
Total				10,500

El costo total de implementación de la mejora incluye 7,500 soles destinados a materiales y herramientas, así como 10,500 soles para la capacitación. Sumando ambos costos, el costo total de implementación es de 18,000 soles. Estos recursos invertidos son un reflejo del compromiso y la inversión realizada para lograr las mejoras planificadas y los resultados obtenidos.

Una vez obtenidos los impactos económicos positivos y los costos de implementación, el siguiente paso es llevar a cabo el cálculo del flujo de caja. Esto nos permitirá evaluar de manera más completa y precisa cómo los beneficios económicos generados por las mejoras impactarán en términos de ingresos y costos a lo largo de los primeros 6 meses del 2023. El

análisis del flujo de caja nos proporcionará una visión integral de la rentabilidad y viabilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Se considera un crecimiento semestral del 5%.

Figura 25

Flujo de caja

Flujo de caja neto proyectado						
	Sem.0	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5
Beneficios después de la mejora		S/. 42,160.11	S/. 44,268.11	S/. 46,481.52	S/. 48,805.59	S/. 51,245.87
Ingresos totales		S/. 42,160.11	S/. 44,268.11	S/. 46,481.52	S/. 48,805.59	S/. 51,245.87
Costos variables		S/. 21,667.00	S/. 22,750.35	S/. 23,887.87	S/. 25,082.26	S/. 26,336.37
Utilidad operativa		S/. 20,493.11	S/. 21,517.76	S/. 22,593.65	S/. 23,723.33	S/. 24,909.50
Impuesto a la renta (29.5%)		S/. 6,045.47	S/. 6,347.74	S/. 6,665.13	S/. 6,998.38	S/. 7,348.30
Flujo efectivo neto		S/. 14,447.64	S/. 15,170.02	S/. 15,928.52	S/. 16,724.95	S/. 17,561.20
Inversion	S/.18,000.00	-	-	-	-	-
Flujo efectivo neto	-S/.18,000.00	S/. 14,447.64	S/. 15,170.02	S/. 15,928.52	S/. 16,724.95	S/. 17,561.20

Indicadores financieros	
COK	7.0%
VA	S/. 65,035.25
VAN	S/. 47,035.25
TIR	80%
IR	3.61

Los resultados financieros del proyecto demuestran su viabilidad económica. El Valor Actual Neto (VAN) calculado es de 47,035.25 soles, Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se sitúa en 80%. El Índice de Rentabilidad (IR) se sitúa en 3.61, lo que significa que por cada sol invertido tendrá una ganancia de 2.61 soles.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Después de la implementación de las mejoras, la disponibilidad de la máquina sierra circular ha experimentado una notable mejora. Pasó de un 64% a 94%. se logró un ahorro de 2,336.75 soles gracias a estas mejoras. Asimismo, logro incrementar el OEE, pasando de 65% a 81% ya que las acciones implementadas contribuyeron a una mejor utilización del equipo, mayor disponibilidad, mayor rendimiento y/o mejor calidad del producto. Este resultado, es similar a los investigado por (Singh et al., 2022) en su investigación El OEE actual de la estación de trabajo es del 19.64% para laminado (antes 16.17%), 14.04% para doblado (antes 12.73%), 52.73% para corte (antes 46.06%), y 16.72% para troquelado (antes 14.50%).

Después de las mejoras implementadas, el rendimiento mejoró significativamente, aumentando del 80% al 94%. La diferencia favorable en ahorro económico es de 9,620 minutos, representada en 160.33 horas de trabajo, lo que significa un ahorro de 1,202.50 soles. Este resultado se sustenta por lo investigado por (Benites, 2021), quien aplicó la metodología TPM factores de calidad, rendimiento y disponibilidad, y el OEE se incrementó del 32.86% al 85.58%.

En la calidad de los productos, aumentando el porcentaje de productos que cumplen la calidad del 90% al 96%. El ahorro total debido a las mejoras fue de 4,680 soles. Este resultado, se comprara con lo investigado por (Vargas-Hernández et al., 2018) en su proyecto planteó implementar herrameintas Lean, con el cual logro incrementar la calidad en 40%.

Respecto a la reducción significativa del costo total de 25,007.62 a 13,707.62 soles. Esta mejora generó un ahorro de 11,300.00 soles al reducir los costos totales. Este resultado,

se respalda por lo investigado por (Sánchez, 2021); quien planteó como objetivo implementar un plan de TPM en una empresa de transportes, donde logró una reducción significativa de los costos operativos. Específicamente, se pudo reducir S/. 9,791.67 mensualmente, lo que representa una disminución del 21%.

En cuanto a la costos por unidad, se tuvo una reducción de 6.45 a 0.38 soles. Cada unidad producida tuvo una reducción de costos de 6.07 soles, lo que acumulativamente generó un ahorro total de 22,640.86 soles. Esta investigación se respalda con la investigación de (Mantilla & Pereyra, 2018), quienes como resultado de la investigación mostraron mejoras significativas, con un aumento del 31.91 % en la efectividad global, una disminución del 78.10 % en el Tiempo Promedio entre fallas (MTBF), y una reducción del 40.04 % en el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR). Además, la productividad de las máquinas aumentó en un 96.36 %, el proceso en un 43.17 % y la producción en un 80.16 %.

Limitaciones

Una de las limitaciones encontradas en el proyecto es la transición hacia la nueva forma de trabajo, ya que puede requerir tiempo para que los empleados se adapten a las prácticas 5S y TPM. Durante este período, podríamos experimentar una posible reducción temporal en la productividad.

Al inicio, la adopción de nuevas prácticas y la mentalidad de mejora continua enfrentaron un poco de resistencia al cambio. El cambio cultural requerido para abrazar estas metodologías podría tomar tiempo y esfuerzo para lograr una adopción completa.

Implicancias

La implementación exitosa de las prácticas 5S y TPM resulta favorable para la empresa. Sin embargo, para mantener estos resultados a lo largo del tiempo, necesitaremos

un enfoque constante en la formación y la gestión. La implicación activa del personal es esencial. Al empoderar a los empleados para que participen en la mejora y mantengan la organización, esperamos aumentar la moral y el sentido de pertenencia. Al involucrar activamente a los empleados en la identificación de problemas y soluciones, esperamos fortalecer el sentido de comunidad y colaboración en el lugar de trabajo.

Conclusiones

Respecto al objetivo 1, se realizó un exhaustivo diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento de las máquinas en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L, ubicada en Cajamarca. El propósito de este diagnóstico fue obtener una comprensión completa y detallada de cómo operaba el proceso de mantenimiento en ese momento.

En cuanto al objetivo 2, en línea con nuestros esfuerzos por mejorar y optimizar el proceso de mantenimiento, se implementó dos pilares importante del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Maderera Cabanillas & Servicios Generales S.R.L. Esta iniciativa fue respaldada por la implementación de las 5S, una metodología que busca mejorar la organización, limpieza y eficiencia de los entornos de trabajo.

En el objetivo 3, después de la implementación de las mejoras, la disponibilidad de la máquina sierra circular ha experimentado una notable mejora. Pasó de un 64% a 94%. se logró un ahorro de 2,336.75 soles gracias a estas mejoras. Asimismo, logro incrementar el OEE, pasando de 65% a 81% ya que las acciones implementadas contribuyeron a una mejor utilización del equipo, mayor disponibilidad, mayor rendimiento y/o mejor calidad del producto.

Después de las mejoras implementadas, el rendimiento mejoró significativamente, aumentando del 80% al 94%. La diferencia favorable en ahorro económico es de 9,620

minutos, representada en 160.33 horas de trabajo, lo que significa un ahorro de 1,202.50 soles.

En la calidad de los productos, aumentando el porcentaje de productos que cumplen con los estándares de calidad del 90% al 96%. El ahorro total debido a las mejoras fue de 4,680 soles.

Respecto a la reducción significativa del costo total de 25,007.62 a 13,707.62 soles. Esta mejora generó un ahorro de 11,300.00 soles al reducir los costos totales.

En cuanto a la costos por unidad, se tuvo una reducción de 6.45 a 0.38 soles. Cada unidad producida tuvo una reducción de costos de 6.07 soles, lo que acumulativamente generó un ahorro total de 22,640.86 soles.

Según el objetivo 4, los resultados financieros del proyecto demuestran su viabilidad económica. El Valor Actual Neto (VAN) calculado es de 47,035.25 soles, lo que indica que el proyecto generará un flujo de efectivo neto positivo a lo largo de su vida útil. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un sólido 80%. El Índice de Rentabilidad (IR) se sitúa en 3.61, lo que significa que por cada sol invertido tendrá una ganancia de 2.61 soles.

REFERENCIAS

Benites Aliaga, A. A. (2021). Lean Manufacturing Methodology to increase the production. *Journal of Scientific and Technological Research Industrial*, 2(2), 02–05. <https://doi.org/10.47422/jstri.v2i2.14>

Canahua Apaza, N. M. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–76. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>

Cotrina Roldán, C. C. (2018). *Cotrina Roldán Cristina Carolina- Parcial*.

Drewniak, R., & Drewniak, Z. (2022). Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil. *PLoS ONE*, 17(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274393>

Giuria-Farías, A., Noriega-Revoredo, C., & Altamirano-Flores, E. (2022). Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.747>

He, J., Khebbache, S., Anjos, M. F., & Hadji, M. (2023). *Prognostic-Based Maintenance Optimization For Complex Systems Prognostic-Based Maintenance Optimization For Complex Systems 4 th Makhlouf Hadji*. <https://hal.science/hal-03968293>

Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos., & Baptista Lucio, Pilar. (2006). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.

Jiménez, G., & Pág, A. (2019). *"APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO*.

Kareem, J. A. H., & Talib, N. A. (2015). A review on 5S and total productive maintenance and impact of their implementation in industrial organizations. In *Advanced Science Letters* (Vol. 21, Issue 5, pp. 1073–1082). American Scientific Publishers. <https://doi.org/10.1166/asl.2015.6084>

Koopmans, M., & de Jonge, B. (2023). Condition-based maintenance and production speed optimization under limited maintenance capacity. *Computers and Industrial Engineering*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109155>

Mantilla Tanta Sandra, & Lizeth Pereyra Chavez. (2018). *Tesis para optar el título profesional de.*

Nkemakonam, I., & Harold, C. G. (2022). Cost Effective Maintenance and Machine Reliability for Food Manufacturing Industries using Optimal Maintenance Strategy. *Archives of Current Research International*, 27–34. <https://doi.org/10.9734/acri/2022/v22i8543>

Ruiz, B., César, I. J., & Rodriguez, C. (2021). "IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MEJORA. <https://orcid.org/0000-0002-5462-4383>

Sanchez Roldan, O. J. (2021). "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA DE TRANSPORTES DIAS S.A.C.

Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., & Praveenkumar, S. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry. *Inventions*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/inventions7040119>

Sukma, D. I., Prabowo, H. A., Setiawan, I., Kurnia, H., & Fahturizal, I. M. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, 35(7), 1246–1256. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.07a.04>

Vargas-Hernández, J. G., Muratalla-Bautista, G., María, |, Castillo, T. J., Teresa, M., & Castillo, J. (2018). *Vargas-Hernández |Gabriela Muratalla-Bautista |María Teresa Jiménez Castillo Ciencias Administrativas| Año 6 | N° 11 Enero-Junio.* <http://revistas.unlp.edu.ar/CADM>

ANEXOS

Anexo 01: Cuestionario de preguntas y Hoja de encuesta

I. Entrevista dirigida al Supervisor del área de producción.

Nº	CUESTIONARIO DE PREGUNTAS	RESPUESTA
1	¿Cuál es el estado actual del mantenimiento preventivo en la organización?	
2	¿Cuáles son los problemas más significativos que impactan en el mantenimiento de las máquinas?	
3	¿Qué mejoras se han implementado con respecto a las nuevas tecnologías en el mantenimiento?	
4	¿Cuáles son las debilidades y amenazas se presentan frecuentemente en la empresa?	
5	Con respecto a los repuestos, ¿llegan a tiempo y en las condiciones requeridas?	
6	¿Cuál es el procedimiento más importante para mantener todas las maquinas operativas en la empresa?	
7	¿Cuál es sustento económico fundamental de la empresa y como el mantenimiento resulta un soporte para esta actividad?	
8	¿Cuántas maquinas se tiene en la empresa y cuál es su importancia de cada una?	
9	¿Cuáles son las piezas y repuestos más perjudicados por la operación continua de las máquinas?	
10	¿Cómo es el proceso de mantenimiento que se da en la empresa, se tiene algún cronograma?	

ENTREVISTA (Instrumento 1) y ENCUESTA (Instrumento 2): Se tomaron de las fuentes de investigación y se complementó con aspectos de mejora y adecuación propios de la investigación en curso (Cf. Rojas, 2019).

Anexo 02: Cuestionario de preguntas

I. Encuesta al personal que trabaja en la empresa

N°	HOJA DE PREGUNTAS	MARCA SEGÚN CORRESPONDA	
		SI	NO
1	En el área ¿Se cuenta con un área y plan de mantenimiento operativo?	SI	NO
2	¿Conoces la totalidad de los procedimientos de mantenimiento para todas las máquinas?	SI	NO
3	¿Consideras la experiencia laboral un factor de eficiencia para la solución de averías en las máquinas?	SI	NO
4	¿Sería necesaria una buena gestión de mantenimiento para la optimización y simplificación del trabajo en la empresa?	SI	NO
5	¿El conocimiento y la capacitación para el personal mecánico, debe ser más práctico que teórico?	SI	NO
6	¿Los repuestos y piezas solicitadas llegan a tiempo y son los requeridos?	SI	NO
7	Los insumos sirven como parte del procedimiento preventivo con respecto a estas máquinas	SI	NO
8	¿Existe en la empresa un almacén de las piezas fácilmente corruptibles en las máquinas?	SI	NO
9	¿Consideras que se pueden implementar mejoras en tu área de trabajo?	SI	NO
10	¿Consideras el orden y la limpieza, como factores de suma importancia en este proceso?	SI	NO
11	¿Existe algún presupuesto destinado al tema de mantenimiento en la empresa?	SI	NO
12	¿Los repuestos, piezas e insumos son asequibles o accesibles en la empresa?	SI	NO
13	Existe algún registro de mantenimiento que se ha llevado en las máquinas	SI	NO

ENTREVISTA (Instrumento 1) y ENCUESTA (Instrumento 2): Se tomaron de las fuentes de investigación y se complementó con aspectos de mejora y adecuación propios de la investigación en curso (Cf. Rojas, 2019).

Anexo 3: Observacion directa

AUDITORIA 5S						
	0	Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado				
	1	Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 30%				
	2	Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 30% y menor del 80%				
	3	Muy bien - El grado de cumplimiento es mayor del 80% y menor del 90%				
	4	Exelente - El grado de cumplimiento es mayor al 90%				
Fase	Preguntas	Puntaje				
		0	1	2	3	4
Seiri (Clasificación)	1. ¿Están las herramientas y repuestos clasificados adecuadamente?					
	2. ¿Existen materiales innecesarios en el área?					
	3. ¿Las etiquetas y marcadores son claros y legibles?					
	4. ¿Se ha realizado una limpieza y clasificación previa?					
Seiton (Orden)	1. ¿Las herramientas y repuestos están dispuestos de manera eficiente?					
	2. ¿Se puede acceder fácilmente a las herramientas y repuestos?					
	3. ¿Las áreas de almacenamiento están etiquetadas adecuadamente?					
	4. ¿Existe una disposición clara y organizada en el área?					
Seiso (Limpieza)	1. ¿El área de mantenimiento de la sierra está limpia en general?					
	2. ¿Se han eliminado residuos y suciedad de las superficies?					
	3. ¿Se han limpiado y ordenado áreas de difícil acceso?					
	4. ¿Se ha implementado una rutina regular de limpieza?					
Seiketsu (Estandarización)	1. ¿Se han establecido indicadores visuales para herramientas y repuestos ?					
	2. ¿Existen procedimientos documentados para el mantenimiento?					
	3. ¿Los estándares visuales son claros y comprendidos por el equipo?					
	4. ¿Los procedimientos son accesibles y fáciles de seguir?					
Shitsuke (Disciplina)	1. ¿El personal sigue consistentemente las prácticas de las 5S?					
	2. ¿Se mantiene el orden y la limpieza de manera constante?					
	3. ¿La disciplina es evidente en el área de mantenimiento?					
	4. ¿Se reforzó la conciencia sobre la importancia de las 5S a largo plazo?					
		TOTAL				

Anexo 3: Análisis documental

Mes	Tiempo Teórico de Producción	Tiempo Real de Producción	% de Rendimiento
J			
A			
S			
O			
N			
D			

Mes	Total de productos producidos	Productos conformes	% de Rendimiento
J	750	710	
A	680	590	
S	710	655	
O	640	585	
N	590	495	
D	521	459	
Total	3891	3494	

Mes	Costos de Mantenimiento Correctivo	Costos de Mantenimiento Preventivo	Costo total
Jul	S/ 4,965.27	S/ 250.00	
Ago	S/ 3,916.25	S/ 240.00	
Set	S/ 3,636.46	S/ 256.00	
Oct	S/ 3,967.29	S/ 350.00	
Nov	S/ 3,551.70	S/ 212.00	
Dic	S/ 3,500.66	S/ 162.00	
Total	S/ 23,537.62	S/ 1,470.00	

