



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE, TRUJILLO 2024”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Fabrizio Enrique Herrera Ramirez

Asesor:

Mg. Oscar Alberto Goicochea Ramirez

<https://orcid.org/0000-0002-0657-4596>

Trujillo - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ
	Nombre y Apellidos




Jurado 2	GONZALO HUGO DIAZ GARCIA
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	OSCAR ALBERTO GOICOCHEA RAMIREZ
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

Fabrizio Enrique Herrera Ramírez

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS ...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Privada del Norte

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trm:oid::1:3344637225

Fecha de entrega
19 sep 2025, 9:11 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
20 sep 2025, 8:14 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Fabrizio_Enrique_Herrera_Ram_rez.docx

Tamaño del archivo
1.5 MB

104 páginas

15.344 palabras

82.522 caracteres



Página 1 de 110 - Portada

Identificador de la entrega trm:oid::1:3344637225







Página 2 de 110 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trm:oid::1:3344637225




15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

-  Bibliografía
-  Texto citado
-  Texto mencionado
-  Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por darme la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar este camino.

A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante, quienes con sus palabras de aliento y sacrificios me motivaron a no rendirme.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y enseñanzas, que no solo enriquecieron mi formación profesional, sino también mi crecimiento personal.

A todos ellos, dedico este trabajo como muestra de gratitud y reconocimiento.

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme acompañado con su infinita bondad en cada etapa de mi formación, iluminando mi camino con fe y esperanza.

A mi familia, pilar fundamental en mi vida, quienes con su apoyo, paciencia y confianza en mí hicieron posible la culminación de este logro. Sin su compañía y motivación, este sueño no habría sido posible.

A mis docentes y mentores, quienes me brindaron su tiempo, conocimiento y orientación a lo largo de la carrera, y en especial durante el desarrollo de esta investigación, contribuyendo de manera significativa a mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo durante este proceso.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de tablas.....	7
Índice de Figuras.....	9
Resumen.....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	24
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	78
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS.....	87

Índice de tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
Tabla 2: Cumplimiento inicial de los requerimientos el TPM.....	24
Tabla 3: Eficiencia global actual de la unidad 1	26
Tabla 4: Indicadores de la unidad 1.	26
Tabla 5: Eficiencia global actual de la unidad 2	27
Tabla 6: Indicadores de la unidad 2	27
Tabla 7: Eficiencia global actual de la unidad 3	28
Tabla 8: Indicadores de la unidad 3	28
Tabla 9: Eficiencia global actual de la unidad 4	29
Tabla 10: Indicadores de la unidad 4	29
Tabla 11: Eficiencia global actual de la unidad 5	30
Tabla 12: Indicadores de la unidad 5	30
Tabla 13: Indicadores actuales de eficiencia global por unidad	31
Tabla 14: Registro de la eficiencia global actual por mes y unidad	32
Tabla 15: Comité de implementación del TPM.....	34
Tabla 16: Plan maestro para la implementación del TPM.....	36
Tabla 17: Temas de capacitación	37
Tabla 18: Puntos importantes de la reunión para el inicio de la implementación del TPM	39
Tabla 19: Análisis de causas de fallas.....	40
Tabla 20: Unidades con deficiencias operativas	41
Tabla 21: Índices fallas iniciales (unidades con deficiencias operativas).....	43
Tabla 22: Tiempo hasta la falla (TTF) – Unidad 1	45
Tabla 23: Datos de transformación para gráfico de Weibull	46
Tabla 24: Parámetros de Weibull.....	48
Tabla 25: Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas	49
Tabla 26: Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 2	50
Tabla 27: Parámetros de Weibull – Unidad 2	51
Tabla 28: Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 2	51
Tabla 29: Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 3	52
Tabla 30: Parámetros de Weibull – Unidad 3	53
Tabla 31: Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 3	54
Tabla 32: Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 4	55
Tabla 33: Parámetros de Weibull – Unidad 4.....	56
Tabla 34: Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 4	56

Tabla 35: Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 5	57
Tabla 36: Parámetros de Weibull – Unidad 5	58
Tabla 37: Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 5	59
Tabla 38: Tiempos óptimos de mantenimiento preventivo.....	60
Tabla 39: Programa de capacitación sobre TPM para su implementación	61
Tabla 40: índice de fallas y disponibilidad luego de las mejoras	62
Tabla 41: Comparativo de indicadores (antes y después).....	64
Tabla 42: Eficiencia global unidad 1 mejorada	65
Tabla 43: Indicadores de la unidad 1 mejorada.	65
Tabla 44: Eficiencia global unidad 2 mejorada	66
Tabla 45: Indicadores de la unidad 2 mejorada.	66
Tabla 46: Eficiencia global unidad 3 mejorada	67
Tabla 47: Indicadores de la unidad 3 mejorada	67
Tabla 48: Eficiencia global unidad 4 mejorada	68
Tabla 49: Indicadores de la unidad 4 mejorada	68
Tabla 50: Eficiencia global unidad 5 mejorada	69
Tabla 51: Indicadores de la unidad 5 mejorada	69
Tabla 52: Indicadores actuales de eficiencia global por unidad	70
Tabla 53: Comparativo de indicadores de OEE.....	70
Tabla 54: Cumplimiento de los requerimientos el TPM post-implementación.....	71
Tabla 55: Comparativo de incumplimiento por fases (antes y ahora)	73

Índice de Figuras

Figura 1: Diseño pre-experimental.	20
Figura 2: Cumplimiento inicial por fases.....	25
Figura 3: Indicadores actuales de Eficiencia Global por unidad (promedio).	31
Figura 4: Eficiencia global por unidad (promedio 6 meses).....	32
Figura 5: Resultado de índices fallas iniciales por unidad.....	43
Figura 6: Gráfica de dispersión en función X y Y.....	47
Figura 7: Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 2	50
Figura 8: Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 3	53
Figura 9: Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 4.	55
Figura 10: Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 5.	58
Figura 11: Tiempos óptimos de mantenimiento preventivo (días).	60
Figura 12: Capacitación al personal de la empresa.....	62
Figura 13: Comparativo de indicadores (antes y después).	64
Figura 14: Comparativo de indicadores de OEE (antes y ahora).....	71
Figura 15: Cumplimiento por fases luego de las mejoras.....	72
Figura 16: Comparativo de incumplimiento por fases (antes y ahora).	73

Resumen

El objetivo de la investigación fue desarrollar una propuesta de Implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la eficiencia global de una empresa de transporte. El estudio fue descriptivo-propositivo. Se utilizaron herramientas como: check list sobre gestión de TPM y formato de registros de Eficiencia global. Como hallazgos se obtuvo que la empresa sólo estuvo cumpliendo 2 de 8 requerimientos, que equivale al 20% de cumplimiento y a nivel de fases: en preparación 20%, en introducción 0%, en implementación 30% y en consolidación 0%. Además, los cálculos mostraron que la eficiencia global promedio de las unidades fueron: unidad 1 con 0.60; unidad 2 con 0.32; unidad 3 con 0.54, unidad 4 con 0.57 y unidad 5 con 0.59; la eficiencia global promedio de la flota fue de 0.50. Luego de la implementación del TPM se proyectó la mejora de la eficiencia global de los equipos y se evidenciaron mejoras en cuanto la disponibilidad, pasando de un 83.82% a 95.83%, logrando mejorar en 14.33%. Finalmente, la eficiencia global pasó de 0.50 a 0.80, lo que indicó un 58% de mejora. Esto demuestra un impacto positivo en el desempeño general de las unidades tras la implementación del TPM.

Palabras claves: mantenimiento productivo total, eficiencia global, disponibilidad

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un enfoque integral que busca involucrar a todos los niveles de la organización en la conservación y cuidado de los equipos, con el fin de mejorar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de los activos industriales (Pacheco et al., 2022). El TPM nació como una filosofía que buscaba extender la vida útil de los equipos y reducir las paradas no programadas; con el tiempo, se convirtió en una estrategia integral que involucra a todos los miembros de una organización. Hoy en día, se centra en la mejora continua, la eliminación de las pérdidas y la búsqueda de la perfección en la producción (Bhushan et al., 2022). Respecto a la eficiencia global, es un indicador que mide el desempeño de los equipos. Inicialmente, se limitaba a evaluar el tiempo en que estaban operativos. Luego, este concepto se ha ampliado para incluir al rendimiento y la calidad. La eficiencia global busca cuantificar la capacidad de un equipo para producir bienes o servicios de acuerdo con los estándares establecidos, minimizando las pérdidas y maximizando la productividad (Rathi et al., 2023). Al implementar TPM, las empresas experimentan beneficios tangibles, que van desde una reducción significativa en las averías y tiempos de inactividad no planificados hasta una prolongación de la vida útil de los equipos (Sá et al., 2023).

La empresa en estudio está dedicada al transporte de carga por carretera de todo tipo de mercancías y cuenta con una flota compuesta por cinco unidades de transporte. La empresa ha experimentado fallas recurrentes en sus vehículos, disminuyendo su eficiencia y fiabilidad de sus servicios. Estas fallas no solo generan costos elevados de reparación y mantenimiento, sino que también resultan en tiempos de inactividad prolongados, impactando directamente en la capacidad de la empresa para cumplir con los plazos de entrega acordados con sus clientes. En múltiples ocasiones, las averías de los vehículos han provocado que la carga no llegue a tiempo

a su destino, afectando gravemente la satisfacción del cliente y la credibilidad de la empresa. La naturaleza diversa de las mercancías transportadas exige un alto grado de puntualidad y confiabilidad, ya que cualquier retraso puede tener repercusiones significativas en la cadena de suministro de sus clientes. Las fallas recurrentes en las unidades de transporte han provocado que varios contratos estén en riesgo de no ser renovados, lo que podría traducirse en pérdidas económicas importantes y una reducción en la cuota de mercado de la empresa. El problema se agrava por la falta de un sistema de mantenimiento preventivo adecuado. Actualmente, la empresa opera con un enfoque reactivo, donde las reparaciones se llevan a cabo solo después de que se presentan las fallas.

Dentro de los antecedentes revisados, se tienen antecedentes internacionales:

La investigación de Rathi et al. (2023) tuvo como objetivo mejorar la productividad del laminador de la planta siderúrgica mediante la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Debido a la creciente demanda de productos de acero, fue necesario mejorar la productividad del laminador, ya que los laminadores producen varios tipos de elementos estructurales. El mantenimiento de las máquinas juega un papel importante para lograr la máxima producción en la industria del acero. El TPM se implementó en una planta siderúrgica integrada y se observó su efecto en la producción. Primero, se recopilaron datos de seis meses y luego se analizaron los desgloses utilizando TPM. Luego se implementó el TPM para los siguientes seis meses y se analizó la productividad del laminador. La productividad del laminador mejoró aproximadamente un 10 % mediante la implementación de TPM, y la disponibilidad del equipo también mejoró aproximadamente un 14 %. Sin embargo, después de la implementación de TPM, la eficiencia general del equipo (OEE) alcanzó aproximadamente el 80,19%, lo que se acerca al OEE mundial del acero del 85%.

La tesis de Quiroa (2022) que propuso implementar TPM para mejorar la productividad

de las unidades de transporte refrigerado una empresa logística en Guatemala. La población la conformaron 20 unidades. Los indicadores evaluados fueron confiabilidad y disponibilidad, las cuales presentaban bajos niveles (53% y 58% respectivamente). Se aplicó las 5 S para ordenar el taller y el almacén de herramientas y repuestos; con ello las actividades fueron más fluidas y rápidas. El TPM se ejecutó según las fechas planificadas. Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora notable en los indicadores; la confiabilidad llegó al 90% y la disponibilidad al 100%. El estudio concluyó que el TPM fue efectivo para incrementar la productividad de las unidades de transporte de la empresa analizada.

También la investigación de Bhushan et al. (2022) evaluó la confiabilidad y la capacidad de mantenimiento de la falla de transmisión de la topadora sobre orugas BD155 utilizando el método de Markov y el mantenimiento productivo total para mejorar la productividad. Se ha realizado un estudio de caso realista sobre fallas de transmisión y subsistemas asociados. También se identificaron posibles enfoques y alternativas para aumentar la confiabilidad y el rendimiento. Este artículo también analizó las mejores prácticas de mantenimiento para minimizar las fallas de la transmisión y aumentar la productividad. La disponibilidad del BD155 aumenta del 62% al 71% utilizando una planificación y un mantenimiento adecuados.

La investigación de Jusoh et al. (2021) se enfocó en mejorar la productividad en una empresa de fabricación de alimentos, utilizando el mantenimiento productivo total. La investigación se realizó para estudiar la implementación de TPM y demostrar que TPM puede mejorar la eficiencia de la producción. Con base en los hallazgos, se demostró que los equipos como amasadoras, batidoras, elevadores volcadores, divisoras de masas, laminadoras presentaron un alto nivel de mantenimiento preventivo con lo cual tuvieron un mejor desempeño, mejorando su eficiencia hasta en un 90% y su productividad en un 95%. Con dichos

resultados se pudo concluir que TPM son herramientas, técnicas y métodos que ayudan a aumentar la eficiencia de la producción de alimentos.

Como antecedentes nacionales se revisaron:

Lévano (2021) en su investigación tuvo como propósito proponer una mejora en la gestión de mantenimiento, a través de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa de transporte (Lima). La investigación se centra en la población del taller de mantenimiento y sus operarios, con la finalidad de demostrar un aumento en la productividad, la reducción de costos, y el incremento de actividades eficientes mediante una mejora integral del área de mantenimiento. La muestra incluye el diagnóstico del taller, donde se identificaron problemas como tiempos improductivos, logística preventiva inadecuada y desbalance de carga laboral. Los resultados del análisis señalaron la necesidad de mejorar el orden y la limpieza para incrementar la productividad. Se implementó una programación de tiempo para el personal y los recursos disponibles, junto con la aplicación de los pilares del TPM. En conclusión, la investigación espera lograr una adecuada distribución de inventarios en el almacén de repuestos, reducir los recorridos innecesarios y mejorar el desempeño de los operarios, lo que se traduce en un incremento en la disponibilidad de buses y una mayor oferta al mercado. Esta mejora en la gestión de mantenimiento no solo optimiza las operaciones del taller (mejoró en un 65% versus la productividad inicial), sino que también aporta a la competitividad de la empresa en el sector de transporte público.

La tesis Dueñas (2020), implementó el TPM para incrementar la productividad de las unidades de transporte de una empresa Tansa (Lima). La investigación fue pre-experimental. La población estuvo conformada por la flota de transporte (30 unidades), de la cuales se revisó su historial de fallas. El diagnóstico inicial mostró que la productividad fue del 55%, ya que las unidades presentaban muchas fallas y varias de ellas no tenían mantenimiento programados.

Después de la implementación del TPM, la productividad se incrementó a un 88%, el 22% restante obedece a que existe unidades que están próximas a darse de baja por obsolescencia. El estudio recomendó cumplir con los mantenimientos preventivos para mantener la productividad.

Asimismo, Castro (2020) implementó el TPM para menor la productividad del transporte de mineral en una empresa del mismo rubro (La Libertad). La tesis fue cuantitativa y pre-experimental. Se evaluó inicialmente los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad con resultados por debajo de lo esperado. Luego de aplicar el TPM con el uso de herramientas de ingeniería y formatos donde se registraron los indicadores post-implementación se obtuvo un incremento del 80% en la disponibilidad, 75% en la confiabilidad y 80% en la mantenibilidad. Se concluyó que el TPM incrementó la productividad en un 65%

También Condezo (2019) implementó el TPM para incrementar la productividad de la maquinaria pesada de una empresa de construcción (Lima). Luego de diagnosticar la situación inicial se halló que la productividad actual era del 50%; lo que significaba que la mitad de los equipos estaban paralizados. Los tiempos de fallas eran recurrentes. Se implementó el TPM y las 5S para mejorar la disponibilidad de repuestas para el mantenimiento. Después de la implementación, los nuevos indicadores fueron: disponibilidad llegó a un 75%, la confiabilidad y su disponibilidad en un 100%. Se concluyó que el TPM mejor sustancialmente la productividad de la empresa en un 90%.

Jusoh et al. (2021) indica que el Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) es una metodología de gestión enfocada en maximizar la eficiencia de los equipos industriales mediante la participación activa de todos los miembros de la organización, con el objetivo de eliminar pérdidas y mejorar continuamente los procesos de producción. Para Morales y Rodríguez (2017), el TPM se define como una filosofía de gestión que promueve la

colaboración y el trabajo en equipo para lograr la excelencia operativa, mediante la implementación de prácticas de mantenimiento preventivo, predictivo y autónomo, así como la mejora continua de los procesos. Pacheco et al. (2022) indica que el TM presente 4 fases: Preparación (decisión, información, estructura, objetivos y plan de desarrollo del TPM), introducción (inicio formal del TPM), implantación (ejecución del TOM) y consolidación (mantener los resultados logrados). Respecto a la eficiencia global, es como un termómetro que mide qué tan bien están trabajando nuestras máquinas; nos dice qué tanto aprovechamos el tiempo que tenemos para producir lo que necesitamos, sin errores ni paradas innecesarias (Boero, 2020). Sus indicadores son: Disponibilidad: se refiere a la proporción del tiempo en que el equipo está operable y disponible para su uso en comparación con el tiempo total programado para la operación; Efectividad: referida al nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paradas y Coeficiente de calidad: que es una fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad (Boero, 2020). Mantener alta disponibilidad implica reducir tanto el tiempo de inactividad planificado como el no planificado, garantizan que los equipos estén listos para operar cuando se necesiten (Gallarà & Pontelli, 2020). Respecto a la productividad, Tripathi et al. (2021) señalan que se refiere a la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para producirla, destacando la eficiencia en la utilización de estos recursos. También Sá et al. (2023) indican que la productividad es la capacidad de una organización para generar resultados cuantitativos y cualitativos con los recursos disponibles. Finalmente, (Mendes et al., 2023), añade que la productividad es la medida de la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir bienes o servicios, expresada generalmente como la relación entre la producción y los insumos utilizados en el proceso.

1.2 Problema general:

¿La implementación del Mantenimiento Productivo Total permitirá incrementar la

eficiencia global de los equipos de una Empresa de Transporte, Trujillo 2024?

1.3 Objetivos

- General: Determinar en qué medida el Mantenimiento Productivo Total incrementa la eficiencia global de los equipos de la Empresa de Transporte
- Objetivo 1: Analizar la gestión actual del mantenimiento según los requerimientos del TPM
- Objetivo 2: Determinar la eficiencia global al inicio
- Objetivo 3: Evaluar la mejora de la eficiencia global de los equipos después de la implementación.

1.4 Hipótesis General

La implementación del Mantenimiento Productivo Total incrementa la eficiencia global de los equipos en una Empresa de Transporte.

1.5 Justificación

A pesar de la abundante investigación sobre TPM en sectores industriales, hay una carencia de estudios específicos en la industria del transporte. Este estudio aporta a la teoría existente al contextualizar el TPM en un sector y región específicos y también introduce nuevas perspectivas sobre cómo estas prácticas pueden ser adaptadas y optimizadas en diferentes entornos operativos. Además, al abordar la productividad y eficiencia global, se proporciona un marco teórico que puede ser utilizado como referencia para futuras investigaciones. La justificación aplicada del presente estudio ofrece soluciones para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos de mantenimiento, lo cual es crítico para la competitividad de las empresas

de transporte. Al mejorar la productividad, estas empresas pueden ofrecer servicios más confiables, lo que se traduce en una mayor satisfacción del cliente y una mejor posición en el mercado.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Diseño

Una investigación cuantitativa se caracteriza por su enfoque en la recopilación y el análisis de datos numéricos y estadísticos para responder preguntas de investigación. Este tipo de investigación se basa en la recolección sistemática de datos cuantificables mediante instrumentos estandarizados, como cuestionarios, encuestas o mediciones objetivas. Utiliza técnicas estadísticas para analizar los datos y generalizar los resultados a una población más amplia (Hernández y Mendoza, 2023). De acuerdo con ello, el presente estudio es cuantitativo, ya que se realizarán mediciones de tipo numérico respecto a tiempo de fallas e indicadores de productividad.

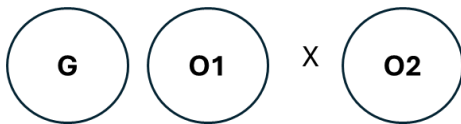
Una investigación aplicada se caracteriza por su enfoque en la resolución de problemas prácticos y la generación de conocimiento con aplicaciones directas en el mundo real. Busca responder preguntas específicas orientadas a resolver problemas concretos o mejorar procesos existentes (Hernández y Mendoza, 2023). La presente investigación tesis se considera una investigación aplicada porque está diseñada para abordar un problema real en el contexto empresarial: mejorar la eficiencia global de una empresa de transporte a través de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Una investigación experimental de tipo pre-experimental se refiere a un diseño de investigación que evalúa el efecto de una intervención o tratamiento en una situación controlada, pero sin utilizar un grupo de control adecuado o sin aplicar aleatorización. Este tipo de diseño es útil cuando se desea explorar de manera preliminar el impacto de una intervención específica sobre una de las variables (Hernández y Mendoza, 2023). Por ello, el presente estudio es pre-experimental ya que se realizarán mejoras en la variable mantenimiento productivo total y se espera que surta efecto en la productividad de la empresa.

Una investigación explicativa es aquella que busca identificar las causas y efectos de un fenómeno específico, explicando las razones detrás de su ocurrencia y las relaciones que existen entre las variables involucradas. La investigación explicativa va un paso más allá al intentar entender y aclarar el "por qué" y el "cómo" de los eventos estudiados (Hernández y Mendoza, 2023). En el contexto de la presente tesis, una investigación explicativa es apropiada para explorar cómo y por qué el TPM influye en la eficiencia global de la empresa.

Figura 1

Diseño pre-experimental



Donde:

G: Grupo

O1: observación de la variable mantenimiento productivo total

X: Estímulo

O2: observación de la variable productividad

2.2 Población

La población está conformada por cada unidad de transporte de la empresa; la población la componen todas las unidades de transporte (5 unidades) y la muestra no se necesita porque se cuenta con acceso a toda la población.

2.3 Control de mediciones

El recojo de información se realizó con el uso de instrumentos que fueron revisados por los ingenieros Roger Villar Morales y Julio Cubas Rodríguez (Anexo 4). La tabla 2 detalla

las técnicas e instrumentos que se aplicaron.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente
Análisis documental	Check list sobre gestión de TPM actual	Gerente y jefe de mantenimiento
Observación	Formato de registros de Eficiencia global	Jefe de mantenimiento
Análisis documental	Check list sobre propuesta de implementación de TPM	Gerente y jefe de mantenimiento
Observación	Formato de registros de Eficiencia global	Jefe de mantenimiento

Los formatos para el registro de eficiencia global se diseñaron para registrar la información y realizar los cálculos de la eficiencia de cada una de las unidades de transporte.

2.4 Análisis de datos

La información se recogió haciendo uso de los diseñados para tal fin. Para asegurar la veracidad de la información, se revisaron los registros de tiempo de todas las unidades. Los datos cuantitativos se registrarán y procesarán utilizando hojas de cálculo en Excel adecuadas para análisis de datos. Cada formato de registro diseñado (como los registros de fallas, eficiencia y eficacia) facilitaron la entrada de datos de forma sistemática y precisa. Luego se realizaron nuevos cálculos para determinar la eficiencia global después de la implementación del TPM, utilizando métricas como el tiempo de actividad de los equipos y la reducción de

tiempos de inactividad planificados y no planificados. Luego, se evaluó la eficacia de las mejoras implementadas mediante la comparación de indicadores de calidad del servicio. Finalmente, se calculó la productividad de la empresa después de la implementación del TPM, integrando los datos cuantitativos obtenidos de los diferentes registros y formatos diseñados.

2.5 Aspectos éticos

Para el desarrollo de esta tesis, los investigadores consideraron varios aspectos éticos fundamentales que garantizarán la integridad y el respeto hacia los participantes y la investigación en general:

Consentimiento Informado: los investigadores deberán obtener el consentimiento informado de todos los participantes antes de recoger cualquier tipo de datos. Esto implica explicar claramente el propósito del estudio, los procedimientos a seguir, los posibles riesgos y beneficios de participar, así como la confidencialidad de la información proporcionada. Este consentimiento debe ser voluntario y los participantes deben tener la opción de retirarse en cualquier momento sin consecuencias adversas.

Normas APA Versión 7: es fundamental seguir las normas de estilo y formato de la American Psychological Association (APA) en su versión 7 para la presentación de citas, referencias bibliográficas, tablas, figuras y cualquier otro aspecto relacionado con la escritura científica. Esto garantizará la credibilidad y la consistencia en la presentación de la información recopilada y analizada.

Confidencialidad y Anonimato: se protegerá la confidencialidad de la información de los participantes y garantizar el anonimato en la presentación de los resultados. Los datos recogidos serán manejados de manera segura y solo accesibles para los investigadores autorizados. En la redacción de la tesis, se evitará revelar detalles que puedan identificar

directamente a los participantes, a menos que se cuente con su consentimiento explícito.

Cumplimiento del Código de Ética Institucional: la investigación cumplirá todos los procedimientos de investigación cumplan con el Código de Ética para la Investigación Científica de la Universidad Privada del Norte, así como cualquier otra regulación ética relevante. Esto incluye el respeto por la dignidad humana, la integridad académica y la responsabilidad social en la conducción de la investigación.

Al adherirse rigurosamente a estos aspectos éticos, los investigadores aseguran que el trabajo sea éticamente sólido y contribuya de manera positiva al conocimiento científico, respetando siempre los derechos y el bienestar de los participantes y cumpliendo con los estándares académicos y éticos establecidos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Análisis de la gestión actual del mantenimiento según los requerimientos del

TPM

A continuación en la tabla 2 se desarrolla el análisis actual de la gestión de mantenimiento a fin de contar una línea base a partir de la cual se implementa el TPM.

Tabla 2

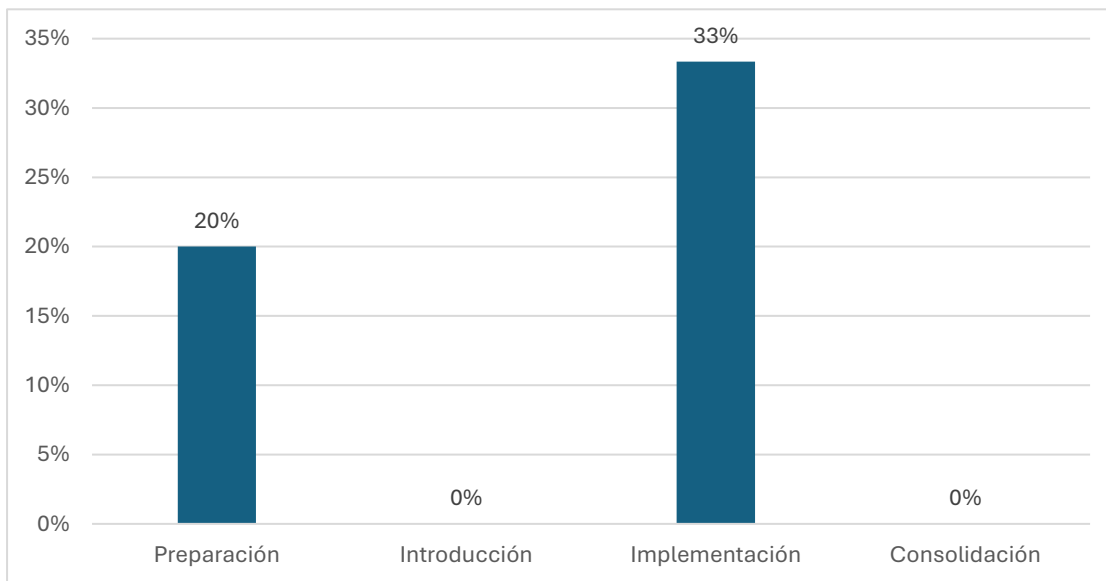
Cumplimiento inicial de los requerimientos el TPM

Fase	Etapas	Actividades	SI	NO
Preparación	Decisión de aplicación del TPM	La gerencia informó la implementación del programa TPM		X
	Información sobre el TPM	Se ejecutó campaña informativa		X
	Estructura para la promoción del TPM	Se formó un comité para implementar TPM		X
	Objetivos y políticas básica TPM	Se definieron objetivos	X	
	Plan Maestro del TPM	Se elaboró un plan de actividades		X
Introducción	Inicio formal	Se ejecutó una reunión para el inicio de la implementación de TPM		X
Implementación	Mejora de la efectividad	Se han seleccionado los equipos con deficiencias operativas	X	
	Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado	Se ejecutó el mantenimiento predictivo		X
	Formación para elevar la capacidad de operación	Se ha capacitado al personal operativo y de mantenimiento		X
Consolidación	Consolidación del TPM y mejora de metas	Se han mantenido los resultados obtenidos		X
Total			2	8

Según el análisis, actualmente la empresa presente un nivel de cumplimiento bajo, sólo un 20% de los requerimientos que exige el proceso de implementación del TPM. La figura 2 detalla dichos cumplimientos.

Figura 2

Cumplimiento inicial por fases



Se observa que en la fase de Introducción y Consolidación la empresa no ha aplicado ninguna mejora o plan de acción, lo cual amerita tomar acciones inmediatas para mejorar la situación actual de su flota de transporte.

3.1 Cálculo de la eficiencia global inicial

A continuación, se presentan la tabla 3 y tabla 5 con los resultados del análisis de la eficiencia global de las 5 unidades de transporte:

Tabla 3

Eficiencia global actual de la unidad 1

Tiempo	Tipos de pérdidas	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	240	420
	Mantenimiento preventivo	180	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	70	130
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	140	300
	Cambios de dirección del cliente	160	

Tabla 4

Indicadores de la unidad 1

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.85
OP = TOR / TO	0.21
D = TOC / TC	0.31
E = OC x OP	0.18
C = TOE / TOR	11.11
OEE = D x E x C	0.61

Está unidad presenta una eficiencia global (OEE) de 0.61 (61%) lo cual se considera un bajo nivel para el trabajo que realiza la empresa y está por debajo de lo esperado.

De la misma manera se procedió con el resto de las unidades

Tabla 5

Eficiencia global actual de la unidad 2

Tiempo		Tipos de pérdidas		Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)				4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas			280	440
	Mantenimiento preventivo			160	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)			80	170
	Reemplazo de repuestos			90	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes			15	35
	Paradas por controles de transporte			20	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta			100	130
	Cambios de dirección del cliente			30	

Tabla 6

Indicadores de la unidad 2

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.85
OP = TOR / TO	0.21
D = TOC / TC	0.39
E = OC x OP	0.18
C = TOE / TOR	3.71
OEE = D x E x C	0.25

Está unidad presenta una eficiencia global (OEE) de 0.25 (25%) lo que significa que está unidad ha perdido mucho tiempo por paradas imprevistas.

Tabla 7
Eficiencia global actual de la unidad 3

Tiempo	Tipos de pérdidas	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	300	480
	Mantenimiento preventivo	180	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	70	130
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	22
	Paradas por controles de transporte	10	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	140	300
	Cambios de dirección del cliente	160	

Tabla 8
Indicadores de la unidad 3

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.85
OP = TOR / TO	0.17
D = TOC / TC	0.27
E = OC x OP	0.14
C = TOE / TOR	13.64
OEE = D x E x C	0.53

La unidad 3 arrojó una eficiencia global (OEE) de 0.53 (53%) evidenciando un bajo nivel de operatividad

Tabla 9
Eficiencia global actual de la unidad 4

Tiempo	Tipos de pérdidas	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	250	370
	Mantenimiento preventivo	120	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	70	130
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	80	240
	Cambios de dirección del cliente	160	

Tabla 10
Indicadores de la unidad 4

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.85
OP = TOR / TO	0.21
D = TOC / TC	0.35
E = OC x OP	0.18
C = TOE / TOR	8.89
OEE = D x E x C	0.55

La unidad 4 tuvo una eficiencia global (OEE) de 0.55 (55%) lo que indica un bajo nivel de operatividad.

Tabla 11

Eficiencia global actual de la unidad 5

Tiempo	Tipos de pérdidas	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	290	410
	Mantenimiento preventivo	120	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	70	130
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	120	280
	Cambios de dirección del cliente	160	

Tabla 12

Indicadores de la unidad 5

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.85
OP = TOR / TO	0.21
D = TOC / TC	0.32
E = OC x OP	0.18
C = TOE / TOR	10.37
OEE = D x E x C	0.58

La unidad 5 presentó una eficiencia global (OEE) de 0.58 (58%) lo que indica un bajo nivel de operatividad.

Las tablas 13 y 14 detallan el resumen de los indicadores de la flota

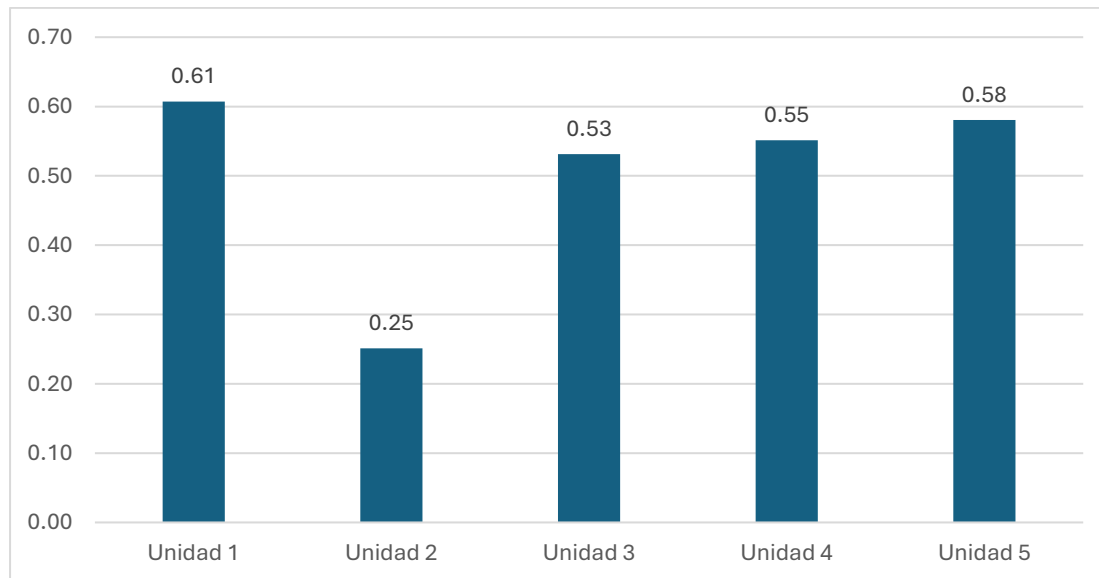
Tabla 13

Indicadores actuales de eficiencia global por unidad

Mes	Disponibilidad	Eficacia	Calidad	OEE
Unidad 1	0.31	0.18	11.11	0.61
Unidad 2	0.39	0.18	3.71	0.25
Unidad 3	0.27	0.14	13.64	0.53
Unidad 4	0.35	0.18	8.89	0.55
Unidad 5	0.32	0.18	10.37	0.58
Promedio	0.33	0.17	9.54	0.50

Figura 3

Indicadores actuales de Eficiencia Global por unidad (promedio)



Los resultados arrojaron indicadores promedio de disponibilidad 0.33, eficacia de 0.17 y calidad de 9.54. Asimismo, se obtuvo un valor promedio actual de OEE de 0.50. Esto indica que la flota sólo presenta un 50% en su eficiencia de trabajo actual.

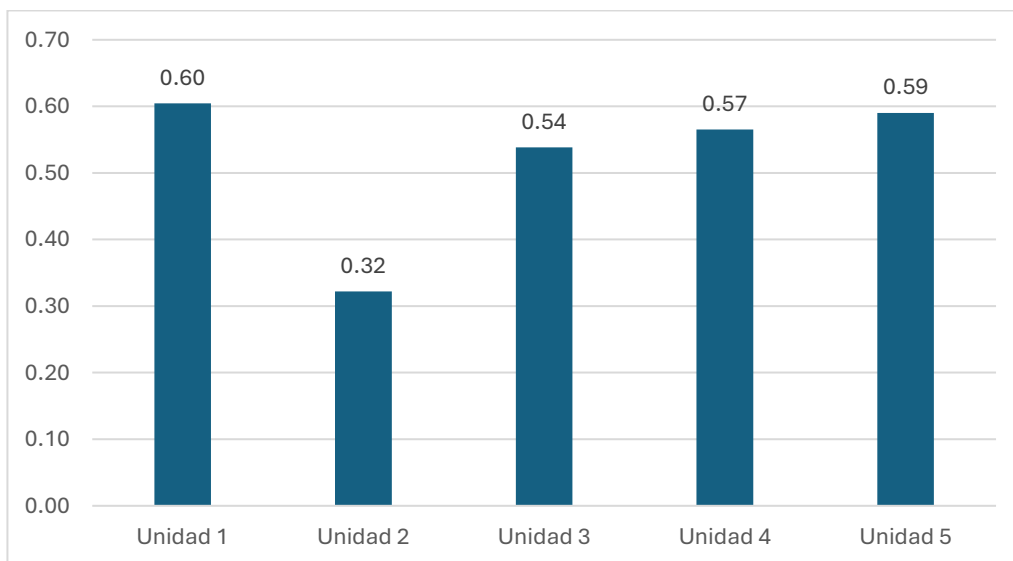
Tabla 14

Registro de la eficiencia global actual por mes y unidad

Mes	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Promedio mes
Ene	0.61	0.25	0.53	0.55	0.58	0.50
Feb	0.59	0.35	0.54	0.54	0.59	0.52
Mar	0.6	0.41	0.55	0.53	0.61	0.54
Abr	0.58	0.29	0.52	0.58	0.63	0.52
May	0.62	0.31	0.53	0.6	0.56	0.52
Jun	0.63	0.32	0.56	0.59	0.57	0.53
Prom Unidad	0.60	0.32	0.54	0.57	0.59	0.52

Figura 4

Eficiencia global por unidad (promedio 6 meses)



Los resultados muestran que en los últimos 6 meses, la OEE promedio mes de 0.52, este nivel no permite un uso óptimo de las unidades y tampoco permite brindar un servicio seguro a los clientes.

3.3 Propuesta de implementación del TPM

La propuesta de implementación del TPM se aplicará según las siguientes fases:

Fase 1: Preparación

Etapa 1: Decisión de aplicación del TPM

En esta primera actividad, la gerencia de la empresa Transportes y Negocios H&L S.A.C. toma la decisión formal de implementar el TPM como una estrategia clave para mejorar la productividad y optimizar el rendimiento de las unidades de transporte.

Etapa 2: Información sobre el TPM

Para sensibilizar a todos los colaboradores de la empresa, se lleva a cabo una campaña informativa sobre el TPM. Esta campaña se desarrolla mediante charlas, reuniones y la distribución de material informativo

Etapa 3: Estructura para la promoción del TPM

La formación de un comité encargado de la implementación del TPM es clave para garantizar la correcta ejecución del programa. Este comité está integrado por representantes de las áreas de operaciones, mantenimiento, logística y administración. Su función principal es liderar y supervisar la implementación del TPM en la empresa, actuar como punto de contacto para el personal y resolver cualquier inconveniente que pueda surgir durante la aplicación del programa. La tabla 16 detalla ello.

Tabla 15

Comité de implementación del TPM

Cargo	Rol en la implementación del TPM
Gerente	Sponsor de la implementación
Jefe de Mantenimiento	Líder de la implementación
Jefe de Transporte	Responsable de la información del transporte
Personal administrativo	Responsable de información complementaria

Etapa 4: Objetivos y políticas básica TPM

Una vez conformado el comité, se procede a definir los objetivos y las políticas básicas del TPM en la empresa.

Objetivos principales:

- Disminuir las fallas técnicas en las unidades de transporte
- Aumentar la disponibilidad de las unidades de transporte
- Reducir los tiempos de inactividad
- Mejorar de la eficiencia en las operaciones de transporte

Políticas del TPM:

- Establecer cómo se deben realizar los mantenimientos preventivos y correctivos,
- La organización del trabajo debe ser claro y coordinado para evitar paradas no programadas,

- Los estándares de calidad y seguridad que deben cumplir todas las intervenciones en las unidades.

El establecimiento de estos objetivos y políticas proporcionará un marco claro para que todo el equipo trabaje alineado hacia metas comunes y medibles.

Etapa 5: Plan Maestro del TPM

En esta fase corresponde la elaboración del plan maestro (ver tabla 16).

Tabla 16

Plan maestro para la implementación del TPM

Actividad	Descripción	Responsable	Duración estimada	Fecha de inicio	Fecha de finalización
1. Análisis inicial del estado de las unidades	Evaluación del estado actual de las 5 unidades de transporte.	Jefe de Mantenimiento	2 semanas	02/10/2024	16/10/2024
2. Capacitación del personal en TPM	Formación teórica y práctica sobre TPM para el personal de mantenimiento y choferes.	Comité de TPM	1 semana	17/10/2024	24/10/2024
3. Diseño de los formatos de registro	Creación de formatos para registro de fallas, eficiencia, y productividad.	Encargado de Calidad	1 semana	25/10/2024	31/10/2024
4. Implementación de Mantenimiento Autónomo	Entrenamiento a los conductores para la inspección diaria de sus unidades.	Comité de TPM	2 semanas	01/11/2024	15/11/2024
5. Planificación del mantenimiento preventivo	Elaboración de cronogramas para los mantenimientos preventivos de las unidades.	Jefe de Mantenimiento	1 semana	16/11/2024	23/11/2024
6. Ejecución del Mantenimiento Preventivo	Realización del primer ciclo de mantenimiento preventivo en las 5 unidades.	Personal de Mantenimiento	2 semanas	24/11/2024	08/12/2024
7. Implementación del Mantenimiento Correctivo	Establecimiento de protocolos para el manejo de fallas inesperadas.	Comité de TPM	1 semana	09/12/2024	16/12/2024
8. Monitoreo de indicadores de eficiencia global	Medición y análisis de la eficiencia global de las unidades antes y después del TPM.	Comité de TPM	Continuo	01/11/2024	31/12/2024
9. Evaluación de resultados post-TPM	Comparación de indicadores de eficiencia global antes y después del TPM.	Gerencia	2 semanas	01/01/2025	15/01/2025

Descripción de actividades:

- Análisis inicial del estado de las unidades: Se evalúan las condiciones de cada unidad (mecánica, estado general) para identificar áreas de mejora.
- Capacitación del personal en TPM: Se educa a conductores y técnicos sobre las bases del TPM, asegurando que entienden su rol en la mejora continua.

Tabla 17
Temas de capacitación

Módulo TPM	Objetivo práctico	Contenidos clave	Público objetivo
1. Inducción a TPM y cultura de mejora	Alinear a todo el personal con los 8 pilares del TPM y roles	Propósito TPM; pérdidas crónicas; roles (conductor, técnico, supervisor); círculo PDCA; tablero visual	Todos
2. 5S en flota y taller	Ordenar cabinas, bodegas y puestos para reducir tiempos y riesgos	5S; zonas marcadas; etiquetado; auditorías 5S	Conductores y técnicos
3. Mantenimiento Autónomo (MA) para conductores	Transferir tareas básicas de cuidado diario al conductor	Limpiar-inspeccionar-apretar-lubricar; puntos de inspección; torques; hojas pre-operativas	Conductores
4. OEE & KPIs de flota	Medir pérdidas y priorizar mejoras	OEE (Disponibilidad, Rendimiento, Calidad); MTBF, MTTR; consumo de combustible; fallas repetitivas	Supervisores y técnicos
5. Mantenimiento Planificado	Establecer rutinas PM y predicción	Plan PM por horas/km; rutas A/B/C; condición (vibración, temp., desgaste); criticidad	Técnicos y planificador

- Diseño de formatos de registro: Se crean y distribuyen formatos para documentar las fallas, eficiencia y otras métricas relevantes.
- Implementación de Mantenimiento Autónomo: Los conductores inspeccionan diariamente sus unidades para identificar problemas menores antes de que escalen.
- Planificación del mantenimiento preventivo: Se establece un calendario de mantenimiento preventivo para minimizar paradas no programadas.
- Ejecución del Mantenimiento Preventivo: Se realiza el mantenimiento de las unidades según el calendario planificado.
- Implementación del Mantenimiento Correctivo: Se crean protocolos para actuar de manera rápida y eficiente en caso de fallas inesperadas.
- Monitoreo de indicadores de productividad: Se evalúan constantemente los indicadores de rendimiento para medir el impacto del TPM.
- Evaluación de resultados post-TPM: Se analizan los datos post-implementación para determinar las mejoras logradas.

Fase 2: Introducción

Etapas 6: Inicio formal

Esta fase se inicia con una reunión formal que marca el comienzo oficial del programa en la empresa de Transportes. En esta reunión, se convoca a la gerencia, el comité de TPM, los jefes de áreas clave (mantenimiento, transporte y personal administrativo) incluye a los conductores de las unidades de transporte. La tabla 18 muestra los temas de la sesión.

Tabla 18

Puntos importantes de la reunión para el inicio de la implementación del TPM

Punto Importante	Descripción
Convocatoria	Participan la gerencia, el comité de TPM, jefes de áreas (mantenimiento, operaciones, logística) y el personal técnico.
Presentación del Plan Maestro	Se detalla el Plan Maestro del TPM, indicando actividades programadas, tiempos y responsabilidades de cada área.
Compromiso del Personal	Se enfatiza la necesidad de la participación activa de todo el personal para el éxito del programa TPM.
Campaña Informativa	Se informa sobre los beneficios del TPM, como la reducción de tiempos improductivos y mejora de la productividad.
Resolución de Dudas	Se aclaran dudas y se responden inquietudes para asegurar que todos comprendan su rol en el proceso.
Responsabilidad Compartida	Se promueve un llamado a la responsabilidad compartida para garantizar el cumplimiento del programa.
Revisión del Cronograma	Se revisa el cronograma de actividades, asegurando que los plazos establecidos se respeten y cumplan.

Fase 3: Implementación

Etapa 7: Mejora de la efectividad

Se elaboró un análisis de fallas para las 5 unidades, lo cual se detalla en la tabla 19. Esta tabla detalla las causas más comunes que provocan fallas y pérdidas de tiempo, lo cual ayuda a identificar áreas críticas donde la implementación del TPM debe reducir estas incidencias. Asimismo, se presenta el cuadro de fallas frecuentes en las 5 unidades de transporte en la tabla 20.

Tabla 19

Análisis de causas de fallas

Categoría	Causa de Fallas y Pérdidas de Tiempo	Descripción
Paradas imprevistas	Fallas mecánicas inesperadas	Fallos repentinos del motor u otros componentes que detienen la operación sin previo aviso.
	Falta de mantenimiento preventivo	Falta de inspección regular que ocasiona fallos inesperados en los equipos y detenciones no planificadas.
Mantenimiento preventivo	Tiempo prolongado en revisiones	Tiempos extendidos debido a demoras en revisiones rutinarias o procedimientos mal organizados.
Averías	Cambio de llantas	Pérdida de tiempo debido a pinchazos o desgaste de llantas que requieren ser cambiadas en plena operación.
	Cambio de aceite	Intervalos de cambio de aceite no programados que pueden detener las unidades.
Reemplazo de repuestos	Demoras en recibir repuestos	Problemas logísticos que ralentizan el reemplazo de piezas, provocando tiempos muertos prolongados.
Paradas en peajes	Tráfico en peajes	Tiempos de espera en peajes debido a la congestión o a la insuficiencia de infraestructura para el pago rápido.
Paradas por controles de transporte	Inspecciones de control	Demoras debido a controles en carretera por parte de autoridades, como la verificación de documentación y estado de los vehículos.
Cambios de ruta	Desvíos imprevistos	Desvíos que aumentan el tiempo de transporte, como cierres de carreteras o desvíos por obras.
Cambios de dirección del cliente	Modificación en la entrega	Pérdidas de tiempo cuando el cliente cambia la dirección de entrega en el último momento, alterando la ruta planificada.

Tabla 20

Unidades con deficiencias operativas

Unidad	Fallas Registradas	Frecuencia	Horas Perdidas	Mantenimiento Aplicado (Correctivo)
1	Falla en el sistema de frenos	3	216	Reemplazo de pastillas y discos de freno.
	Sobrecarga eléctrica en el sistema de iluminación	3	48	Reparación de cableado y reemplazo de fusibles.
	Desgaste prematuro de llantas	3	48	Cambio de llantas y revisión de alineación y balanceo.
2	Fuga de aceite en el motor	3	12	Sustitución de juntas y sellos de aceite.
	Fallo en la caja de cambios	3	96	Reparación de componentes internos de la caja de cambios.
	Falla en la batería	2	8	Reemplazo de batería y revisión del sistema de carga.
3	Sobrecalentamiento del motor	4	72	Reemplazo de radiador y termostato.
	Falla en el alternador	1	12	Reparación o reemplazo del alternador.
	Daño en el sistema de suspensión	3	48	Sustitución de amortiguadores y revisión de componentes.
4	Desgaste de las pastillas de freno	3	48	Reemplazo de pastillas de freno.
	Fuga de líquido de transmisión	3	36	Reparación de juntas y sellos de la transmisión.
	Falla en el sistema de luces	2	24	Reemplazo de fusibles y bombillas; ajuste del cableado.
5	Desgaste en las llantas	1	24	Cambio de llantas y alineación de ruedas.
	Falla en el motor (pérdida de potencia)	4	120	Reparación de inyectores y limpieza del sistema de admisión.
	Falla en el sistema de dirección	4	120	Ajuste y lubricación del sistema de dirección, reemplazo de piezas desgastadas.
Total horas perdidas		43	932	

Cálculo de índice de fallas

Luego del análisis de fallas, se calcularon los indicadores de índice de fallas:

Se detalla el cálculo para la Unidad 1:

Tiempo disponible = 8 horas/día x 24 días/mes x 6 meses = 1152 horas

Frecuencia = total de fallas Unidad 1 (según Tabla 19) = 4 + 4 + 5 = 12

Horas perdidas = total horas perdidas (según Tabla 19) = 216 + 48 + 48 = 312

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo perdido}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{1152 - 312}{12} = 70$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{312}{12} = 26$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo perdido}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1152 - 312}{1152} \times 100 = 72.92\%$$

$$\text{Índice de fallas} = \frac{\text{Tiempo perdido}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100$$

$$\text{Índice de fallas} = \frac{312}{1152} \times 100 = 27.08\%$$

Del mismo modo, se procedió con el resto de las unidades. De acuerdo a ello, la tabla 21 resume los índices de fallas

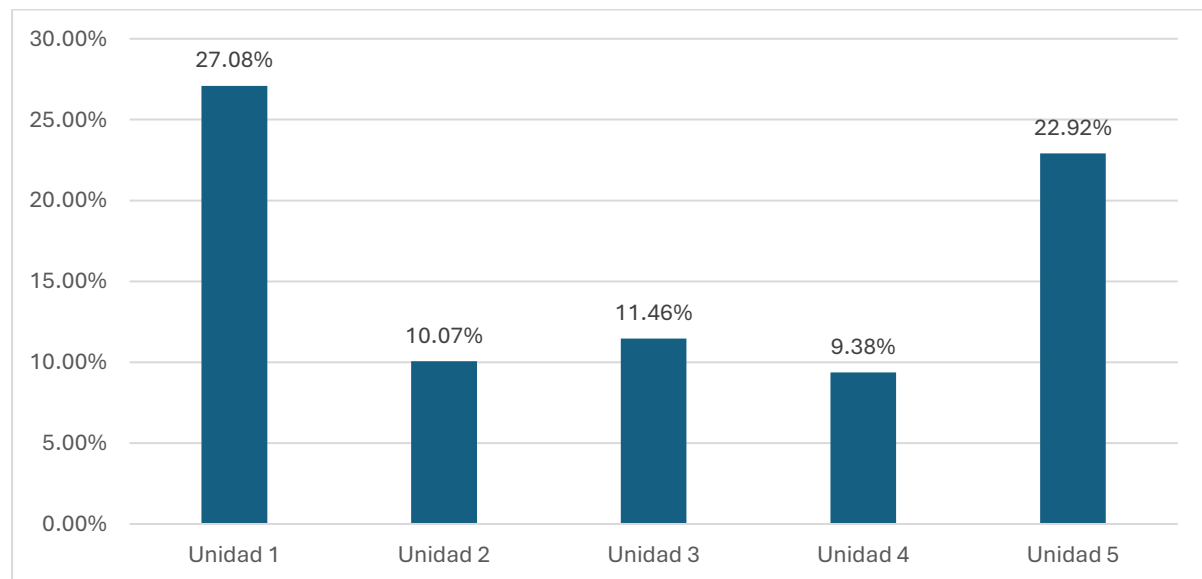
Tabla 21

Índices fallas iniciales (unidades con deficiencias operativas)

Unidad	Tiempo disponible (semestral)	Frecuencia	Horas perdidas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Índice de Fallas
1	1152	9	312	93.3	34.7	72.92%	27.08%
2	1152	8	116	129.5	14.5	89.93%	10.07%
3	1152	8	132	127.5	16.5	88.54%	11.46%
4	1152	9	108	116.0	12.0	90.63%	9.38%
5	1152	9	264	98.7	29.3	77.08%	22.92%
Total	5760	43	932	565.0	107.0	83.82%	16.18%

Figura 5

Resultado de índices fallas iniciales por unidad



Los resultados muestran el rendimiento de cada unidad de transporte en función de su disponibilidad y el índice de fallas. La Unidad 1 tiene un índice de fallas del 27.08%, el más alto entre todas las unidades, lo que indica una frecuencia de fallas elevada y una disponibilidad limitada del 72.92%. Esto sugiere que esta unidad está experimentando problemas significativos de mantenimiento, afectando su operatividad y disponibilidad para cumplir con el servicio.

La Unidad 2 presenta un índice de fallas bajo del 10.07%, con una disponibilidad alta del 89.93%, lo cual refleja un rendimiento relativamente estable y confiable, con menos tiempo perdido en mantenimiento correctivo.

La Unidad 3 también muestra una buena disponibilidad del 88.54% y un índice de fallas del 11.46%, lo que indica que, aunque ha tenido algunas fallas, su impacto en el tiempo de inactividad es menor en comparación con otras unidades.

La Unidad 4 tiene el mejor desempeño, con una disponibilidad del 90.63% y el índice de fallas más bajo de 9.38%, lo que sugiere una buena condición operativa y menor frecuencia de fallas, contribuyendo a una mayor estabilidad en el servicio.

Por último, la Unidad 5 refleja un índice de fallas del 22.92% y una disponibilidad del 77.08%, indicando una frecuencia de fallas relativamente alta, similar a la Unidad 1, y una operatividad limitada.

Etapa 8: Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado

En esta etapa se desarrolló un Modelo Weibull para estimar el tiempo óptimo de mantenimiento preventivo en las 5 unidades de transporte.

El Análisis Weibull es una herramienta estadística utilizada para modelar el comportamiento de fallas de equipos y estimar su confiabilidad. Permite determinar el tiempo óptimo para realizar mantenimientos preventivos, minimizando fallas inesperadas y optimizando los costos operativos.

A continuación, se aplicó el Análisis Weibull a las 5 unidades de transporte de Transportes y Negocios H&L S.A.C., utilizando los datos proporcionados. Se explica detalladamente las fórmulas y cálculos involucrados.

Paso 1: Recopilación de datos de tiempo hasta la falla

Se tienen tiempos hasta la falla (TTF) o tiempo de buen funcionamiento para la Unidad 1 (tabla 22):

Tabla 22

Tiempo hasta la falla (TTF) – Unidad 1

N°	TTF (horas)
1	150
2	710
3	880
4	1856
5	1324
6	1523
7	50
8	1050
9	2016

Paso 2: Ordenar los TTF y Calcular la Probabilidad de Falla

Se usó la fórmula de Rangos Medianos

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

i = Falla

n = número de fallas (para la unidad 1, $n = 12$)

Para el primer registro

$$F(1) = 1 - 0.3 / 9 + 0.4 = 0.0745$$

Paso 3: Transformación para el Gráfico de Weibull

Para ajustar la distribución Weibull, se aplicó la transformación logarítmica:

Eje X: $\ln(\text{TTF})$

Eje Y: $\ln(-\ln(1 - F(i)))$

Para el primer registro sería:

$$X: \ln(50) = 3.9120$$

$$Y: \ln(-\ln(1 - F(i))) = -2.5589$$

Los resultados se presentan en la tabla 23

Tabla 23

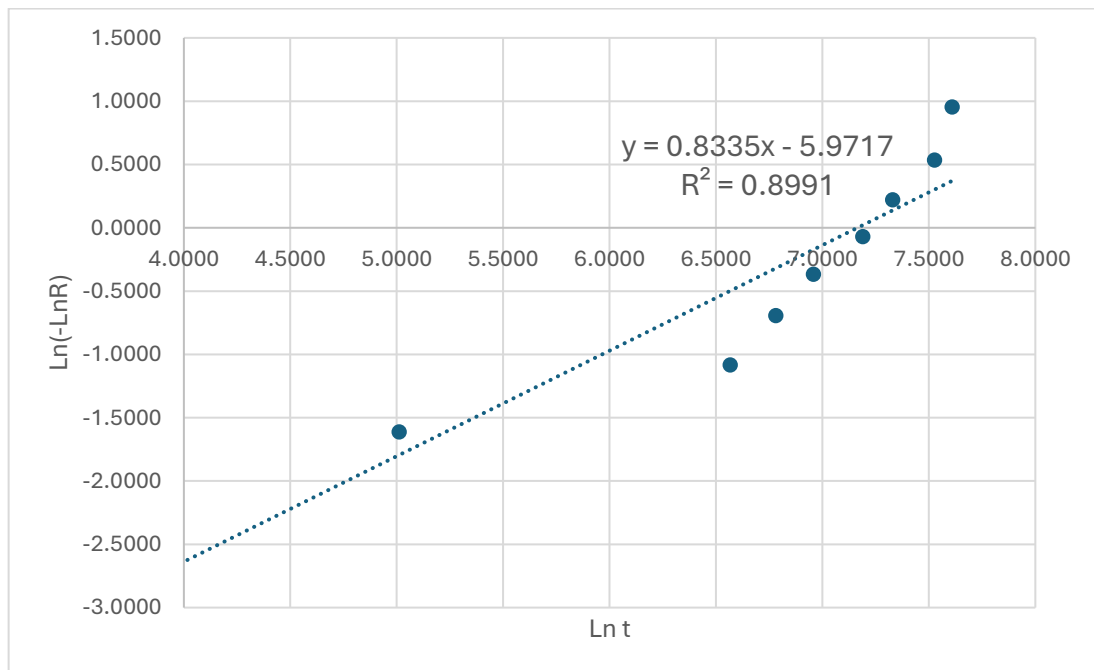
Datos de transformación para gráfico de Weibull

i	TTF (t)	RM = F(t)	$X = \ln(t_i)$	$Y = \ln(-\ln(1 - F(i)))$
-----	---------	-----------	----------------	---------------------------

1	50	0.0745	3.9120	-2.5589
2	150	0.1809	5.0106	-1.6120
3	710	0.2872	6.5653	-1.0829
4	880	0.3936	6.7799	-0.6927
5	1050	0.5000	6.9565	-0.3665
6	1324	0.6064	7.1884	-0.0700
7	1523	0.7128	7.3284	0.2211
8	1856	0.8191	7.5262	0.5365
9	2016	0.9255	7.6089	0.9545

Figura 6

Gráfica de dispersión en función X y Y



Paso 5: Cálculo de los parámetros Weibull (β y η)

β = parámetro de forma: indica el tipo de falla

η = parámetro de escala: vida característica

Datos de la ecuación:

$$\beta = 0.83$$

$$b = -5.97$$

$$\eta = e^{-\frac{b}{\beta}} = 1292.66$$

Para el cálculo en Excel

$$\beta = \text{PENDIENTE (Y;X)} = 0.83$$

$$b = \text{INTERSECCION.EJE(Y;X)} = -5.97$$

$$\eta = \text{EXP}(-b/\beta) = 1292.66$$

Tabla 24

Parámetros de Weibull

Parámetro	Valor
β	0.83
η	1292.66

Cuando $\beta < 1$, la tasa de fallas disminuye con el tiempo (fases tempranas, fallas infantiles).

Cuando $\beta = 1$, la tasa de fallas es constante en el tiempo (fallas aleatorias).

Cuando $\beta > 1$, la tasa de fallas aumenta con el tiempo (desgaste o envejecimiento).

En este caso, $\beta = 0.83$ sugiere que la Unidad 1 está en una fase inicial de operación caracterizada por fallas prematuras. Este valor sugiere que las fallas no son atribuibles a desgaste por uso, sino a problemas de calidad inicial o ajustes inadecuados en la unidad.

$\eta = 1292.66$ horas significa que, estadísticamente, el 63.2% de las unidades similares a la Unidad 1 habrán fallado después de 1292.66 horas de operación.

Paso 6: Cálculo de la función de Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas

Confiabilidad: $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$

Densidad: $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$

Tasa de Fallas: $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$

Tabla 25

Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas

t	R(t)	Densidad f(t)	Tasa de fallas $\lambda(t)$
50	94%	0.001036856	0.00110812
100	89%	0.000877055	0.000987351
150	85%	0.000781675	0.000922903
200	81%	0.000712329	0.000879744
250	78%	0.000657365	0.000847662
300	74%	0.00061165	0.000822319
350	71%	0.000572446	0.000801485
400	69%	0.000538111	0.000783864
450	66%	0.000507579	0.000768643
500	64%	0.000480113	0.000755279
550	61%	0.00045518	0.000743389
600	59%	0.000432382	0.000732698
650	57%	0.000411412	0.000722999
700	55%	0.000392028	0.000714134
750	53%	0.000374034	0.000705979
800	51%	0.000357271	0.000698434
850	49%	0.000341606	0.00069142
900	48%	0.000326927	0.000684872
950	46%	0.000313139	0.000678735
1000	45%	0.00030016	0.000672964
1050	43%	0.00028792	0.00066752

Paso 7: Estimación del tiempo óptimo para el mantenimiento preventivo

Asumiendo un nivel de confiabilidad deseado $R(t)=85\%$; según la tabla 25, el mantenimiento preventivo debería realizarse aproximadamente cada 150 horas (cada 19 días) de operación.

De la misma forma se procedió con las 4 unidades restantes.

Análisis de Weibull - Unidad 2

Tabla 26

Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 2

i	TTF (t)	RM = F(t)	X = ln(ti)	Y = ln (- ln (1- F(i)))
1	55	0.0833	4.0073	-2.4417
2	152	0.2024	5.0239	-1.4867
3	723	0.3214	6.5834	-0.9474
4	856	0.4405	6.7523	-0.5436
5	1043	0.5595	6.9499	-0.1986
6	1299	0.6786	7.1694	0.1266
7	1456	0.7976	7.2834	0.4685
8	1734	0.9167	7.4582	0.9102

Figura 7

Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 2

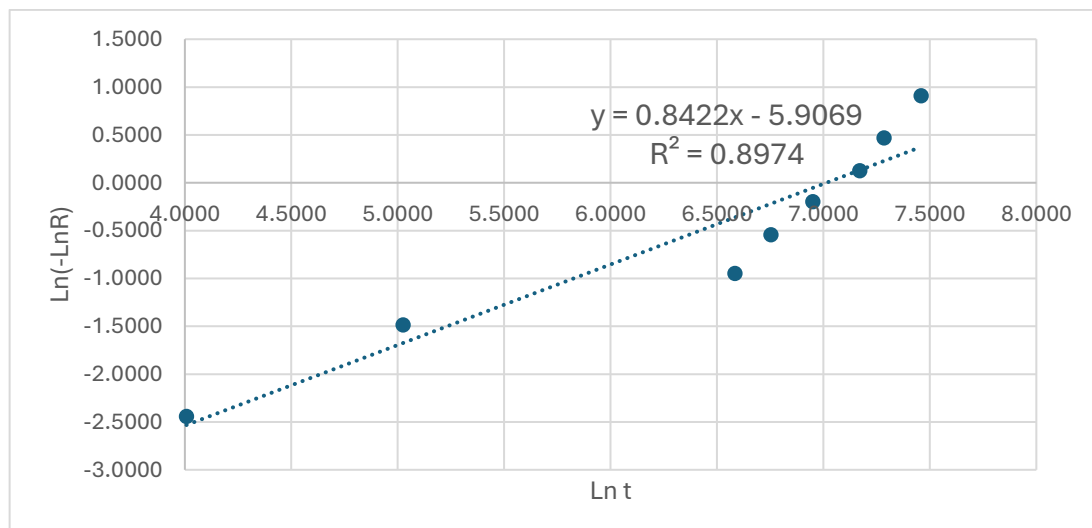


Tabla 27
Parámetros de Weibull – Unidad 2

Parámetro	Valor
β	0.84
η	1111.95

Con un valor $\beta = 0.84$, indica que la Unidad 2 presenta una fase operativa caracterizada por fallas iniciales predominantes. Esto implica que los problemas principales ocurren en las primeras horas de uso, generalmente debido a defectos de fabricación, instalación o ajustes inadecuados.

El valor $\eta = 1111.95$ horas significa que, estadísticamente, se espera que el 63.2% de las unidades similares a la Unidad 2 hayan fallado después de 1111.95 horas de operación.

Tabla 28
Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 2

t	R(t)	Densidad f(t)	Tasa de fallas $\lambda(t)$
10	98%	0.001563225	0.001593077
50	93%	0.001148317	0.001235731
100	88%	0.000971167	0.001107681
130	85%	0.000901959	0.001062752
200	79%	0.000784335	0.0009929
250	75%	0.000721167	0.000958542
300	72%	0.000668391	0.000931353
350	69%	0.000623004	0.000908968
400	66%	0.000583192	0.000890013
450	63%	0.000547765	0.000873621
500	60%	0.000515895	0.000859215
550	58%	0.000486982	0.000846387
600	55%	0.000460572	0.000834844
650	53%	0.000436314	0.000824364
700	51%	0.000413927	0.000814778
750	49%	0.000393187	0.000805955
800	47%	0.000373908	0.000797787

850	45%	0.000355934	0.000790191
900	43%	0.000339133	0.000783094
950	42%	0.000323395	0.000776441
1000	40%	0.000308621	0.000770181
1050	39%	0.000294728	0.000764273
1100	37%	0.000281643	0.000758682
1150	36%	0.000269299	0.000753378
1200	34%	0.000257641	0.000748335
1250	33%	0.000246615	0.000743529
1300	32%	0.000236176	0.000738941
1350	31%	0.000226282	0.000734553
1400	30%	0.000216897	0.000730349
1450	29%	0.000207985	0.000726315
1500	28%	0.000199517	0.00072244
1550	27%	0.000191463	0.000718711
1600	26%	0.000183799	0.000715118

Asumiendo un nivel de confiabilidad deseado $R(t)=85\%$; según la tabla 28, el mantenimiento preventivo debería realizarse aproximadamente cada 130 horas (cada 16 días) de operación.

Análisis de Weibull - Unidad 3

Tabla 29

Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 3

i	TTF (t)	RM = F(t)	X = ln(ti)	Y = ln(-ln(1-F(i)))
1	64	0.0833	4.1589	-2.4417
2	93	0.2024	4.5326	-1.4867
3	228	0.3214	5.4293	-0.9474
4	734	0.4405	6.5985	-0.5436
5	843	0.5595	6.7370	-0.1986
6	1198	0.6786	7.0884	0.1266
7	1324	0.7976	7.1884	0.4685
8	1534	0.9167	7.3356	0.9102

Figura 8

Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 3

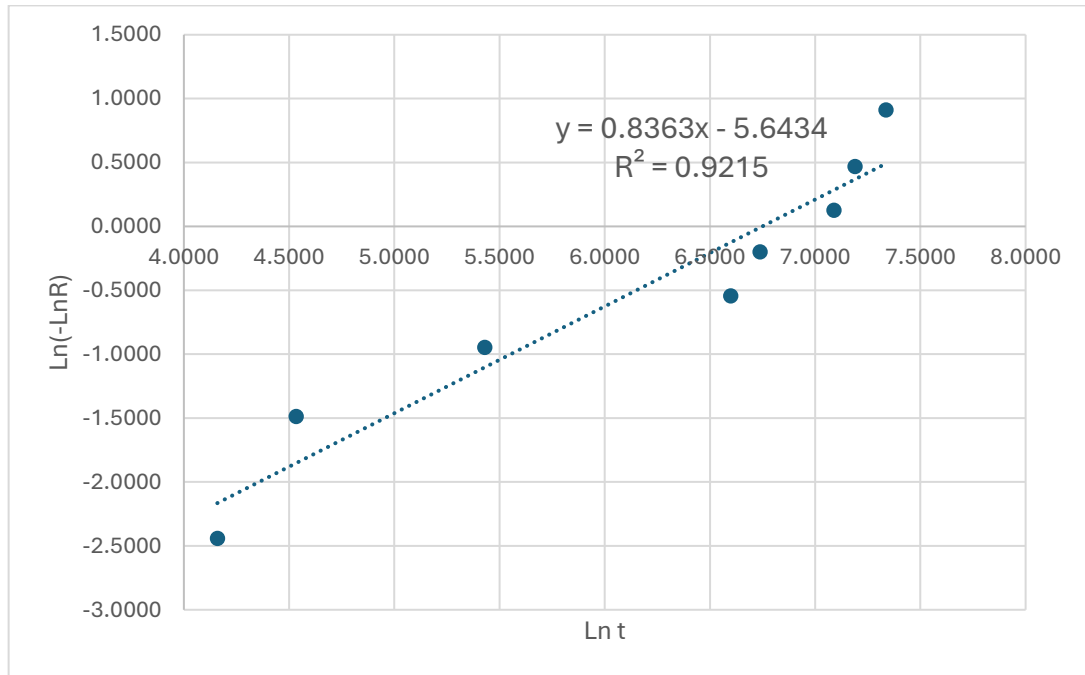


Tabla 30

Parámetros de Weibull – Unidad 3

Parámetro	Valor
β	0.84
η	852.62

Un valor $\beta = 0.84$, indica que la Unidad 3 se encuentra en una fase inicial de operación dominada por fallas prematuras. Sin embargo, una vez superadas estas fallas, la unidad puede operar de manera confiable durante un tiempo razonable.

El valor $\eta = 852.62$ horas significa que, estadísticamente, se espera que el 63.2% de las unidades similares a la Unidad 3 hayan fallado después de 852.62 horas de operación.

Tabla 31

Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 3

t	R(t)	Densidad f(t)	Tasa de fallas λ (t)
10	98%	0.001982293	0.002031026
50	91%	0.001421517	0.001560533
100	85%	0.001179337	0.00139311
150	79%	0.001031818	0.001303629
200	74%	0.000923691	0.001243649
250	70%	0.000837837	0.001199032
300	66%	0.000766575	0.001163768
350	62%	0.000705744	0.001134763
400	59%	0.000652806	0.001110223
450	56%	0.000606089	0.001089018
500	53%	0.000564421	0.001070392
550	50%	0.000526946	0.001053819
600	47%	0.000493015	0.001038912
650	45%	0.000462123	0.001025385
700	43%	0.000433869	0.001013019
750	41%	0.000407925	0.00100164
800	39%	0.000384023	0.000991111
850	37%	0.000361936	0.000981322
900	35%	0.000341475	0.000972181
950	33%	0.000322476	0.000963613
1000	32%	0.000304799	0.000955554
1050	30%	0.000288322	0.000947951
1100	29%	0.000272938	0.000940759
1150	28%	0.000258553	0.000933936

Asumiendo un nivel de confiabilidad deseado $R(t)=85\%$; según la tabla 31, el mantenimiento preventivo debería realizarse aproximadamente cada 100 horas (cada 13 días) de operación.

Análisis de Weibull - Unidad 4

Tabla 32

Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 4

i	TTF (t)	RM = F(t)	X = ln(ti)	Y = ln (- ln (1- F(i)))
1	59	0.0745	4.0775	-2.5589
2	159	0.1809	5.0689	-1.6120
3	634	0.2872	6.4520	-1.0829
4	862	0.3936	6.7593	-0.6927
5	1067	0.5000	6.9726	-0.3665
6	1312	0.6064	7.1793	-0.0700
7	1478	0.7128	7.2984	0.2211
8	1812	0.8191	7.5022	0.5365
9	2134	0.9255	7.6658	0.9545

Figura 9

Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 4

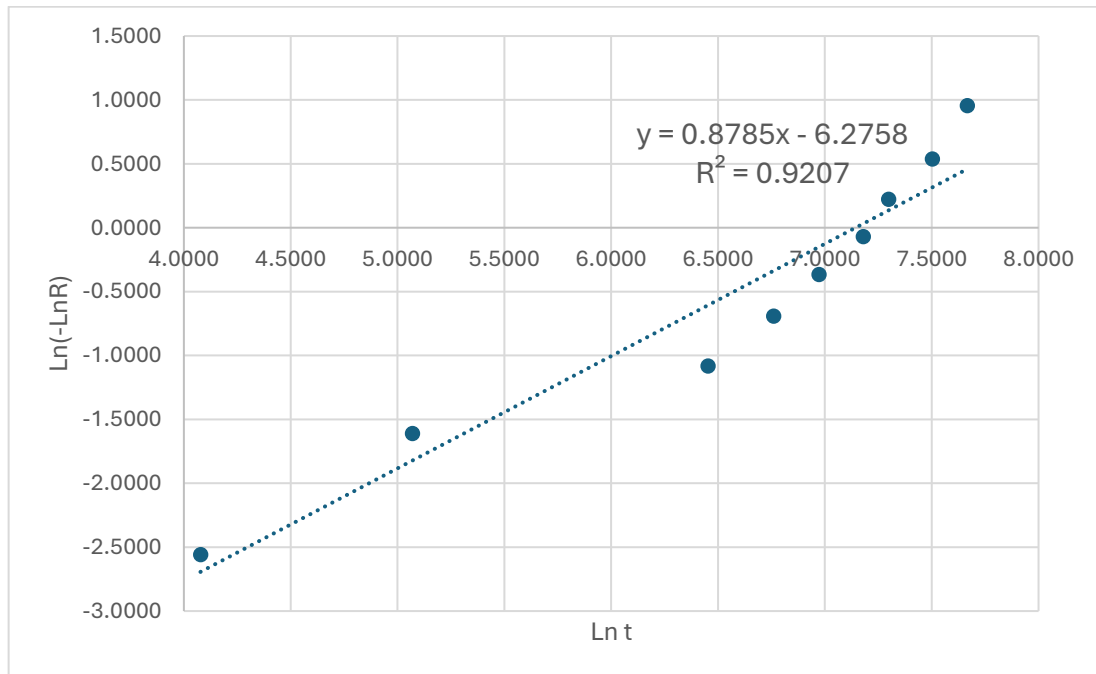


Tabla 33

Parámetros de Weibull – Unidad 4

Parámetro	Valor
β	0.88
η	1266.05

Un valor $\beta = 0.88$, está en una fase operativa con fallas iniciales predominantes, es decir, problemas asociados a defectos o condiciones iniciales que disminuyen a medida que la unidad acumula horas de operación.

El valor $\eta = 1266.05$, se espera que después de 1266.05 horas de operación de la Unidad 4, el 63.2% de las unidades similares hayan fallado. Es un valor indicativo del tiempo medio de vida útil bajo las condiciones de operación evaluadas.

Tabla 34

Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 4

t	R(t)	Densidad f(t)	Tasa de fallas $\lambda(t)$
10	99%	0.001231818	0.001249463
50	94%	0.000969185	0.001027556
100	90%	0.000848279	0.000944569
160	85%	0.00075835	0.000892144
200	82%	0.000712547	0.000868283
250	79%	0.000664428	0.000845061
300	75%	0.000623284	0.000826548
350	72%	0.000587186	0.000811213
400	70%	0.000554958	0.000798159
450	67%	0.000525823	0.000786819
500	64%	0.000499236	0.000776812
550	62%	0.000474797	0.000767869
600	60%	0.000452201	0.000759794
650	57%	0.000431212	0.000752442
700	55%	0.000411639	0.000745697
750	53%	0.000393325	0.000739473
800	51%	0.000376143	0.000733698

850	49%	0.000359982	0.000728314
900	48%	0.000344751	0.000723274
950	46%	0.000330369	0.000718538
1000	44%	0.000316766	0.000714075
1050	43%	0.000303882	0.000709855

Asumiendo un nivel de confiabilidad deseado $R(t)=85\%$; según la tabla 34, el mantenimiento preventivo debería realizarse aproximadamente cada 160 horas (cada 20 días) de operación.

Análisis de Weibull - Unidad 5

Tabla 35

Datos de transformación para gráfico de Weibull – Unidad 5

i	TTF (t)	RM = F(t)	X = ln(ti)	Y = ln(-ln(1-F(i)))
1	57	0.0745	4.0431	-2.5589
2	82	0.1809	4.4067	-1.6120
3	621	0.2872	6.4313	-1.0829
4	854	0.3936	6.7499	-0.6927
5	1045	0.5000	6.9518	-0.3665
6	1299	0.6064	7.1694	-0.0700
7	1485	0.7128	7.3032	0.2211
8	1792	0.8191	7.4911	0.5365
9	2056	0.9255	7.6285	0.9545

Figura 10

Gráfica de dispersión en función X y Y – Unidad 5

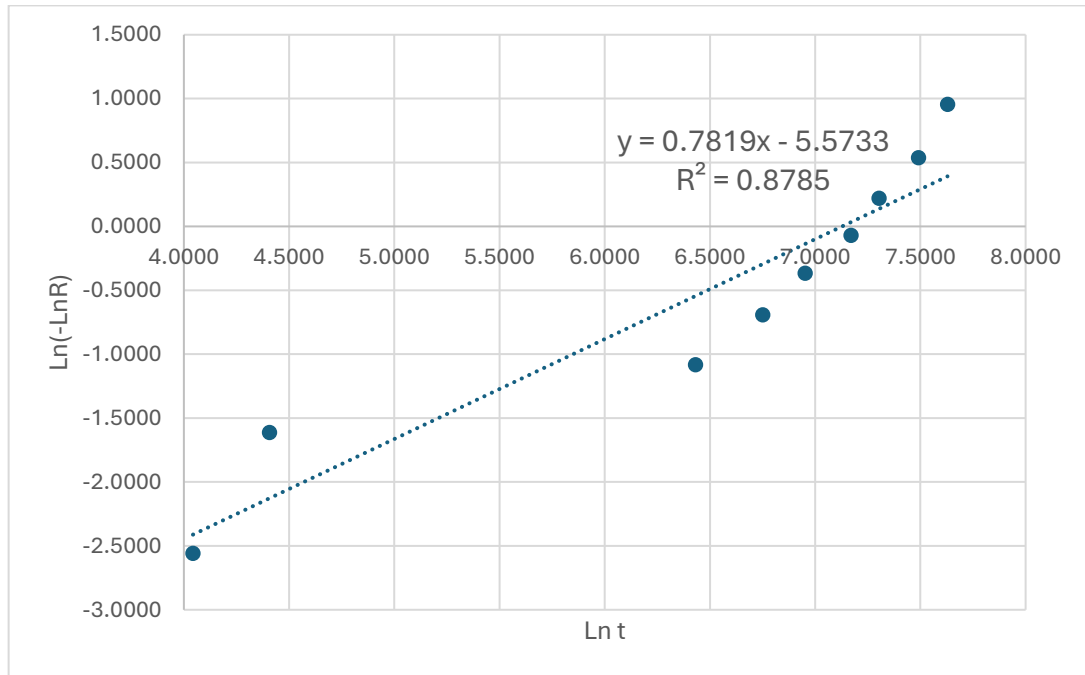


Tabla 36

Parámetros de Weibull – Unidad 5

Parámetro	Valor
β	0.78
η	1245.89

Un valor $\beta = 0.78$, indica que la unidad experimenta un periodo inicial de operación caracterizado por fallas prematuras. Estas fallas son comunes al comienzo de la vida útil del equipo y suelen deberse a defectos de fabricación, problemas de instalación o ajustes inadecuados.

El valor $\eta = 1245.89$, se espera que después de 1245.89 horas de operación de la Unidad 4, el 63.2% de las unidades similares hayan fallado.

Tabla 37
Confiabilidad, Densidad y Tasa de fallas - Unidad 5

t	R(t)	Densidad f(t)	Tasa de fallas $\lambda(t)$
10	98%	0.001756526	0.001797369
50	92%	0.001167022	0.001265374
100	87%	0.000946575	0.001087867
120	85%	0.000890493	0.001045465
200	79%	0.000736279	0.000935261
250	75%	0.000670047	0.000890842
300	72%	0.000616433	0.000856119
350	69%	0.000571497	0.000827819
400	66%	0.000532914	0.000804063
450	64%	0.000499194	0.000783674
500	61%	0.000469322	0.000765874
550	59%	0.000442577	0.000750121
600	57%	0.000418423	0.000736023
650	55%	0.000396455	0.000723287
700	53%	0.000376354	0.000711693
750	51%	0.000357871	0.000701066
800	49%	0.000340799	0.000691269
850	48%	0.000324972	0.00068219
900	46%	0.00031025	0.00067374
950	45%	0.000296516	0.000665843
1000	43%	0.00028367	0.000658437
1050	42%	0.000271626	0.000651469

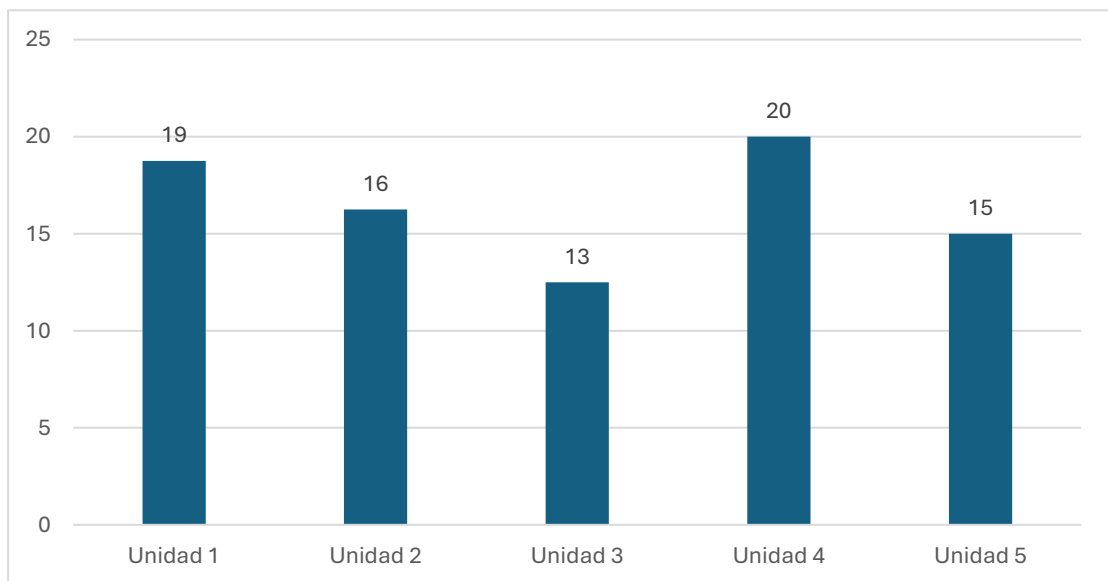
Asumiendo un nivel de confiabilidad deseado $R(t)=85\%$; según la tabla 37, el mantenimiento preventivo debería realizarse aproximadamente cada 120 horas (cada 15 días) de operación.

Programa de mantenimiento preventivo

De acuerdo a los resultados del método Weibull, la tabla 38 detalla los tiempos óptimos para la ejecución del mantenimiento preventivo de las unidades de transporte

Tabla 38
Tiempos óptimos de mantenimiento preventivo

	Tiempo óptimo de mantenimiento preventivo (horas)	Horas de trabajo (horas)	Tiempo óptimo de mantenimiento preventivo (días)
Unidad 1	150	8	19
Unidad 2	130	8	16
Unidad 3	100	8	13
Unidad 4	160	8	20
Unidad 5	120	8	15

Figura 11
Tiempos óptimos de mantenimiento preventivo (días)


Para no quedar sin unidades disponibles, se sugiere a la empresa realizar los mantenimientos de manera secuencial, unidad por unidad.

Etapa 9: Formación para elevar la capacidad de operación

Para efectivizar el plan de mantenimiento, es necesario capacitar al personal. El plan se detalla en el Tabla 39.

Tabla 39

Programa de capacitación sobre TPM para su implementación

Tema de Capacitación	Objetivo	Duración	Recursos Necesarios
Introducción al TPM	Familiarizar al personal con el concepto y los beneficios del TPM	2 horas	Presentación multimedia, manuales TPM
Los 8 pilares del TPM	Explicar los pilares fundamentales del TPM y su relevancia	3 horas	Diapositivas, material de apoyo visual
Mantenimiento preventivo	Enseñar las técnicas para planificar y ejecutar el mantenimiento preventivo de las unidades	3 horas	Diagrama de mantenimiento, formatos de registros
Reducción de averías y tiempo muerto	Explicar las técnicas para identificar y minimizar paradas imprevistas	3 horas	Casos prácticos, análisis de fallas
Análisis de fallas con Diagrama de Ishikawa	Capacitar al equipo en el uso del diagrama para identificar las causas raíz de problemas en las unidades de transporte	2 horas	Plantillas del Diagrama de Ishikawa
Eficiencia y eficacia en TPM	Mostrar cómo medir y mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos de mantenimiento	3 horas	Herramientas de medición de productividad
Planificación del mantenimiento	Capacitar en la programación y planificación del mantenimiento de las unidades para minimizar el impacto en la operación	3 horas	Software de gestión de mantenimiento (CMMS)
Seguridad en el mantenimiento	Garantizar que el personal entienda y aplique medidas de seguridad al realizar el mantenimiento	2 horas	Equipos de protección, procedimientos de seguridad

Figura 12

Capacitación al personal de la empresa



Fase 4: Consolidación

Etapa 10: Consolidación del TPM y mejora de metas

Para evaluar la efectividad el plan de mantenimiento y las capacitaciones, se volvió a evaluar los indicadores de índice de fallas y disponibilidad, lo cual se detalla en la Tabla 40.

Tabla 40

índice de fallas y disponibilidad luego de las mejoras

Unidad	Tiempo disponible (semestral)	Frecuencia	Horas perdidas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Índice de Fallas
1	1152	2	36	558.0	18.0	96.88%	3.13%
2	1152	3	36	372.0	12.0	96.88%	3.13%
3	1152	2	72	540.0	36.0	93.75%	6.25%
4	1152	3	48	368.0	16.0	95.83%	4.17%

5	1152	2	48	552.0	24.0	95.83%	4.17%
Total	5760	12	240	2390.0	106.0	95.83%	4.17%

Se obtuvo como resultados que el índice de fallas bajó del 10.14% a 4.7%. Asimismo, la disponibilidad de la flota de transporte se incrementó de 83.82% al 95.83%

3.4 Proyección de la mejora de la eficiencia global de los equipos

Se presente la Tabla 41, con un comparativo del índice de fallas y disponibilidad de las unidades de transporte

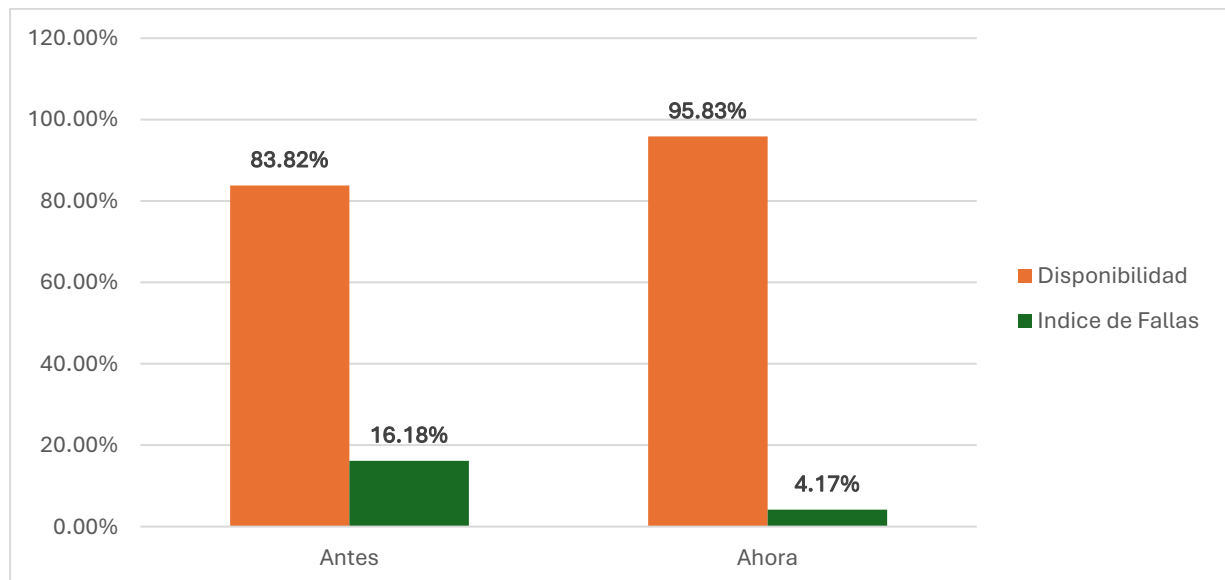
Tabla 41

Comparativo de indicadores (antes y después)

	Tiempo disponible (semestral)	Frecuencia	Horas perdidas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Índice de Fallas
Antes	5760	43	932	565.00	107.00	83.82%	16.18%
Después	5760	12	240	2390.00	106.00	95.83%	4.17%
Mejoras (%)		79%	74%			14.33%	74.25%

Figura 13

Comparativo de indicadores (antes y después)



Se obtuvo una reducción de frecuencia de fallas del 7%, también una reducción de horas perdidas del 745. Respecto a la disponibilidad, se mejoró en un 14.33% y el índice de falas se

redujo en un 74.25%.

Finalmente se realizó el cálculo de la eficiencia global de cada una de las unidades de transporte, para analizar las mejoras luego de la implementación de las mejoras. Desde la tabla 42 hasta la tabla 51 detallan los nuevos resultados

Tabla 42

Eficiencia global unidad 1 mejorada

Tiempo	Actividades	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	120	280
	Mantenimiento preventivo	160	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	60	110
	Reemplazo de repuestos	50	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	130	270
	Cambios de dirección del cliente	140	

Tabla 43

Indicadores de la unidad 1 mejorada

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.90
OP = TOR / TO	0.25
D = TOC / TC	0.39
E = OC x OP	0.22
C = TOE / TOR	10.00
OEE = D x E x C	087

La unidad 1 obtuvo un OEE de 0.88 (87%) mejorando el indicador inicial

Tabla 44

Eficiencia global unidad 2 mejorada

Tiempo	Actividades	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	120	270
	Mantenimiento preventivo	150	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	60	120
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	120	250
	Cambios de dirección del cliente	130	

Tabla 45

Indicadores de la unidad 2 mejorada

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.90
OP = TOR / TO	0.23
D = TOC / TC	0.44
E = OC x OP	0.20
C = TOE / TOR	9.26
OEE = D x E x C	0.83

La unidad 2 arrojó un OEE de 0.83 (83%) mejorando el indicador inicial

Tabla 46
Eficiencia global unidad 3 mejorada

Tiempo	Actividades	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	130	250
	Mantenimiento preventivo	120	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	60	120
	Reemplazo de repuestos	60	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	120	250
	Cambios de dirección del cliente	130	

Tabla 47
Indicadores de la unidad 3 mejorada

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.90
OP = TOR / TO	0.23
D = TOC / TC	0.48
E = OC x OP	0.20
C = TOE / TOR	9.26
OEE = D x E x C	0.90

La unidad 3 mejoró su indicador de OEE de 0.90 (90%) mejorando sustancialmente al indicador inicial.

Tabla 48
Eficiencia global unidad 4 mejorada

Tiempo	Actividades	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	80	150
	Mantenimiento preventivo	70	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	60	60
	Reemplazo de repuestos	0	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	27
	Paradas por controles de transporte	15	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	60	120
	Cambios de dirección del cliente	60	

Tabla 49
Indicadores de la unidad 4 mejorada

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.90
OP = TOR / TO	0.45
D = TOC / TC	0.40
E = OC x OP	0.41
C = TOE / TOR	4.44
OEE = D x E x C	0.72

La unidad 4 incrementó su indicador OEE a 0.72 (72%) mejorando el indicador inicial

Tabla 50

Eficiencia global unidad 5 mejorada

Tiempo	Actividades	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)		4320	4320
Tiempo de carga (TC)	Paradas imprevistas	60	140
	Mantenimiento preventivo	80	
Tiempo Operativo (TO)	Averías (cambio de llantas, aceite)	70	100
	Reemplazo de repuestos	30	
Tiempo Operativo Real (TOR)	Paradas en peajes	12	42
	Paradas por controles de transporte	30	
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)	Cambios de ruta	70	130
	Cambios de dirección del cliente	60	

Tabla 51

Indicadores de la unidad 5 mejorada

Fórmula	Resultado
OC = Factor promedio resultante	0.90
OP = TOR / TO	0.42
D = TOC / TC	0.71
E = OC x OP	0.38
C = TOE / TOR	3.10
OEE = D x E x C	0.84

La unidad 5 obtuvo un indicador OEE de 0.84 (84%) mejorando el indicador inicial

Luego se elaboró un cuadro resumen con los indicadores se cada unidad detallados en la Tabla 52.

Tabla 52

Indicadores actuales de eficiencia global por unidad

Mes	Disponibilidad	Eficacia	Calidad	OEE
Unidad 1	0.39	0.22	10.00	0.87
Unidad 2	0.44	0.20	9.26	0.83
Unidad 3	0.48	0.20	9.26	0.90
Unidad 4	0.35	0.18	8.89	0.55
Unidad 5	0.71	0.38	3.10	0.84
Promedio	0.48	0.24	8.10	0.80

Los resultados arrojaron indicadores promedio de disponibilidad 0.48, eficacia de 0.24 y calidad de 8.10. Asimismo, se obtuvo un valor promedio actual de OEE de 0.80. Esto indica que la flota sólo presenta un 50% en su eficiencia de trabajo actual.

Finalmente en la Tabla 53 se hizo el comparativo de indicadores de eficiencia global promedio

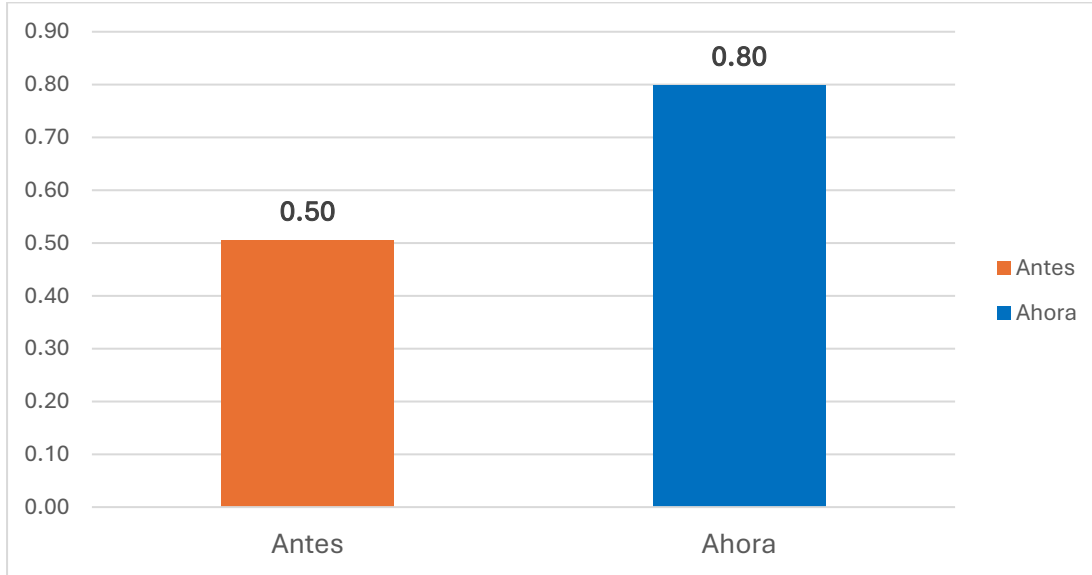
Tabla 53

Comparativo de indicadores de OEE

	Disponibilidad	Eficacia	Calidad	OEE
Antes	0.33	0.17	9.54	0.50
Ahora	0.48	0.24	8.10	0.80
Mejora (%)	46%	39%	-15%	58%

Figura 14

Comparativo de indicadores de OEE (antes y ahora)



El análisis arrojó una mejora del 58% respecto a la eficiencia global de las unidades de transporte de la empresa, lo cual es significativo y permite a la empresa hacer un mejor uso de sus unidades y también mejorar el servicio a sus clientes.

Análisis del cumplimiento de requerimientos TPM luego de las mejoras

Se evaluó nuevamente el cumplimiento de la empresa respecto al TPM. Los detalles en la Tabla 54

Tabla 54

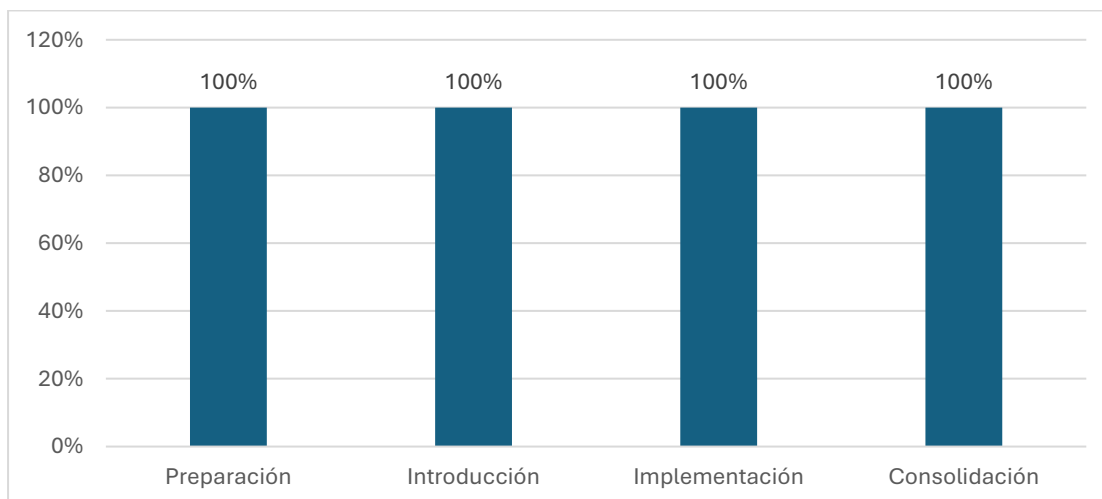
Cumplimiento de los requerimientos el TPM post-implementación

Fase	Etapa	Actividades	SI	NO
Preparación	Decisión de aplicación del TPM	La gerencia informó la implementación del programa TPM	X	
	Información sobre el TPM	Se ejecutó campaña informativa	X	

	Estructura para la promoción del TPM	Se formó un comité para implementar TPM	X
	Objetivos y políticas básica TPM	Se definieron objetivos	X
	Plan Maestro del TPM	Se elaboró un plan de actividades	X
Introducción	Inicio formal	Se ejecutó una reunión para el inicio de la implementación de TPM	X
Implementación	Mejora de la efectividad	Se han seleccionado los equipos con deficiencias operativas	X
	Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado	Se ejecutó el mantenimiento predictivo	X
	Formación para elevar la capacidad de operación	Se ha capacitado al personal operativo y de mantenimiento	X
Consolidación	Consolidación del TPM y mejora de metas	Se han mantenido los resultados obtenidos	X
Total			10

Figura 15

Cumplimiento por fases luego de las mejoras



Luego se analizó la proyección de mejoras en el cumplimiento de los requerimientos del TPM, por fases.

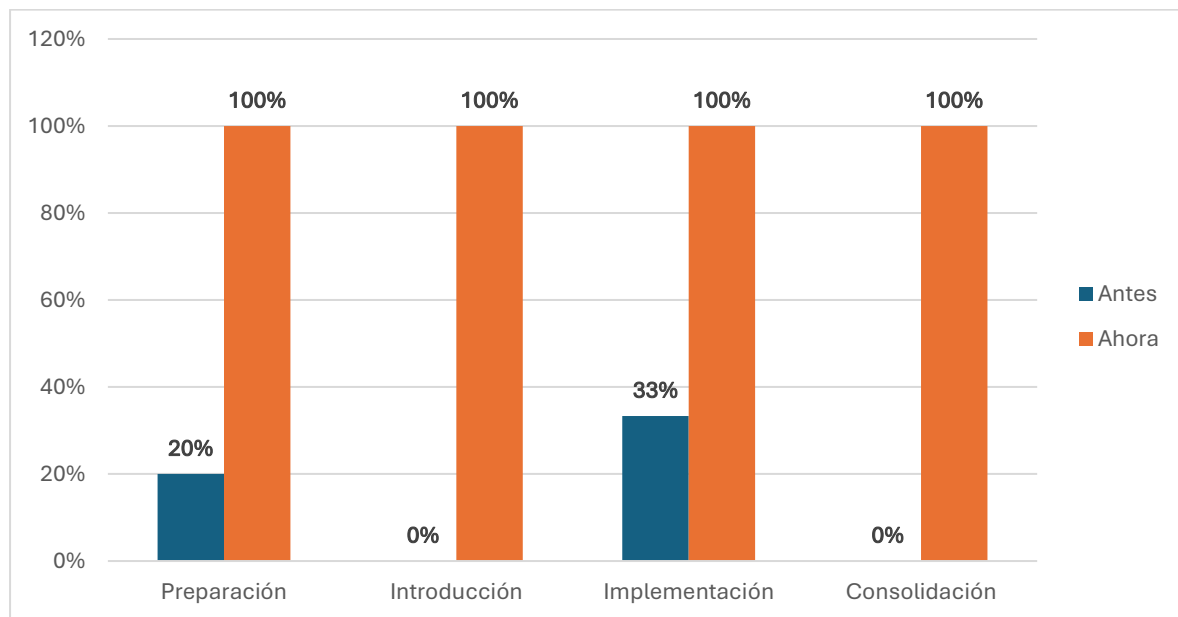
Tabla 55

Comparativo de incumplimiento por fases (antes y ahora)

Fases	Antes	Ahora	Mejora
Preparación	20%	100%	80%
Introducción	0%	100%	100%
Implementación	33%	100%	67%
Consolidación	0%	100%	100%

Figura 16

Comparativo de incumplimiento por fases (antes y ahora)



Se halló que hubo una considerable mejora en cada fase del TPM, ya que la proyección considera un cumplimiento del 100%, debido al compromiso de los trabajadores de la empresa.

Evaluación económica de la implementación de TPM

Se calculo el beneficio anual producto de la implementación.

Tabla 56

Reducción de costos por fallas de las unidades

	Horas perdidas semestral	Horas perdidas mes	Costo hora (S./.)	Pérdida mes (S./.)	Pérdida año (S./.)
Antes	932	155.33	60	9,320.00	111,840.00
Ahora	240	40.00	60	2,400.00	28,800.00
Reducción	692	115.33	-	6,920.00	83,040.00

Inversión inicial para implementación de TPM

Se detallan los conceptos que se incurrieron para la implementación del TPM

Tabla 57

Costo de inversión inicial para implementación del TPM

Concepto	Valor anual (S./.)
Capacitaciones	36,000.00
Materiales para 5S en taller y almacén de repuestos	4,000.00
Formato / Registros	1,500.00
Repuestos críticos para unidades	13,000.00
Gastos administrativos	12,000.00
Total	66,500.00

Luego se calculó el costo para mantener operativo el TPM en la empresa. Este costo es anual.

Tabla 58
Costo operativo anual del TPM

Rubro	Cálculo (base de 5 buses)	Costo anual (S/.)
Mantenimiento preventivo planificado (técnico)	$3 \text{ h/mes/bus} \times 12 \text{ meses} \times 5 \text{ buses} \times \text{S}/50/\text{h}$	9000.00
Lubricantes y consumibles (grasas, limpiadores dieléctricos, trapos)	Paquete mensual S/ 200 \times 12 meses	2,400.00
Repuestos menores (focos, fusibles, abrazaderas, mangueras, niples)	Bolsa anual por bus S/ 500 \times 5 buses	2,500.00
EPP y señalización TPM (guantes, lentes, candados LOTO, tarjetas)	Kit inicial + reposición anual	800.00
Impresos/etiquetado visual 5S y checklists	Formatos, etiquetas, plastificados, tableros A3	500.00
Calibraciones externas puntuales (manómetro, torquímetro)	Servicio anual	600.00
Limpieza técnica/puesta a punto (compartimientos, terminales, radiadores)	Servicio trimestral S/ 300 \times 4	1,200.00
Total anual		17,000.00

Luego se elaboró el cuadro con el flujo de caja de la implementación

Tabla 59
Costo operativo anual del TPM

Año	Ahorro por reducción de tiempo de fallas (S/.)	Costos TPM (S/.)	Flujo neto (S/.)
0	0.00	66,500.00	-66,500.00
1	83,040.00	17,000.00	66,040.00
2	83,040.00	17,000.00	66,040.00
3	83,040.00	17,000.00	66,040.00

Tabla 60

Flujo de caja

Años	0	1	2	3
Propuesta de mejora	-S/ 71,000.00	S/ 66,040.00	S/ 66,040.00	S/ 66,040.00

Cálculo del costo de oportunidad

El costo de oportunidad fue calculado con el método CAPM, que calcula el costo de capital a través de la relación entre el riesgo y el retorno esperado por activos o inversión.

$$CAPM = R_f + \beta \times (R_m - R_f)$$

R_f = Rate free risk: Tasa libre riesgo.

Para este caso, se tomará la tasa de bonos del Gobierno Peruano a 10 años: 5.45%

β = Mide el riesgo sistémico de un activo o acción respecto al mercado.

Ejemplo: Inestabilidad política, inflación, etc.

Para este caso se tomará el riesgo país, según Damodaran para Perú es: 6.57%

R_m = Rentabilidad del mercado esperado.

Para este caso se tomará el máximo valor según la SBS (promedio de tasa de interés ahorro a plazo fijo) que es: 5.74%.

Reemplazando los datos (ver Anexo 5 para la evidencia de la toma de datos):

$$CAPM = 0.0545 + 0.0657 \times (0.0574 - 0.0545)$$

$$CAPM = 0.0547$$

$$CAPM = 5.47\%$$

Se obtuvo un costo de oportunidad bajo el método CAPM del 5.47%.

Tabla 59*Indicadores económicos*

Indicador	Valor
COK	5.47%
VAN	S/ 107,274.23
TIR	75.9%
B/C	2.51

COK 5.47%: es la rentabilidad mínima exigida. El proyecto debe rendir al menos 5.47% anual para ser aceptable.

VAN S/ 107,274.23: al descontar los flujos a 5.47%, el proyecto crea S/ 107,274.23 de valor hoy. $VAN > 0 \Rightarrow$ conviene invertir.

TIR 75.9%: es la tasa que hace $VAN = 0$. Al estar muy por encima del 6%, el proyecto es ampliamente rentable y soporta aumentos fuertes de la tasa de descuento.

B/C 2.51: por cada S/ 1 invertido (en valor presente) se obtienen S/ 2.51 de beneficios. La relación beneficio–costo es muy favorable.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La tesis de Lévano (2021) halló un cumplimiento del 50% de los requerimientos del TPM y en la fase de consolidación obtuvieron 0%, ya que no estaba ejecutando ninguna actividad, mostrando que la ausencia de actividades en la fase de consolidación indica que no se establecieron mecanismos de mejora continua ni se realizaron evaluaciones de las acciones implementadas; esto puede se debe a la falta de liderazgo de la alta dirección y a la ausencia de un seguimiento estructurado. En el presente estudio, el resultado del diagnóstico inicial la gestión actual del mantenimiento según los requerimientos del TPM, indicaron que la empresa sólo estuvo cumpliendo 2 de 8 requerimientos, lo que equivale al 20% de cumplimiento y a nivel de fases: en preparación obtuvo un 20%, en introducción 0%, en implementación 30% y en consolidación 0%, lo cual refleja una situación aún más crítica que la observada por Lévano, evidenciando que la empresa no tiene un enfoque sistemático para gestionar el mantenimiento. La falta de estrategias iniciales y el limitado uso de herramientas de análisis han influido en este resultado. Ambos estudios resaltan la necesidad de un liderazgo más comprometido, una mejor comunicación interna y el uso de herramientas sistemáticas para garantizar el éxito del TPM.

El estudio de Quiroa (2022) evaluó el transporte refrigerado de una empresa logística obteniendo indicadores de 0.61, 0.58 y 0.47, con un indicador de eficiencia global promedio de 0.53 que estaba impactando en la productividad y en sus servicios. Este valor refleja una situación intermedia en cuanto al desempeño de las unidades refrigeradas evaluadas, indicando que casi la mitad del tiempo operativo no se estaba utilizando eficientemente, debido a problemas en la operación de los equipos refrigerados, como temperaturas inestables y controles deficientes, que afectan la calidad del servicio. El presente estudio evaluó los

registros de las unidades en un periodo de 6 meses y los cálculos mostraron que la eficiencia global promedio de las unidades fueron: unidad 1 con 0.60; unidad 2 con 0.32; unidad 3 con 0.54, unidad 4 con 0.57 y unidad 5 con 0.59; la eficiencia global promedio de la flota fue de 0.50. Este valor es incluso inferior al promedio reportado por Quiroa, indicando que las unidades analizadas tienen un desempeño limitado que compromete tanto la productividad como el servicio al cliente. Una eficiencia promedio de 0.50 significa que las unidades no están operando a su máxima capacidad ni optimizando los tiempos y recursos disponibles, lo cual genera incumplimientos en los plazos de entrega y afecta la satisfacción del cliente. Esto se debió a una falta de enfoque integral en el mantenimiento preventivo y poca atención a los indicadores de eficiencia durante las operaciones diarias, lo que dificultó identificar las causas raíz de las pérdidas.

Los resultados hallados por Rathi et al. (2023), evidenciaron que los equipos de una empresa siderúrgica donde se implementó el TPM obtuvieron una disponibilidad de 76.5% y un índice de fallas del 15.3%. Estos resultados muestran un nivel moderado de disponibilidad, con una proporción significativa de fallas que impactan el tiempo operativo de los equipos en la empresa siderúrgica, debido a que la implementación del TPM no abordó completamente las fallas recurrentes o de alta severidad y además la complejidad de los equipos en la industria siderúrgica, que tienden a requerir mantenimientos más especializados y prolongados, limitó el impacto de las intervenciones realizadas. El presente estudio se desarrolló la implementación del TPM, siguiendo las 4 fases que fueron preparación, que culmina con un plan de TPM para las 5 unidades de la empresa; a continuación se ejecutó la fase de introducción, donde se informó formalmente el plan TPM; en la fase de implementación se aplicó un análisis de causa de fallas y un registro tiempos perdidos, en base a ello se calcularon los indicadores MTBF (tiempo entre fallas) MTTR (tiempo de reparación), la disponibilidad y el índice de fallas de

cada unidad, obteniendo una disponibilidad promedio de 83.82% y un índice de fallas del 16.18%, luego se aplicó el modelo Weibull que permitió hallar el tiempo óptimo para el mantenimiento preventivo de las unidades, con ello se elaboró un plan de mantenimiento preventivo y se realizó una capacitación para el personal del área respectiva; la fase de consolidación permitió mejorar los indicadores de disponibilidad llegando a 95.83% y el índice de fallas se redujo a 4.17%. En el presente estudio, la disponibilidad alcanzó un 95.83% y el índice de fallas se redujo a un 4.17%, resultados más destacados que los obtenidos por Rathi. Esto se debe a un enfoque más estructurado en la implementación y consolidación del TPM.

Los hallazgos de Dueñas (2020), obtuvo mejoras en sus indicadores de disponibilidad de 75.4% a un 93% mejorando en un 18.6% y la eficiencia global de su flota pasó de 0.72 a 0.88, mejorado en un 16%, lo que refleja una reducción significativa en los tiempos de inactividad. Este avance indica una implementación adecuada de las prácticas del TPM para abordar problemas críticos de mantenimiento, un uso más eficiente de los recursos y una mejora en el tiempo productivo de las unidades, ya que se priorizó la planificación de intervenciones regulares para evitar fallas inesperadas. En el presente estudio se proyectó la mejora de la eficiencia global de los equipos luego de la implementación y se evidenciaron mejoras en cuanto a la disponibilidad, pasando de un 83.82% a 95.83%, logrando mejorar en un 14.33% mostrando una mejora significativa aunque ligeramente inferior a la de Dueñas. Esto indica una optimización en la gestión del mantenimiento y una reducción de los tiempos de inactividad. Asimismo, el índice de fallas se redujo de 16.18% a 4.1%, mejorando en un 74.25%, lo que refleja una intervención efectiva en la identificación y eliminación de las principales causas de fallas. Finalmente, los indicadores de eficiencia global también proyectaron una mejora promedio de toda la flota de 0.50 a 0.67, lo que indicó un 34% de

mejora, superando el porcentaje de mejora logrado en el estudio de Dueñas. Esto demuestra un impacto positivo en el desempeño general de las unidades tras la implementación del TPM.

A pesar de que la implementación del TPM mejoró la eficiencia global y la productividad de la empresa, el estudio presentó varias limitaciones que deben ser consideradas. La población y muestra estuvieron limitadas a las 5 unidades de transporte, lo cual, aunque permitió un análisis profundo, puede no ser representativo de empresas con flotas de mayor tamaño, limitando la generalización de los hallazgos. En la fase de implementación, se presentaron dificultades en la adherencia al cronograma de mantenimiento debido a la disponibilidad limitada de algunos repuestos, lo que introdujo sesgos no superados que pudieron afectar la precisión de los resultados. Además, variables extrañas como las condiciones de las rutas y el clima no fueron controladas, influyendo posiblemente en el rendimiento de las unidades. Estos factores introducen incertidumbre sobre el impacto real del TPM en condiciones distintas a las evaluadas y sugieren la necesidad de futuros estudios con muestras más amplias y controles adicionales.

Los resultados de este estudio sobre la implementación del TPM tiene implicancias teóricas, porque aportan al conocimiento sobre la aplicación del TPM en empresas de transporte, confirmando su efectividad en la mejora de la eficiencia global y productividad en flotas de pequeña escala.

A nivel práctico, los hallazgos son relevantes para los gerentes de empresas de transporte, ya que muestran cómo el TPM puede reducir tiempos de inactividad, beneficiando así tanto a los empleados como a los clientes al mejorar la confiabilidad del servicio.

Metodológicamente, el estudio valida el uso de indicadores de eficiencia global como herramientas para medir el impacto del TPM, lo cual puede guiar a otros investigadores y

profesionales en la evaluación de mejoras de procesos. Los resultados son especialmente útiles para académicos, investigadores, tomadores de decisiones y estudiantes interesados en estrategias de mantenimiento productivo en el sector transporte. No obstante, debido a las limitaciones identificadas, se sugiere realizar estudios adicionales con muestras más amplias y en distintos contextos operativos para verificar la generalidad de estos hallazgos y explorar la influencia de variables externas, como el clima y las condiciones de ruta, en los beneficios del TPM. Este enfoque contribuirá a una comprensión más completa y aplicable de las estrategias de mantenimiento en el sector.

4.2 Conclusiones

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) permitió incrementar significativamente la eficiencia global de los equipos de la empresa de transporte. Los resultados mostraron un aumento del OEE promedio de 0.50 a 0.80, lo que representa una mejora del 58%. Asimismo, la disponibilidad se incrementó de 83.82% a 95.83% y el índice de fallas se redujo de 16.18% a 4.17%, logrando una reducción del 74.25%. Estos avances evidencian que el TPM no solo optimizó el desempeño técnico de la flota, sino que también fortaleció la confiabilidad del servicio brindado a los clientes, contribuyendo directamente a la competitividad de la empresa.

El diagnóstico inicial evidenció que la empresa solo cumplía con el 20% de los requerimientos del TPM, mostrando grandes debilidades en las fases de introducción e implementación, y nulo avance en la consolidación. Este hallazgo confirmó que la gestión previa era reactiva, sin estrategias estructuradas de mantenimiento preventivo ni capacitación sistemática al personal. La implementación del TPM permitió elevar dicho cumplimiento hasta un 100%, asegurando una gestión más ordenada y sostenible.

El análisis inicial reveló que la eficiencia global promedio de la flota fue de 0.50, un nivel que impidió un desempeño óptimo de las unidades y afectó negativamente la calidad del servicio ofrecido. Se identificaron altos índices de fallas en las unidades 1 y 5, con disponibilidad limitada y pérdidas operativas recurrentes. Estos resultados confirmaron la necesidad de un sistema integral de mantenimiento que permita disminuir la variabilidad y aumentar la confiabilidad de las operaciones.

Tras la aplicación del TPM, se logró una mejora sustancial en los indicadores de gestión. La disponibilidad se elevó en 14.33% (de 83.82% a 95.83%), mientras que el índice de fallas disminuyó en un 74.25%. Asimismo, la proyección de la eficiencia global pasó de 0.50 a 0.67, representando una mejora del 34%. Estos resultados confirman que el TPM, al combinar mantenimiento preventivo, correctivo planificado y capacitación del personal, constituye una estrategia efectiva para garantizar la continuidad operativa de la flota y mejorar los estándares de servicio de la empresa.

REFERENCIAS

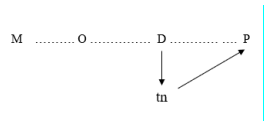
- Bhushan, K., Chattopadhyaya, S., Sharma, S., Sharma, K., Li, C., Zhang, Y., & Eldin, E. M. T. (2022). Analyzing Reliability and Maintainability of Crawler Dozer BD155 Transmission Failure Using Markov Method and Total Productive Maintenance: A Novel Case Study for Improvement Productivity. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(21). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su142114534>
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. Universitas ECU.
- Dueñas, F. E. (2020). Eficiencia en la productividad mediante herramientas predictivas de TPM y Six Sigma para la optimización del servicio de buses de transporte urbano Lima- Norte Carabayllo, de la empresa Tatsa Perú. *Repositorio UPN*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24543>
- Gallarà, I., & Pontelli, D. (2020). *Mantenimiento industrial*.
- Jusoh, M. S., Ahmad, S. R., Yusuf, D. H. M., Salleh, S. S. M. M., & Din, M. S. H. (2021). *Productivity improvement in food manufacturing company: Process innovation using total productive maintenance*. 020238. <https://doi.org/10.1063/5.0055890>
- Lévano Lévano, M. E. (2021). *Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento en un taller mecánico, aplicando la metodología de Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en una empresa de transporte urbano*. <https://hdl.handle.net/20.500.12640/2431>
- Mendes, D., Gaspar, P. D., Charrua-Santos, F., & Navas, H. (2023). Integrating TPM and Industry 4.0 to Increase the Availability of Industrial Assets: A Case Study on a Conveyor Belt. *Processes*, *11*(7), 1956. <https://doi.org/10.3390/pr11071956>

- Morales Méndez, J. D., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: A case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1-4), 1013-1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Pacheco-Colcas, F. A., Medina-Torres, M. P., & Quiroz-Flores, J. C. (2022). Production Model based on Systematic Layout Planning and Total Productive Maintenance to increase Productivity in food manufacturing companies. *Proceedings of the 8th International Conference on Industrial and Business Engineering*, 299-306. <https://doi.org/10.1145/3568834.3568854>
- Quiroa Castillo, Y. A. (2022). *Plan para la mejora de la productividad en empresa de logística y transporte pesado refrigerado ubicada en la república de Guatemala a través del mantenimiento productivo total (TPM)*. [Masters, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2023). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Productivity of Rolling Mill. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 30(6), 882-890. Scopus. <https://doi.org/10.56042/ijems.v30i6.3158>
- Sá, J. C., Soares, L., Dinis-Carvalho, J., Silva, F. J. G., & Santos, G. (2023). Assessment of the Impact of Lean Tools on the Safety of the Shoemaking Industry. *Safety*, 9(4), 70. <https://doi.org/10.3390/safety9040070>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Bhadauria, A., Sharma, S., Li, C., Pimenov, D. Y., Giasin, K., Singh, S., & Gautam, G. D. (2021). An Agile System to Enhance Productivity through a Modified Value Stream Mapping Approach in Industry 4.0: A Novel

Approach. *Sustainability*, 13(21), 11997. <https://doi.org/10.3390/su132111997>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia Interna

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿La implementación del Mantenimiento Productivo Total permitirá incrementar la eficiencia global de los equipos de una Empresa de Transporte, Trujillo 2024?	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar en qué medida el Mantenimiento Productivo Total incrementa la eficiencia global de los equipos de la Empresa de Transporte</p>	<p>VARIABLE 1:</p> <p>X: Mantenimiento Productivo Total (TPM)</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Por enfoque: cuantitativa</p> <p>Por nivel: Descriptiva</p> <p>Por diseño: descriptivo – propositivo</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>Todas las unidades de transporte (5)</p>
	<p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Analizar la gestión actual del mantenimiento según los requerimientos del TPM</p> <p>Determinar la eficiencia global al inicio</p> <p>Desarrollar la propuesta de implementación del TPM</p> <p>Evaluar la mejora de la eficiencia global de los equipos después de la implementación.</p>	<p>VARIABLE 2:</p> <p>Y: Eficiencia global</p>	<p>DIAGRAMA DEL DISEÑO</p> 	<p>MUESTRA</p> <p>No se necesita porque se tiene acceso a toda la población</p>
	<p>HIPÓTESIS</p> <p>La implementación del Mantenimiento Productivo Total incrementa la eficiencia global de los equipos en una Empresa de Transporte.</p>		<p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</p> <p>Observación: guía de observación</p> <p>Revisión de documentos: guía de revisión</p>	<p>UNIDAD DE ESTUDIO</p> <p>Cada unidad de transporte</p>

ANÁLISIS DE DATOS

Estadístico descriptivo

Anexo 2: Operacionalización de variables

Anexo 2: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
TPM	El TPM se basa en la idea de que el mantenimiento no es solo responsabilidad del departamento de mantenimiento, sino de todos los trabajadores en la organización. Esto incluye desde la alta dirección hasta los operadores de máquinas. Al implicar a todos en el proceso de mantenimiento, TPM ayuda a fomentar una cultura de responsabilidad y propiedad que puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia y la productividad (Pacheco et al., 2022).	La tarea centro del TPM es garantizar la confiabilidad de operación de los equipos, la disponibilidad y la mantenibilidad, analizando y reevaluando para un mejor desempeño	Confiabilidad	$C = e^{\left(\frac{-t}{MTBF}\right)}$ <p>C: Confiabilidad T: Tiempo óptimo para reparar MTBF: Tiempo promedio entre fallas</p>	Razón
			Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$ <p>D: Disponibilidad MTBF: Tiempo Medio entre Fallas: $MTBF = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Nro fallas}} \times 100$ </p> <p>MTTR: Tiempo Medio de Reparación: $MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Total de fallas}} \times 100$ </p>	Razón

$$M = 1 - e^{-\left(\frac{1}{MTTR}\right) \times t}$$

			Mantenibilidad	Razón
				MTTR: Tiempo promedio para reparar = Tiempo de fallas / Número Total de Fallas t = tiempo objetivo de reparación
Eficiencia global de los equipos	La eficiencia global es el uso óptimo de los recursos disponibles para alcanzar un objetivo específico con el mínimo desperdicio posible. Se trata de hacer las cosas de la manera correcta, utilizando la menor cantidad de recursos, tiempo y esfuerzo (Boero, 2020).	Según Boero (2020), la eficiencia global (EOO) se evalúa con las dimensiones: Disponibilidad Efectividad Calidad	Disponibilidad	D = TO / TC Tiempo operativo Tiempo de carga E = OC x OP
			Efectividad	OC: Tiempo Operativo Real Ideal OP: Tiempo Operativo
			Calidad	C = TOE / TOR TOE: Tiempo operativo efectivo TOR: Tiempo Operativo Real

ANEXO 3: Instrumentos

Check list de cumplimiento de fases del TPM

Fase	Etapas	Actividades	SI	NO
Preparación	Decisión de aplicación del TPM	La gerencia informó la implementación del programa TPM		
	Información sobre el TPM	Se ejecutó campaña informativa		
	Estructura para la promoción del TPM	Se formó un comité para implementar TPM		
	Objetivos y políticas básica TPM	Se definieron objetivos		
	Plan Maestro del TPM	Se elaboró un plan de actividades		
Introducción	Inicio formal	Se ejecutó una reunión para el inicio de la implementación de TPM		
Implementación	Mejora de la efectividad	se han seleccionado los equipos con deficiencias operativas		
	Desarrollar un programa de Mantenimiento Planificado	Se ejecutó el mantenimiento predictivo		
	Formación para elevar la capacidad de operación	Se ha capacitado al personal operativo y de mantenimiento		

Consolidación	Consolidación del TPM y mejora de metas	Se han mantenido los resultados obtenidos		
---------------	---	---	--	--

Formato para Plan maestro para la implementación del TPM

Actividad	Descripción Responsable	Duración estimada	Fecha de inicio	Fecha de finalización
1. Análisis inicial del estado de las unidades				
2. Capacitación del personal en TPM				
3. Diseño de los formatos de registro				
4. Implementación de Mantenimiento Autónomo				
5. Planificación del mantenimiento preventivo				
6. Ejecución del Mantenimiento Preventivo				
7. Implementación del Mantenimiento Correctivo				
8. Monitoreo de indicadores de eficiencia global				
9. Evaluación de resultados post-TPM				

Formato para Análisis de causas de fallas

Categoría	Causa de Fallas y Pérdidas de Tiempo	Descripción
Paradas imprevistas		
Mantenimiento preventivo		
Averías		
Reemplazo de repuestos		
Paradas en peajes		
Paradas por controles de transporte		
Cambios de ruta		
Cambios de dirección del cliente		

Formato para registro de rendimiento operacional - Unidad 01

Evaluación del rendimiento operacional - Unidad 01			
Tiempo	Tipos de pérdidas	Minutos	Total
Tiempo Disponible (TD)			
Tiempo de carga (TC)			
Tiempo Operativo (TO)			
Tiempo Operativo Real (TOR)			
Tiempo Operativo Eficiente (TOE)			

Registro de tiempos del transporte y fallas

N°	Mes	Días trabajados	Horas	Tiempo de Mantenimiento correctivo (horas)	Tiempo de Mantenimiento preventivo (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de fallas
1	Ene-23	30	300				
2	Feb-23	26	260				
3	Mar-23	30	300				
4	Abr-23	28	280				
5	May-23	29	290				
6	Jun-23	28	280				
7	Jul-23	29	290				
8	Ago-23	29	290				
9	Set-23	28	280				
10	Oct-23	28	280				
11	Nov-23	28	280				
12	Dic-23	29	290				
	Total	342	3420				

Registro de Indicadores actuales del transporte

N°	Mes	Días trabajados	Horas	Tiempo de operación (horas)	Tiempo de Mantenimiento (horas)	Número de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad	Mantenibilidad
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
	Total										

ANEXO 4: Validación de instrumentos

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO

Estimado(a) experto(a): ROGER VILLAR MORALES.....

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a levantar datos para la tesis denominada “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA PYME TRANSPORTES Y NEGOCIOS H&L S.A.C., TRUJILLO 2024”. En ese sentido, solicito pueda evaluar los ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Grado académico:	Bachiller	Magister X	Doctor
Área de Formación académica	INGENIERO INDUSTRIAL		
Tiempo de experiencia profesional	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas X

II. Criterios de Calificación

a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem “No es coherente para evaluar” (puntaje 0), “poco coherente para evaluar” (puntaje 1), “coherente para evaluar” (puntaje 2) y es “totalmente coherente para evaluar” (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3 X

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de “Nada Claro” (0 punto), “medianamente claro” (puntaje 1), “claro” (puntaje 2), “totalmente claro” (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3 X



 Roger Villar Morales
 ING. INDUSTRIAL
 R. CIP. N° 175830

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO

 Estimado(a) experto(a): Cubas Rodríguez(nombre del experto)...Julio César.....

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a levantar datos para la tesis denominada(título de la tesis).....

En ese sentido, solicito pueda evaluar los ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Grado académico:	Bachiller	Magister	Doctor
Área de Formación académica	X		
Tiempo de experiencia profesional	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Criterios de Calificación
a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem “No es coherente para evaluar” (puntaje 0), “poco coherente para evaluar (puntaje 1), “coherente para evaluar” (puntaje 2) y es “totalmente coherente para evaluar (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3 X

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de “Nada Claro” (0 punto), “medianamente claro” (puntaje 1), “claro” (puntaje 2), “totalmente claro” (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3 X



Ing. Julio Cubas Rodríguez

CIP: 044602

ANEXO 5: Datos para el cálculo del Costo de Oportunidad (COK)

Rate free risk: Tasa libre riesgo (Rf)



BCRPData
BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ
Gerencia Central de Estudios Económicos

Inicio / Calendario de Difusión / Cuadros Estadísticos / Guías / Acerca de

Inicio / Series Diarias / Ver Tabla

Desde: 30/07/2025 Ver Tabla Descargar XLSX Descargar CSV Ver Gráfico

Hasta: 08/09/2025

RENDIMIENTO DEL BONO DEL GOBIERNO PERUANO A 10 AÑOS

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD31894DD/html/2025-07-30/2025-09-08/>

Fecha	Tasas de interés - Rendimiento del Bono del gobi
30Jul25	5.45
31Jul25	5.44
01Ago25	5.35
04Ago25	5.29
05Ago25	5.29
06Ago25	5.24
07Ago25	5.24
08Ago25	5.25
11Ago25	5.24
12Ago25	5.25
13Ago25	5.16

Nota: Extraído de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD31894DD/html/2025-07-30/2025-09-08/>

Riesgo sistémico de un activo o acción respecto al mercado (β)

Para este caso se tomará el riesgo país, según Damodaran para Perú es: 6.57%

	A	B	C	D	E
1	Country and Equity Risk Premiums				
2	Date of update:	1-Jul-25			
3	Enter the current risk premium for a mature equity market				4.21%
4	Do you want to adjust the country default spread for the additional volatility of the equity market to get to a country premium?				Yes
5	If yes, enter the multiplier to use on the default spread (See worksheet for volatility numbers for selected emerging markets)				1.50
6					
7	Country	Africa	Moody's rating	Rating-based Default Spi	Total Equity Risk Prem
36	Cape Verde	Africa	B2	5.41%	12.35%
21	Peru	Central and South America	Baa1	1.57%	6.57%
65	Frontier Markets (no sovereign ratings)				
66	Country	PRS Composite Risk Scor	ERP	CRP	Default Spread
67	Algeria	68.5	9.53%	5.32%	3.54%
68	Brunei	82	5.10%	0.89%	0.59%
69	Gambia	67.75	10.87%	6.66%	4.43%
70	Guinea	57.75	17.53%	13.32%	8.85%
71	Guinea-Bissau	61.25	15.30%	11.09%	7.37%
72	Guyana	76.5	5.46%	1.25%	0.83%
73	Haiti	56.5	19.01%	14.80%	9.83%
74	Iran	63.5	13.82%	9.61%	6.39%
75	Korea, D.P.R.	51	21.96%	17.75%	11.80%
76	Liberia	58.5	17.53%	13.32%	8.85%
77	Libya	70.25	8.66%	4.45%	2.96%
78	Madagascar	65	12.35%	8.14%	5.41%
79	Malawi	54.75	21.96%	17.75%	11.80%
80	Myanmar	56	19.01%	14.80%	9.83%
81	Russia	70.75	8.66%	4.45%	2.96%
82	Sierra Leone	59.25	17.53%	13.32%	8.85%
83	Somalia	55.5	19.01%	14.80%	9.83%
84	Sudan	43.75	30.54%	26.33%	17.50%
85	Syria	45.5	30.54%	26.33%	17.50%

Nota: Extraído de <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/ctrypremJuly25.xlsx>

Rentabilidad del mercado esperado (Rm)

SUPERINTENDENCIA DE BANCA, SEGUROS Y AFP
República del Perú

TASA DE INTERÉS PROMEDIO DEL SISTEMA DE CAJAS MUNICIPALES

Ingrese fecha: **2025** **Julio** **Consultar** **Exportar**

Tasas Pasivas Anuales de las Operaciones en Moneda Nacional Realizadas Durante el Mes Por tipo de Depósito a Julio del 2025

Moneda Nacional **Moneda Extranjera**

Tasa Anual (%)	Depósitos de Ahorro	Depósitos a Plazo					Depósitos a Plazo	Depósitos CTS
		Hasta 30 días	31-90 días	91-180 días	181-360 días	Más de 360 días		
CMAC Arequipa	1.39	4.57	4.45	4.63	4.85	4.42	4.67	4.78
CMAC Cusco	2.16	1.20	2.23	3.75	1.92	5.17	2.91	5.03
CMAC del Santa	0.60	-	1.30	2.63	4.58	4.33	4.28	6.50
CMAC Huancayo	2.12	2.19	2.34	3.86	4.92	5.09	4.63	5.12
CMAC Ica	1.13	-	4.23	4.71	4.78	5.47	5.10	4.63
CMAC Maynas	0.42	-	0.82	4.37	4.65	5.73	4.96	5.23
CMAC Paíta	0.14	6.20	5.46	5.78	4.88	5.74	5.60	6.55
CMAC Piura	0.35	-	1.77	2.29	3.84	4.35	3.27	6.50
CMAC Tacna	0.84	-	1.91	5.10	4.94	5.35	5.02	3.30
CMAC Trujillo	0.87	4.15	3.05	4.32	4.47	5.48	4.62	5.70
CMCP Lima	2.11	2.75	3.30	5.12	5.38	5.69	5.32	6.38
Promedio	1.58	4.52	3.82	4.29	4.16	5.21	4.42	5.98

Nota: Extraído de <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIPasivaDepositoEmpresa.aspx?tip=C>