



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TESIS**

**EFFECTOS DE UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE  
REPUESTOS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL SERVICIO  
DE MANTENIMIENTO DE CAMIONES KOMATSU 930E  
REALIZADO PARA LA EMPRESA SELIN S.R.L., 2021**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER LEITER JOE QUILCA COLQUEHUANCA**

**ASESOR:**

**MGR. YURY VASQUEZ CHARCAPE**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**ELÉCTRICO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (\_\_\_) / Tesis (\_\_\_x\_\_\_) / Trabajo de suficiencia profesional (\_\_\_) / Trabajo académico (\_\_\_), titulado **“EFECTOS DE UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE REPUESTOS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE CAMIONES KOMATSU 930E REALIZADO PARA LA EMPRESA SELIN S.R.L., 2021”** presentado por el(la) Bachiller **QUILCA COLQUEHUANCA, LEITER JOE** para obtener el grado académico (\_\_\_) o Título profesional (\_\_\_x\_\_\_) o Título de segunda especialidad (\_\_\_) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, y asesorado por el(la) **MGR. YURY VÁSQUEZ CHARCAPE**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°1440-2021-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Tesis	Porcentaje de similitud
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Quilca Colquehuanca, Leiter Joe	“EFECTOS DE UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE REPUESTOS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE CAMIONES KOMATSU 930E REALIZADO PARA LA EMPRESA SELIN S.R.L., 2021”	32 %  (30 de setiembre de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **32 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 30 de setiembre de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

  
DR. ALBERTO CRISTÓBAL FLORES QUISPE  
Jefe(e) de la Unidad de Investigación

## CONTENIDO

PÁGINA DE JURADO .....	i
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
CONTENIDO .....	v
CONTENIDO DE TABLAS .....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xi
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	xii
CONTENIDO DE APÉNDICES .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de investigación .....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación y limitaciones de la investigación .....	3
1.4.1. Justificación.....	3

1.4.2. Limitaciones.....	4
1.5. Variables .....	5
1.6. Hipótesis de la investigación.....	6
1.6.1. Hipótesis general.....	6
1.6.2. Hipótesis específicas.....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación .....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.2. Bases teóricas .....	13
2.2.1. Plan de requerimiento de repuestos (MRP).....	13
2.2.2. Plan maestro de producción (MPS).....	15
2.2.3. Lista de materiales (BOM).....	17
2.2.4. Registro de inventario.....	17
2.2.5. Mantenimiento.....	18
2.2.6. Tipos de mantenimiento .....	19
2.2.7. Plan de mantenimiento preventivo .....	20
2.2.8. Indicadores de Gestión de requerimiento de repuestos (variable independiente).....	21
2.3. Marco conceptual .....	24

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1. Tipo de investigación .....	27
----------------------------------	----

3.2. Diseño de investigación .....	27
3.3. Población y muestra .....	28
3.3.1. Población.....	28
3.3.2. Muestra.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.4.1. Técnicas de recolección de datos. ....	28
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	29
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	30

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados por variable .....	32
4.1.1. Diagnóstico del servicio de mantenimiento. ....	32
4.1.2. KPIs del servicio de mantenimiento antes del plan. ....	36
4.1.3. Plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado. ....	38
4.1.4. KPIs del servicio de mantenimiento después del plan. ....	39
4.2. Contrastación de hipótesis .....	40
4.2.1. Criterios seguidos para la contrastación de hipótesis.....	40
4.2.2. Procedimiento de contrastación. ....	40
4.3. Discusión.....	50

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	54
5.2. Recomendaciones.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	57

APÉNDICE.....	62
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	81
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	83

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	5
Tabla 2 Propuesta de registro del MPS .....	16
Tabla 3 Lista de repuestos que se requieren en el servicio de mantenimiento .....	32
Tabla 4 Tipo de mantenimiento predominante, año 2020.....	33
Tabla 5 Tipo de mantenimiento predominante, año 2021.....	34
Tabla 6 Resumen KPIs antes de la implementación del plan .....	36
Tabla 7 Plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado .....	38
Tabla 8 Resumen KPIs después de la implementación del plan .....	39
Tabla 9 Prueba chi cuadrado para tipo de mantenimiento, 2020 .....	42
Tabla 10 Prueba chi cuadrado para tipo de mantenimiento, 2021 .....	42
Tabla 11 Resultados de prueba t para MTBS antes de plan RRAA – estadística para una muestra .....	44
Tabla 12 Resultados de prueba t para MTBS antes de plan RRAA – prueba para una muestra .....	44
Tabla 13 Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – estadística para una muestra .....	44
Tabla 14 Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – prueba para una muestra .....	44
Tabla 15 Resultados de prueba t para MA antes de plan RRAA – estadística para una muestra .....	44
Tabla 16 Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – prueba para una muestra .....	45
Tabla 17 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTBS – estadística	

para una muestra.....	47
Tabla 18 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTBS – prueba para una muestra.....	47
Tabla 19 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTTR – estadística para una muestra.....	47
Tabla 20 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTTR – prueba para una muestra.....	47
Tabla 21 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MA – estadística para una muestra.....	47
Tabla 22 Resultados de prueba t después del plan RRAA para MA – prueba para una muestra.....	48
Tabla 23 Resultados de prueba t para variaciones de MTBS, MTTR y MA entre antes y después del Plan RRAA .....	49



## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del plan de requerimiento de repuestos (MRP).....	14
Figura 2 Proceso de elaboración de un MPS .....	15
Figura 3 Ejemplificación básica de una lista de materiales (BOM) para la fabricación de una tijera .....	17
Figura 4 Repuestos que se requieren en servicio de mantenimiento .....	33
Figura 5 Tipo de mantenimiento predominante, año 2020 .....	34
Figura 6 Tipo de mantenimiento predominante, año 2021 .....	35
Figura 7 Histórico de disponibilidad, año 2022 .....	36
Figura 8 Histórico de disponibilidad, año 2023 .....	40

## **CONTENIDO DE ECUACIONES**

Ecuación 1 Certificación de proveedores.....	22
Ecuación 2 Calidad de pedidos generados .....	22
Ecuación 3 Tiempo Medio entre paradas MTBS (Mean Time Between Shutdowns).....	23
Ecuación 4 Tiempo medio para reparar MTTR (Mean Time to Repair). .....	23
Ecuación 5 Disponibilidad Mecánica MA (Mechanical Availability).....	23
Ecuación 6 Disponibilidad Mecánica MA (Mechanical Availability).....	24

## CONTENIDO DE APÉNDICES

MATRIZ DE DATOS.....	61
----------------------	----

## RESUMEN

Esta investigación se planteó como objetivo analizar los efectos de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones en una empresa que opera en la ciudad de Arequipa, Perú. Con ese propósito, se desarrolló un estudio que se tipifica como investigación aplicada, que apela a un diseño pre-experimental con observaciones antes y después de la aplicación de la variable estímulo. Se trabajó con una muestra de 25 camiones Komatsu 930E que pertenecen a la empresa, en función de los registros de mantenimiento con que cuenta la empresa. En ese sentido, para la recolección de datos se utilizó dos fichas de registro documental, el primero, Formato de cálculo de KPIs para cada equipo, y el segundo, Check list de mantenimiento de equipo. Entre los resultados del estudio, se encontró que, antes de la aplicación del plan, la proporción de actividades de mantenimiento programado no se diferencia de la que corresponde a mantenimiento correctivo. Como conclusión general, se encontró que la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado tiene efectos significativos en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, los que se observan en un incremento de 13,574 de tiempo promedio entre paradas, una reducción de 0,945 en el tiempo medio de parada, y un incremento de 0,003 en la disponibilidad del equipo.

Palabras clave: Plan de requerimiento, repuestos, aire acondicionado, mantenimiento, parada, disponibilidad.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to analyze the effects of a plan for requiring air conditioning spare parts in the truck maintenance service in a company that operates in the city of Arequipa, Peru. For this purpose, a study was developed that is classified as applied research, which uses a pre-experimental design with observations before and after the application of the stimulus variable. We worked with a sample of 25 Komatsu 930E trucks that belong to the company, based on the maintenance records that the company has. In this sense, two documentary record sheets were used to collect data, the first, KPI calculation format for each equipment, and the second, Equipment maintenance check list. Among the results of the study, it was found that, before the implementation of the plan, the proportion of scheduled maintenance activities does not differ from that corresponding to corrective maintenance. As a general conclusion, it was found that the implementation of a plan for requiring air conditioning spare parts has significant effects on the maintenance service of Komatsu 930E trucks in the company Selin SRL, which are observed in an increase of 13,574 in average time between stops, a reduction of 0.945 in average stop time, and an increase of 0.003 in equipment availability.

**Keywords:** Requirement plan, spare parts, air conditioning, maintenance, shutdown, availability.

## INTRODUCCIÓN

La empresa SELIN S.R.L., con sede en la ciudad de Arequipa, es una empresa contratista que se dedica a brindar diversos servicios complementarios al sector minero, bajo la condición de instalación, acondicionamiento, mantenimiento y reparación del sistema de calefacción y aire acondicionado en las cabinas de los equipos pesados. Estas actividades las desarrolla en las unidades mineras de Cerro Verde, Toquepala, Cuajone y Antapaccay. Entre los indicadores de atención al cliente que le han dado una importante reputación a lo largo del tiempo, son el tiempo promedio de atención, la calidad de servicio, el empleo estandarizado del proceso de mantenimiento y la búsqueda constante de la satisfacción de atención a la solicitud de servicio con personal calificado.

Sin embargo, una gran debilidad del sector mecánico que trabaja con maquinaria minera es la falta de buenos inventarios, como exponen Barrera et al. (2018) que fortalezcan el abastecimiento oportuno de los repuestos necesarios para un mantenimiento preventivo, y con mayor razón, para uno correctivo.

La empresa SELIN SRL realiza el servicio tercerizado del mantenimiento de aire acondicionado de los camiones Komatsu 930E que se encuentran en la Unidad Minera Cuajone, que pertenece a Southern Copper Corporation. A pesar del tiempo que esta empresa se encuentra operando en la región, se encontró que la unidad minera no cuenta con un plan de requerimiento de repuestos, pues cada vez que falla un componente se hace el cambio con una pieza reparada o se deja el equipo en espera hasta que llegue el repuesto requerido. Este estudio apunta en esa dirección, a mejorar el servicio de mantenimiento de los equipos señalados, en base

a una intervención planificada de atención a los requerimientos específicos en cuanto a repuestos.

El aporte de este trabajo abarca conocimiento del campo de la ingeniería y de aplicación de una Gestión Moderna de Mantenimiento basado en los indicadores claves de gestión KPIs de mantenimiento para equipos pesados, dándonos un acercamiento a los valores de clase mundial para elevar la eficiencia de los servicios que ofrece la empresa y como consecuencia el logro de la satisfacción de sus clientes.

El informe presentado se subdivide en cinco capítulos. El primero tiene como propósito presentar la situación problemática identificada y sistematizar las preguntas de investigación y los objetivos; asimismo, se presentan argumentos que justifican la realización del estudio. En el segundo capítulo se expone el marco teórico que sustenta las variables, y los enfoques seguidos para la identificación de los indicadores. También en este capítulo se hace una revisión de trabajos previos en diferentes ámbitos, internacional y nacional.

El tercer capítulo está destinado a exponer las características metodológicas que dan forma al estudio realizado. En el cuarto capítulo se exponen los resultados del estudio, se contrastan las hipótesis planteadas y se discuten los resultados; y se finaliza el informe con las secciones de Conclusiones, donde se reportan los hallazgos del estudio, y Recomendaciones. Aparte, en la sección anexos se adjunta alguna información adicional que facilita tener una idea más amplia y cabal de la investigación realizada.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La empresa mecánica SELIN SRL realiza el mantenimiento específico de aire acondicionado a los camiones Komatsu 930E, como empresa contratista de la Unidad Minera Cuajone - Southern Copper Corporation, que, por su ubicación y medidas de seguridad, tiene dificultad para una inmediata disponibilidad de los repuestos que se necesitan para dar el mantenimiento requerido a estos camiones, retrasando el proceso productivo de la empresa y el trabajo de horas hombre. Con los requerimientos de compras no programadas se incrementa los costos operativos y se evidencia que no existe un adecuado control de inventarios, que trae como consecuencia la disminución de las ganancias y la pérdida de credibilidad de la empresa mecánica SELIN SRL. En vista de esta realidad problemática se propone el diseño de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado para el mantenimiento de los camiones Komatsu 930E, que mejorará la planificación, adquisición de repuestos programados y la producción de la empresa.



## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuáles son los efectos de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- a) ¿Cómo es el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado?
- b) ¿Cuáles son los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado?
- c) ¿Es posible implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023?
- d) ¿Cuáles son los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, después de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado?

### **1.3. Objetivos de investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Analizar los efectos de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- a) Efectuar un diagnóstico del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado.
- b) Determinar los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado.
- c) Implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023.
- d) Determinar los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, después de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado.

### **1.4. Justificación y limitaciones de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación.**

La empresa SELIN SRL es la encargada de realizar el servicio tercerizado del mantenimiento de aire acondicionado de los camiones Komatsu 930E que se

encuentran en la Unidad Minera Cuajone, sin embargo, no cuenta con un plan de requerimiento de repuestos, pues cada vez que falla un componente se hace el cambio con una pieza reparada o se deja el equipo sin operatividad hasta que llegue el repuesto requerido.

En este sentido se ha observado que la mayoría de empresas del rubro mecánico minero, no trabaja con un plan de requerimiento de repuestos, lo que dificulta su productividad cuando se presentan paradas no programadas de sus camiones o cuando se realizan mantenimientos preventivos y se encuentran fallas en los sistemas, pero no pueden darle solución inmediata por la falta del repuesto necesario en la zona de operación de la Unidad Minera.

#### **1.4.2. Limitaciones.**

Una de las limitaciones que se pudo encontrar en la implementación de un plan de requerimiento de repuestos fue la falta de digitalización de toda la información sobre la lista de repuestos y el estado del inventario de manera diaria. Esta digitalización debe respetar la integridad de los datos, es decir, que si la información registrada no es confiable puede llevar al fracaso del plan de requerimiento. Para ello, se tuvo que asignar un personal encargado por guardia, que esté capacitado en su manejo y uso, lo cual creó cierto grado de resistencia en la jefatura de taller debido a que las tareas de registro se perciben como no productivas.

## 1.5. Variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
V.I. Implementación del plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado	Escenario de intervención en las actividades de mantenimiento de una organización con el objeto de reducir costos operativos y eliminar procesos que no aporran valor, en tanto se cubre el stock de producción.	Situación de la empresa en función de la propuesta y aplicación del plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado determinada por los estados de ausencia y presencia del plan.	Documentaria <hr/> Operativa	Registro de mantenimiento  Listado de requerimientos <hr/> Situación de aplicación	Nominal   <hr/> Nominal
V.D. Servicio de mantenimiento	Conjunto de acciones más o menos sistematizadas y planificadas que se realizan en la organización con el propósito de garantizar su productividad en función de la disponibilidad confiable de maquinaria y equipo.	Conjunto de indicadores clave de gestión (KPIs) orientado a la provisión de aire acondicionado a vehículos específicos que operan en la empresa definido en función de indicadores de paro y disponibilidad.	De paro  <hr/> Disponibilidad	MTBS  MTTR <hr/> MA	Razón  Razón <hr/> Razón

## **1.6. Hipótesis de la investigación**

### **1.6.1. Hipótesis general.**

La implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado tiene efectos significativos en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023.

### **1.6.2. Hipótesis específicas.**

- a) El servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, se caracteriza por no ser programado.
- b) Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, son  $MTBS = 300$ ,  $MTTR > 1$ ,  $MA > 0,95$ .
- c) Es posible implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023.
- d) Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E, en la empresa Selin SRL, Perú, 2023, después de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, son  $MTBS > 300$ ,  $MTTR < 1$ ,  $MA > 0,99$ .

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

- a) **Barrera, Mena y Martínez (2018). “Propuesta de un sistema de gestión de inventario de repuestos a partir de la generación de un plan de mantenimiento para tractores 6403 Jhon Deere en un ingenio azucarero del valle del cauca”.**

**Artículo científico** de la Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Valle del Cauca – Colombia.

#### **El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Atender todas las áreas de producción, potenciar la productividad y mejorar la competitividad de la empresa utilizando indicadores de gestión de mantenimiento.

#### **Aplica los siguientes métodos:**

Se planteó un modelo que integra la metodología RCM y la gestión de inventarios.

Cabe resaltar que el modelo propuesto en este estudio consideró las limitaciones

reales que podrían influir en el diseño del plan de mantenimiento preventivo, así como el proceso de selección de repuestos críticos.

**Conclusión:**

Se concluyó que la implementación de la propuesta, específicamente el control de inventario en el área de mantenimiento, conllevará a la reducción de tiempos de parada por cambio de repuestos y falta de materia prima.

**b) Rivera y Vélez (2019) “Propuesta de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y equipo camionero del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Santiago de Méndez”.**

**Tesis para optar el título** Ingeniero Mecánico Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca – Ecuador.

**El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Desarrollar un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y equipo camionero del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Santiago de Méndez.

**Aplica los siguientes métodos:**

En primer lugar, se identificaron los activos de la entidad de estudio, además de verificar la distribución de la flota vehicular y el stock de insumos y repuestos. A partir de las encuestas realizadas a los operadores y personal del taller de mantenimiento, se elaboró un plan de mantenimiento que incluyó las particularidades de cada unidad, sus actividades y tareas, así como las características de su funcionamiento de disponibilidad y MTTR.

**Conclusión:**

Se concluyó que la implementación de un plan de requerimiento de materiales

optimiza los procesos de mantenimiento preventivo, por lo que su ejecución efectiva prolonga la vida útil de las flotas vehiculares y evita generar gastos extras en la institución que hace uso de ellas.

**c) Trujillo (2018) “Modelo integral de gestión de repuestos para mantenimiento, en empresas intensivas en uso de capital”.**

**Trabajo de grado** para optar al título de Magister en Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Industrial, Bogotá – Colombia.

**El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Desarrollar un modelo conceptual integral de gestión de repuestos para mantenimiento, en empresas intensivas en uso de capital, alineado a las estrategias del mantenimiento y del abastecimiento, que busque minimizar los costos de inventario de repuestos, garantizando la disponibilidad de repuestos para la atención de mantenimientos, incluyendo los criterios de costo de la política de inventarios del nivel de servicio requerido por mantenimiento.

**Aplica los siguientes métodos:**

El trabajo, realiza un análisis a los procesos, a la literatura disponible, y con la opinión de expertos de una empresa intensiva en uso de capital, contrasta la práctica empresarial con la literatura disponible, para desarrollar un modelo de gestión de repuestos de mantenimiento.

**Conclusión:**

Se concluyó que los inventarios de repuestos representan un valor considerable en el costo de la cadena logística, el bajo movimiento que tienen y la práctica de venta de repuestos por obsolescencia tecnológica y bajo movimiento, hace más relevante



la propuesta de un modelo de gestión, por los beneficios en ahorros de inventario, como el indicado en el caso de negocio de pedido final, y el aseguramiento de la disponibilidad de repuestos para garantizar la continuidad productiva / operativa.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

- a) **Zegarra (2016) “Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados”.**

**Artículo científico** para la revista Ciencia y Desarrollo 19 (1): 25-37, Enero-junio 2016.

#### **El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Determinar si la gestión de mantenimiento de los equipos mecánicos se está llevando adecuadamente mediante los indicadores gerenciales KPI.

#### **Aplica los siguientes métodos:**

El artículo de investigación es de tipo básico y con un diseño no experimental. Se utilizó como muestra los niveles de la organización que aplican diferentes indicadores de gestión de mantenimiento según su función. La técnica de recolección de información fue la documental, y el instrumento de acopio de datos fue el Check List.

#### **Conclusión:**

Se concluyó que es necesario establecer una relación entre los indicadores observados, y se deben considerar los que intervienen en la realidad de la operación aplicando las buenas prácticas de mantenimiento con el propósito de lograr la mejora continua.

- b) **Mayorca (2019) “Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria**

**pesada en una pyme utilizando RCM”.**

**Tesis para optar el título** profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Industrial, Lima – Perú.

**El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Realizar un análisis de los beneficios de la aplicación de las herramientas RCM de disponibilidad y MTTR.

**Aplica los siguientes métodos:**

La tesis fue del tipo aplicada y con un diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por los 15 equipos de maquinaria pesada. Las técnicas de recolección de información fue la observación y el análisis documental, con los instrumentos de acopio de datos de fichas de observación y check list.

**Conclusión:**

Se concluyó que con la implementación de la propuesta se alinea el mantenimiento a la mejora continua, brindando a la empresa un mayor margen de rentabilidad e incrementando la satisfacción de sus colaboradores con la reducción de tiempos muertos.

**c) Villar (2018) “Sistema de gestión de mantenimiento para flota de camiones Komatsu 730E-6 para trabajo en condiciones de altitud superior a los 3500 msnm”.**

**Tesis para optar el título** profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica, Trujillo – Perú.

**El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Elaborar un plan de reingeniería del sistema de gestión del mantenimiento, para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones Komatsu 730E-6.

**Aplica los siguientes métodos:**

La tesis fue de tipo descriptivo, enfoque cuantitativo, diseño transversal y preexperimental. La muestra de estudio se conformó por 20 unidades Komatsu 730E-6, las cuales se revisan a diario en el área de mantenimiento.

**Conclusión:**

Se concluyó que la reingeniería en el sistema de gestión de mantenimiento tiene un impacto positivo, debido a que mejora los niveles de confiabilidad, ya que reduce la cantidad y tiempos de parada, además de disminuir los costos operativos.

**d) Casas (2018) “Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad”.**

**Tesis para optar el título** profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela académico profesional de Ingeniería Civil, Cajamarca – Perú.

**El trabajo de investigación tiene por objetivo principal:**

Determinar los indicadores clave de desempeño de equipos pesados para el control de rendimiento y productividad del proyecto minero Constancia – Cusco.

**Aplica los siguientes métodos:**

El tipo de la investigación es aplicada con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo con un diseño no experimental de corte longitudinal. La técnica de recolección de datos fue el análisis documental con su instrumento de Parte diario de producción.

**Conclusión:**

Se concluyó que los indicadores de desempeño están directamente relacionados con la productividad y rendimiento validando la efectividad de estos indicadores, a partir de lograr incrementar el aprovechamiento de los equipos en un 35% y el rendimiento de los equipos de carguío que alcanzaron el 70% de lo planteado.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Plan de requerimiento de repuestos (MRP).**

Actualmente, las organizaciones se enfrentan a un mercado globalizado que los obliga a aplicar sistemas que permitan garantizar las ventas de sus productos o servicios a precios bajos, a fin de mantenerse en competencia con sus semejantes. En este marco, una de las áreas de producción que requiere mayor control y seguimiento es el de logística, ya que es aquí donde se suelen generar gastos extras para la fabricación de un producto, repercutiendo negativamente en la competitividad organizacional. En vista de ello, las empresas se han orientado a planear sistemas de gestión que mejoren el área de logística e inventarios, reduzcan los costos operativos y excluyan los procesos que no aportan valor, es decir, las organizaciones se han orientado a cubrir el stock de producción sin evitando generar merma, teniendo en cuenta la calidad y tiempo de producción (Guamán, García, & Moyano, 2018).

A partir de lo indicado, surge el plan de requerimiento de repuestos, también denominado planificación de las necesidades materiales (MRP por sus siglas en inglés), el cual se conceptualiza como un sistema de gestión enfocado en optimizar los procesos productivos y de aprovisionamiento (Gaviño, Vázquez, Barrios, & Velarde, 2021).

Este plan contempla dos tipos de demanda: dependiente, generada por las

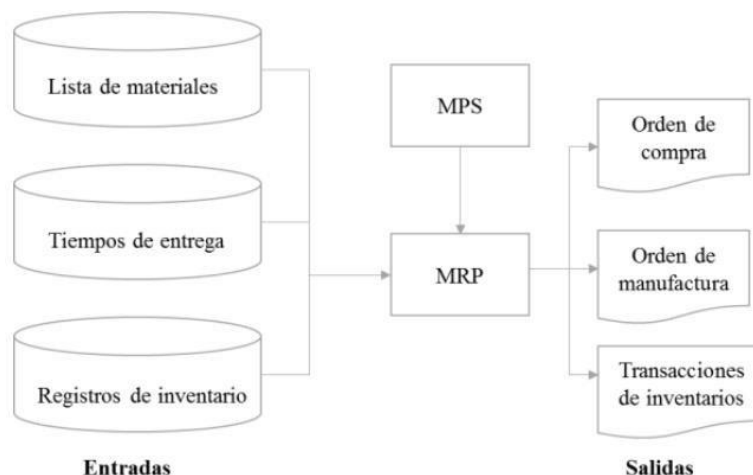
decisiones que toma la empresa, la cual pronostica la demanda de productos y subproductos y, de acuerdo a eso, fabrica la cantidad de productos estimados; e independiente, la cual se genera en base a decisiones externas de la empresa, es decir, la demanda de los clientes (Gaviño, Vázquez, Barrios, & Velarde, 2021).

Por su parte, Saavedra y Ramos (2021) indican que la MRP se concibe, fundamentalmente, como un sistema de planeación que toma en cuenta la demanda dependiente, enfocando sus acciones a la reducción de costos a partir de la minimización de inventarios.

Cabe resaltar que, de acuerdo con Gaviño, Vázquez, Barrios y Velarde (2021), la planificación de requerimiento de materiales integra un plan maestro de producción (MPS), el estado de los inventarios y la estructura de fabricación, este último se constituye tanto por la lista de materiales como las rutas de productos. A continuación, la Figura 1 presenta la estructura del plan de requerimiento de repuestos.

**Figura 1**

*Estructura del plan de requerimiento de repuestos (MRP)*



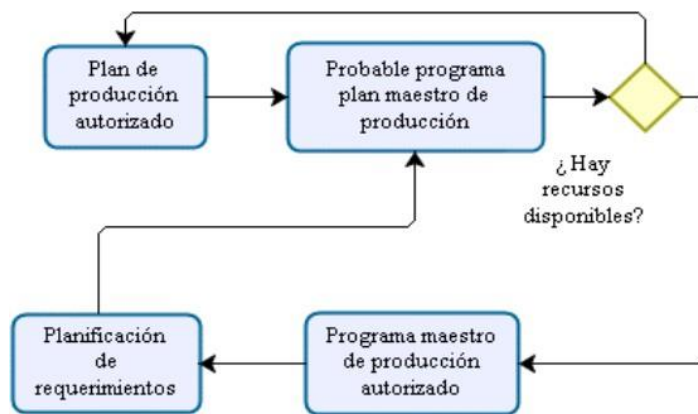
*Nota.* Tomado de Render et al., citados por Saavedra y Ramos (2021).

### 2.2.2. Plan maestro de producción (MPS).

Planificar los procesos de producción incide significativamente en la competitividad y desempeño organizacional; por ello, toda empresa debe definir adecuadamente su estructura de acuerdo a las estrategias y objetivos trazados. En este marco, el plan maestro de producción es una herramienta que consolida la estructura de los productos, ya que esta integra la cantidad, los materiales y el tiempo de fabricación (Gaviño, Vázquez, Barrios, & Velarde, 2021).

**Figura 2**

*Proceso de elaboración de un MPS*



*Nota.* Tomado de Krajewski, Manoj y Ritzman, citados por Sabi3n, Orozco, Lomas y Montero (2018).

En la Figura 2, se resume el proceso de elaboraci3n de un plan maestro de producci3n, el cual considera cu3ntos productos van a ser producidos y en qu3 lapso de tiempo, teniendo en cuenta la operatividad y el plan de ventas de la organizaci3n. Teniendo en cuenta estos datos, Krajewski, Manoj y Ritzman, citados por Sabi3n, Orozco, Lomas y Montero (2018), proponen la Tabla 2 para el registro del plan maestro de producci3n.

**Tabla 2***Propuesta de registro del MPS*

Elemento	Política de pedido: Tiempo de espera:							
	Enero				Febrero			
Cantidad disponible	1	2	3	4	1	2	3	4
Pronóstico								
Pedidos de los clientes (registrados)								
Inventario disponible proyectado								
Cantidad en el MPS								
Inventario disponible para promesa								

*Nota.* Tomado de Krajewski, Manoj y Ritzman, citados por Sabi3n, Orozco, Lomas y Montero (2018).

Entonces, el plan maestro de producci3n (MPS) se enfoca en la planeaci3n de productos especifcos, para ello, toma en cuenta las instalaciones donde se realiza el proceso de producci3n, las estrategias de localizaci3n de las plantas productivas y su capacidad de producci3n, asf como los m3todos aplicados para pronosticar el stock a producir para cubrir la demanda; ya que todos estos datos conllevan a una planificaci3n t3ctica y operativa de gesti3n, adem3s de planear los materiales a utilizar y gestionar eficazmente los inventarios (Zotelo, Mula, Df3az, & Gonz3lez, 2017).

### 2.2.3. Lista de materiales (BOM).

La lista de materiales, también conocida como *Bill of Materials* (BOM), es un documento donde, mediante un listado, se exponen los materiales que se requieren para la fabricación de un producto.

Figura 3

Ejemplificación básica de una lista de materiales (BOM) para la fabricación de una tijera



Nota. Tomado de Guamán, García y Moyano (2018).

Como se evidencia en la Figura 3, el BOM indica las piezas, herramientas y materias primas, componentes, subcomponentes y cantidades que se necesitan para la producción de un producto, estableciendo una jerarquía de las etapas de producción del producto (Logística Dinámica, 2020)

Es preciso señalar que la función de la lista de materiales es determinar qué materiales se va a comprar y en qué cantidades, a fin de documentar eficientemente el costo total de producción y evitar gastos extras por suministros o repuestos no contemplados (TIC Portal, 2018).

### 2.2.4. Registro de inventario.

Fundamentalmente, las organizaciones se basan en la compra y venta de bienes y servicios, siendo esta la causa principal del registro de inventarios, ya que esta herramienta permite controlar eficientemente los recursos de la empresa y



optimizar su situación económica. En este sentido, el inventario tiene como objetivo principal “proveer a la empresa de los materiales necesario para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de producción y de esta forma afrontar la demanda” (Norberto, citado por Ortega, Padilla, Torres y Ruz, 2017, p. 4)

Cabe resaltar que los inventarios contemplan la capacidad de predicción organizacional, con la finalidad de determinar un cronograma de producción, en base a la demanda del producto o servicio, velando por la estabilidad de suministros, protección de precios, descuentos a los clientes por la cantidad de productos a adquirir y los costos al por menor (Ortega, Padilla, Torres, & Ruz, 2017)

Entonces, los inventarios son concebidos como el punto de partida de toda empresa comercial, ya que representan la inversión (recursos financieros) de la organización, siendo esta herramienta la base financiera de la empresa, ya que permite realizar su actividad económica. En este sentido, resulta indispensable controlar los inventarios, a fin de reducir los costos operativos y de materiales, evitar gastos extras por suministros o recursos no planificados y, por ende, aumentar la liquidez de la empresa (Delgado, Cruz, & Lince, 2019).

#### **2.2.5. Mantenimiento**

Actualmente, el avance tecnológico ha permitido que las empresas optimicen sus procesos productivos al hacer uso de equipos y maquinarias, sin embargo, estos requieren de controles periódicos que alarguen su tiempo de vida útil, además de su correcta funcionalidad. En este marco, el mantenimiento se ha

convertido en una herramienta destacada que, al aplicarse adecuadamente, garantiza la productividad organizacional, ya que aumenta los niveles de confiabilidad y disponibilidad de las maquinas, instalaciones y equipos, asegurando la calidad, salud y seguridad de los trabajadores (García, J; Cárcel, F; & Mendoza, J. 2019).

Por su parte, Marrero, Vilalta y Martínez (2019) afirman que el mantenimiento integra una serie de acciones eficaces para optimizar y preservar las condiciones técnicas de los activos fijo, permitiendo racionalizar los costos operativos, por lo que se concibe como un pilar vital en toda organización, ya que es un medio que garantiza una sostenible competitividad. Por lo tanto, si se quiere mejorar el rendimiento de un sistema productivo, y hacerlo fiable, es necesario realizar mantenimientos periódicos a los equipos y maquinarias que requieren de medidas correctivas y/o de prevención.

#### **2.2.6. Tipos de mantenimiento**

De acuerdo con Sagnier (2020), existen tres tipos de mantenimiento:

*a) Mantenimiento correctivo.*

Este tipo de mantenimiento consiste en que, en el momento que se produce el fallo del sistema, recién se ejecutan las acciones para reestablecer su funcionalidad. Cabe resaltar que el mantenimiento correctivo se realiza de dos maneras: planificado, mantenimiento efectuado a activos que son fáciles de reemplazar; no planificado, este se ejecuta cuando el sistema falla de manera inesperada, conllevando a tiempos excesivos de parada y costos operativos extras. (Sagnier, 2020)

*b) Mantenimiento preventivo.*

Caracterizado por su proactividad, el mantenimiento preventivo tiene como objetivo identificar la falla antes de que esta ocurra, con la finalidad de evitar problemas mayores que afecten el proceso productivo. Cabe resaltar que este tipo de mantenimiento consiste en realizar chequeos rutinarios y regulares, a fin de garantizar la funcionalidad de los activos (Sagnier, 2020).

*c) Mantenimiento curativo.*

Este tipo de mantenimiento se efectúa en caso de que no funcione el mantenimiento correctivo o preventivo. Consiste en reemplazar las piezas que impiden el funcionamiento del equipo o maquinaria y, si es necesario, todo el sistema. Entonces, el mantenimiento curativo hace referencia a las acciones de reparación rápida (a corto plazo) (Sagnier, 2020).

### **2.2.7. Plan de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo, también denominado mantenimiento predeterminado, hace referencia a las acciones sistemáticas efectuadas antes de que se presente una falla técnica, por lo que se ha convertido en una estrategia fundamental a nivel organizacional por evitar que los activos sufran incidencias que impliquen largos tiempos de parada y altos costos extras. Debido a su importancia, como señala Carrasco (2021), las organizaciones se han orientado a implementar planes de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Planteamiento de objetivos, es decir, determinar para qué se desea aplicar este tipo de mantenimiento, qué acciones de ejecutarán y qué resultados se esperan de estas.
- Elaboración de un presupuesto respecto al inventario, horas de manos de

obras y maquinaria a utilizar, a fin de analizar la rentabilidad real y la esperada.

- Control y seguimiento de mantenimiento realizados previamente, en este paso se toman en cuenta los responsables de su ejecución, cómo se efectuaron, el material utilizado, el tiempo de realización.
- Revisión de manual, normativa legal y documentación oficial de mantenimiento, esto con el fin de prevenir los riesgos ocupacionales.
- Elección del tipo de mantenimiento a efectuar, así como el encargado de realizarlo.
- Ejecución del plan de mantenimiento y control.

Cabe resaltar que el plan de mantenimiento preventivo se puede crear por medio de un software u hoja de cálculo, siguiendo los pasos indicados, a fin de reducir la probabilidad de fallas, además de evitar que se deban realizar inspecciones periódicas a los activos, lo que conduce a mejorar los índices de confiabilidad del sistema productivo (Alberti, 2020).

#### **2.2.8. Indicadores de Gestión de requerimiento de repuestos (variable independiente).**

- *Certificación de proveedores.*

Según Mora (2015), este indicador tiene por objetivo conocer y controlar la calidad de los proveedores a partir de un número y porcentaje de proveedores certificados, asimismo impacta en los costes de implantar controles adicionales en la recepción de productos provenientes de proveedores no certificados y riesgo de nivel de servicios inadecuados, con implicaciones como: Coste de retornos, coste de volver a realizar pedidos, coste de inspecciones adicionales, etc.

Se calcula según la Ecuación 1.

$$CP = \frac{\text{Proveedores certificados}}{\text{Total proveedores}} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación [1].}$$

Unidades: %

- *Calidad de pedidos generados.*

Según Mora (2015), este indicador tiene por objetivo describir las características para el cálculo, manejo, control e interpretación de la calidad de los pedidos generados, cabe indicar su impacto sobre los costos de los problemas inherentes a la generación errática de pedidos, como: costo del lanzamiento de pedidos rectificadores, esfuerzo del personal de compras para identificar y resolver problemas, etc.

Se calcula según la Ecuación 2.

$$CPG = \frac{\text{Pedidos generados sin problemas}}{\text{Total de pedidos generados}} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación [2].}$$

Unidades: %

- *Indicadores de Mantenimiento (Variable dependiente).*

Los indicadores de mantenimiento permiten ofrecer a la empresa una solución técnica para una toma de decisiones oportuna para lograr incrementar la eficiencia de los equipos mediante el empleo de los KPI (Key Performance Indicators)(Zegarra, 2016)Los indicadores más utilizados para determinar los valores de clase mundial son:

- *Tiempo Medio entre paradas MTBS (Mean Time Between Shutdowns).*

Para Zegarra (2016) este indicador permite determinar el tiempo en promedio que un equipo trabaja antes de tener una parada por falla mecánica. Se obtiene dividiendo las horas trabajadas según el horómetro del equipo entre el número

de paradas no programadas para un mismo tiempo.

Se calcula según la Ecuación 3.

$$MTBS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Nº de paradas}} \dots\dots\dots \text{Ecuación [3].}$$

Unidades: Horas

Los valores de clase mundial oscilan entre 60 – 80 horas de trabajo por cada parada.

- *Tiempo medio para reparar MTTR (Mean Time to Repair).*

Según Zegarra (2016), este indicador permite determinar el tiempo en promedio que tardan las reparaciones de un equipo por fallas mecánicas. Se obtiene dividiendo las horas en reparación de un equipo (horas inoperativas solares) entre el número de paradas no operativas para un mismo tiempo.

Se calcula según la Ecuación 4.

$$MTTR = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Nº de paradas}} \dots\dots\dots \text{Ecuación [4].}$$

Unidades: Horas

Este indicador tiene que ver con la eficiencia de la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de los repuestos y recursos necesarios para la realización del servicio.

Los valores de clase mundial recomiendan un valor de MTTR entre 3 a 6 horas. Zegarra (2016) manifiesta que este indicador permite determinar la relación que existelas horas que ha trabajado el equipo y las horas que este mismo equipo estuvo en reparación por algún motivo mecánico.

Se calcula según la Ecuación 5.

$$MA = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Hrs.trabajadas+Hrs.en reparación}} \dots\dots\dots \text{Ecuación [5].}$$

Sin unidades.

Este indicador, a diferencia de los antes mencionados, no se puede considerar por sí solo como un referente de la gestión de mantenimiento pues no indica un valor para un determinado periodo de tiempo.

Pero, si se considera en función del tiempo medio entre paradas y el tiempo medio para reparar por motivos mecánicos en un determinado periodo de tiempo, se tiene que los valores de clase mundial, la disponibilidad debe estar por el 90%.

Se calcula según la Ecuación 6.

$$MA = \frac{MTBS}{MTBS+MTTR} \dots\dots\dots \text{Ecuación [6].}$$

Sin unidades.

### 2.3. Marco conceptual

a) *Gestión de mantenimiento.*

Conjunto de operaciones que tiene como objetivo evitar paradas por averías o fallas mecánicas, por lo que se orientan a garantizar que la actividad operativa se realice de forma continua. (Díaz, Del Castillo & Villar, 2017).

b) *Indicadores de gestión.*

Valor medible que permite determinar la eficacia con la que una organización está alcanzando sus objetivos organizacionales. En este marco, los indicadores de gestión engloban los resultados, qué se desea medir, la importancia de los resultados, la frecuencia, responsables de logros, entre otros. (Cortés, 2021)

c) *Lista de materiales (BOM).*

Documento que contiene un listado donde se precisan las piezas, herramientas y

materias primas, componentes, subcomponentes y cantidades que se requieren para el proceso productivo, estableciendo una jerarquía de las etapas de producción del producto. (Logística Dinámica, 2020)

*d) Mantenimiento.*

Proceso que engloba acciones estratégicas de reparación o corrección de averías mecánicas, de acuerdo a las necesidades de la organización. Cabe señalar que estas acciones implican gastos, por lo que las empresas se han orientado a implementar planes que aminoren costos y acrecienten el índice de productividad. (Linares, 2015)

*e) Mantenimiento preventivo.*

Acciones sistemáticas realizadas previo a que se presente una falla técnica, por lo que se ha convertido en una estrategia fundamental a nivel organizacional por evitar que los activos sufran incidencias que impliquen largos tiempos de parada y altos costos extras. (Carrasco, 2021)

*f) Plan de requerimiento de repuestos (MRP).*

Sistema de planeación que toma en cuenta la demanda dependiente, enfocando sus acciones a la reducción de costos a partir de la minimización de inventarios. (Saavedra & Ramos, 2021)

*g) Plan maestro de producción (MPS).*

Herramienta que consolida la estructura de los productos, ya que integra la cantidad, los materiales y el tiempo de fabricación. Cabe resaltar que este plan considera qué se va a producir y en qué tiempo, considerando la operatividad y el plan de ventas organizacional. (Gaviño, Vázquez, Barrios, & Velarde, 2021)

*h) Producción.*



Actividad económica que tiene como objetivo transformar insumos para que, posteriormente, estos puedan convertirse en productos que satisfagan la necesidad de la sociedad. (Quiroa, 2020)

*i) Tiempo medio de reparación (MMTR).*

Indicador que permite determinar el tiempo promedio utilizado para reparar una falla mecánica de un equipo. Esencialmente, las empresas se orientan hacia la reducción de este indicador, a fin de mejorar su productividad. (Zegarra, 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación se ubica en el marco de la investigación aplicada. Según Ander-Egg (2011), esta orientación de la investigación se caracteriza porque busca promover o proporcionar una alternativa de solución viable a un determinado problema en un escenario específico. En este caso, con la propuesta, diseño e implementación del plan que da sustento a este estudio se consiguió intervenir en el desempeño del servicio de mantenimiento de la empresa mecánica que se tomó como referencia.

#### **3.2. Diseño de investigación**

En lo que concierne al diseño del estudio, y siguiendo la propuesta de tipificación de Hernández et al. (2014) en forma general se siguen los diseños experimentales. En ese sentido, la manipulación de una variable (la variable independiente) se produce cuando se interviene en la actividad empresarial con la propuesta e implementación del plan que ocupa este estudio.

En ese marco, la investigación se adscribe a los diseños pre-experimentales, que se caracterizan por tener una o más mediciones antes (O1) de la aplicación de la variable experimental o estímulo (X), y una o más mediciones después de la aplicación (O2). Este diseño se representa del siguiente modo:

M : O1 X O2

Donde:

- M es la muestra
- O<sub>1</sub> es la observación o medición inicial
- X es la variable experimental cuyo efecto o impacto se evalúa
- O<sub>2</sub> es la observación o medición final.

### **3.3. Población y muestra**

#### ***3.3.1. Población.***

La población del estudio la conforma toda la flota de camiones Komatsu 930E que pertenecen a la empresa mecánica que brinda servicio a una unidad minera. La población está conformada por 25 camiones de la marca y modelo señalado. De donde N = 25.

#### ***3.3.2. Muestra.***

Para la muestra se consideró a la misma población, por lo que se puede identificar como una muestra censal. De donde n= 25.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### ***3.4.1. Técnicas de recolección de datos.***

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con la técnica del análisis documental, que se sustenta en el recojo de información de diferente tipo de fuentes o artefactos que obran en poder de una organización. Estas fuentes o

artefactos pueden haber utilizado cualquier procedimiento de recolección y registro de datos; pro cuando se acude a ellos para recuperar la información que contienen, entonces, se constituyen en documentos útiles para la investigación en función de los propósitos u objetivos que se persiguen. Esta técnica, de por sí de las más antiguas en el ámbito de la investigación, se traduce en forma concreta en alguna modalidad de ficha de registro documental; estas fichas son formatos físicos o digitales, incluso virtuales, donde se recoge la información pertinente, los que se adecúan a las necesidades de información que se requiere.

#### ***3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.***

En esta investigación se han utilizado fichas documentales de naturaleza digital, elaborados directamente con ayuda de Excel. Para el desarrollo del estudio, se han utilizado las siguientes fichas de registro:

Formato de cálculo de KPIs. Formato que recoge información sobre cada uno equipo, en este caso, los camiones Komatsu 390E, considera horas disponibles, horas trabajadas, número de paradas y horas de reparaciones. Se calculan como KPIs: el tiempo medio entre paradas, el tiempo medio por parada, y la disponibilidad del equipo. Además, se anotan observaciones y conclusiones. Este formato se replica para cada mes de año y para los años que suponen el antes y después de la implementación del plan (2022 y 2023). El modelo básico de este formato se adjunta en la sección anexos.

Check list de mantenimiento de equipo. Información que se tomó directamente de los archivos digitales de la empresa. Este formato constituye el primer registro de las actividades de mantenimiento que se efectúan durante los meses de un año en particular. Recoge información sobre marca y modelo del

equipo, la fecha de intervención, la codificación de identificación del equipo, el avance del horómetro, el dispositivo intervenido en el mantenimiento y el tipo de mantenimiento. Además, se registran observaciones y conclusiones. La información recogida en este formato alimentó los análisis efectuados para los años 2020 y 2021 respecto del tipo de mantenimiento predominante y otras informaciones que permitieron dar forma al diagnóstico inicial de las actividades de mantenimiento en la empresa. El modelo de este formato se adjunta en la sección anexos.

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En cuanto al procesamiento de datos, se ha recurrido a medios informáticos, tanto para el registro y sistematización de la información, como para el análisis requerido por el estudio. En ese sentido, se han utilizado fundamentalmente dos programas: Excel y SPSS 25. Excel es una hoja de cálculo que pertenece a la suite ofimática de Office. En este estudio se utilizó tanto en sus usos y procedimientos más básicos y sencillos de formato digital de registro y ordenamiento de datos, y cálculo de operaciones básicas, como en funciones más avanzadas, las que se siguieron para corroborar información obtenida en otro paquete.

Por otro lado, SPSS es un programa especializado en procedimientos estadísticos de distinto nivel de complejidad, que procede del entorno del desarrollador IBM. En este caso, se utilizó la versión 25, y se utilizó en las pruebas de comparación de medias, tanto en lo que corresponde a pruebas para una muestra como en las pruebas para muestras emparejadas.

Aparte, en el análisis de la información, se aplicaron las siguientes técnicas y procedimientos estadísticos:

- Tablas de frecuencia
- Gráficos de barra
- Prueba chi cuadrado para proporciones iguales por categoría.
- Prueba t para una muestra.
- Prueba t para muestras emparejadas.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados por variable

##### 4.1.1. Diagnóstico del servicio de mantenimiento.

**Tabla 3**

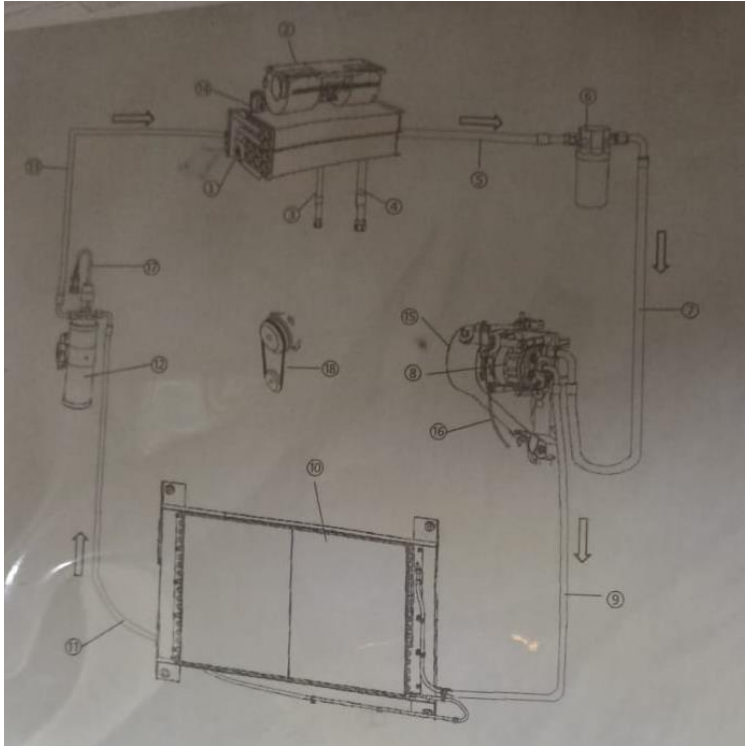
*Lista de repuestos que se requieren en el servicio de mantenimiento*

Ítem	Núm. parte	Descripción
1	VE 8650 EM 0051	EVAPORADOR
2	SM 2515 EM 0053	BLOWER
3	HA 7190	HOSE
4	HA 7601	HOSE
5	HA 8065	HOSE (PANEL EVAPORADOR-ACUMULADOR)
6	PC 1830	ACUMULADOR
7	HA 8066	HOSE (ACUMULADOR-COMPRESOR)
8	PB 9288 PC 1816	COMPRESOR (MTU O CUMMINS)
9	HA 7994	HOSE (COMPRESOR-PANEL CONDENSADOR)
10	EK 8720	PANEL CONDENSADOR
11	HA 7993	HOSE (PANEL CONDENSADOR-FILTRO SECADOR)
12	PB 8689	FILTRO SECADOR
13	HA 7876	HOSE (FILTRO SECADOR-PANEL EVAPORADOR)
14	BF 3732 EM 0057	VALVULA DE EXPANSIÓN
15	EJ 7835	GUARDA DE COMPRESOR
16	EH 5046	HARNESS DE COMPRESOR
17	PC 1804	PRESOSTATO
18	4L 350 PC 2050	CORREA DE TRANSMICION (COMPRESOR-MOTOR)

En la tabla 3 se presenta la lista de repuestos recurrentes, en función de los equipos con que se cuenta en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E.

**Figura 4**

*Repuestos que se requieren en servicio de mantenimiento*



En la figura se presentan gráficamente los repuestos recurrentes, en función de los equipos con que se cuenta en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa.

**Tabla 4**

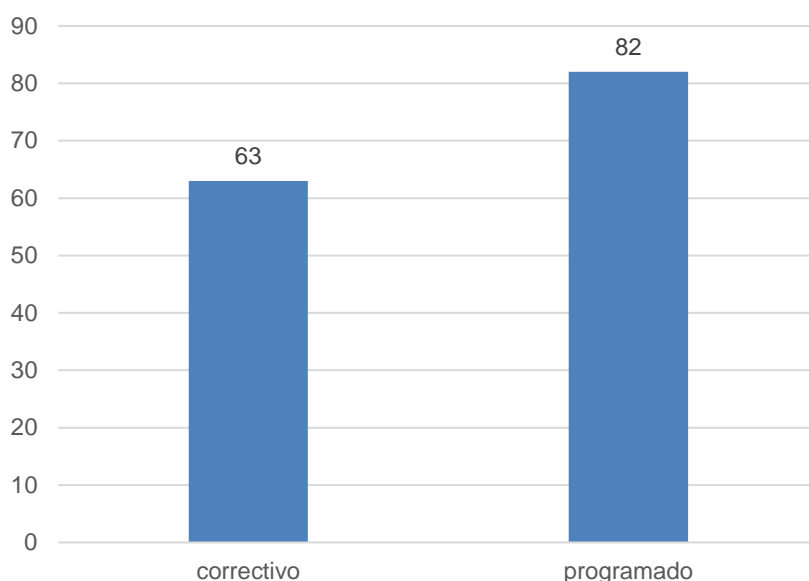
*Tipo de mantenimiento predominante, año 2020*

Tipo de mantenimiento	Frecuencia	Porcentaje
Correctivo	63	43,45
Programado	82	56,55
Total	145	100,00



**Figura 5**

*Tipo de mantenimiento predominante, año 2020*



Otro de los aspectos que se identificaron en el diagnóstico del servicio de mantenimiento, fue el tipo de mantenimiento predominante. Para ello, se hizo una evaluación de los ocurrido durante los últimos dos años antes de que se pensar en la implementación del plan, es decir, años 2020 y 2021. En el caso del año 2020, se encontró mayor de actividades de mantenimiento programado respecto de las de mantenimiento correctivo; sin embargo, en términos de proporción estas solo representan el 56,55% del total de actividades, frente a 43,45% de las actividades de mantenimiento correctivo.

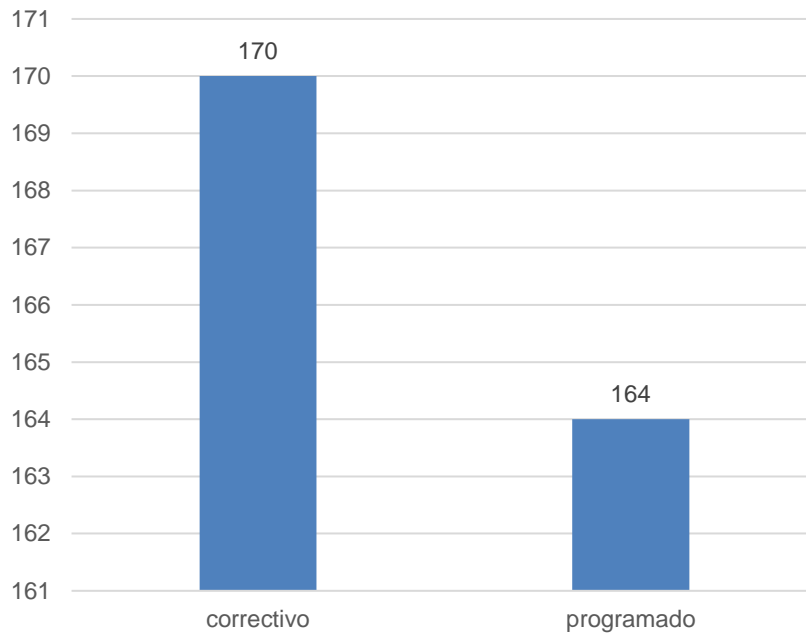
**Tabla 5**

*Tipo de mantenimiento predominante, año 2021*

<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Correctivo	170	50,90
Programado	164	49,10
Total	334	100,00

**Figura 6**

*Tipo de mantenimiento predominante, año 2021*



En el caso del año 2021, la proporción de actividades de mantenimiento programado sólo ocupa un 49,1% del total efectuado, mientras que las de mantenimiento correctivo ocuparon el 50,90%.

Las proporciones encontradas en estos dos años, muestran que las actividades de mantenimiento programado tienden a mantener relativamente próximas a las de mantenimiento correctivo.

#### 4.1.2. KPIs del servicio de mantenimiento antes del plan.

**Tabla 6**

*Resumen KPIs antes de la implementación del plan*

RESUMEN KPIs – 2022							
Mes	Horas disponibles	Horas trabajo	N° de paradas	Horas de reparación	MTBS	MTTR	MA
Enero	18600	18503	49	72	377,6122	1,4694	0,9961
Febrero	16800	16685	51	90	327,1569	1,7647	0,9946
Marzo	18600	18479	59	96	313,2034	1,6271	0,9948
Abril	18000	17901	55	74	325,4727	1,3455	0,9959
Mayo	18600	18509	55	66	336,5273	1,2000	0,9964
Junio	18000	17909	64	66	279,8281	1,0313	0,9963
Julio	18600	18498	55	77	336,3273	1,4000	0,9959
Agosto	18600	18490	65	85	284,4615	1,3077	0,9954
Septiembre	18000	17889	59	86	303,2034	1,4576	0,9952
Octubre	18600	18469	58	106	318,4310	1,8276	0,9943
Noviembre	18000	17829	64	146	278,5781	2,2813	0,9919
Diciembre	18600	18223	81	216	224,9753	2,6667	0,9883
Total anual	219000	217384	715	1180	308,8148	1,6149	0,9946

**Figura 7**

*Histórico de disponibilidad, año 2022*



En la tabla 6 se presenta el resumen de los indicadores clave de gestión (KPIs) para el servicio de mantenimiento durante el año anterior a la implementación del plan de requerimiento de repuestos. Los valores se ubican en 308,815, en MTBS, 1,615 en MTTR, y 0,995 en MA. La figura 7 muestra como evolucionó la disponibilidad a lo largo del año.

### 4.1.3. Plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado.

**Tabla 7**

*Plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado*

ACTIVIDADES	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Set	Octub	Nov	Dic
Control y mejora de órdenes de trabajo	P	P												
Diseño y aprobación de formatos de control de repuestos	P	P												
Diseño y aprobación de registros de atención mensual por equipo	P	P												
Diseño y aprobación de formatos de control y seguimiento mensual de KPIs	P	P												
Seguimiento de horas disponibles, trabajadas y paradas (Por equipo y mes)			A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D
Identificación de repuestos de rotación frecuente (Por equipo y mes)			A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D
Previsión de compras de repuestos de alta rotación, inspecciones programadas, supervisión			D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Consolidación de registros de KPIs por equipo y periodos mensuales			A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D	A/D
Implementación del Plan de Requerimiento. Análisis comparativo de KPIs antes y después de aplicar dicho plan	Durante todo el año siguiente a la implementación de plan, que finalmente permita hacer el análisis comparativo de los indicadores de mantenimiento													

*Nota:* P = actividades previas; A = antes de implementar el plan; D = Después de implementar el plan

En la tabla 7 se presenta el plan de actividades para el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E para la empresa Selin S.R.L. Consta de tres elementos: actividades que ya se hacían previamente en la empresa (señaladas con P); actividades que se realizaban antes, pero también después de la implementación del plan (señaladas con A/D) y actividades que se realizan después de la implementación del plan (señaladas con D). Estas últimas son las que deben mantenerse como parte del sentido que ocupa el servicio de mantenimiento en la empresa.

#### 4.1.4. KPIs del servicio de mantenimiento después del plan.

**Tabla 8**

*Resumen KPIs después de la implementación del plan*

<b>RESUMEN KPIs - 2023</b>							
Mes	Horas disponibles	Horas trabajo	N° de paradas	Horas de reparación	MTBS	MTTR	MA
Enero	18600	18543	39	32	475,4615	0,8205	0,9983
Febrero	16800	16729	49	46	341,4082	0,9388	0,9973
Marzo	18600	18518	45	57	411,5111	1,2667	0,9969
Abril	18000	17938	48	37	373,7083	0,7708	0,9979
Mayo	18600	18541	51	34	363,5490	0,6667	0,9982
Junio	18000	17942	60	33	299,0333	0,5500	0,9982
Julio	18600	18544	55	31	337,1636	0,5636	0,9983
Agosto	18600	18545	65	30	285,3077	0,4615	0,9984
Septiembre	18000	17946	60	29	299,1000	0,4833	0,9984
Octubre	18600	18544	59	31	314,3051	0,5254	0,9983
Noviembre	18000	17936	71	39	252,6197	0,5493	0,9978
Diciembre	18600	18364	159	71	115,4969	0,4465	0,9961
Total anual	219000	218090	761	470	322,3887	0,6703	0,9978

**Figura 8**

*Histórico de disponibilidad, año 2023*



En la tabla 8 se presenta el resumen de los indicadores clave de gestión (KPIs) para el servicio de mantenimiento durante el año de implementación del plan de requerimiento de repuestos. Los valores se ubican en 322,389 en MTBS, 0,670 en MTTR, y 0,998 en MA. La figura 7 muestra como evolucionó la disponibilidad a lo largo del año.

## **4.2. Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1. Criterios seguidos para la contrastación de hipótesis.**

Para la contrastación de las hipótesis se ha seguido como criterio de exposición proceder primero al contraste de las hipótesis específicas del estudio y, luego, sobre la base de los resultados pertinentes a la segunda y cuarta hipótesis específica, proceder al contraste de la hipótesis general.

### **4.2.2. Procedimiento de contrastación.**

*- Primera hipótesis específica.*

La primera hipótesis específica se enuncia como sigue:

El servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, se caracteriza por ser programado.

Esta hipótesis se operacionaliza en los siguientes términos:

HE1.1 : La proporción de mantenimiento programado es mayor que la proporción de mantenimiento correctivo

HE 1.0 : La proporción de mantenimiento programado no difiere de la proporción de mantenimiento correctivo

Prueba

De las tablas 4 y 5, se tiene:

- El año 2020, la proporción de actividades de mantenimiento programado fue 43,44%; y la proporción de actividades de mantenimiento correctivo fue 56,56%.
- El año 2021, la proporción de actividades de mantenimiento programado fue 49,1%; y la proporción de actividades de mantenimiento correctivo fue 50,9%.
- Para el análisis se utilizó la prueba chi cuadrado como prueba de significación para una distribución de igual proporción en todas sus categorías. Los resultados son los siguientes:



**Tabla 9***Prueba chi cuadrado para tipo de mantenimiento, 2020*

<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Oi</b>	<b>Ei</b>	<b>Oi - Ei</b>	<b>(Oi - Ei)<sup>2</sup></b>	<b>(Oi - Ei)<sup>2</sup>/Ei</b>
correctivo	63	72,5	-9,5	90,25	1,24
programado	82	72,5	9,5	90,25	1,24
	145			X <sup>2</sup>	2,49
				G1	1
				p-valor	0,115

**Tabla 10***Prueba chi cuadrado para tipo de mantenimiento, 2021*

<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Oi</b>	<b>Ei</b>	<b>Oi - Ei</b>	<b>(Oi - Ei)<sup>2</sup></b>	<b>(Oi - Ei)<sup>2</sup>/Ei</b>
Correctivo	170	167,0	3,0	9	0,05
Programado	164	167,0	-3,0	9	0,05
	334			X <sup>2</sup>	0,11
				G1	1
				p-valor	0,743

De las tablas 9 y 10, se tiene:

- El año 2020, la proporción de mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no difieren ( $X^2=2,49$ ;  $p = 0,115$ ).
- El año 2021, la proporción de mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no difieren ( $X^2=0,11$ ;  $p = 0,743$ ).

De donde, en los últimos años (2020 y 2021) la proporción de actividades de mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no difieren. En síntesis, se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ . En conclusión, el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación de

un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, se caracteriza por no ser programado.

*- Segunda hipótesis específica*

La segunda hipótesis específica se enuncia como sigue:

Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación del plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, son un MTBS = 300, un MTTR > 1, y un MA < 0,95.

Esta hipótesis se operacionaliza en los siguientes términos:

HE2.1 : MTBS = 300

HE2.1.0 : MTBS  $\neq$  300

HE2.2 : MTTR > 1

HE2.2.0 : MTTR  $\leq$  1

HE2.3 : MA < 0,95

HE2.3.0 : MA  $\geq$  0,95

Prueba

De la tabla 6, se tiene:

- MTBS = 308,82
- MTTR = 1,615
- MA = 0,995

Para el contraste se aplica la prueba t para una muestra para cada KPI.

**Tabla 11***Resultados de prueba t para MTBS antes de plan RRAA – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MTBS 2022	12	308,815	38,603	11,144

**Tabla 12***Resultados de prueba t para MTBS antes de plan RRAA – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>G1</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Resultado MTBS = 300</b>
MTBS 2022	0,791	11	0,446	8,815	Se acepta

*Nota:* Valor de prueba = 300**Tabla 13***Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MTTR 2022	12	1,615	0,466	0.135

**Tabla 14***Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>G1</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Resultado MTTR &gt; 1</b>
MTTR 2022	4,570	11	0,001	0,615	Se acepta

*Nota:* Valor de prueba = 1**Tabla 15***Resultados de prueba t para MA antes de plan RRAA – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MA 2022	12	0,995	0,002	0,001

**Tabla 16**

*Resultados de prueba t para MTTR antes de plan RRAA – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>Gl</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Resultado</b>
MA 2022			<b>(bilateral)</b>	<b>de medias</b>	<b>MA &lt; 0,95</b>
	66,212	11	0,000	0,045	Se rechaza

*Nota:* Valor de prueba = 0,95

De las tablas anteriores, se tiene:

- MTBS = 300;  $p = 0,446$
- $MTTR > 1$ ;  $p = 0,001$
- $MA > 0,95$ ;  $p = 0,000$

En síntesis, se acepta HE2.1, y se rechaza HE2.1.0; se acepta HE2.2., y se rechaza HE.2.2.0; y se rechaza HE2.3, y se acepta HE2.3.0. Por lo tanto, considerando que se aceptan dos de tres subhipótesis, se valida parcialmente HE2. En conclusión, los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación del Plan de Requerimiento de repuestos, son un  $MTBS = 300$ , un  $MTTR > 1$ , y un  $MA > 0,95$ .

*- Tercera hipótesis específica*

La tercera hipótesis específica se enuncia como sigue:

Es posible implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL.

Esta hipótesis se operacionaliza en los siguientes términos:

HE3.0 : No fue posible proponer un plan RRAA.

HE3.1 : Fue posible proponer un plan RRAA.

Prueba

Del apartado 2.2.1 y la tabla 7 se tienen los componentes de la propuesta de un plan RRAA. En síntesis, se acepta HE3.1 y se rechaza HE3.0. Por lo tanto, fue posible implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL.

- *Cuarta hipótesis específica*

La cuarta hipótesis específica se enuncia como sigue:

Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, después de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, son un MTBS  $> 300$ , un MTTR  $< 1$ , y un MA  $> 0,99$ .

Esta hipótesis se operacionaliza en los siguientes términos:

HE4.1 : MTBS  $> 300$

HE4.1.0 : MTBS = 300

HE4.2 : MTTR  $< 1$

HE4.2.0 : MTTR  $\geq 1$

HE4.3 : MA  $> 0,99$

HE4.3.0 : MA  $\leq 0,99$

Prueba

De la tabla 8, se tiene:

- MTBS = 322,39
- MTTR = 0,670
- MA = 0,998

Para el contraste se aplica la prueba t para una muestra para cada KPI.

**Tabla 17***Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTBS – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MTBS 2023	12	322,389	88,668	25,596

**Tabla 18***Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTBS – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>G1</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Resultado MTBS &gt; 300</b>
MTBS 2023	0,875	11	0,400	22,389	Se rechaza

*Nota: Valor de prueba = 300***Tabla 19***Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTTR – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MTTR 2023	12	0,670	0,243	0,070

**Tabla 20***Resultados de prueba t después del plan RRAA para MTTR – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>G1</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Resultado MTTR &lt; 1</b>
MTTR 2023	-4,697	11	0,001	-0,330	Se acepta

*Nota: Valor de prueba = 1***Tabla 21***Resultados de prueba t después del plan RRAA para MA – estadística para una muestra*

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Desviación error promedio</b>
MA 2023	12	0,998	0,001	0,000

**Tabla 22**

*Resultados de prueba t después del plan RRAA para MA – prueba para una muestra*

	<b>T</b>	<b>Gl</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Resultado</b>
MA 2023	37,640	11	0,000	0,008	Se acepta

*Nota:* Valor de prueba = 0,99

De las tablas anteriores, se tiene:

- MTBS = 300;  $p = 0,400$
- MTTR < 1;  $p = 0,001$
- MA > 0,99;  $p = 0,000$

En síntesis, se rechaza HE4.1, y se acepta HE4.1.0; se acepta HE4.2., y se rechaza HE4.2.0; y se acepta HE4.3, y se rechaza HE4.3.0. Por lo tanto, considerando que se aceptan dos de tres subhipótesis, se valida parcialmente HE4. En conclusión, los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, después de la implementación del Plan de Requerimiento de repuestos, son un MTBS = 300, un MTTR < 1, y un MA > 0,99.

*- Hipótesis general*

La hipótesis general se enuncia como sigue:

La implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado tiene efectos significativos en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL.

Esta hipótesis se operacionaliza en los siguientes términos:

HG1.1 : La implementación del plan RRAA tiene efecto significativo en MTBS.

HG1.0 : La implementación del plan RRAA no tiene efecto en MTBS.

HG2.1 : La implementación del plan RRAA tiene efecto significativo en MTTR.

HG2.0 : La implementación del plan RRAA no tiene efecto significativo en MTTR

HG3.1 : La implementación del plan RRAA tiene efecto significativo en MA

HG3.0 : La implementación del plan RRAA no tiene efecto significativo en MA.

Para determinar los efectos de la implementación del plan de RRAA se analizaron las variaciones registradas en los indicadores del servicio de mantenimiento (MTBS, MTTR y MA); para ello, se utilizó la prueba t para medias de dos muestras relacionadas. Los resultados del análisis se muestran en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Resultados de prueba t para variaciones de MTBS, MTTR y MA entre antes y después del Plan RRAA*

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>							
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio			
MTBS 2022	308,815	12	38,603	11,144			
MTBS 2023	322,389	12	88,668	25,596			
MTTR 2022	1,615	12	0,466	0,135			
MTTR 2023	0,670	12	0,243	0,070			
MA 2022	0,995	12	0,002	0,001			
MA 2023	0,998	12	0,001	0,000			
<b>Diferencias emparejadas</b>							
	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	gl	Sig (bilat)	Efecto
MTBS 2022 – MTBS 2023	-13,574	55,063	15,895	-0,854	11	0,411	No sig.
MTTR 2022 – MTTR 2023	0,945	0,553	0,160	5,920	11	0,000	Alt sig.
MA 2022 - MA 2023	-0,003	0,002	0,001	-6,115	11	0,000	Alt sig.



De la tabla se tiene:

- En MTBS, se pasó de una media de 308,815 a 322,389, lo que implica una variación de -13,574 no significativa ( $p = 0,411$ ).
- En MTTR, se pasó de una media de 1,615 a 0,670, lo que implica una variación de 0,945, altamente significativa ( $p = 0,000$ ).
- En MA se pasó de una media de 0,995 a 0,998, lo que implica una variación de -0,003, altamente significativa ( $p = 0,000$ ).

En síntesis, de tres subhipótesis que implica la hipótesis general, se aceptan dos (HG2 y HG3) y se rechaza una (HG1). Por lo tanto, se valida parcialmente la hipótesis general del estudio: La implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado tiene efectos significativos en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL.

### **4.3. Discusión**

#### *- Panorama general de los resultados*

En forma general, los resultados muestran efectos notorios de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado. Por un lado, se verifica que el tiempo medio entre fallas de incrementa al pasar de un promedio de 308,848 horas a 322,389 horas, lo que implica un incremento de 13 horas. También se verifica en la reducción del tiempo medio de parada, que pasa de 1,615 horas a sólo 0,670, lo que supone una reducción de 0,945 horas. Y se verifica en el incremento del índice de disponibilidad, de 0,995 a 0,998 que, si bien parece un incremento tal vez muy pequeño, de todos modos implica una mejora significativa. Cabe destacar que, si bien en términos numéricos las variaciones son relevantes, en el caso del tiempo medio entre paradas no resultó significativo dese un punto de

vista estadístico. A diferencia de este indicador, las variaciones registradas en los otros dos KPIs sí fueron significativas.

Estos resultados muestran de una manera gruesa la importancia de contar con un proceso de servicio planificado para la empresa, y de contar con un plan para asegurar una mayor efectividad del servicio de mantenimiento. En ese sentido, los resultados del estudio contribuyen a fortalecer la línea de investigación que defiende esta tesis, una posición que se señala con vehemencia tanto a nivel internacional como nacional. Así, los resultados se alinean en la perspectiva tanto de Barrón et al. (2018) como de Rivera y Vélez (2019), lo que muestra que en el país también se viene asumiendo que contar con plan de requerimiento de repuestos o de gestión del mantenimiento no sólo permite una mejor atención en los servicios que ofrece la empresa, sino que avanza hacia la optimización de los procesos de mantenimiento preventivo.

En suma, como principio de gestión, se puede señalar que es preferible contar con un plan de requerimiento de repuestos, aun cuando éste no sea exhaustivo ni considere elementos específicos a cumplir, que no tenerlo. Y como corolario cabe señalar que es preferible que todo plan contemple la mayor proporción de actividades como actividades de mantenimiento preventivo o programado, porque representa un proceso de optimización de recursos y atención, así como las bases para acceder a un proceso de mejora continua, como señalan Zegarra (2016) y Mayorca (2019).

Sin embargo, este reconocimiento implica, por otra parte, que la forma tradicional en la que se llevaba a cabo el servicio de mantenimiento, con falta de un claro predominio de las actividades de mantenimiento programado, han

representado para la empresa un desperdicio de recursos, tanto humanos, como de tiempo e insumos, como señalan Trujillo (2018) o Villar (2018) desde las tribunas del país. Llegar al hallazgo de que estadísticamente tanto en el año 2020 como en el año 2021, la proporción de actividades de mantenimiento programado no supera efectivamente a las actividades de mantenimiento correctivo, muestra que el mantenimiento programado no constituye una pauta clara de la cultura empresarial orientada al servicio del cliente.

En ese sentido, este estudio se aleja de la tendencia identificada en la mayoría de autores consultados (Barrón et al., 2018; Trujillo, 2018; Segarra, 2016), que obtienen resultados que apuntan al predominio del mantenimiento programado. De esa manera, la propuesta e implementación del plan apunta a paliar esa debilidad del servicio ofrecido por Selin SRL; por ello, éste es probablemente el aporte más relevante que se puede identificar en el estudio.

*- Respecto de los propósitos de la investigación*

Por otro lado, en lo que se refiere a los objetivos perseguidos y, sobre todo, a las hipótesis planteadas, se dio cumplimiento a los cuatro objetivos planteados, más allá del objetivo general. Precisamente del diagnóstico efectuado deriva los hallazgos señalados respecto a la proximidad estadística, en este entorno laboral, entre proporción de actividades de mantenimiento programado frente a mantenimiento correctivo. Sin embargo, en el caso de las hipótesis si bien de forma general, éstas se cumplen, cuando se mira en detalle algunos de los componentes de las hipótesis (subhipótesis), no se comparte la perspectiva general. En ese sentido, algunas de las subhipótesis no encontraron respaldo empírico, aunque cabe señalar que las tendencias detectadas si permiten suponer que en un contexto de

mayor envergadura que aquel en que se han generado las aseveraciones formuladas a modo de subhipótesis sí encontrarían validez.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Como conclusión general, se encontró que la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado tiene efectos significativos en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL. Estos efectos se observan en un incremento de 13,574 de tiempo promedio entre paradas, una reducción de 0,945 en el tiempo medio de parada, y un incremento de 0,003 en la disponibilidad del equipo.

**Segunda.** El servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación de un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado, se caracteriza por no ser programado. Esto se verifica en el hecho de que en los años previos (2020 y 2021), la proporción de actividades de mantenimiento programado y de mantenimiento correctivo no difieren ( $X^2=2,49$ ;  $p = 0,115$ , para el 2020; y  $X^2=0,11$ ;  $p = 0,743$  para el 2021).

**Tercera.** Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, antes de la implementación del Plan de Requerimiento de repuestos, son un MTBS = 300, un MTTR > 1, y un MA > 0,95.

**Cuarta.** Dadas las condiciones iniciales, fue posible implementar un plan de requerimiento de repuestos de aire acondicionado en el servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL.

**Quinta.** Los valores de los KPIs del servicio de mantenimiento de camiones Komatsu 930E en la empresa Selin SRL, después de la implementación del Plan de Requerimiento de repuestos, son un MTBS = 300, un MTTR < 1, y un MA > 0,99.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera.** A los directivos de la empresa; proseguir con la lógica de implementar planes de intervención en las diferentes unidades operativas de las empresas mineras a las que atienden en tareas de mantenimiento inferiores.

**Segunda.** A los directivos y gerente de operaciones de la empresa; evaluar con periodicidad determinada los procedimientos y criterios que se efectúan en la empresa para hacer diagnósticos de los servicios que esta ofrece, sobre todo en el caso del servicio de mantenimiento de maquinaria pesada, que constituye una de las fortalezas de la empresa en el mercado.

**Tercera.** A los directivos de la empresa; evaluar sostenidamente los procedimientos que se incorporan a la empresa a fin de conseguir que la cultura y gestión orienten su servicio de mantenimiento en la línea del mantenimiento

programado, procurando que las actividades de mantenimiento correctivo sean numéricamente

**Cuarta.** A los directivos de la empresa; identificar otros indicadores clave de gestión con el objeto de contar con un procedimiento de evaluación del desempeño de la empresa en el servicio de mantenimiento que proporcione una visión más completa y profunda de lo que ocurre en la gestión del servicio de mantenimiento.

**Quinta.** A los directivos de la empresa y gerentes de área; revisar el plan desarrollado con el objeto de incorporar otros criterios de evaluación respecto de la intervención en los servicios que proporciona la empresa, empezando por el servicio de mantenimiento. De esa manera se arriba a un producto de gestión en constante mejora, que señala indicadores adicionales de cumplimiento, y no sólo a contar con un plan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alberti, A. (11 de mayo de 2020). *Mantenimiento preventivo: ¿qué es y cómo hacerlo?* Recuperado de <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2020/05/mantenimiento-preventivo-qu-es-y-cmo-hacerlo>
- Barrera, C., Mena, B., & Martínez, N. (2018). Propuesta de un sistema de gestión de inventario de repuestos a partir de la generación de un plan de mantenimiento para tractores en un ingenio azucarero del Valle del Cauca. *Ingeniería Industrial*, 1-26.
- Carrasco, E. (18 de mayo de 2021). *Mantenimiento Preventivo: Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente.* Recuperado de <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>
- Casas, D. (2018). *Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2536>
- Cortés, N. (19 de Abril de 2021). *¿Qué son los indicadores de gestión?* Recuperado de <https://www.geovictoria.com/cl/indicadores-de-gestion/#:~:text=Un%20indicador%20de%20gesti%C3%B3n%20es,est%C3%A1%20logrando%20objetivos%20empresariales%20clave.&text=Las%20organizaciones%20usan%20indicadores%20de,su%20%C3%A9xito%20al%20alcanzar%20objetivo>
- Delgado, S., Cruz, L., & Lince, E. (2019). El uso de software libre en el control de inventarios: caso de estudio. *Ciencia Administrativa*, (1), 52-57.



- Díaz, A., Del Castillo, A., & Villar, L. (2017). Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio. *Ingeniare: Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 306-313. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200306>
- García, J., Cárcel, F., & Mendoza, J. (2019). Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(2), 50-67. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.50-67>
- Gaviño, G., Vázquez, S., Barrios, E., & Velarde, J. (2021). Procedimiento matemático, orientado a la simulación en Flexsim, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP). *Revista Investigación Operacional*, 42(3), 409 - 421.
- Guamán, A., García, A., & Moyano, J. (2018). Desarrollo de un sistema MRP en la manufactura de muebles modulares para el aumento de productividad y calidad. *Revista digital de medio ambiente, Ojeando la agenda*, 1(56), 24-34.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6a ed.)*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Linares, V. (2015). *UF2238: Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. IC Editorial.
- Logística Dinámica. (24 de diciembre de 2020). *Lista de Materiales (BOM): La clave de la cadena de suministro*. Recuperado de <https://www.ld.com.mx/blog/noticias/lista-de-materiales-bom/>

- Marrero, R., Vilalta, J., & Martínez, E. (2019). Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 40(2), 148-160.
- Mayorca, R. (2019). *Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM* (Tesis pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625619>
- Mora, L. (2015). *Indicadores de la Gestión Logística - KPI "Los indicadores claves del desempeño logístico"*.
- Ortega, A., Padilla, S., Torres, J., & Ruz, A. (2017). Nivel de importancia del control interno de los inventarios dentro del marco conceptual de una empresa. *Liderazgo Estratégico*, 7(1), 71-82. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/liderazgo/article/view/3261>
- Quiroa, M. (12 de Enero de 2020). *Producción*. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/produccion.html>
- Rivera, B., & Vélez, E. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y equipo caminero del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Santiago de Méndez* (Tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17166>
- Saavedra, C., & Ramos, N. (2021). Planeando las compras en PartesYa una actividad lúdica para estudiar el MRP. *I+D Revista de Investigaciones*, 20(10), 1-8.

- Sabi3n, N., Orozco, E., Lomas, C., & Montero, Y. (2018). Plan maestro de producci3n de una empresa textil. Caso de estudio de Imbabura, Ecuador. *Uniandes EPISTEME*, 5(4), 448-462.
- Sagnier, C. (11 de septiembre de 2020). *¿Cuales son los diferentes tipos de mantenimiento?* Recuperado de <https://mobility-work.com/es/blog/tipos-de-mantenimiento-estrategia/>
- TIC Portal. (28 de junio de 2018). *Lista de materiales (BOM): La lista de materiales es algo m1s que una lista de la compra.* Recuperado de <https://www.ticportal.es/glosario-tic/lista-materiales-bom>
- Trujillo, L. (2018). *Modelo Integral de gesti3n de Repuestos para Mantenimiento, en Empresas Intensivas en Uso de Capital* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Javeriana. Bogot1, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/41022/TrujilloAlvaradoLeonardo2018..pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Villar, C. (2018). *Sistema de gesti3n de mantenimiento para la flota de camiones Komatsu 730E-6 para trabajo en condiciones de altitud superior a los 3500 msnm* (Tesis pregrado). Universidad C3sar Vallejo, Trujillo, Per1. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28579/villar\\_nc.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28579/villar_nc.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gesti3n del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 19(2), 25-37. <http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>

Zotelo, Y., Mula, J., Díaz, M., & González, E. (2017). Plan maestro de producción basado en programación lineal entera para una empresa de productos químicos. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la empresa*, 24, 147-168.  
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.2885>