

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA SUB GERENCIA DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA, AÑO 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bachiller Wilber Alberto Paricela Quilli

Asesor:

Mg. Frank Alberto Tello Legoas

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mi familia quienes estuvieron en los buenos y malos momentos junto a mí. A mi esposa por brindarme su amor y paciencia acompañándome y estando siempre a mi lado a pesar de las dificultades que tuvimos me dio el aliento y fortaleza que necesitaba. A mis hijos que con su amor y comprensión supieron entender los interminables días que les hice falta.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi vida profesional. A mis padres que supieron guiarme y formarme para ser un hombre de bien. A toda mi familia por creer en mí.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	24
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de trabajadores en los talleres de mantenimiento.....	15
Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
Tabla 3: Identificación de problemas de gestión de mantenimiento.....	28
Tabla 4: Frecuencia de incidencia de problemas.....	32
Tabla 5: Tiempo promedio entre fallas.....	34
Tabla 6: Tiempo promedio para reparación.....	36
Tabla 7: Costos de mantenimiento correctivo de apertura.....	66
Tabla 8: Costos de mantenimiento correctivo modificado.....	37
Tabla 9: Alternativas de solución a los problemas seleccionados.....	38
Tabla 10: Definición de los problemas y actividades principales.....	40
Tabla 11: Puntajes para evaluación 5S	40
Tabla 12: Resultado check list 5S.....	41
Tabla 13: Propuesta de mejora según 5S	42
Tabla 14: Propuesta de mejora por áreas según la metodología 5 S	45
Tabla 15: Propuesta de la descripción y clasificación de la bodega	53
Tabla 16: Fallas más frecuentes en la maquinaria pesada y liviana	55
Tabla 17: Propuesta de una matriz de análisis predictivo	65
Tabla 18: Costos de mantenimiento planificado, preventivo y autónomo.....	70
Tabla 19: Comparación de indicadores antes y después de la mejora.....	71
Tabla 20: Costos de inversión para la implementación.....	71
Tabla 21: Costos de los beneficios esperados.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de proceso.....	17
Figura 2: Flujograma de proceso	18
Figura 3: Diagrama de causa - efecto.....	61
Figura 4: Diagrama de Pareto	68
Figura 5: Procedimiento de investigación.....	21
Figura 6: Plano de ubicación.....	24
Figura 7: Organigrama de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.....	24
Figura 8: Diagrama de flujo del mantenimiento correctivo.....	26
Figura 9: Flujograma de procesos clave	27
Figura 10: Diagrama de Ishikawa.....	31
Figura 11: Diagrama de Pareto-problemas.....	33
Figura 12: Propuesta de un procedimiento del diseño de mejora.....	38
Figura 13: Propuesta de diagrama de procesos para la aplicación de las 5S	39
Figura 14: Porcentaje de cumplimiento de las 5 S.....	43
Figura 15: Propuesta de formato de tarjeta de clasificación.....	44
Figura 16: Flujograma de actividades propuesto para la implantación del TPM.....	51
Figura 17: Formato de ficha de mantenimiento de equipos de la empresa privada.....	52
Figura 18: Inventario de insumos y repuestos de una empresa minera	57
Figura 19: Programa de mantenimiento preventivo de una empresa minera	58
Figura 20: Formato propuesto para una orden de trabajo dentro y fuera del taller.....	59
Figura 21: Formato propuesto para una orden de pedido de lubricantes y combustibles ...	60
Figura 22: Flujograma de actividades propuesto para el mantenimiento preventivo.....	62
Figura 23: Flujograma de actividades propuesto para el mantenimiento predictivo.....	62
Figura 24: Formato propuesto para la inspección del sistema de suspensión.....	66
Figura 25: Formato propuesto para la inspección del sistema de lubricación.....	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación de disponibilidad	35
Tiempo promedio por reparaciones	35
Tiempo promedio entre fallas	35
Confiabilidad	36
Frecuencia de fallas	37

RESUMEN

La presente investigación pretende mejorar la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, proponiendo la implementación de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), para lo cual diagnosticamos la situación actual, se diseña y desarrolla la propuesta de mejora y se miden los indicadores de disponibilidad inherente de los equipos y los costos operativos antes y después de la propuesta de mejora; para finalmente, determinar sus beneficios económicos.

De acuerdo a la información obtenida de las encuestas se pudo determinar que la gestión de mantenimiento es ineficiente referente a la planificación, organización, ejecución y control. Según los diagramas de Ishikawa y Pareto las principales causas son: una desorganización en las áreas de trabajo, mantenimiento no planificado, baja disponibilidad y altos costos operativos de mantenimiento. Para ello se plantearon propuestas de mejora referidas a la implantación de la metodología 5s, y de actividades como el mantenimiento planificado, preventivo (programado) y autónomo para dar cumplimiento a los objetivos.

Entre los resultados que se espera obtener con el desarrollo de la propuesta es un incremento en la disponibilidad inherente de los equipos, reducción de paradas por fallas y una disminución de los actuales costos operativos mediante un ahorro semestral de S/.274, 571 en situaciones de mayor frecuencia de fallas. La conclusión más relevante es que el TPM cambiará la actual gestión de mantenimiento en los talleres, pasando de una función de reparación a una función de confiabilidad.

Palabras clave: TPM, Gestión de operaciones, talleres de mantenimiento, disponibilidad, confiabilidad y costos operativos.

ABSTRACT

The present investigation tries to improve the maintenance management in the workshops of the Machinery and Equipment Sub Management, proposing the implementation of a Total Productive Maintenance System (TPM), for which we diagnose the current situation, the proposal of improves and measures the inherent availability of equipment and operating costs before and after the improvement proposal are measured; to finally determine its economic benefits.

According to the information obtained from the surveys, it could be determined that maintenance management is inefficient regarding planning, organization, execution and control. According to the Ishikawa and Pareto diagrams, the main causes are: a disorganization in the work areas, unplanned maintenance, low availability and high maintenance operating costs. To do this, proposals for improvement were made regarding the implementation of the 5s methodology, and activities such as planned, preventive (scheduled) and autonomous maintenance to comply with the objectives.

Among the results that are expected to be obtained with the development of the proposal is an increase in the inherent availability of the equipment, reduction of shutdowns due to failures and a decrease in current operating costs through a semi-annual saving of S / .274, 571 in situations higher frequency of failures. The most relevant conclusion is that the TPM will change the current maintenance management in the workshops, going from a repair function to a reliability function.

Keywords: TPM, Operations management, maintenance workshops, availability, reliability and operational costs.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo competitivo y globalizado de hoy es vital que las organizaciones logren planificar sus actividades de mantenimiento a largo plazo, manteniendo su gestión enfocada en el cumplimiento de la estrategia. Según Aponte (2017, p.35), “las instituciones han utilizado diferentes instrumentos y metodologías que han sido empleadas para hacer mediciones, tomar decisiones y mejorar los procesos, sin embargo, en sus aplicaciones no se han orientado en alinear la estrategia con las actividades desarrolladas”.

Al respecto, Boucly (2017), anota que la mayoría de las veces observamos al mantenimiento como una operación que tiene como propósito dirigir los esfuerzos a evitar fallas en los equipos; sin embargo, señala que no percibimos que esta actividad es esencialmente estratégica, sobre todo en las organizaciones en donde los procesos han ido cambiando hacia la automatización y la eficiencia. El autor manifiesta que la gestión del mantenimiento debe ser una práctica permanente y comprender que los equipos deben operar no sólo con una elevada disponibilidad inherente, sino también dentro de sus parámetros de diseño, con el objetivo de disponer de procesos óptimos, para ello es esencial aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El TPM según Apaza (2015) radica en un sistema de gestión que previene todo tipo de pérdidas, maximizando su eficacia e implicando a todo el personal desde el nivel de operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos. El autor identifica que la innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo, mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas antes de que ocasionen fallas. Es decir, se considera como una estrategia, ya que contribuye a crear capacidades competitivas a través de la eliminación de las deficiencias operativas.

A nivel internacional, Aruquipa (2018) en su tesis: Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el Centro de Mantenimiento de la Paz, Bolivia, plantea el objetivo de mejorar la disponibilidad de vehículos policiales mediante los seis pilares del TPM:

Mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, educación y entrenamiento y seguridad y medio ambiente. En este trabajo se pudo evidenciar la importancia de implementar solo tres pilares: mantenimiento planificado, preventivo y autónomo, pues se comprobó que la adopción del resto de pilares, responde a otro tipo de condiciones favorables.

Igualmente, García (2018) en su tesis denominada: Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el TPM, considera que con el TPM se posibilita que la mejora continua del mantenimiento sea un pensamiento estratégico dentro de la organización en todos los niveles jerárquicos. Sostiene asimismo que el compromiso del personal es muy necesario para aplicarla en todos los procesos internos y así garantizar una buena relación con los clientes y permanencia en el mercado local. Por lo tanto, concluye que la innovación tecnológica en cuanto a los procesos industriales siempre tiene que ir de la mano de una adecuada gestión de planta, pues la disponibilidad de la maquinaria acompañada de la capacitación del personal, es fundamental para así generar eficiencias en el tiempo.

En el Perú, una de las desventajas competitivas que enfrentan hoy en día la mayoría de municipalidades es la forma de hacer gestión. Apaza (2015) menciona que: “Las municipalidades tienen una limitada capacidad de gestión en las operaciones del mantenimiento de su maquinaria pesada y equipo mecánico, respecto al sector privado, prueba de ello son las certificaciones de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional” (p.4). Por consiguiente, para que tales instituciones puedan afrontar los radicales cambios que le impone el nuevo entorno operativo, se hace necesario, entre otros factores, implementar un sistema TPM para lograr una gestión integral de las operaciones de mantenimiento, que de acuerdo a Navarro (2010), permita alinear la visión y las estrategias de la empresa con los resultados operativos.

Apaza (2015) en su tesis denominada: el Modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y su influencia en la productividad de la empresa minera, demuestra a través de sus resultados la eficacia de este sistema en cuanto se refiere a incrementar la productividad y reducir costos operativos. Concluye que el TPM se centra en el equipo

y en las personas. Por lo que la implementación del sistema TPM permite mejorar la gestión de mantenimiento. Asimismo, Aponte (2017) en su tesis: Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de vehículos de carga, logró el incremento de 12%, la eficiencia en 12% y la eficacia en 12%.

Por otro lado, de acuerdo a Boucly (2017, p.19), “se define a la gestión de mantenimiento como el desarrollo y organización de la función de producción con el objetivo de alcanzar ventajas competitivas”. En tal propósito, los objetivos de la gestión de mantenimiento según el autor son producir bien y/o prestar un servicio específico al mínimo tiempo y costo posible. Si bien dichos objetivos son meritorios, es necesario en nuestro concepto, establecer criterios y parámetros para efectos de evaluación y control. Dicha evaluación se hace a través de sistemas de gestión integrados y el monitoreo de indicadores de gestión o KPI (indicador clave de rendimiento). En este contexto algunos criterios de evaluación son: Costo, calidad y confiabilidad del servicio.

A nivel local, de acuerdo a la observación efectuada y al diagnóstico realizado mediante la observación, entrevista y encuesta, se ha determinado la ineficiencia en la gestión de mantenimiento de los talleres de la Subgerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, debido a la falta de prevención del mantenimiento e implementación del mantenimiento autónomo y planificado, ya que solo se propicia en forma inadecuada el mantenimiento correctivo.

Las causas de la problemática en la gestión de mantenimiento según el diagrama de Ishikawa, obedecen a problemas de planificación, organización, ejecución y control, siendo los más relevantes: la desorganización en las áreas de trabajo, mantenimiento no planificado, baja disponibilidad inherente de los equipos, así como altos costos operativos de mantenimiento.

De mantenerse la ineficiente gestión de mantenimiento actual en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, es posible que ocurra en el corto plazo, una mayor disminución en la disponibilidad inherente y de un mayor incremento en los costos operativos, tal como viene sucediendo. Por consiguiente, si la situación descrita persistiría, los efectos que se producirían serían muy perjudiciales para la

municipalidad quien se vería obligada a entregar en donación la maquinaria pesada que está depositada en los talleres por falta de repuestos y sólo limitarse a demandar el servicio por terceros como sucede actualmente.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2019?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer la mejora de la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo mediante un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- Diseñar y desarrollar la propuesta de mejora basada en el TPM para el proceso de gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.
- Estimar los indicadores de gestión de mantenimiento en condiciones de mejora para los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.
- Determinar los beneficios económicos de la propuesta de mejora en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.

1.4 Hipótesis

La propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) permitirá mejorar la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Investigación aplicada pre experimental. La investigación aplicada según Hernández (2008) es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas. Vale decir, su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado. “En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas” (Hernández, 2019, p.5). El diseño preexperimental referido a un estudio de caso con una sola medición de acuerdo a Hernández (2019, p.163), “Consiste en administrar un tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una variable. No hay manipulación de la variable independiente, tampoco hay referencia previa del nivel que tenía el grupo en la variable dependiente antes del estímulo”.

Respecto al enfoque de la investigación es cuantitativo pues de acuerdo a Hernández (2019), “representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones “(p. 6).

2.2 Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1 Materiales

Los recursos materiales de investigación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1
Materiales usados en la investigación

Recursos materiales de escritorio y de consulta	Software y Hardware	Equipos de cómputo y de fotografía
Lapiceros	Programa SPSS 26	PC (Laptop)
Papel bond	Programa office 2019	Impresora
Fotocopias	Programa de modelamiento Bizagui	Cámara fotográfica
Libreta de apuntes	Memoria 8 GB	
Libros y tesis		
Internet		

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las herramientas utilizadas en la recolección de datos han sido seleccionadas de acuerdo al tipo de investigación y a la necesidad de información requerida en la investigación; vale decir, las técnicas, su justificación, así como los instrumentos operados y su respectiva aplicación se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
Observación	Se utiliza para identificar los problemas de gestión del mantenimiento en los talleres (planeamiento, organización, ejecución y control).	- Ficha de observación elaborado para el estudio de campo - Cámara para el panel fotográfico - Grabadora	Se efectuó la observación directa del proceso de gestión de mantenimiento que se efectúa en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y equipo
Análisis documentario	Se utiliza para determinar las funciones de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo y el nivel de gestión de mantenimiento en los talleres de la planta	-Manual de organización y funciones (MOF 2013) - Layout de la planta - Formato de inventarios patrimonial - Organigrama (MPC)	- Para conocer las funciones del Gerente - Para elaborar el plano de distribución de la planta - Para determinar la logística de la planta
Entrevista	Se utiliza para determinar el nivel de gestión de mantenimiento del Sub Gerente	- Cuestionario elaborado y aplicado al Sub Gerente y jefe de talleres	- Para conocer el nivel del planeamiento, organización, ejecución y control del mantenimiento
Encuesta	Se utiliza para determinar el nivel de gestión de mantenimiento que se realiza en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo	- Cuestionario elaborado y aplicado a los trabajadores - Checklist por área de trabajo	- Para conocer el nivel del planeamiento, organización, ejecución y control del mantenimiento en la planta.

Fuente: Información primaria recabada directamente en los talleres y la proporcionada por el jefe de planta, así como la elaborada y procesada por el autor.

2.2.3 Métodos para la gestión de mantenimiento y el análisis de la información

Para efectuar la investigación se utilizaron los métodos hipotético – deductivo y el lógico deductivo, el primero orientado a la gestión del mantenimiento (planificación, organización, ejecución y control) en sus pasos esenciales (observación, experiencia y verificación) y el segundo, para el análisis de la información de acuerdo a los instrumentos de recolección de datos (entrevista y encuesta) que va de lo general a lo particular.

a. La planificación del mantenimiento

La planificación debe contener formatos check list de mantenimiento. Las listas de chequeo son documentos clave en la vida diaria del área de mantenimiento. Permiten a cualquier técnico acceder rápidamente a una lista de las operaciones a realizar y luego verificar o no cada paso garantizando su seguridad.

El seguimiento, la disponibilidad y la actualización de las listas de chequeo son esenciales para el área, pero también para la dirección, ya que permiten recoger informaciones valiosas y analizarlas posteriormente para tomar una decisión. También permiten mejorar la comunicación entre equipos y talleres, garantizando la seguridad del operador, así como obtener un registro escrito en caso de un problema, optimizar las prácticas de mantenimiento mediante un seguimiento continuo, mantener una certificación y cumplir las normas de los fabricantes, entre otras.

Asimismo, se hace necesario la aplicación del software GMAO que permite acceder a las listas de chequeo desde el móvil (smarphone o tablet) para realizar inspecciones, establecer informes de cumplimiento o realizar intervenciones de mantenimiento de equipos. De este modo, se puede marcar las tareas realizadas directamente en la GMO, comentarlas o añadir imágenes del estado del equipo a la lista de control para documentar la ficha de información.

En cuanto al proceso de programación del mantenimiento, el objeto es dar orden a las tareas del mantenimiento, con el propósito de lograr el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posibles para la ejecución de las tareas. Las metodologías más usadas para tal fin son los diagramas de Gantt y diagramas de red de tareas tipo nodos y flechas. Los tipos de programación comprenden: las actividades del día a día, de una actividad y de paradas programadas de planta, cuyas etapas son: preparación, elaboración, simulación y proceso.

b. La organización del mantenimiento

Está relacionado con la forma en que se estructurará el mantenimiento. En tal situación se establecerá: el mantenimiento a nivel de otras áreas de la planta, el mantenimiento dependiendo de otros organismos como la gerencia de infraestructura y la sub gerencia

de maquinaria y equipo; y, el mantenimiento centralizado que es un organismo de mantenimiento que sin tener en cuenta su dependencia, tiene toda la responsabilidad del servicio. Esta forma de organización se aplica en plantas relativamente pequeñas o medianas.

c. La ejecución del mantenimiento

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento se implementarán toda una gama de documentación administrativa y técnica, lo cual incluye:

- Manual de sistema de gestión
- Procedimientos administrativos
- Procedimientos de trabajo
- Instructivos técnicos
- Registros de mantenimiento
- Registro de planificación diaria y
- Registro de análisis de fallas.

d. El control del mantenimiento

Está referido al control de calidad en el mantenimiento preventivo. En este sentido, el desarrollo de un sistema acertado de control de la calidad del mantenimiento es esencial para asegurar reparaciones de alta calidad, exactos, máxima disponibilidad, extensión del ciclo de vida del equipo y tasas eficientes de producción del equipo. Por consiguiente, las organizaciones deberán esforzarse por vincular sus actividades de mantenimiento con la calidad de sus servicios. Esto les proporcionará la dirección y las metas para mejorar sus procesos de mantenimiento.

Para la determinación de la gestión de mantenimiento de los talleres se utilizó la guía de observación (ver anexo 2). El proceso seguido consistió en plantear al Sub Gerente 20 preguntas por dimensiones (planificación, organización, ejecución y control) de acuerdo a una valoración del puntaje alcanzado, dando como resultado una gestión ineficiente.

A continuación, se presentan las herramientas utilizadas en la investigación para el diagnóstico de la situación actual.

a. Diagrama de flujo de proceso

Se emplea el diagrama de flujo del procedimiento del servicio de mantenimiento para analizar las actividades que se realizan en el área, con el objetivo de contar con un sistema de trabajo que permita administrar, controlar y monitorear el mantenimiento de la maquinaria y equipo en los talleres de la Sub Gerencia, con el propósito de disminuir los mantenimientos correctivos y de las paradas en obra. El propósito final es la optimización del sistema de gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada y liviana de la Municipalidad de Cajamarca a través de la gestión por procesos. La figura 1 es un esquema de un modelo de diagrama de flujo.

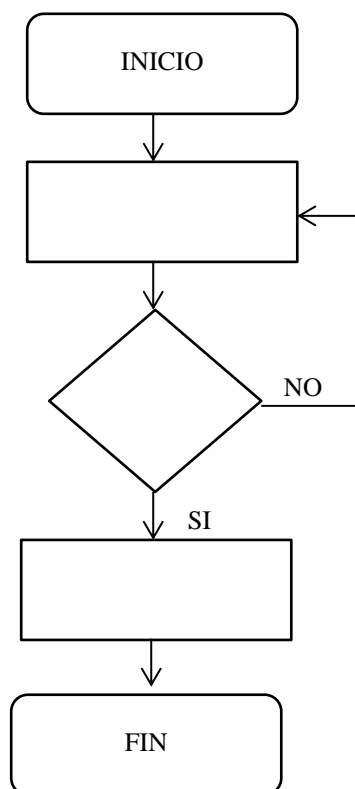


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso
Fuente: Elaboración propia

b. Flujograma de proceso

Un flujograma es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso se representa por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso. Asimismo, el flujograma ofrece una

descripción visual de las actividades implicadas en un proceso. Muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida acción de cada actividad y su relación con las demás. Expresa igualmente el flujo de la información; así como las derivaciones del proceso, el número de pasos del proceso y las operaciones que se realizan dentro (en los talleres) y fuera de la planta (operaciones en obra).

Finalmente, el flujograma también facilita la selección de indicadores de proceso, indispensables para efectuar su control y evaluar su rendimiento y eficacia. La figura 2 es un esquema de un modelo de flujograma de proceso.

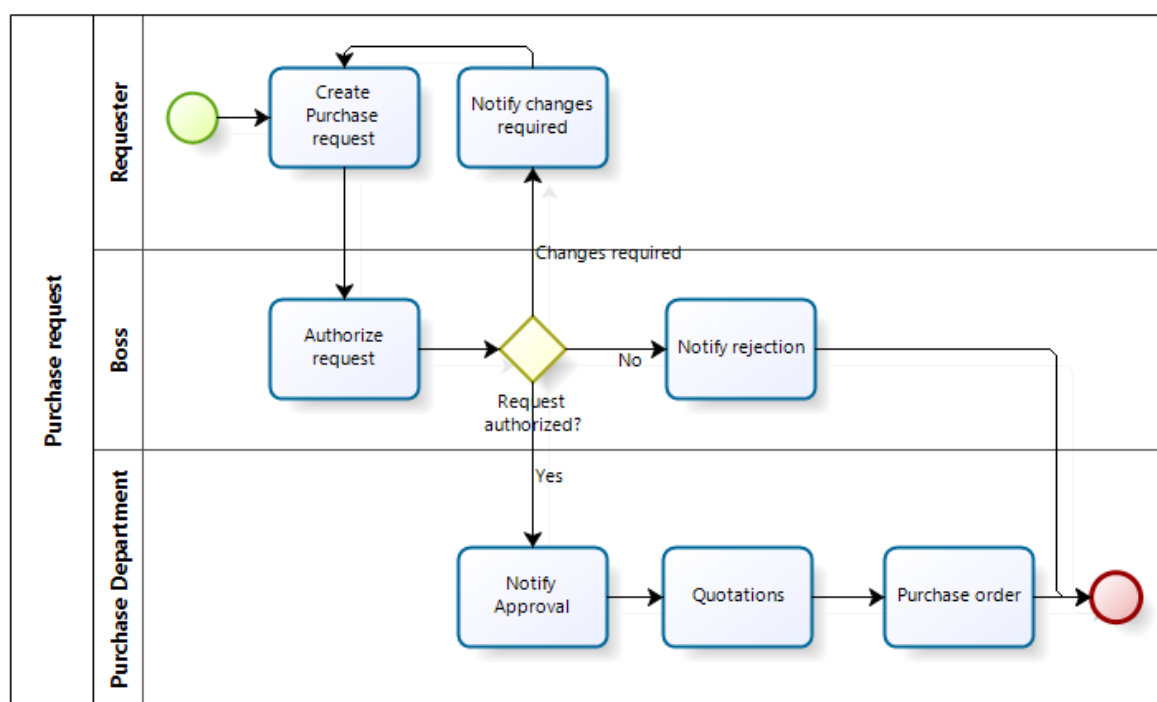


Figura 2. Ejemplo simple de un flujograma de proceso de operaciones con BIZAGI
Fuente: Boucly (2017).

c. Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, se realiza para el análisis de los problemas identificados en la planta y en el proceso en obra; ya que es considerado por Martínez (2011) como una herramienta eficaz para mejorar los procesos y lograr un adecuado control en la planta de mantenimiento. Para su aplicación se agrupan y presentan, de manera visual, las causas que dan origen a los problemas detectados que se estén analizando y que se pretendan mejorar.

La figura 3 es un esquema del diagrama de Ishikawa, en el que se puede apreciar la posición de cada elemento que forma parte de esta herramienta, además de la distribución recomendada de las sub-causas, según los niveles de mano de obra, maquinaria, materiales, método y medio.

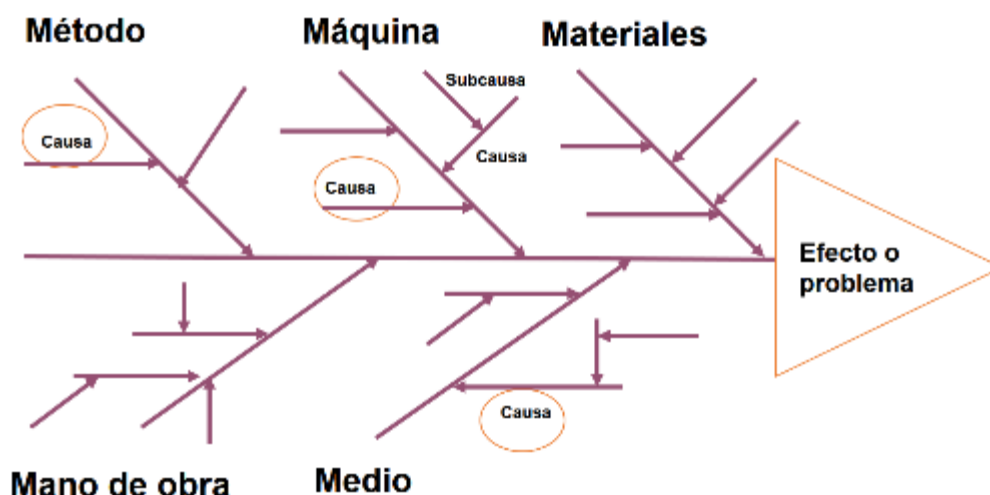


Figura 3. Diagrama de Causa-Efecto
Fuente: Ishikawa (1943).

De esta manera se elaboró el diagrama de Ishikawa; tomando el ejemplo presentado en la figura 3, el cual se asemeja a una espina de pescado que según Navarro (2010), se considera como las diferentes causas o factores que contribuyen al efecto o problema (cabeza de pescado), es decir, las causas como parte del esqueleto del pescado. En base a lo expuesto por el autor, se identificó el problema a estudiar; para luego enlistar las distintas causas que hayan podido producir tal efecto, empezando por un nivel más general y luego enfocarlo con más detalle en las sub-causas.

d. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras, asignando un orden de prioridades. Asimismo, el diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes). Es decir, el diagrama facilita el estudio de las fallas relevantes en la planta de mantenimiento.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que el 20% de las causas totales hacen que sean originados por el 80% de los efectos. El principal uso que tiene el diagrama consiste en establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro y fuera de la planta. Vale decir, evaluar todas las fallas de la maquinaria y equipo, así como, saber si estas se pueden resolver o en todo caso evitarlas. La figura 4 es un esquema de un modelo de diagrama de Pareto.

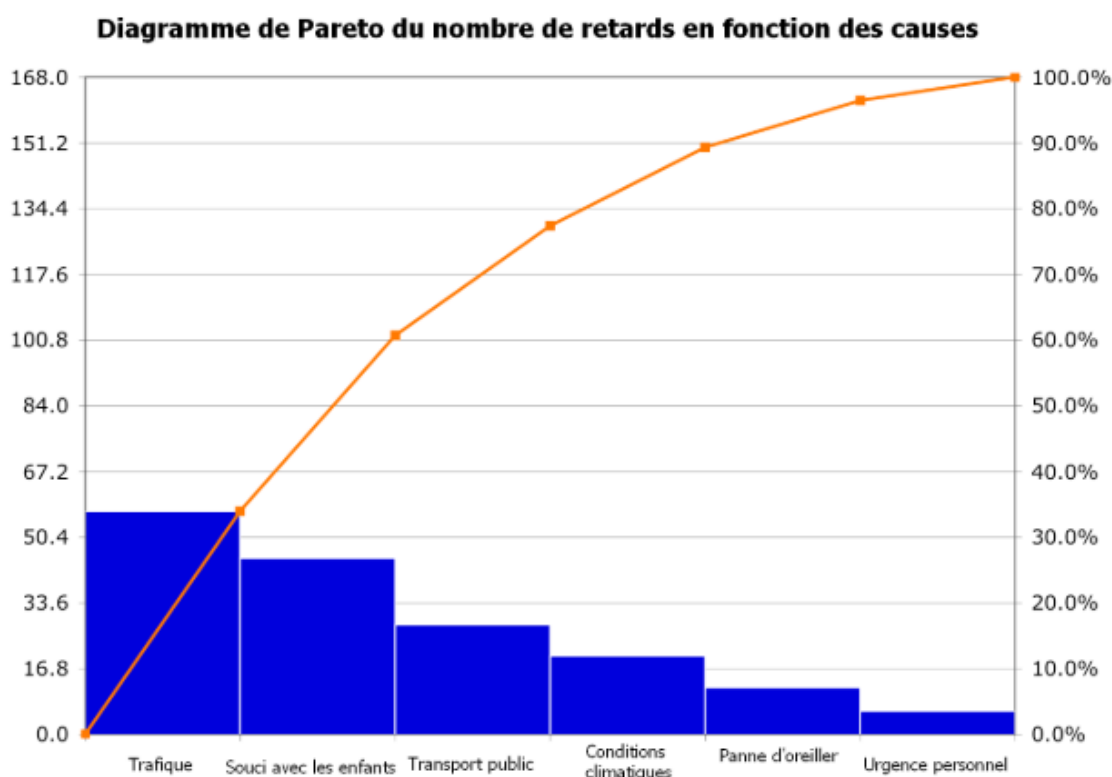


Figura 4. Ejemplo simple de un diagrama de Pareto usando datos hipotéticos
Fuente: Boucly (2017).

2.3 Procedimiento de la investigación

Para la elaboración de la presente investigación se siguió una secuencia metodológica que contempla la aplicación de los materiales, técnicas e instrumentos, así como, de los métodos utilizados para la recolección, análisis y procesamiento de datos, con el objeto de proponer una mejora de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, basada en problemas identificados previamente

(baja disponibilidad inherente de la maquinaria pesada y liviana, así como, los altos costos que representa las operaciones de mantenimiento), la cual se sustenta en la medición y comparación de indicadores relevantes que justifican de modo alguno su aplicación. En tal situación, en la figura 5 se presenta el procedimiento seguido por etapas en forma lógica.

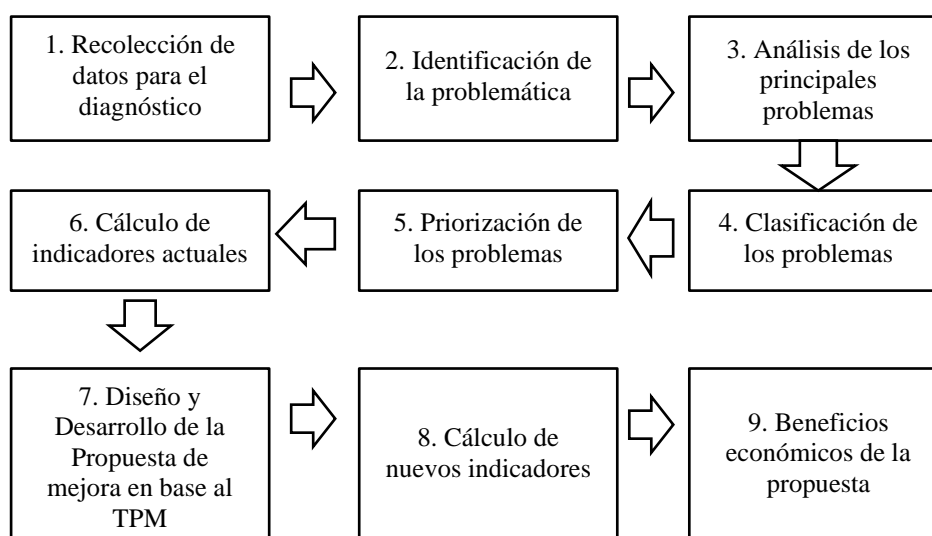


Figura 5. Procedimiento de investigación
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en base a la figura 5, se describen los pasos seguidos en el desarrollo de la investigación:

- Al iniciar la investigación se realizaron visitas a la planta de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo con el objeto de lograr mediante la observación directa una adecuada recolección de datos.
- A partir de la información obtenida se procedió a identificar la problemática existente en la planta, para luego analizar los principales problemas identificados mediante la elaboración de la encuesta y entrevista al Sub Gerente y jefe de planta, así como a los trabajadores. Para el efecto se diseñaron y validaron previamente los cuestionarios respectivos, según las dimensiones de la variable dependiente. Se aplicó el cuestionario durante 20 minutos descartando errores de respuesta (cuando el entrevistado da una respuesta incorrecta, con intención o sin ella).

- Para la validez y confiabilidad de los ítems de la encuesta se aplicó el software SPSS26, utilizando como estadísticos el valor de la prueba ANOVA (análisis de varianza) y el valor de consistencia interna del Alfa de Crombach.
- Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS26, el mismo que nos arrojó el resultado de las tablas por dimensiones, para su análisis e interpretación respectivas.
- Los resultados del análisis de los datos provenientes de aplicación de los instrumentos sirvió para el cumplimiento del primer objetivo y para el análisis de los indicadores actuales.
- Luego se clasificaron los problemas utilizando como herramienta el diagrama de Ishikawa. Se analizaron las causas que ocasionan un nivel deficiente de gestión, considerando los factores de maquinaria y equipo, personal, métodos, materiales y repuestos.
- Posteriormente se priorizaron los problemas mediante el Diagrama de Pareto
- Enseguida se procedió a realizar el cálculo de los indicadores actuales, pertenecientes a las dimensiones de la variable dependiente: Disponibilidad inherente y costos operativos de mantenimiento.
- Con la información obtenida y a partir de los problemas identificados como críticos se elaboró la propuesta de mejora en las fases de diseño y desarrollo, basado en el TPM, presentando una alternativa por cada problema. En la fase de diseño se muestra la secuencia lógica que debe seguir el desarrollo para combatir problemas utilizando los pilares de mantenimiento planificado, autónomo y preventivo.
- A partir de los resultados obtenidos se procedió a calcular los nuevos indicadores.
- Finalmente, se determinó el beneficio económico en el que se evalúa la viabilidad de la propuesta, tomando en cuenta los costos asociados a la aplicación del mismo y los beneficios que este presenta para la planta de mantenimiento.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Aspectos Generales

3.1.1 Descripción de la Municipalidad Provincial de Cajamarca

Misión

“Somos una institución que: Promueve el desarrollo local y el bienestar social, garantiza la participación en la gestión municipal y la seguridad ciudadana, brinda servicios públicos esenciales, gestiona el crecimiento ordenado de la ciudad y el equipamiento con infraestructura, del territorio urbano y rural de la provincia de Cajamarca”

Visión

“Municipalidad Provincial de Cajamarca moderna y competitiva, líder institucional del desarrollo sostenible de la provincia, implementa estrategias de concertación y articulación para cerrar brechas sociales y de infraestructura, brinda servicios públicos de calidad y hace buen uso de los recursos públicos que gestiona”.

3.1.2 Descripción de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo

En la figura 1 se muestra el plano de ubicación de los talleres, así como las principales características que presentan las instalaciones:

- Ubicación: Jr. Reyna Farge y Av. Atahualpa- Cercado de Cajamarca
- Área Total: 1,550 m²
- Área de talleres: 1,200 m² (Comprende: 2 talleres de mecánica, 1 taller de electricidad, 1 taller de vulcanización de llantas y una zona para lavadero).
- Área de patio de maniobras: 300 m² (para ingreso y estacionamiento de vehículos)
- Área administrativa: 50 m² (Comprende: Oficina de la Sub Gerencia y Secretaria).
- Ambiente de desechos de materiales, cilindros y latas de aceite.
- Oficina para el jefe de taller
- Guardianía.

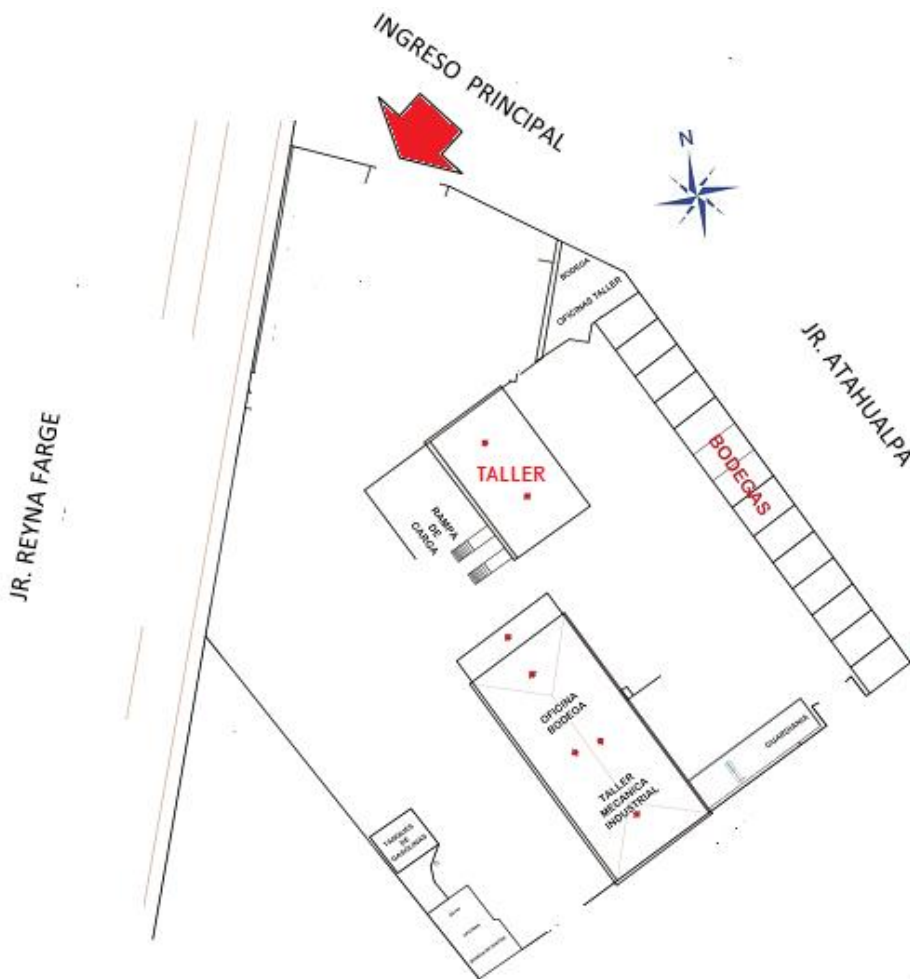


Figura 6. Layout de la planta (distribución de talleres y oficinas administrativas)
 Fuente: Elaboración propia

Organigrama de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo

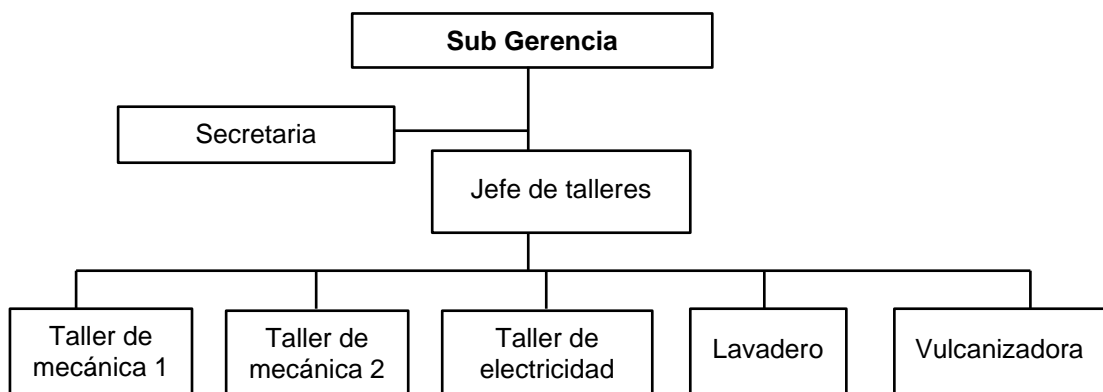


Figura 7. Organigrama de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad de Cajamarca
 Fuente: Documentación proporcionada por la Sub Gerencia.

Funciones de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo

- Planificar, proponer y supervisar el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y vehículos según el plan aprobado en coordinación con la unidad de abastecimiento
- Administrar y supervisar las instalaciones y talleres destinados al mantenimiento y reparación de vehículos, maquinarias y equipos de propiedad municipal, así como velar por su seguridad en coordinación con las áreas competentes
- Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo del parque automotor
- Supervisar el mantenimiento de las maquinarias, vehículos y equipo de propiedad municipal para mantenerlos en óptimas condiciones de operatividad
- Llevar el inventario de vehículos. El historial de mantenimiento y reparación, controlar la compra y el uso de combustibles, lubricantes y el historial de recorrido en las comisiones
- Implementar registros y controles de supervisión de todos los vehículos
- Supervisar los servicios que prestan las unidades motorizadas
- Implementar controles de repuestos y materiales en uso y en stock
- Elaborar los estudios necesarios sobre el uso alternativo de servicios municipales con terceros, en coordinación con la oficina de planeamiento y presupuesto.

3.1.3 Descripción del proceso de mantenimiento de maquinaria y equipo

En la tabla 3 se muestra la relación del personal, así como de la maquinaria y equipo que conforman el proceso de mantenimiento.

Tabla 3

Relación del personal, maquinaria y equipo pesado y liviano

Personal	Maquinaria y equipo pesado	Maquinaria liviana
- Jefe de talleres	- 03 cargadores frontales 169 C Marca Komatsu	- 05 camionetas Toyota Hillux 50
- 06 técnicos de mantenimiento (04 técnicos en maquinaria pesada y 2 técnicos en vehículos livianos)	- 03 excavadoras 360 Caterpillar	
- 02 técnicos en electricidad	- 03 tractores de oruga DT 8 Caterpillar	
- 02 operarios (vulcanizador y lavado)	- 02 retroexcavadoras 426 D Marca Caterpillar	
- 10 choferes (05 de volquetes y 05 de vehículos livianos)	- 02 rodillos Ramax XT 126	
- 15 operadores maquinaria pesada	- 02 motoniveladoras	
TOTAL: 35 trabajadores	- 05 volquetes Volvo	
	TOTAL: 20	TOTAL: 05

Fuente: Información proporcionada por la jefatura de talleres.

Diagrama de flujo y flujograma del proceso de gestión de mantenimiento

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del mantenimiento correctivo.

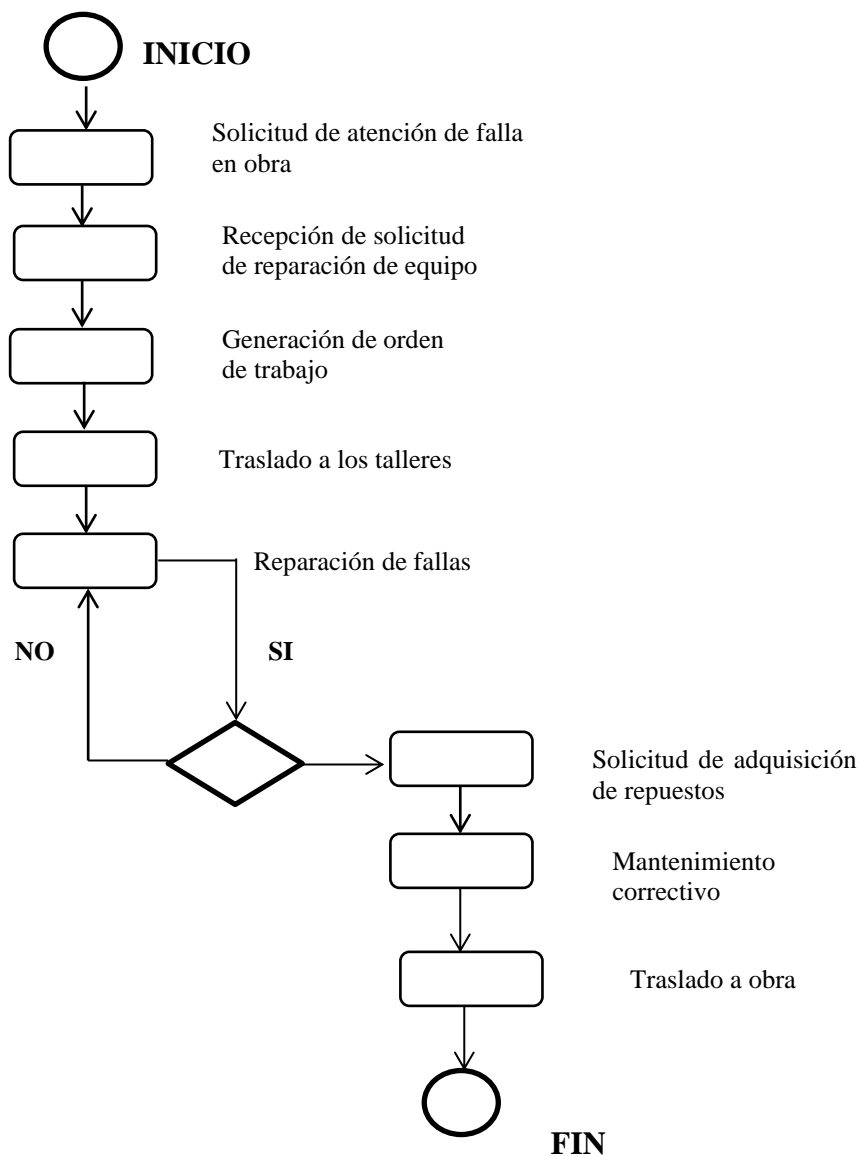


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso del mantenimiento correctivo.
Fuente: Documentación proporcionada por la Sub Gerencia.

Enseguida mostramos mediante el flujograma (figura 9) la forma cómo se lleva a cabo el proceso de gestión de mantenimiento correctivo utilizado por los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.

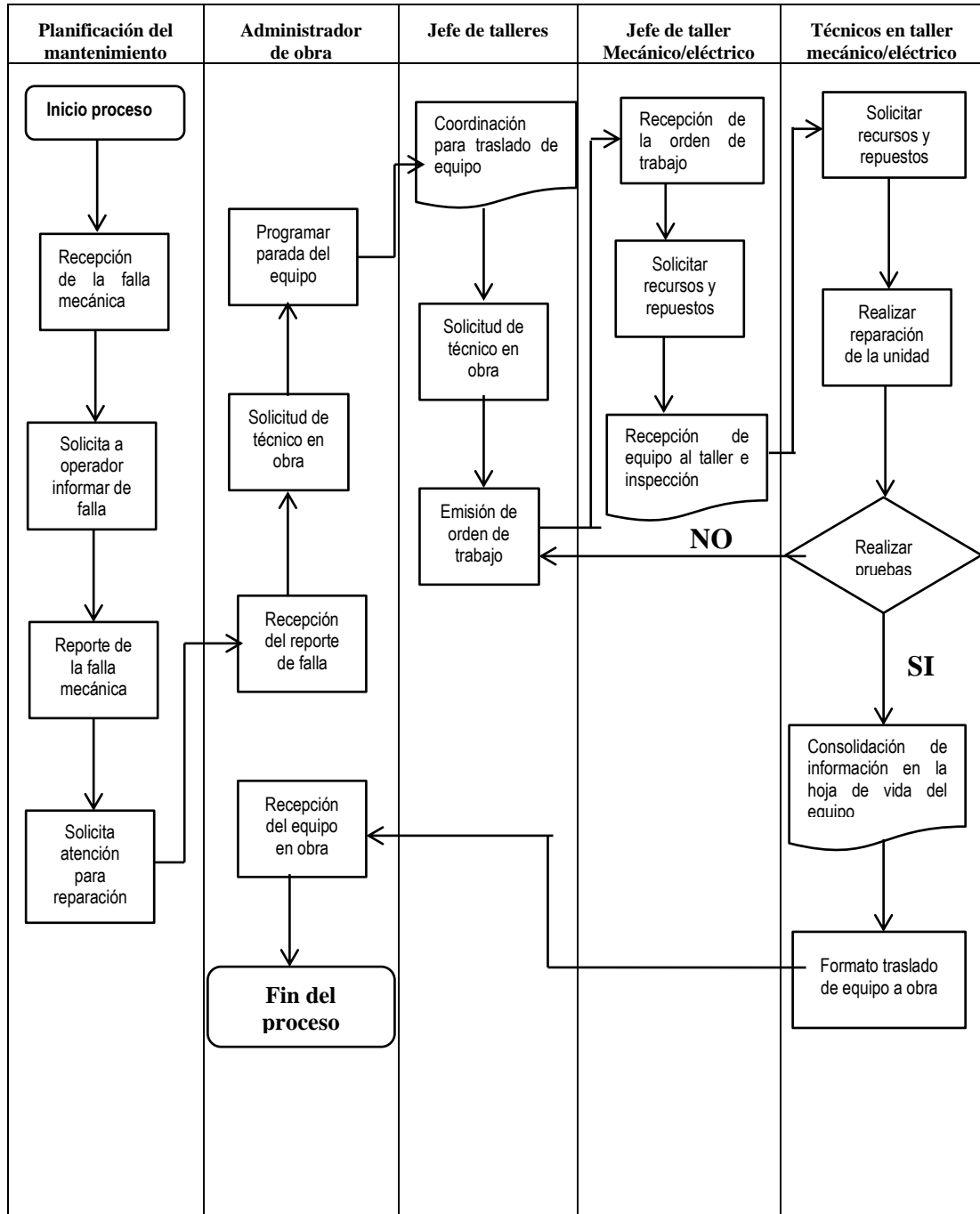


Figura 9. Flujograma de procesos clave de gestión de mantenimiento correctivo en la planta.

Fuente: Documentación proporcionada por la Sub Gerencia.

3.2 Situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca

3.2.1 Identificación de problemas

A continuación, en la tabla 4, se presenta los problemas identificados en la gestión de mantenimiento de los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, los mismos que han sido agrupados de acuerdo a sus dimensiones, como producto de la aplicación de la encuesta a los 35 trabajadores y del análisis actual del proceso de mantenimiento correctivo observado en la planta (Anexo 4).

Tabla 4

Identificación de problemas de gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo

Problemas de gestión según las dimensiones del proceso de mantenimiento		Frecuencia	Porcentaje
Planificación del mantenimiento	Ineficiente	27	77.14%
	Aceptable	4	11.43%
	Eficiente	4	11.43%
Organización del mantenimiento	Ineficiente	26	74.28%
	Aceptable	5	14.29%
	Eficiente	4	11.43%
Ejecución del mantenimiento	Ineficiente	24	68.57%
	Aceptable	10	28.57%
	Eficiente	1	2.86%
Control del mantenimiento	Ineficiente	25	71.43%
	Aceptable	8	22.85%
	Eficiente	2	5.72%

Fuente: Elaboración en base a la aplicación del cuestionario aplicado a los trabajadores

De acuerdo a los resultados de la tabla 4, la gestión de mantenimiento en general se considera ineficiente, siendo el elemento del proceso de gestión más importante la falta de planificación, seguido de la inadecuada organización (desorganización en áreas de trabajo), carencia de medidas de control e inapropiada ejecución.

Seguidamente, describimos de una manera somera cada una de estas dimensiones:

a) Falta de planificación del mantenimiento

Este problema se considera fundamental en la gestión de mantenimiento ya que tiene que ver con el proceso de planificación y programación del servicio que se brinda, así

como de la compra de materiales y repuestos. En el primer caso, la inexistencia de planes de mantenimiento preventivo, autónomo y planificado (ya que solo se posibilita el mantenimiento correctivo), no permite contar con una mayor disponibilidad inherente de los equipos, dado a un tiempo excesivo de paradas y a un número importante de fallas, lo que ocasiona altos costos para la municipalidad.

En el segundo caso, la no planificación de las compras de materiales y repuestos, no permite contar con stock agudizando el tiempo de parada de la maquinaria y equipo y en algunos casos que ya no sea utilizada, siendo perjudicial para la institución, dado que tampoco se puede dar de baja para ser rematada. Este manejo empírico de la gestión de los talleres por parte del Sub Gerente, entra muchas veces en contradicción con el jefe de los talleres quien, si tiene conocimiento y experiencia, quien manifiesta que, por falta de decisión técnica y administrativa, el personal adscrito al área deja de trabajar a la espera de los repuestos. Esto ocasiona además que la demanda de maquinaria por parte de las instituciones no se vea satisfecha y, por tanto, los pedidos solicitados por los usuarios tengan que ser aplazados.

b) Desorganización en áreas de trabajo

Esto tiene que ver con una anacrónica organización en la Sub Gerencia, puesto que no cuenta con un diseño organizacional, sin documentos de gestión para el área ni tampoco con reglamentos o planes de trabajo específicos. A esto se agrega una inadecuada delimitación de funciones; lo cual no permite definir bien las responsabilidades en el trabajo, a esto se suma el uso de equipo de trabajo inapropiado, comprometiendo la seguridad de los trabajadores; lo que conduce a una acumulación de tareas pendientes; incumplimiento en el trabajo; extravío y/o deterioro de materiales y herramientas; a todo ello se suma la negligencia, apatía o desinterés; y conflictos que existe a nivel interno.

Producto de la aplicación de la guía de observación (anexo 2), se puede notar de acuerdo a los resultados que la gestión de mantenimiento es ineficiente. Esta ineficiencia se traduce que en las áreas de trabajo (talleres), cunde un completo desorden en la planta; vale decir, los espacios que ocupan los talleres no están bien delimitados ni señalizados debidamente. No se cuenta con un lugar específico en el

que los operarios puedan depositar las herramientas que se usan en cada área, por lo que usualmente reposan en el piso o en las mesas de trabajo. Al no existir un orden visible, trae consigo que el operario tome tiempo buscándola. Igualmente, falta limpieza en toda la planta. Estos tiempos agregados a las pérdidas en los días de reparación, no solo afectan en el cálculo de la entrega de los trabajos, sino que impactan de manera negativa en la productividad y eficiencia del proceso. De ahí que el resultado sea en definitiva no eficiente y, por tanto, susceptible de mejora.

c) Inapropiada ejecución de tareas

La ejecución por resultados constituye un enfoque de gestión importante, pues busca incrementar la eficacia y el impacto de las políticas de la organización a través de una mayor responsabilidad por los resultados de la gestión. Producto de ello es que en los talleres se vislumbra una inapropiada ejecución de las tareas debido a la falta de motivación del personal; inadecuada política de calidad en el trabajo; mala comunicación interna; carencia de formación de personal; ambiente de trabajo inadecuado; servicio de atención al usuario deficiente; métodos no apropiados de revisión, verificación y validación del trabajo y mal seguimiento y mediciones del proceso de adquisición de repuestos.

d) Carencia de medidas de control

En la planta de mantenimiento donde se ubican los talleres, la carencia de medidas de control han permitido: mal control de los registros de maquinaria y equipo, falta de control del personal, métodos inadecuados de control del servicio prestado a los usuarios de la municipalidad y carencia de acciones correctivas en el mantenimiento. Igualmente, por versiones del jefe de talleres nunca se ha efectuado ninguna auditoría interna, ni tampoco se ha propiciado medida alguna por parte del órgano de control interno.

3.2.2 Clasificación de problemas

Luego de la identificación de los problemas encontrados y tras el análisis de estos, se llega a la conclusión de que estos ocasionan la ineficiencia en los indicadores de disponibilidad inherente, así como en los costos operativos. En tal sentido, con el fin

de identificar las causas que dan origen a tales indicadores, se realiza un diagrama de Ishikawa. En la figura 10 se muestra como efecto la ineficiente gestión de mantenimiento y se considera como causas principales a la maquinaria y equipo, materiales y repuestos, métodos y personal.

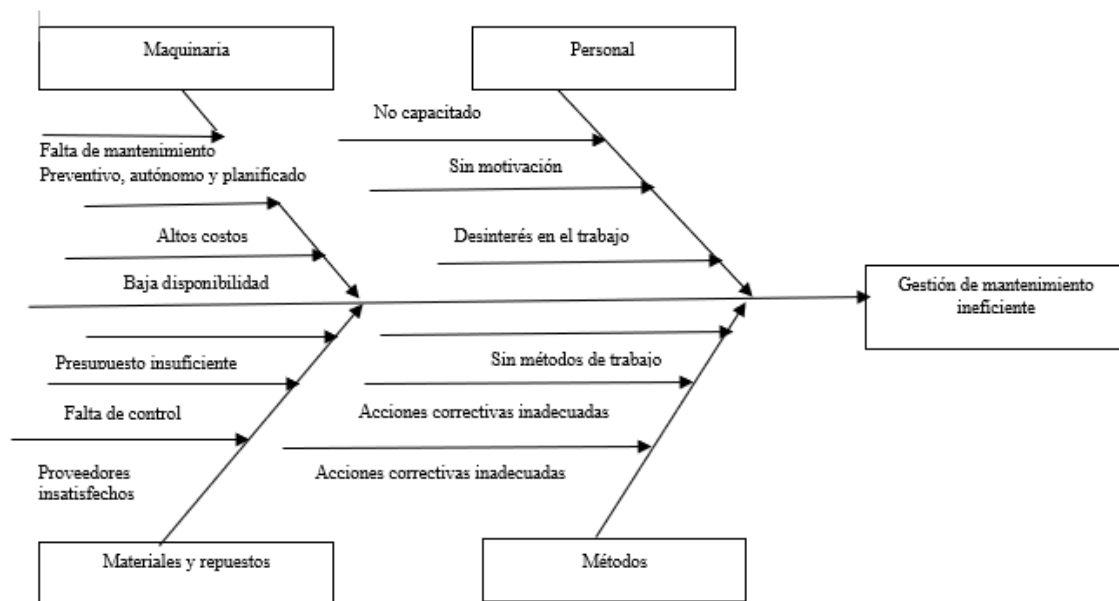


Figura 10. Diagrama de Ishikawa de la gestión de mantenimiento
 Fuente: Elaboración propia en base a los problemas identificados

Los problemas analizados e identificados luego de la elaboración del diagrama de Ishikawa, son clasificados según el impacto que estos generan en el efecto no deseado. Se toma en cuenta la frecuencia de los problemas para poder elaborar una tabla de frecuencias, la cual será utilizada posteriormente para realizar el diagrama de Pareto, este diagrama emplea la filosofía 80-20, la cual indica que el 20% de las causas identificadas, generan el 80% de los problemas que sufre la institución. Por lo tanto, al identificar los problemas críticos del proceso, se pueden plantear propuestas de mejora que solucionen tales problemas específicos.

En la siguiente tabla 5 se muestra la frecuencia de las causas identificadas según la ficha de observación (anexo 2) y el diagrama de Ishikawa (figura 10), cuya representación además de priorizar tales causas, presenta un porcentaje acumulado que servirá para elaborar el análisis del diagrama de Pareto.

Tabla 5
Frecuencia de incidencia de problemas

Prob.	Descripción del tipo de problema	Frecuencia con la que ocurre	%	% Acumulado
A	Desorganización en áreas de trabajo	24	24%	24%
B	Mantenimiento no planificado o progresivo	20	20%	44%
C	Baja disponibilidad inherente de la maquinaria y equipo	15	15%	59%
D	Bajo nivel de confiabilidad y fiabilidad de la maquinaria y equipo	12	12%	71%
E	Altos costos operativos de mantenimiento	10	10%	81%
F	Paradas no programadas por mantenimiento correctivo reactivo	6	6%	87%
G	Falta de un plan de mantenimiento	5	5%	92%
H	Carencia de un programa de capacitación	3	3%	95%
I	Inapropiado equipo de trabajo	2	2%	97%
J	Falta de personal calificado	2	2%	99%
K	Infraestructura inapropiada	1	1%	100%
Total		100		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 5 de frecuencia se puede realizar el diagrama de Pareto, el cual indicará cuáles son los problemas más relevantes a priorizar.

A continuación, en la figura 11 se presenta el diagrama de Pareto. Esta técnica gráfica nos permitirá clasificar los problemas de mayor a menor frecuencia, asignando un orden de prioridades, vale decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes.

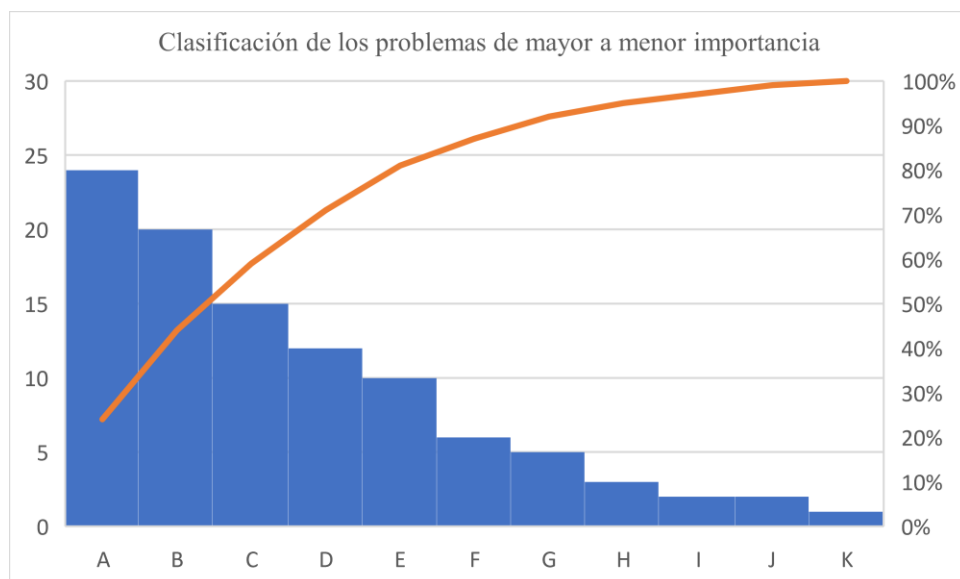


Figura 11. Diagrama de Pareto- Problemas

Fuente: Elaboración propia en base a los problemas identificados

En base a la interpretación del diagrama de Pareto, los problemas denominados A, B, C, D y E, son los problemas más críticos en la planta de mantenimiento, los cuales dan como resultado el efecto de niveles deficientes de gestión de mantenimiento. Estos problemas son: desorganización en áreas de trabajo, mantenimiento no planificado o progresivo, baja disponibilidad inherente de maquinaria y equipo, bajo nivel de confiabilidad y fiabilidad así como altos costos operativos de mantenimiento, respectivamente. Analizando la figura 11, el 81% está concentrado en las 5 primeras causas. Esta distribución es suficiente para dar solución a estos problemas.

3.2.3 Cálculo de indicadores de mantenimiento en condiciones actuales

Para el cálculo de los indicadores en estado actual se ha tomado en consideración las dimensiones de la variable dependiente gestión de mantenimiento de maquinaria y equipo: Disponibilidad inherente y costos operativos en el mantenimiento, según la tabla de operacionalización de variables (anexo 6), del modo como se detalla a continuación:

a) Disponibilidad inherente de la maquinaria y equipo

La disponibilidad inherente es el nivel esperado de disponibilidad debido únicamente al comportamiento del mantenimiento correctivo. No considera los preventivos, la

logística ni las demoras administrativas. El cálculo de la disponibilidad se efectúa tomando en consideración una familia de maquinaria y equipo, mostrada en la tabla 5 y la tabla 6. La fórmula usada es:

$$D_i = \frac{MTBF \times 100}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

Dónde:

D_i = Disponibilidad inherente. Según Boucly (2017, p.12), “debido únicamente al mantenimiento correctivo, no considera el preventivo, logística, ni lo administrativo”.

MTBF: Tiempo promedio entre fallas. Boucly (2017, p.13), “tiempo medio entre cada ocurrencia de una parada específica por falla o avería de un proceso”.

MTTR: Tiempo promedio para la reparación. Boucly (2017, p.14), “tiempo medio hasta haber reparado la falla o avería”.

Cálculo del tiempo promedio entre fallas:

$$MTBF = \frac{N^\circ \text{ de horas de operación}}{N^\circ \text{ de paradas correctivas}} \quad (2)$$

Los datos referidos a las horas de reparación y el número de paradas por falla se presentan en la tabla 6 y comprenden al periodo del segundo semestre de 2018.

Tabla 6

Tiempo promedio entre fallas

Equipos de la planta	Horas de operación	Nº de paradas correctivas	MTBF por equipo
Maquinaria pesada	150	5	30
Volquetes	150	5	30
Camionetas	176	2	88
TOTAL	476	12	

Fuente: Información proporcionada por el jefe de planta

Tomando en consideración los datos de la tabla y reemplazando en la fórmula 2, se tiene:

$$MTBF = \frac{476}{12} = 39,7 \text{ horas/falla}$$

$$MTBF = 39,7 \text{ horas/falla}$$

Cálculo del tiempo promedio para reparaciones:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{N^\circ \text{ de reparaciones correctivas}} \quad (3)$$

Los datos referidos al tiempo para reparación y el número de reparaciones correctivas se presentan en la tabla 7 y comprenden al periodo del primer semestre 2019.

Tabla 7
Tiempo promedio para reparación

Equipos de la planta	Tiempo para reparar	Nº de reparaciones correctivas por falla	MTTR por equipo
Maquinaria pesada	40	4	10
Volquetes	40	3	13,3
Camionetas	60	6	10
TOTAL	140	13	

Fuente: Información proporcionada por el jefe de planta

Tomando en consideración los datos de la tabla y reemplazando en la fórmula 3, se tiene:

$$MTTR = \frac{140}{13} = 10,8 \text{ horas/ reparación}$$

$$MTTR = 10,8 \text{ horas/reparación}$$

Reemplazando los resultados encontrados y reemplazando en (1), tenemos:

$$Di = \frac{39,7 \text{ horas/falla}}{39,7 \text{ horas /falla} + 10,8 \text{ horas/reparación}}$$

$$Di = 0,79 \times 100 = 79\%$$

Por consiguiente: $Di = 79\%$

El resultado es menor al requerido por contrato a terceros que es de 85%. Es decir, cuando es requerido el servicio y no es posible reparar la maquinaria y equipo por falta de repuestos o por su complejidad de la falla, se recurre a contratar a empresas.

b) Costos operativos en el mantenimiento de maquinaria y equipo

Para el cálculo del costo de mantenimiento correctivo de la maquinaria y equipo pesado y liviano, se ha considerado el presupuesto inicial de apertura y el modificado asignado para el segundo semestre de 2018, ya que para este año no existe información alguna en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, por no contar con una persona idónea designada para el cargo, quien debió elaborar y presentar el anteproyecto del presupuesto oportunamente para ser ejecutado en el mes de abril (ver tabla 8).

Tabla 8

Costos de mantenimiento correctivo mensual según presupuesto de apertura

Costo de mantenimiento correctivo mensual					
Mes	Servicio de terceros	Costo de mano de obra	Costo de materiales	Costo de repuestos	TOTAL S/.
1	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
2	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
3	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
4	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
5	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
6	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
TOTAL:	S/.21,000	S/. 72,000	S/. 99,840	S/.30,000	S/.222,840

Fuente: Información documentaria presupuestal proporcionado por el Sub Gerente

De la tabla 8 se puede establecer que el pago a terceros se efectúa cuando no es posible cumplir con la reparación y se encarga esta labor a otros talleres. Además, se considera para efectos de remuneraciones de mano de obra solo para 10 trabajadores (06 de mecánica, 02 de electricidad, el vulcanizador y el encargado del lavadero), el resto de trabajadores que pertenecen a la planta son operadores de maquinaria pesada y choferes de volquetes y maquinaria liviana (camionetas). Asimismo, el rubro de materiales comprende la adquisición de aceite envasado y grasa. En el caso del aceite se refiere a la compra de un cilindro mensual de 55 galones, cuyo precio estimado es de S/.15, 390 más los S/.1, 250 en grasa, haciendo un total de S/. 16,640. Otros materiales menores como soldadura, reemplazo de algunas herramientas, entre otros, son adquiridos por caja chica. Respecto a la partida de repuestos esto se fija a aquellos componentes de menor cuantía que deben ser reemplazados y por consiguiente, se adquieren para ser depositados en bodega para su posterior utilización.

En el segundo semestre de 2018 se tuvo que solicitar se incluya en el presupuesto modificado una asignación de incremento de S/. 80,000, debido a que estuvieron en reparación por el lapso de mes y medio 2 cargadores frontales y 2 volquetes, así como 3 camionetas. El presupuesto modificado se presenta en la tabla 9.

Tabla 9

Costos de mantenimiento correctivo mensual según presupuesto modificado

Costo de mantenimiento correctivo mensual					
Mes	Servicio de terceros	Costo de mano de obra	Costo de materiales	Costo de repuestos	TOTAL S/.
1	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
2	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
3	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
4	5,500	12000	19,000	45,500	82,000
5	4,000	12000	17,540	38,740	72,280
6	3,500	12000	16,640	5,000	37,140
TOTAL:	S/.23,500	S/. 72,000	S/. 103,100	S/.104,240	S/.302,840

Fuente: Información documentaria presupuestal proporcionado por el Sub Gerente

De la tabla 9 se puede deducir que las reparaciones se efectuaron en el cuarto y quinto mes, incrementándose varios rubros.

3.3 Propuesta de mejora basada en el TPM

3.3.1 Diseño de la propuesta

La propuesta de mejora que presentamos en la tabla 10, se diseña a partir de los problemas identificados como críticos de acuerdo al diagrama elaborado de Pareto. En tal sentido, se propone la implantación del TPM para mejorar la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo.

Tabla 10

Alternativas de solución a los problemas seleccionados

Problema	Propuesta de mejora en base al TPM
Desorganización en áreas de trabajo	Implantación de la metodología 5 S
Mantenimiento no planificado	Implantación de actividades de mantenimiento planificado
Baja disponibilidad de la maquinaria y equipo	Implantación de actividades de mantenimiento preventivo
Bajo nivel de fiabilidad y confiabilidad	Implantación de actividades de mantenimiento autónomo
Altos costos operativos de mantenimiento	Implantación de actividades de mantenimiento programado y correctivo

Fuente: Elaboración propia

La secuencia lógica planteada para el diseño de la propuesta de mejora, se ha efectuado tomando en cuenta los problemas identificados como representativos o críticos y sus alternativas de solución según la tabla 10, la misma que está basada en el mantenimiento planificado, autónomo y preventivo de la etapa de implantación del TPM, las cuales se evidencian en la figura 12. En tal propósito, el esquema diseñado propuesto muestra el procedimiento para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta.

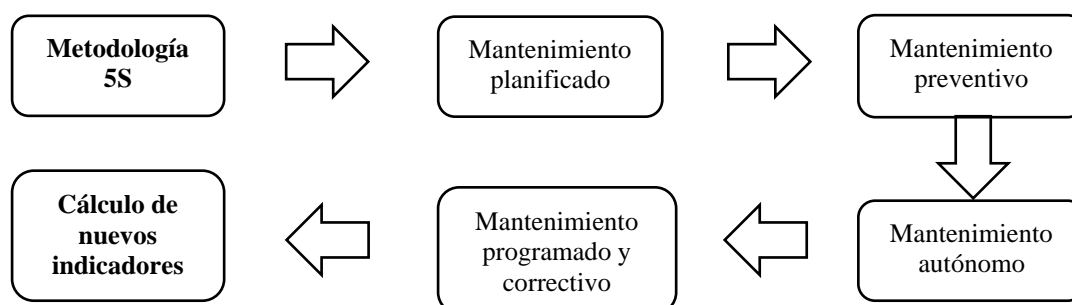


Figura 12. Propuesta de un procedimiento del diseño de mejora
Fuente: Elaboración propia en base a los problemas identificados

3.3.2 Desarrollo de la propuesta de mejora

A continuación, se detallan los pasos seguidos para el desarrollo de la propuesta de mejora en base al TPM, la misma que recoge la propuesta de mejora planteada en la tabla 10 para cada uno de los problemas jerarquizados según el diagrama de Pareto.

A. Proceso de implantación de la metodología 5 s

Esta propuesta de mejora se plantea como respuesta al problema encontrado respecto a la desorganización en las áreas de trabajo (talleres de la planta). En tal sentido, en la figura 13 se presenta de forma general, el esquema de las 5s desarrollado por procesos en dos fases: Preparación y aplicación. Por consiguiente, la razón estriba en que aplicar la metodología de las 5s como base del TPM significa hacer eficiente la propuesta de implementación del sistema, lo cual responde a una organización y planificación acorde con los principios de la administración estratégica.

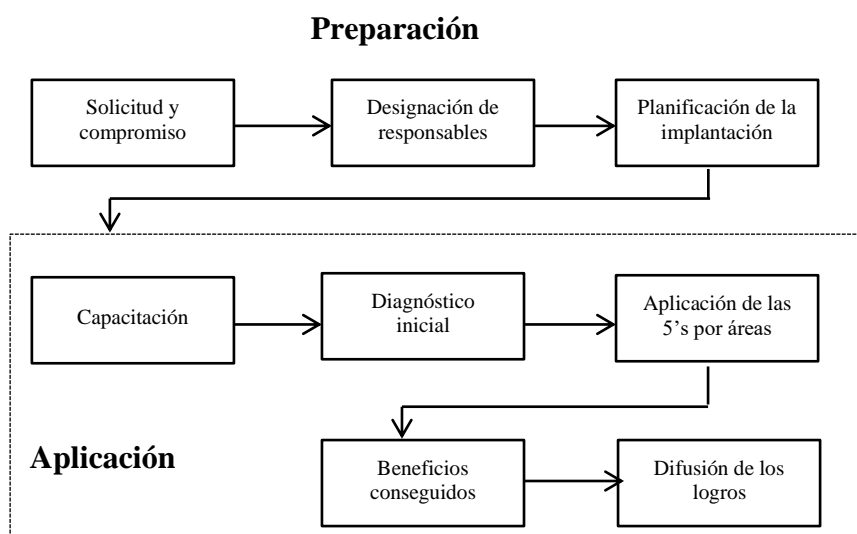


Figura 13. Propuesta de diagrama de procesos para la aplicación de las 5's

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se presenta la distribución de las operaciones que se ejecutan por áreas en la planta de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo; asimismo se describen las principales actividades que realizan cada una de estas áreas que son las que van a facilitar la aplicación de la metodología 5s.

Tabla 11

Definición de las operaciones y actividades principales en los talleres de la planta de mantenimiento

Operaciones	Áreas de la planta de mantenimiento
Ambientes para guardar materiales (combustibles y aceites) y repuestos para su posterior distribución	Almacén
Revisión y reparación de Motores Diesel Mecánica automotriz Mantenimiento correctivo de maquinaria y equipo	Taller de mecánica
Revisión y reparación eléctrica de maquinaria pesada y equipo Electricidad automotriz Soldadura eléctrica	Taller de electricidad
Vulcanización de neumáticos Enllante y desenllante en maquinaria pesada y liviana	Taller de vulcanización

Fuente: Elaboración propia en base a los problemas identificados

Enseguida, se muestran los puntajes para evaluación de las 5 S, con el fin de realizar el análisis del cumplimiento de cada uno de los factores involucrados en la

metodología y, de acuerdo a esta información, generar el plan de acción para la implementación en la planta de mantenimiento. Los puntajes con los que se califica a cada taller están detallados en la tabla 12.

Tabla 12
Puntajes para evaluación 5S

Puntaje	Definición
0	No cuenta con ningún plan de mantenimiento o documento de control
1	Cuenta con alguna evidencia de un plan de mantenimiento correctivo, pero de baja conformidad
2	Cerca de la mitad de las actividades de la planta de mantenimiento se realizan de una manera conforme
3	De las actividades de mantenimiento en la planta la mayoría es conforme
4	Las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo son completamente conformes

Fuente: Elaboración propia

Luego de la aplicación de los criterios según puntaje en cada uno de las áreas, se analiza el porcentaje de cumplimiento de cada factor que forma parte de la metodología, para mayor detalle de los check list, ver anexo 5. En la tabla 13 se detallan los resultados del nivel de cumplimiento en cada una de las áreas.

Tabla 13
Resultado check list 5s

	Almacén	Taller de mecánica	Taller de electricidad	Taller de vulcanización
Clasificación y organización	10%	12%	15%	10%
Orden	12%	11%	12%	10%
Limpieza	13%	12%	14%	12%
Higiene y visualización	15%	15%	15%	15%
Disciplina	20%	25%	24%	18%
Promedio total	14%	15%	16%	13%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 13 el área más crítica con el menor porcentaje de cumplimiento promedio, considerando todos los factores de la metodología 5s, es el taller de vulcanización con un 13%, seguido del área de almacén con 14% de cumplimiento, luego el taller de mecánica con 15% y el área con mayor porcentaje el taller de electricidad con 16%; sin embargo, estos porcentajes sigue siendo muy bajos.

En consecuencia, para determinar que la planta de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo se encuentra en una situación aceptable de cumplimiento para la metodología 5s, es necesario considerar un porcentaje mínimo de 60%. En tal propósito, en la tabla 14 se presenta un plan detallado de acciones a tomar para incrementar los porcentajes actuales, tomando en cuenta una propuesta de mejora por cada área. Estos valores fueron obtenidos de la ficha y entrevista (anexos 2 y 3).

Tabla 14

Propuesta de mejora por áreas según la metodología 5s.

Áreas	Herramienta de las 5S	Situación actual	Propuesta de mejora	Beneficios
ALMACÉN	Clasificar	10 %	Dentro del almacén se deben clasificar adecuadamente los materiales y repuestos	Se evitan demoras innecesarias y situaciones peligrosas
	Orden	12%	Codificar y etiquetar los estantes y los elementos	Reducción del tiempo de búsqueda
	Limpieza	13%	Limpieza de los estantes y de los elementos	Mejor conservación
	Higiene	15%	Diseñar el mapa 5S, asignación de áreas de inspección y controles visuales	Organización, visualización mediante la señalización, imagen, seguridad y salud
	Disciplina	20%	Uso de buenas prácticas para mejorar la formación en el trabajo	Respeto a los estándares y satisfacción en el trabajo
TALLER DE MECÁNICA	Clasificar	12%	Clasificar las herramientas y equipos de trabajo	Se evitan demoras innecesarias y situaciones peligrosas
	Orden	11%	Construir un tablero de herramientas ubicar bien los equipos	Reducción del tiempo de búsqueda
	Limpieza	12%	Limpieza de grasa y aceites	Mayor duración
	Higiene	15%	Asignación de áreas específicas para la ubicación de las máquinas	Señalización, salud en el trabajo y seguridad
	Disciplina	25%	Uso de buenas prácticas para mejorar la satisfacción en el trabajo	Cumplimiento de los estándares de calidad
TALLER DE ELECTRICIDAD	Clasificar	15%	Clasificar las herramientas y equipos de trabajo	Se evitan demoras innecesarias y situaciones peligrosas
	Orden	12°	Construir un tablero de herramientas ubicar bien los equipos	Reducción del tiempo de búsqueda
	Limpieza	14%	Limpieza de herramientas	Mayor duración
	Higiene	15%	Asignación de áreas específicas para la ubicación de las máquinas	Señalización, salud en el trabajo y seguridad
	Disciplina	24%	Uso de buenas prácticas para mejorar la satisfacción en el trabajo	Cumplimiento de los estándares de calidad
TALLER DE VULCANIZACIÓN	Clasificar	10%	Clasificar las herramientas y equipos	Se evitan demoras innecesarias y situaciones peligrosas
	Orden	10%	Ubicar mejor las herramientas y equipos	Reducción del tiempo de búsqueda
	Limpieza	12%	Limpieza de herramientas	Mayor duración
	Higiene	15%	Asignación de áreas específicas para la ubicación de las máquinas	Señalización, salud en el trabajo y seguridad
	Disciplina	18%	Uso de buenas prácticas para mejorar la satisfacción en el trabajo	Cumplimiento de los estándares de calidad

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar un análisis detallado para cada área de trabajo, se procede a desarrollar un plan general para toda la planta de acuerdo a las categorías abordadas en la metodología 5s. En la figura 14 se presenta el análisis del porcentaje de aplicación de los factores, tomando en cuenta un promedio de cumplimiento en todas las áreas.

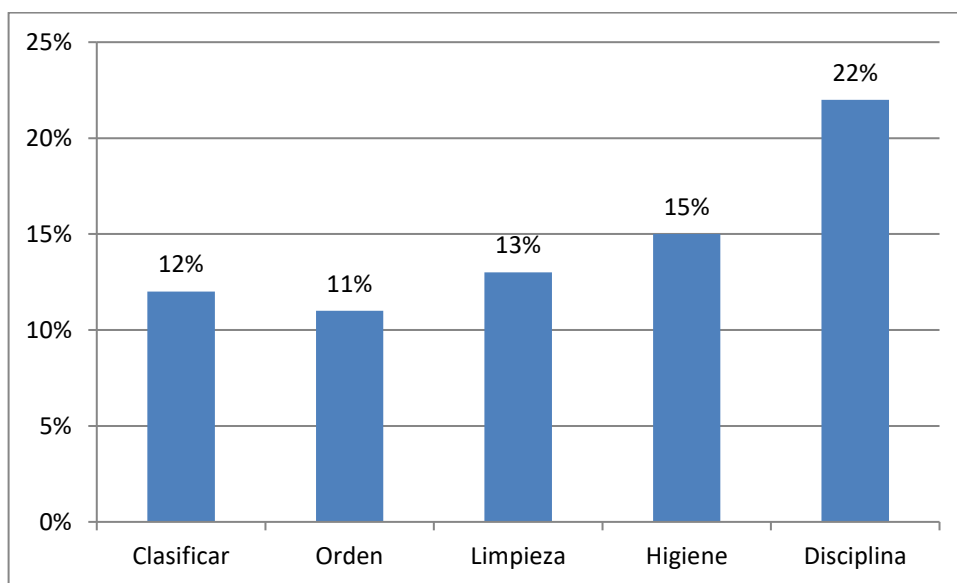


Figura 14. Porcentaje de cumplimiento general 5s

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se presentan los porcentajes de cumplimiento general, de acuerdo a las 5 herramientas consideradas en la metodología. El resultado demuestra que los factores que presentan una mayor oportunidad de mejora son los de orden y clasificación, debido a que estos presentaron un porcentaje menor de cumplimiento, con 11% y 12% respectivamente; luego se encuentra las categorías de limpieza e higiene con 13% y 15% respectivamente y por último disciplina con 22%.

A continuación, se propone el planteamiento para la implantación y aplicación de la metodología 5s a nivel general en la planta, de acuerdo a cada una de sus etapas:

A.1 Implantación de Seiri (clasificación y organización): Para Gonzáles (2017), el objetivo de este pilar es organizar, separar, eliminar o desechar todo lo que sea innecesario del lugar de trabajo, para tener solamente lo que realmente sea utilizado; en nuestro caso, debemos de clasificar y organizar los materiales y repuestos, así como ordenar herramientas y equipos para que se mantengan en buen estado.

Actividades propuestas para su aplicación

Para la aplicación de las actividades del Seiri primero debemos separar las cosas que nos sean necesarias y las que no lo son, manteniendo las cosas utilizables en un lugar adecuado. Para poner en práctica esta primera S tenemos que preguntarnos previamente: ¿qué equipos debemos retirar?, ¿qué herramientas deben ser guardadas?, ¿qué herramientas pueden ser útiles para otro trabajador de taller?, descartando todos aquellos materiales que podrían contaminar el medio ambiente y comprometer la seguridad y salud ocupacional.

En consecuencia, para ordenar la disposición proponemos la clasificación a través de un listado de materiales, repuestos, herramientas y equipos que intervienen en cada actividad, evitando la aglomeración de aquellos que no pertenezcan a las áreas respectivas. Para tal propósito, se plantea identificar los elementos innecesarios a través de tarjetas con códigos de color, atribuyéndoles ciertas características a cada tarjeta de color. En el caso de los elementos que se consideren innecesarios, obsoletos, malogrados o catalogado como sobrantes, se les asignará una tarjeta roja, en la cual se especifique el motivo por el cual se le da esa catalogación. En la figura 15 se presenta una propuesta de formato para las tarjetas e clasificación.

Fecha:		Número:	
Área:			
Nombre del objeto		Cantidad	Unidad
Disposición			
<input type="checkbox"/>	Transferir a área de tarjetas rojas		
<input type="checkbox"/>	Eliminar		
Razón:			
Fecha de disposición:			
Elaborado por:			

Figura 15. Propuesta de formato de tarjeta de clasificación

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, podemos considerar tarjetas de diferentes colores, para identificar la importancia del elemento en cuestión, como por ejemplo tarjetas verdes o azules, dependiendo de la rotación del elemento.

Para el caso específico del almacén (actualmente constituido por la bodega), no solo es necesario la organización sino su codificación (clasificación), tal como se muestra en la tabla propuesta que se muestra a continuación:

Tabla 15

Propuesta de la descripción y clasificación (codificación) de la bodega de repuestos para un futuro almacén

DESCRIPCIÓN DE LA CODIFICACIÓN DEL FUTURO ALMACÉN	
Código de estantes	Código de compartimientos
AI= Área Insumos	AI- INS-001= Área Insumos- compartimiento N° 1
AH= Área de Herramientas	AH-INS-001= Área de Herramientas- Insumos- compartimiento N° 1
AE= Área Electromecánica	AE-REP-001= Área Electromecánica - Repuestos - compartimiento N° 1
AB= Área de repuestos	AB-REP-001= Área de repuestos - compartimiento N° 1
AM= Área de Maquinaria	AM-REP-001= Área de Maquinaria- Repuestos - compartimiento N° 1
AV= Área de Vulcanizadora	AV-INS-001= Área de Vulcanizadora- Insumos- compartimiento N° 1
AP= Área de Pernos	AP-INS-001= Área de Pernos- Insumos- compartimiento N° 1
AM= Área mantenimiento	AA-REP-001= Área mantenimiento- Repuestos - compartimiento N° 1
AF= Área de Filtros de aceite	AF-REP-001= Área de Filtros- Repuestos- compartimiento N° 1

Fuente: Elaboración propia

Beneficios esperados a lograr con la implantación del Seiri

Después de aplicar las actividades del Seiri esperamos evidenciar como ventajas la reducción de necesidades de espacio, ordenación del stock, almacenamiento adecuado de los repuestos, entre otras; asimismo, con ello evitaremos el deterioro de materiales y repuestos, logrando de este modo aumentar la productividad de los trabajadores,

debido a una mejor utilización del tiempo, menor cansancio físico y mayor facilidad en las operaciones. En tal sentido, el beneficio que se percibirá al implantar el Seiri en los talleres es el cambio de actitud en los colaboradores, el mejor uso del espacio físico, y por tanto, reducir la cantidad de pérdidas de materiales, lo que hace que se caigan, derramen o estén expuestos al ambiente como es el caso del aceite y grasas.

A.2 Implantación de Seiton (orden): Para Flores y Pereda (2015), esta S indica cómo y dónde deben ubicarse los materiales, herramientas, equipos, máquinas y vehículos, con el fin de que sea rápido y fácil, encontrar, utilizar y reponer. Para el caso que nos ocupa; lo más aconsejable, según las evidencias mostradas en las fotografías, es disponer de lugares apropiados pues cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar, donde debe encontrarse antes de su uso y después de utilizarlo debe volver a él.

Actividades propuestas para su aplicación

Para la aplicación de las actividades de Seiton planteamos poner mucho énfasis en la capacitación a todos los trabajadores, incluyendo a los del área administrativa. La capacitación podríamos propiciarla a través de la Sede Regional del SENATI. Para efectuar correctamente el programa debemos implementar las buenas prácticas en las propias instalaciones de la planta a fin de establecer mejoras para la gestión.

En la capacitación debemos precisar que el concepto ordenar supone:

- Disponer de un sitio apropiado para cada componente utilizable, dentro de la programación del mantenimiento periódico.
- Disponer de lugares debidamente identificados con anterioridad para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Determinar el grado de utilidad de cada componente para realizar una mejor disposición que disminuya los movimientos innecesarios del trabajador.

Beneficios esperados a lograr con la implantación del Seiton

Después de aplicar las actividades del Seiton esperamos ver evidenciado las ventajas de la forma de ordenar, tales como:

- Reducción de los tiempos de búsqueda de las herramientas y materiales

- Disminución del tiempo para el cambio de los repuestos y lubricantes.
- Se eliminan condiciones inseguras para su protección
- Se ocupa menos espacio en los talleres de mecánica y electricidad
- Se evitan interrupciones en el proceso de mantenimiento electromecánico.

A.3 Implantación de Seiso (limpieza): Gonzáles (2017), sostiene que esta etapa consiste en generar en todos los trabajadores una cultura de limpieza en la planta de mantenimiento. De acuerdo a las evidencias mostradas mediante fotografías, se puede notar que los talleres de la planta están completamente sucios con desperdicios de lubricantes en el suelo, tornándose en un serio peligro si se produjera un incendio. En tal propósito planteamos que el taller debe limpiarse al terminar la jornada diaria y asimismo, deberían conformarse brigadas de limpieza de la planta para su limpieza los fines de semana, siendo el jefe de taller el que supervise e inspeccione los trabajos. La actividad de limpieza debe ser una constante para la seguridad de los vehículos y maquinaria, así como de los propios trabajadores.

En el taller de capacitación se debe establecer claramente que el concepto limpieza en el área de trabajo de mantenimiento de maquinaria y equipo consiste en:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario y como una forma de conducta
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario
- Eliminar la idea entre operario de mantenimiento y trabajador de limpieza
- Eliminar las fuentes de contaminación e inseguridad, no solo de la suciedad.

Actividades propuestas para su aplicación

Las actividades planteadas comprenden:

- Planificar semanalmente el mantenimiento de la limpieza en la planta
- Elaborar un manual de limpieza fijando la organización y las funciones
- Incluir en el presupuesto una partida específica para artículos de limpieza.

En la actividad de planificación planteamos la determinación de responsabilidades en forma rotativa y semanalmente, designando tareas específicas por talleres de acuerdo a una programación y al manual de limpieza. Igualmente, adicionalmente, se implementará otro tipo de acciones en forma rotativa para la organización,

ordenamiento y codificación en la bodega de los materiales y repuestos en estantes. Aquí se depositarán los lubricantes (aceites y líquidos) e insumos utilizados para el mantenimiento periódico de vehículos y maquinaria pesada. Esta limpieza se realizará una vez por semana utilizando una hoja de inspección.

Beneficios esperados a lograr con la implantación del Seiso

Después de aplicar las actividades del Seiso, esperamos que los beneficios que se posibilitarán en la planta de mantenimiento serían:

- Mantener un lugar de trabajo limpio lo cual aumentaría la motivación de los trabajadores de mantenimiento
- Incrementar la vida útil de las herramientas y equipos
- Mejorar la percepción que tienen los usuarios acerca del servicio
- Cambiar la actitud del trabajador de mantenimiento respecto al uso de buenas prácticas de seguridad y salud ocupacional según normas establecidas
- Reducir el riesgo potencial de que se produzcan accidentes en los talleres y en la planta en general
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal de la planta.

A.4 Implantación de Seiketsu (higiene y visualización): Flores y Pereda (2015), manifiestan que, en esta etapa conocida también como estandarización, se busca crear patrones y normas que deben ser seguidos por todos, para que las 3 primeras “S” se mantengan siempre, creando maneras para optimizar ese proceso. En tal sentido, para conservar lo que se ha logrado planteamos estándares a la práctica de las anteriores S.

Actividades propuestas para su aplicación

Para la aplicación de las actividades de Seiketsu planteamos la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones, ya que requiere mucho más creatividad y planificación que las etapas anteriores. En tal razón, cuando se lleve a cabo la estandarización o control visual, los trabajadores harán su trabajo con mayor eficiencia, lo que llevará a reducir los costos y aumentar la productividad. Algo más, cuando se de cumplimiento a las actividades, los trabajadores de los talleres tendrán

una mayor comprensión de sus expectativas de trabajo, posibilitando un cambio de cultura de la planta (aspecto desfavorable observado y evidenciado en el anexo 2).

Beneficios esperados a lograr con la implantación del Seiketsu

Después de aplicar el Seiketsu esperamos se evidencien las siguientes ventajas:

- Facilitará la seguridad en la planta y el mejor desempeño de los trabajadores
- Evitará los daños en la salud ocupacional del trabajador
- Mejorará el ambiente de trabajo en la planta de mantenimiento
- Elevará el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.

A.5 Implantación de Shitsuke (Disciplina): Flores y Pereda (2015), señalan que en esta etapa prima la voluntad de hacer las cosas como se supone se debe de hacer. En nuestro concepto, se trata de crear un entorno de trabajo favorable en base de buenas prácticas. En suma, se procura la mejora alcanzada con las 4 S anteriores, de modo tal que esta 5ta. S sea el mejor ejemplo de compromiso con la mejora continua.

Nuestra propuesta incluye realizar supervisiones de manera continua, para asegurar el cumplimiento de los estándares de clasificación, orden, limpieza y estandarización. De esta forma se validarán los procesos y las actividades. Además, se propone un plan de capacitaciones periódicas en los talleres para los operarios de mantenimiento y los choferes de los vehículos y maquinaria pesada, en los que se refuerce el conocimiento existente acerca de la metodología 5S, así como la concientización sobre su importancia. Aplicando estas mejoras propuestas es indudable que se pueden encontrar nuevas oportunidades de progreso y solución a los problemas existentes para implementar en la planta, contribuyendo con el objetivo de mejora continua.

Actividades propuestas para su aplicación

Las actividades planteadas comprenden:

- El pleno respeto y cumplimiento de las normas y estándares establecidos para conservar el lugar de trabajo de una forma inmejorable.
- Realizar un control efectivo del personal en lo que se refiere al cambio de actitud en el trabajo

- Promover en el personal de planta el hábito de concientización del desarrollo de las actividades para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Beneficios esperados a lograr con la implantación del Shitsuke

Después de aplicar el Shitsuke esperamos lograr con su implantación los siguientes beneficios en la planta:

- La creación de una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la planta (instalaciones, equipos y herramientas)
- El establecimiento de la disciplina como una forma de cambiar hábitos de trabajo
- El cumplimiento de los estándares de buenas prácticas
- Incremento en la motivación de los trabajadores para posibilitar un mayor rendimiento.
- Lograr en los usuarios una mayor satisfacción respecto a la calidad del del servicio
- Hacer posible que con la implantación de esta etapa resulte el lugar de trabajo un ambiente adecuado para el desarrollo de las operaciones de mantenimiento.

Por lo tanto, al desarrollar la 5ta. “S” en la planta de mantenimiento de la subgerencia de maquinaria y equipo, creemos que estamos generando una nueva disciplina de trabajo, la misma que en nuestra opinión, consiste en aplicar coherente y sistemáticamente las actividades anteriores. Por lo tanto, nuestro aporte parte por considerar que hemos pasado paulatinamente del esfuerzo consciente de pensar y aplicar nuevas prácticas laborales y, desaprenderse de los viejos hábitos que vienen posibilitando los trabajadores de la planta, para adquirir nuevas formas de gestión.

En consecuencia, creemos que todo lo que se espera realizar y lograr con la aplicación adecuada de las actividades planteadas en cada una de las etapas de las 5 S, es la base fundamental para todo proceso de implementación del TPM, por lo tanto, en el caso de la planta de mantenimiento del m estudio significará facilitar el proceso para ser eficiente la propuesta y sobre todo, para alcanzar los objetivos institucionales.

B. Implantación de actividades de mantenimiento planificado

El mantenimiento planificado es esencial para el correcto funcionamiento del TPM en los talleres de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, ya que su

meta es alcanzar el “cero en averías”. En tal sentido, implantar adecuadamente el mantenimiento planificado implica una inversión de tiempo importante, ya que actualmente los talleres de mecánica y electricidad de la planta de mantenimiento no disponen de registros con la información que necesita el mantenimiento planificado, ya sea por la falta de datos para establecer las frecuencias con las que se causan fallas y averías o la descripción de los estándares de trabajo con los que actuar, entre otros.

El mantenimiento planificado engloba tres tipos de mantenimiento: Preventivo, de averías y el correctivo.

B.1 Actividades para la implantación del TPM en la etapa del mantenimiento planificado o progresivo

La propuesta que presentamos para la implantación del mantenimiento planificado se establece en seis actividades. La visión general de estas actividades se muestra en la figura 16.

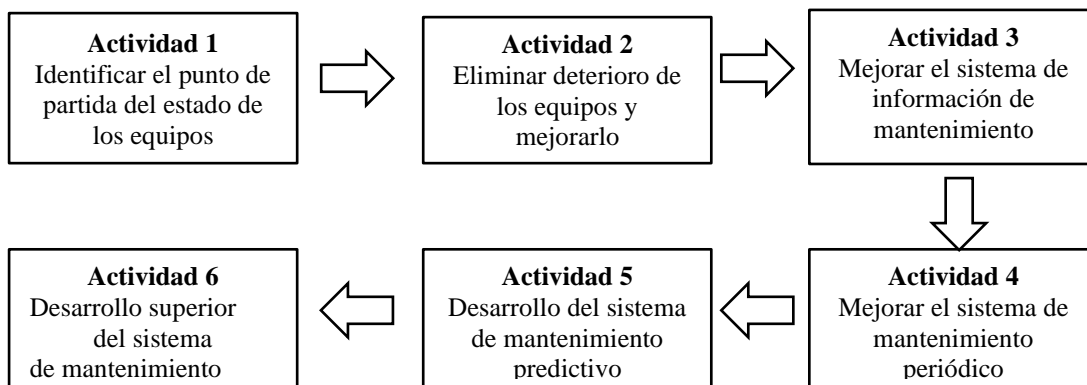


Figura 16. Flujograma de actividades propuesto para el TPM en el mantenimiento planificado
Fuente: Elaboración propia

Descripción de cada uno de las actividades:

1° Identificar el punto de partida del estado de los equipos

En esta actividad se realiza una recopilación de la información disponible, se amplía dicha información y se crea un registro en el que se agrupan todos los elementos que componen los equipos. Esta información permite crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas de los equipos. En tal propósito, la planta de mantenimiento del estudio de acuerdo al diagnóstico necesita:

- Elaborar fichas técnicas de mantenimiento de los equipos, para el efecto se propone el formato respectivo adaptado de la empresa privada (ver figuras 17). En estas fichas se describen el mantenimiento preventivo necesario, el historial de mantenimientos realizados y algunas observaciones sobre el estado de la maquinaria o equipo.

LOGOTIPO		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA		
TIPO DE DOCUMENTO:		FORMATO	CODIGO: GA-FO-32	
NOMBRE:		GESTIÓN ADMINISTRATIVA / HOJA DE VIDA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	VERSIÓN: 1	
RESPONSABILIDAD POR APLICACIÓN:		GRUPO INTERNO DE TRABAJO DE SERVICIOS GENERALES	Página: 1 de 1	
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:				
DESCRIPCIÓN:				
RESPONSABLE DEL EQUIPO:				
CÓDIGO:		MARCA:	VOLTAJE:	
UBICACIÓN:		REFERENCIA:	N° DE SERIE:	
		POTENCIA:	AÑO DE ADQUISICIÓN	MM / DD / AA
CUENTA CON	SI	NO	UBICACIÓN DEL MANUAL	
DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO				
ACTIVIDAD		PERIODICIDAD	MATERIALES A UTILIZAR	
HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS				
FECHA	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO			
MM / DD / AA	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	REPUESTOS	NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL
FECHA	OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINARIA O EQUIPO			NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL M
MM / DD / AA				

FECHA:	Fecha en la que se encontró alguna avería o sugerencia
OBSERVACIONES ENCONTRADAS	Descripción general a las observaciones encontradas durante la revisión
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	Nombre de la empresa o funcionario que aprobó el mantenimiento

Figura 17. Formato de ficha técnica de mantenimiento de equipos adaptado de la empresa privada
Fuente: Elaboración propia

- Implantar documentación y recolección de información relevante como: frecuencia de fallas, causas e intervenciones. Esta información es muy importante para realizar acciones de mejora de los equipos. En la tabla 16 se muestra un listado de las fallas más frecuentes en la maquinaria pesada y liviana, que deben ser identificadas y registradas por los mismos operadores, para el mantenimiento correctivo y preventivo.

Tabla 16

Fallas más frecuentes en la maquinaria pesada y liviana

N°	Fallas más frecuentes	Causas	N° de intervenciones
1	Regulación de frenos		
2	Regulación de cable de enganche de caja de cambios		
3	Lubricación de equipo y cambio de filtro de aire		
4	Cambio de hoja madre de muelle		
5	Servicio de engrase de equipo y colocación de puntos de engrase		
6	Desmontaje del turbo compresor, intercooler y mangueras de admisión		
7	Cambio y remplazo de uñas		
8	Cambios de fusible y arreglo de luces intermitentes		
9	Arreglo de tacómetro		
10	Filtro de petróleo nuevo		
11	Reajuste de pernos de zapata		
12	Engrase general de cucharón		
13	Engrase de motoniveladora		
14	Rotación de uñas		
15	Eliminación de fuga de agua/ rellenar refrigerante		
16	Ajustar pernos del cucharón		
17	Montaje de uña y seguro/ eliminar fuga hidráulica		
18	Sopletear el filtro de aire/colocar perno en el sobre chasis		
19	Eliminar fuga hidráulica		
20	Desmontaje de bocinas del stik		
21	Rellenar agua destilada a las baterías		
22	Inflar llantas/desmontaje de llanta/cambio de llanta		
23	Retiro de cable de ventilador		
24	Montaje de malla protectora		

Fuente: Empresa minera Gold Fields.

2° Eliminar deterioro de los equipos y mejorarlo

Esta actividad busca eliminar los problemas de los equipos y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallas similares en otros equipos idénticos. En esta etapa se aplica la estrategia Daily Management Maintenance o mejora de equipos en forma rutinaria. Esta forma de eliminar averías en forma radical se propicia aplicando métodos de: mejora continua o Kobetsu Kaizen, eliminar fallas de proceso, mejorar el manejo de la información estadística para el diagnóstico de fallas y averías e implantar acciones para evitar la recurrencia de fallas.

3° Mejorar el sistema de información del mantenimiento para la gestión

Esta actividad se centra en la gestión de la información, para ello es fundamental crear una relación de averías que sirva de base para implantar un sistema de gestión de mantenimiento (ver tabla 17). En esta etapa es fundamental crear modelos de sistemas de información de las fallas y averías para su eliminación, antes de implantar un sistema de gestión de mantenimiento de equipos.

4° Mejorar el sistema de mantenimiento periódico

Esta actividad está relacionada con el establecimiento de estándares de mantenimiento, es decir, las tareas a realizar en cada elemento de los equipos, las frecuencias de revisión basadas en la vida útil de cada uno de ellos para realizar un mantenimiento periódico y un modelo para establecer las acciones previstas para el mantenimiento (ver tabla 17).

5° Desarrollo del sistema de mantenimiento predictivo

Esta actividad busca introducir diagnósticos de equipos, ya sea por medio de tecnologías de mantenimiento o en relación a la prueba y error o la experiencia. Aquí se diseñan los flujos de trabajo, selección de tecnología, formación y aplicación en la planta. Por consiguiente, para lograr reducir a cero la probabilidad de averías es necesario incorporar el mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en condiciones. Este mantenimiento establece los intervalos de las revisiones en función de las condiciones actuales de los equipos, determinadas por tecnología de diagnóstico de equipos. Sin embargo, la introducción del mantenimiento predictivo no resulta

conveniente sin haber establecido previamente un sistema de mantenimiento periódico o sistemático, mediante una matriz de análisis predictivo (ver tabla 17).

Tabla 17

Propuesta de una matriz de análisis predictivo

MATRIZ DE ANÁLISIS PREDICTIVO		
PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLE
MOTOR DIÉSEL	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Bomba de aceite	Presión del aceite
	Damper	Velocidad del motor
	Panel de control	Temperatura del agua
MANDOS FINALES	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
HIDRÁULICA	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Panel de control	Temperatura del aceite
	Válvula de alivio	Presión del aceite
TRANSMISIÓN	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Convertidor	Temperatura del aceite en el convertidor
	Convertidor	Presión de entrada y salida del convertidor
DIFERENCIAL	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite
	Toma de muestra	Contenido de metales en el aceite

Fuente: Elaboración propia en base a información recabada de talleres de mecánica.

6° Desarrollo superior del sistema de mantenimiento

Esta actividad desarrolla procesos Kaizen (mejora continua) para la mejora del sistema de mantenimiento periódico establecido, desde los puntos de vista técnico, humano y organizativo. En tal sentido, se trata de evaluar el progreso del MTBF (tiempo total promedio que funcionan los equipos sin fallar), desarrollo de la tecnología de ingeniería de mantenimiento, evaluar económicamente los beneficios del sistema de

mantenimiento, mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico y, explorar el empleo de tecnologías emergentes.

B.2 Desarrollo de las actividades de mantenimiento planificado

El objetivo consiste en conservar y aumentar la vida útil de los equipos y maquinaria. Este mantenimiento está relacionado con el aumento de la disponibilidad del equipo, para ello se debe aumentar la confiabilidad y reducir los tiempos muertos. El mantenimiento planificado requiere de la labor conjunta de todo el personal que labora en las instalaciones de la planta. A continuación, se describen las siete etapas que lo conforman:

1º Registro de las unidades: Para registrar las unidades y facilitar el manejo del mantenimiento se los agrupa dependiendo de su utilidad en tres grupos: vehículos 1 (livianos: camionetas), vehículos 2 (pesados: volquetes) y maquinaria pesada. En el caso de los vehículos livianos y pesados se registrará la marca, el modelo, número de placa, numeración del motor y del chasis, color, el estado actual y el tipo de combustible, entre otros. Esta forma de registro es útil para el inventario. Con esta información base se puede empezar a ordenar y organizar las unidades de acuerdo a sus actividades de trabajo.

2º Documentación técnica: En esta etapa se procede a recopilar toda la información técnica para el mantenimiento de cada una de las unidades, con la finalidad de conocer sus componentes principales como: el motor, transmisión, sistema de combustible, refrigerante, sistema hidráulico, filtros de aire de combustible y bandas entre otros.

Para facilitar su comprensión se observa en la figura 18, en una hoja de cálculo en Excel, un modelo utilizado por una empresa minera, debidamente codificado, un listado de insumos y repuestos necesarios para el mantenimiento de cada una de las unidades como se indican a continuación: INS_REP V1 indica el inventario de requerimientos para el grupo UNIDADES 1; en la sección INS_REP V2 se muestra la lista de insumos y repuestos para el grupo de UNIDADES 2 y la última sección del inventario de INS_REP MAQUINARIA muestra los insumos y repuestos para la MAQUINARIA; este inventario está valorado en algunos campos: aceite para el motor, transmisión, diferencial, caja de transferencia, transmisión automática,

dirección, líquido refrigerante, de freno, el tipo de grasa utilizada, filtro de aire, combustible, bujías en el caso de ser un motor a gasolina, banda de accesorios y banda de distribución.

ES RESPONSABILIDAD DE LA JEFATURA DE TALLER ASEGURAR EL STOCK					
INSUMOS, REPUESTOS PARA VEHÍCULOS 1					
DESCRIPCIÓN INSUMO/ REPUESTO	CODIGO N° PARTE	DATO	CODIGO N° PARTE	DATO	COE
CÓDIGO VEHÍCULO	VJ JEEP-070	1390	VJ JEEP-361	2002	VJ-1
ACEITE MOTOR	15W40	5 L	15W40	5 L	15W
ACEITE TRANSMISIÓN (MT)	85W140	8 L	85W140	8 L	85W
CAJA DE TRANSFERENCIA (MT)	85W140	8 L	85W140	8 L	85W
ACEITE TRANSMISIÓN (AT)					
ACEITE DIFERENCIAL	8 L	8 L	85W140	8 L	85W
REFRIGERANTE	CON BASE DE GLICOLETILENO	5 L	CON BASE DE GLICOLETILENO	5 L	CON
LÍQUIDO DE FRENO			DOT 3		DOT
FLUIDO DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA			DEXRON® 3		DEX
GRASA	SITO NLGI 2		MULTIPROP		MUJ
FILTRO DE ACEITE	2808		PH-966B/ PH		SH-3
FILTRO DE COMBUSTIBLE	S10410-8000/ G-12		SHOGUN 9070		ALG
FILTRO DE AIRE	AF-307/ AF-202 (SHOGUN)		SHOGUN AF-7800		SHC
BUIJÍAS	WR8DC BOSCH	0.7 mm	NGK BKR5E	0.8 mm	BKR
BANDA DE ACCESORIOS	DAYCO 4PK 06L5		DAYCO 4PK 800/ 9L5		DAY
BANDA DE LA DISTRIBUCIÓN	DAYCO 94158/ ISUZU 11407-60A00		DAYCO 95164		DAY

Figura 18. Inventario de insumos y repuestos de una empresa minera
Fuente: Elaborado por la empresa minera Gold Fields

Esta forma de inventario de la figura 18, permitirá en las instituciones públicas un mayor control de insumos y repuestos para efectos de facilitar la auditoría interna.

3° Plan de mantenimiento preventivo: En esta etapa se procede a buscar información de cada unidad según las recomendaciones de su fabricante y su historial de mantenimiento; con esta información se diseña un plan de mantenimiento preventivo para cada grupo de unidades en función a distintos parámetros como: recorridos, combustibles, historiales (los cuales confirman los daños que se han venido dando con el paso del tiempo por un mantenimiento deficiente).

Los parámetros descritos hacen que fijemos frecuencias de mantenimiento para realizar las actividades programadas como por ejemplo: la inspección del sistema de

suspensión mostrada en la figura 24 se la realiza cada 5000 Km como precaución a los daños que se puedan presentar al circular por las vías antes enunciadas, la limpieza de los filtros de aire se la realiza cada 5000 Km seguido de un cambio a los 10000 Km debido a las condiciones de trabajo y los filtros de combustible se los cambia con cada cambio de aceite a los 5000 Km (ver figura 21) por el uso del combustible deficiente.

En la figura 19, se muestra como modelo los campos que conforman el programa de mantenimiento preventivo de Gol Fields, el mismo que por su importancia debería ser adaptado para los talleres de la municipalidad. El primer campo indica el grupo al cual pertenece, en el campo número dos se describe la actividad de mantenimiento que debe realizar el técnico, ejemplo: Aceite y filtro del motor que en el caso de los grupos UNIDADES 1 y UNIDADES 2 se lo realiza en función al KILOMETRAJE y en el grupo de MAQUINARIA se lo realiza cada determinado número de HORAS de trabajo, en el tercer campo se indica la frecuencia con la que se realiza el mantenimiento y que operación se debe cumplir cada determinado intervalo.

GRUPO	DESCRIPCIÓN	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	X 1000 Km		
V E H Í C U L O S	ACEITE DE LA CAJA DE TRANSFERENCIA (TRANSFER)																							
	ACEITE DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA																							
	FILTRO DE FRENO																							
	FILTRO DE COMBUSTIBLE																							
	PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE EN LA UNIDAD DE COMBUSTIBLE																							
	REFRIGERANTE																							
	FILTRO DE AIRE																							
	BUCAS																							
	BANDA DE ACCESORIOS																							
	BANDA DE LA DISTRIBUCIÓN																							
	CUERPO DE ACCELERACIÓN																							
	VÁLVULAS IAC Y PCV																							
	TANQUE DE COMBUSTIBLE																							
	M A Q U I N A R I A	INYECCIÓN																						
		ACEITE																						
FILTRO DE AIRE																								
FILTRO DE COMBUSTIBLE																								
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE EN LA UNIDAD DE COMBUSTIBLE																								
REFRIGERANTE																								
FILTRO DE AIRE																								
BUCAS																								
BANDA DE ACCESORIOS																								
BANDA DE LA DISTRIBUCIÓN																								
1	BAÑO EN MUELLES DE BOMAS/ MUELLES HELICOIDALES/ BARRA DE TORSIÓN																							
	FRENO DELANTEROS Y POSTERIORES																							
	FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESCALONAMIENTO																							
	BAÑO EN LOS DISCOS DE FRENO Y TAMBORES																							
	SISTEMA DE ESCAPE																							
	JUEGO DE LOS PEDALES DE FRENO Y EMBRAGUE																							
	HOLGAS Y JUANES EN EL SISTEMA DE DIRECCIÓN																							
	DESGASTE O DAÑO EN LOS EJES DE SUSPENSIÓN																							
	INSPECCIÓN DEL ATRAPADO																							
	INSPECCIÓN DEL ATRAPADO																							

Figura 19. Programa de mantenimiento preventivo de una empresa minera Fuente: Elaborado por Gold Fields.

El ejemplo de la figura 19 está orientado a vehículos livianos, pesados y maquinaria en este reporte se registra las operaciones a realizar, las mismas que están referidas a cambiar, inspeccionar, limpiar, ajustar y engrasar, de acuerdo al tipo de unidad.

4° Compras: Las compras se las realiza por intervención directa de la Sub Gerencia a pedido de los jefes de taller, la oficina de presupuesto de la municipalidad y la bodega, los tres departamentos coordinan las compras según el stock.

5° Control y flujo de órdenes de trabajo: La orden de trabajo facilita y responsabiliza al personal en cada proceso del mantenimiento. En la figura 20 se propone un formato que puede ser empleado y adaptado para labores ejecutadas dentro y fuera del taller.

LOGOTIPO	Municipalidad Provincial de Cajamarca Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo	Orden de Servicio N°.....
----------	---	------------------------------

Nombre del chofer o solicitante: Placa:

Tipo de vehículo: Km/H:

Departamento: Fecha de ingreso: .../.../.....

DETALLE DE TRABAJOS A REALIZAR	

SOLICITUD DE MATERIALES Y REPUESTOS

Cantidad	Unidad	Descripción	Observaciones

Figura 20. Formato propuesto para una orden de trabajo dentro y fuera del taller.

Fuente: Elaboración en base a formatos utilizados por empresas privadas.

De acuerdo a la figura 20 en el formato de orden de servicio propuesto se registra el detalle de trabajos a realizar, así como la solicitud de materiales y repuestos. Este formato adaptado de la empresa privada se está aplicando actualmente en algunas municipalidades para fines de control presupuestal. En el caso de Cajamarca, se necesita previamente descentralizar las partidas para su ejecución por la Subgerencia.

6° Control de inventario: En esta etapa se realiza un inventario amplio, ordenado y organizado, para los talleres, la sección de repuestos e insumos entre otros, indicando el significado de cada uno mediante su código que identifica como en el caso de los repuestos, el número de estante y el código del repuesto.

7° Análisis y retroalimentación: Para facilitar el análisis de esta etapa se propone e ilustra un caso práctico. Este modelo servirá para implantar un orden de pedido de lubricantes al almacén para su disposición en forma organizada y sobre todo, para sustentar el control respectivo (figura 21).

CASO PRÁCTICO: El día lunes 18 de diciembre de 2018 se acerca al taller la unidad identificada con el siguiente código: VC-DMAX-155, identificando de qué unidad se trata, ver su kilometraje actual de: 132000 Km, pertenece a la Gerencia de GESTIÓN AMBIENTAL, su número de placa es: HMA-155, entonces con estos datos se procede a llenar las ordenes de trabajo para realizar el conjunto de actividades tal como se indica en la figura 20. Luego, se llenan las descripciones de las actividades a efectuar dentro del taller indicando el conjunto de operaciones. Luego, se hace uso de la orden de pedido de lubricantes y combustibles de acuerdo al formato modelo

Señor de almacén

Cajamarca, 18 de diciembre de 2018

Sírvase entregar al señor..... Departamento de **GESTIÓN AMBIENTAL**

Combustible Lubricante Galones y/o litros **5/5/3,5 litros SAE 20w50/80w90/DEXRON III**

Vehículo N° **VC-DMAX -155** Modelo **2007** Tipo **CAMIONETA**

Kilometraje recorrido **132000 Km** Observaciones **último mantenimiento a los 125000 Km**

ENTREGUE CONFORME

RECIBI CON FORME

VERIFICADO POR

.....
ALMACEN

.....
CHOFER

.....
JEFE PLANTA

Figura 21. Formato propuesto para una orden de pedido de lubricantes y combustibles

Fuente: Elaboración de caso en base a formatos utilizados por empresas privadas.

C. Implantación de actividades de mantenimiento preventivo

Como se ha anotado anteriormente, el mantenimiento preventivo tiene enorme importancia para la implantación del TPM y está en contraposición al mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento se refiere a la lista de actividades realizadas por operarios de la planta de mantenimiento, que se efectúan de forma anticipada con la intención de prevenir averías o fallas. Con la implantación previa de este mantenimiento, se ha realizado una tarea de recolección de datos de los componentes de las líneas de servicios de los talleres para establecer una base de datos y con ellos diseñar un programa de cambios de aceite, lubricación, remplazos o ajustes. Existen diferentes tipos de mantenimiento preventivo: Programado, predictivo y proactivo.

El mantenimiento programado es muy efectivo para plantas que necesitan una alta disponibilidad de sus equipos ya que reduce considerablemente las averías. Las tareas a realizar se producen con los equipos en parada por eso es necesario realizar una parada obligatoria para poder ejecutar el mantenimiento programado. Las tareas principales de este mantenimiento tienen que ver con la limpieza, la sustitución de elementos que acumulan mucha fatiga, como rodamientos, cojines camisas, etc., y las comprobaciones que no se pueden realizar con la máquina en marcha.

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones y técnicas que se aplican con la intención de detectar defectos de manera previa a que se manifiesten y supongan una avería severa. Se efectúa aunque el equipo no haya dado problemas.

El mantenimiento proactivo, también conocido como mantenimiento basado en la confiabilidad, consiste en la gestión de los riesgos y permite mejorar las estrategias de mantenimiento para eliminar las fallas recurrentes.

C.1 Actividades para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo de TPM

Cuando se desea implementar un buen programa de mantenimiento preventivo se deben seguir las siguientes actividades:

1º. Codificación de la maquinaria y equipo: La codificación se acostumbra hacerla en un sistema alfanumérico a fin de poder identificar más fácilmente los equipos en la

planta. El código asignado a cada equipo se conservará para ese equipo por todo el tiempo que permanezca en la planta y es conveniente conservarlo un buen tiempo después de su desaparición para evitar posibles confusiones. Este código deberá ser pintado en un lugar visible del equipo, así mismo, servirá de identificación del equipo en la "Hoja de Vida".

2°. Elaboración de la hoja de vida de los equipos: Esta hoja debe contener todos los datos de los equipos, tales como motores, tipo de voltaje, ajustes especiales, número de serie, modelo, código de la máquina, características de los repuestos; se anotarán además las reparaciones que se hayan efectuado sobre la máquina (ver figura 17).

3°. Hoja de mantenimiento de los equipos: En los siguientes flujogramas que proponemos se describirán las revisiones de mantenimiento preventivo y predictivo, las mismas que incluye desde las revisiones más simples hasta las más complicadas. En las figuras 22 y 23 se representan sus principales actividades que deberían implantarse en los talleres de la Sub Gerencia de maquinaria y equipo.

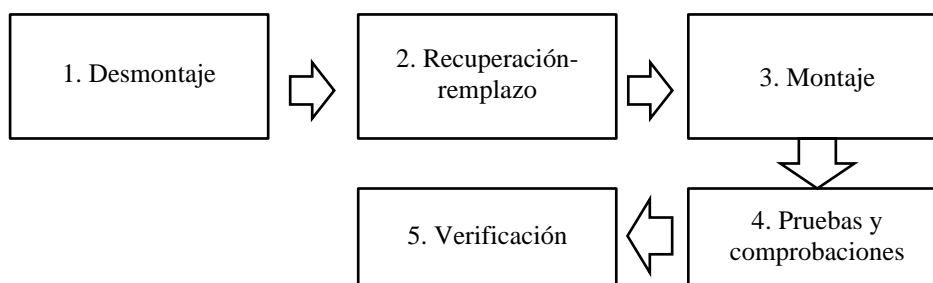


Figura 22. Flujograma de actividades propuesto para el mantenimiento preventivo
Fuente: Elaboración propia

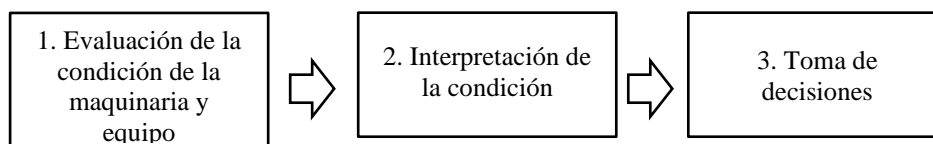


Figura 23. Flujograma de actividades propuesto para el mantenimiento predictivo
Fuente: Elaboración propia

4°. Programa de mantenimiento de los equipos: Aquí deben quedar consignados todos los pasos a seguir para lograr que los equipos a cargo funcionen sin interrupciones. Se deben dar instrucciones precisas al personal de mantenimiento. Este

programa se debe establecer para realizar tareas diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, según sean las necesidades de la empresa.

C.2 Desarrollo de las actividades de un programa de mantenimiento preventivo

Con el mantenimiento preventivo se logra una mayor atención a los equipos y se tienen menores tiempos de paradas. El programa de mantenimiento preventivo deberá abarcar tres grandes áreas de la planta: Lubricación, electricidad o electrónica y la mecánica.

1º. Lubricación: Se puede afirmar que el 60% de las fallas de los equipos provienen de una deficiente lubricación. Para que los equipos funcionen correctamente en este aspecto es necesario conocer a fondo los lubricantes empleados, sus características, aplicaciones específicas, vida útil, para asegurar así un buen desempeño de las máquinas. El mantenimiento preventivo consiste en cambiar los lubricantes en las fechas establecidas para ello hay que aplicar las grasas en la cantidad necesaria y tener el lubricante adecuado para cada mecanismo. Como un complemento y buscando menores costos de mantenimiento, se deben realizar análisis de laboratorio para detectar partículas de desgaste y otros contaminantes en el aceite (mantenimiento predictivo), así como también buscar reemplazar algunos lubricantes que brinden mayores ahorros en energía (proactivo).

2º. Electricidad – Electrónica: Cuando existen conexiones defectuosas se presenta un incremento de temperatura en los empalmes lo cual genera consumo de energía y puede ocasionar tentativas de incendio. En este campo se debe buscar la implementación de equipos que operen a voltajes elevados (220/440 v) con lo cual se logra una reducción del consumo de energía.

3º. Mecánica: Un buen mantenimiento mecánico debe permitir mantener en óptimas condiciones la maquinaria y el equipo. El mantenimiento preventivo en la parte mecánica busca que los diversos elementos de máquinas trabajen correctamente. Así, se deben hacer inspecciones periódicas de las diferentes tolerancias, detectar los desalineamientos y corregirlos, buscar fuentes generadoras de vibraciones y eliminarlas. Si se ejecuta este mantenimiento se tendrán equipos operativos durante mucho tiempo, pues es conocido con las siglas LEM (lubricación, electricidad y mecánica).

D. Implantación de actividades de mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo está referido al control de los propios equipos de forma permanente por cada operador. La implementación del mantenimiento autónomo según Seiichi Nakajimase se basa en siete actividades en forma consecutiva, estas son:

1º Limpieza inicial: La primera actividad se relaciona con el concepto de "inspección de limpieza".

2º Proponer medidas y señalar causas y efectos de la basura y el polvo:

La segunda actividad se compone de: medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación.

3º Estándares de limpieza y lubricación. La tercera actividad (formulación de los estándares de trabajo), se destina a la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores en lo referido a la limpieza y lubricación. En este paso se combina con la utilización de las 5s.

4º Inspección General. La cuarta actividad se destina a la capacitación sobre cómo conducir una inspección de los componentes de los equipos (por ejemplo: filtros, lubricadores, reguladores, etc.), de manera que, los operadores sean habilitados para la ejecución de la inspección autónoma (5º paso).

5º Inspección autónoma. Tiene como objetivo que los operadores puedan, al ejecutar la inspección, detectar problemas y corregir pequeños daños en desarrollo.

6º Organización y ordenamiento. La sexta actividad (estandarización) se destina al establecimiento y mantenimiento, de las condiciones de control de los elementos de campo.

7º Consolidación de la implantación del mantenimiento autónomo. La séptima actividad (control totalmente autónomo), se destina a dar continuidad a las actividades aprovechando al máximo los conocimientos adquiridos a través de las actividades (1) a (6). Las actividades básicas (1) a (4) están asociadas al perfeccionamiento de los recursos humanos y mejora de los equipos, cuando son rígidamente cumplidos y pacientemente mantenidos.

D.1 Desarrollo de las actividades de un programa de mantenimiento autónomo

En este Pilar del TPM se pretende iniciar e implantar el auto mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de maquinaria y equipo. El auto mantenimiento es la apropiación de los medios de mantenimiento por parte de los mecánicos y de los operadores. Se trata de que cada operador de vehículos o de maquinaria pesada sea capaz de detectar con antelación disconformidades en sus equipos que puedan inducir a una avería, o a una parada imprevista. En tal sentido se propone a continuación una hoja de mantenimiento diario, adaptada de la empresa privada, para ser aplica por el operador de cada tipo de maquinaria, tal como se muestra en el ejemplo de la tabla 18.

Tabla 18

Hoja de mantenimiento diario a cargo del operador para excavadora 330 DL

A.	INSPECCIÓN VISUAL ALREDEDOR DEL EQUIPO: EXCAVADORA 330DL	OB.
1	Comportamiento del motor: Observar fuga de aceite o combustible, partes flojas, cables sueltos, exceso de suciedad	
2	Sistema de enfriamiento: Observar fugas, estado del radiador, abolladuras, suciedad, mangueras o abrazaderas flojas.	
3	Sistema hidráulico: Observar fugas, estado general de mangueras, roturas o rozamiento, varillas flojas	
4	Mando finales y diferenciales: Observar fugas de aceite	
5	Cucharon: Desgastes, dientes rotos o falta de pernos	
B.	MANTENIMIENTO DIARIO	
1	Revisar el carter de aceite de motor	
2	Radiador: Comprobar el nivel de agua	
3	Batería: Limpiar bornes y comprobar nivel de electrolito o agregar agua destilada	
4	Filtros de combustible: Drenar agua y sedimentos	
5	Tanque de aire: Drenar agua	
6	Bandas de ventilador: Comprobar tensión y estado	
7	Instrumentos: Al poner el motor en funcionamiento, observar que todos los instrumentos e iconos de alertas indiquen en forma normal	
8	Revisar carter de aceite de la transmisión	
9	Revisar el depósito de aceite hidráulico	
10	Revisar el tanque de combustible: drenar agua y sedimentos.	

Fuente: Elaboración propuesta en base a formatos empleados por empresas privadas

De otra parte, en las figuras 24 y 25 se presentan a manera de ejemplo, dos formatos propuestos para ser utilizados en la inspección del sistema de suspensión y de lubricación, tanto para maquinaria pesada como para vehículos livianos. Tales formatos han sido adaptados de las empresas mineras de Cajamarca y las que utilizan otras empresas del rubro.

FORMULARIO DE INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN				
Código del vehículo: _____ (1) Fecha de inspección: _____ (2)				
Hora: _____ (3)				
Nombre del inspector: _____ (4)				
N°	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM A EVALUAR	SI Cumple (6)	NO Cumple (7)	NO Procede (8)
1	¿Los soportes de los muelles se encuentran en posición tal que impidan el movimiento del eje de su posición normal?(5)			
2	¿Puede observarse si existen laminas quebradas en un muelle multilaminar o las que se han desplazado, pueden golpear una llanta o alguna otra pieza?(9)			
3	¿Se presentan amortiguadores con fugas ya sea de aceite o de gas? (10).			
4	¿Existen en la barra o árbol de reacción, pernos en U, soportes del muelle y otras piezas de colocación, que puedan estar agrietadas o dañadas o que hagan falta? (11).			
5	¿Existe cualquier otro miembro de la estructura que falte, o que se esté agrietando o roto? (12).			
6	Pruebe el funcionamiento de los amortiguadores. Empuje hacia arriba y hacia abajo el automóbiles vehículo debe de parar de botar cuando usted pare de empujar (13).			
RECOMENDACIONES				
Las piezas de la suspensión rotas pueden ser sumamente peligrosas, así que no viaje si no ha revisado apropiadamente su vehículo (14).				
OBSERVACIONES				

Figura 24. Formato propuesto para la inspección del sistema de suspensión
Fuente: Elaboración adaptada en base a formatos utilizados por empresas privadas

La importancia de estos formatos radica en que no solamente facilita un mejor registro de las operaciones efectuadas en el taller de mecánica, sino que posibilita un mayor control e inspección del estado en que se encuentra ambos sistemas. Esto posibilita, por ejemplo, determinar su reemplazo o en su defecto su compostura.

FORMULARIO DE INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN				
Código del vehículo: _____ (1)		Fecha de inspección: _____ (2)		
Hora: _____ (3)				
Nombre del inspector: _____ (4)				
Nº	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM A EVALUAR	SI Cumple	NO Cumple	NO Procede
1	Revise que la aguja indicadora de presión de aceite marque (5).			
2	Revise si al conectar el encendido, la aguja del tanque de gasolina marca lleno, aunque el depósito este vacío (9).			
3	Cambie los conductos de goma que estén abombados, roídos o quebradizos, además si un conducto se ve mal, o al tocarlo se siente demasiado suave o duro (10)			
4	Chequee el líquido de la transmisión cada mes, cuando el motor está en marcha y mientras está caliente. Esto aplica para vehículos automáticos (11).			
5	Chequee el nivel de aceite del motor. Saque la varilla límpiela. Insértela totalmente y sáqueela otra vez, si el nivel de aceite está bajo, añada más aceite (12).			
6	Chequee el nivel de líquido de los frenos cada mes. Si necesita líquido de los frenos cada mes. Si necesita líquido añada el tipo aprobado y busque posibles escapes o goteras en el sistema (13).			
7	Revise que el depósito del detergente del limpiaparabrisas se encuentre lleno. Cuando lo llene, vierta parte del detergente en un trapo para poder limpiar el filo de los limpiaparabrisas (14).			
RECOMENDACIONES				

OBSERVACIONES				

Figura 25. Formato propuesto para la inspección del sistema de lubricación
Fuente: Elaboración adaptada en base a formatos utilizados por empresas privadas

En este caso la inspección del sistema de lubricación es un mantenimiento programado y responde a un número de kilómetros recorridos. La finalidad de esta revisión permite mejorar la vida útil del motor y prever su mejor funcionamiento.

Estos informes pueden adecuarse también para el sistema eléctrico, el sistema de dirección, entre otros, que son los que mayormente se presentan para el mantenimiento en planta. Precisamente, de estas actividades el operador adquiere conocimiento sobre

limpieza, inspecciones, controles y labores diarias antes del servicio, la finalidad es descubrir fallos tempranos que a veces pasan desapercibidos en los equipos, los cuales son almacenados en los reportes de inspección de los mecánicos.

3.3.3 Estimación de los indicadores de gestión de mantenimiento en condiciones de mejora

Con el objetivo de medir y determinar el resultado esperado que se genera a través de la implantación de la propuesta de mejora, se calcula el cambio en los indicadores relevantes de disponibilidad inherente y costos operativos en el mantenimiento de maquinaria y equipo.

a) Disponibilidad inherente de la maquinaria y equipo

La disponibilidad inherente de acuerdo a la situación actual es 79% y la meta es sobrepasar o llegar a 85%; entonces para que aumente tal disponibilidad es necesario que disminuya el tiempo promedio para reparación y esto se logra si se incrementa el número de reparaciones correctivas por falla. La propuesta de mejora considera como medida la realización de actividades de mantenimiento preventivo, para lo cual se establece que regularmente se deben hacer inspecciones periódicas para corregir las piezas defectuosas, lubricación, revisión de conexiones eléctricas, entre otros.

En tal razón, por antecedentes históricos a nivel semestral (versión del responsable), el número de reparaciones correctivas se incrementará 2 en maquinaria pesada, 2 en volquetes y 0.5 en máquinas livianas, haciendo un total de 4.5. Por consiguiente, luego de la información recogida de mejora se realiza el cálculo nuevamente.

$$MTTR = \frac{140}{13+4.5} = 8 \text{ horas/ reparación}$$

$$MTTR = 8 \text{ horas/reparación}$$

Reemplazando el nuevo valor en la fórmula:

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$Di = \frac{39,7 \text{ horas/falla}}{39,7 \text{ horas /falla} + 8 \text{ horas/reparación}}$$

$$39,7 \text{ horas /falla} + 8 \text{ horas/reparación}$$

$$Di = 0,83 \times 100 = 83\%$$

b) Costos operativos en el mantenimiento de maquinaria y equipo

El nuevo costo de mantenimiento se calcula en base al costo de mantenimiento planificado, preventivo (programado) y autónomo para el segundo semestre del 2018 (dado a que no se contó con información del año 2019 por inadecuada gestión del Subgerente reemplazante que no era de la especialidad de mantenimiento mecánico, pese a que el perfil del profesional está establecido en el Manual de Organización y Funciones, recayendo esta función en el jefe de taller que solo cuenta con experiencia). Este costo de acuerdo a la tabla 19 asciende a S/. 28,269. (Los costos en detalle se muestran en el anexo 8).

Tabla 19

Costos de mantenimiento planificado, preventivo (programado) y autónomo

Mes	Mantenimiento Planificado		Mantenimiento preventivo		Mantenimiento autónomo	
	CM	CR	CM	CR	CM	CR
1	1,280	1,200	950	750	980	700
2	1,180	1,100	870	700	880	690
3	1,000	1,000	760	650	780	670
4	950	900	580	600	649	650
5	900	850	560	550	600	600
6	850	700	550	500	550	590
Sub total	6,160	5,750	4,270	3,750	4,439	3,900
TOTAL	11,910		8,020		8,339	

Fuente: Elaboración propia

CM: Costos de materiales; CR: Costos de repuestos

3.4 Comparación de indicadores antes y después de la mejora

En la tabla 20 se muestra la compara de indicadores antes y después de la mejora

Tabla 20

Comparación de indicadores antes y después de la mejora

Indicadores	Antes	Después
Disponibilidad inherente de la maquinaria y equipo	79%	83%
Costos operativos en el mantenimiento de maquinaria y equipo	S/.302, 840	S/. 28, 269

Fuente: Elaboración en base al cumplimiento de los indicadores de mantenimiento

3.5 Beneficios económicos de la propuesta de mejora

En esta sección analizamos los costos que demanda la posterior implementación de los pilares del TPM (Mantenimiento planificado, preventivo y autónomo) durante un semestre. El detalle de los costos se presenta en el anexo 8.

Tabla 21
Costos de inversión para la implementación

RUBROS	TOTAL (S/.)
Capacitación	33,000.00
Implementación de las 5 S en los talleres de mecánica y electricidad (3 meses)	9,500.00
Actividades de mantenimiento planificado	11,910.00
Actividades de mantenimiento Preventivo	8,020.00
Actividades de mantenimiento Autónomo	8,339.00
Reforzamiento en seguridad e higiene ambiental	8,000.00
Mejoramiento de infraestructura para los talleres de mantenimiento y almacén	8,500.00
TOTAL	87,269.00

Fuente: Elaboración en base al cumplimiento de los indicadores de mantenimiento

De acuerdo a la tabla 21, la capacitación en gestión de mantenimiento es integral y se dará por consultoría mediante contrato con el SENATI (quién elaborará el cronograma de actividades en coordinación con la jefatura de planta). Esta capacitación comprende el uso de buenas prácticas, la capacitación en desarrollo de capacidades de operación y mantenimiento y, la capacitación en temas de seguridad e higiene industrial, las mismas que tendrán una duración de un mes cada una y comprenderá con la entrega de manuales instructivos y se efectuará en las instalaciones del SENATI. Respecto a la implementación de las actividades de las 5 S se efectuarán en la planta, contando con el apoyo de profesionales de la Municipalidad de Cajamarca.

A continuación, en la tabla 22 se presenta a manera de resumen los costos que viene ejecutando la planta de mantenimiento, según el presupuesto modificado, durante el segundo semestre de 2018. El detalle de los costos se muestra en el anexo 8.

Tabla 22

Costos de los beneficios esperados por la implementación ()*

RUBROS	TOTAL (S/.)
Disminución de los costos horas/hombre (días laborables perdidos por falta de repuestos) x10 días/ 2 mecánicos y 7 operarios de maquinaria pesada y liviana a S/40 diarios (2° semestre 2018)	3,600.00
Pago a terceros durante 6 meses según presupuesto modificado	23,500.00
Multa inicial por incumplimiento de la seguridad y salud en el trabajo x 5 UIT de acuerdo al D.S. N° 380-2019-EF.	21,500.00
Costo por la no disponibilidad de los 2 cargadores frontales y los 2 volquetes x 10 días a 80\$ la hora	85,120.00
Incremento de costos de materiales del presupuesto inicial vs. Presupuesto modificado (cuarto y quinto mes del 2° semestre 2018)	8,044.00
Incremento de costos de repuestos del presupuesto inicial vs. Presupuesto modificado (cuarto y quinto mes del 2° semestre 2018)	15,320.00
TOTAL	157,084

Fuente: Elaboración en base al cumplimiento de los indicadores de mantenimiento

(*) Para el cálculo de los costos estimados, se tuvo como fuente de información la proporcionada por el Jefe de Taller de mantenimiento en base a datos históricos, la multa que impone SUNAFIL y la diferencia entre el presupuesto inicial de apertura (PIA) y el modificado (PM) de la Municipalidad Provincial de Cajamarca 2018-2019.

De los resultados de las tablas 21 y 22 se establece el cálculo del beneficio-costo para el semestre en estudio, vale decir, es el resultado del beneficio económico esperado (por ahorro en los gastos operativos), si se hubiese implementado las mejoras propuestas en dicho periodo.

Según la fórmula: B/C

Dónde:

B= Beneficio esperado

C= Costo total

$$B/C = \frac{S/. 157,084}{S/. 87,269}$$

$$B/C = 1.80$$

El indicador B/C se interpreta que por cada sol invertido se obtiene un beneficio de S/. 1.80.

ANEXO 6: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	Es una filosofía de mantenimiento que aporta una productividad máxima total (duplicar la productividad y/o reducir en un 30% los costos), cuyo objetivo es mantener la maquinaria o equipo en disposición para el funcionamiento a su capacidad máxima sin paradas no programadas.	Es un método de gestión empresarial que maximiza la utilización de los activos y garantiza los servicios de alta calidad y a costos competitivos mediante el mantenimiento, preventivo, autónomo y planificado de la maquinaria y/o equipo.	Mantenimiento planificado	% Cumplimiento del mantenimiento planificado: $MP = \frac{MP}{AP} \times 100$
			Mantenimiento preventivo	% Cumplimiento del mantenimiento preventivo: $PM = \frac{PM}{MR} \times 100$
			Mantenimiento autónomo	% Cumplimiento del mantenimiento autónomo: $MA = \frac{MA}{MRE} \times 100$

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO	La gestión de mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el servicio por averías de máquinas y equipos.	Es el trabajo de planificación y control que debe realizarse para maximizar la disponibilidad, confiabilidad y efectividad de la infraestructura (maquinaria y equipo) optimizando su funcionamiento al menor costo posible.	Planificación del mantenimiento	% de implementación
			Organización del mantenimiento	% de implementación
			Ejecución del mantenimiento	% de implementación
			Control del mantenimiento	% de implementación
			Costos de mantenimiento	$C = CM + CMO + CR$
			Disponibilidad inherente	$\% Di = \frac{MTBF \times 100}{MTBF + MTTR}$

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De los resultados de la encuesta realizada a los trabajadores de los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo (tabla 3), se puede establecer que la actual gestión de mantenimiento es deficiente, debido a problemas como una falta de planificación del mantenimiento, desorganización en las áreas de trabajo, inapropiada ejecución de tareas y carencia de medidas de control, lo cual viene determinado por una baja disponibilidad inherente (79%), cuyo indicador es menor al requerido por contrato que es de 85%. En cuanto a la frecuencia de fallas, las bases teóricas señalan que a nivel sectorial el estándar en maquinaria pesada es de aproximadamente 15 minutos; sin embargo, el trabajo desarrollado por la municipalidad en Centros Poblados Menores, alcanza en promedio 1.5 minutos. Respecto a los costos operativos es muy alto pues el presupuesto inicial de apertura para el segundo semestre de 2018 (tabla 7) pasó de S/. 222,840 a un presupuesto modificado de S/. 302,840 (tabla 8).

Lo anterior se explica por la incapacidad de gestión de quienes están a cargo de la Sub Gerencia, desde gestiones muy anteriores, pues tal como hemos constatado los responsables de esta subgerencia son profesionales de otras áreas, distintas a la ingeniería industrial o mecánica, incluso el manual de funciones, si bien define explícitamente las funciones del sub gerente, sin embargo, el perfil es distinto, dejando la responsabilidad de la dirección de la planta en el jefe de talleres, que si bien es cierto no tiene profesión alguna, pero ha adquirido la experiencia técnica necesaria para dirigir la planta.

Por otro parte, la propuesta de mejora basada en el TPM para el proceso de gestión de mantenimiento, plantea en la tabla 9, alternativas de solución respecto a los problemas seleccionados como la implantación de la metodología 5S, implantación de actividades de mantenimiento planificado, preventivo y autónomo, así como de actividades de mantenimiento programado y correctivo para disminuir los costos operativos del mantenimiento.

Producto del análisis de la implantación de tales actividades se ha estimado nuevos indicadores de gestión de mantenimiento en condiciones de mejora para los talleres de

la Sub Gerencia de Maquinaria y equipo, del modo que se indica: la disponibilidad se vio incrementada en 4%, alcanzando el 83%, que si bien es cierto no es la meta que se debe lograr, pero si se evalúan mejoras en otros procesos en el mediano plazo indudablemente que esto mejoraría notablemente. En lo referente a los costos operativos aumentaron en S/. 28,269, producto de la realización de actividades de mantenimiento planificado, preventivo y autónomo.

En relación a los beneficios económicos de la propuesta de mejora, se ha establecido que el cálculo de la relación beneficio-costos es de S/. 1.80, por lo que la propuesta debe ser considerada.

De los estudios citados son dos los que interpretamos comparativamente con nuestro trabajo dado a que son los más relevantes, el primero de Martínez (2011) relacionado con el diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios, que contempla los pasos a seguir y el segundo, de Aponte (2017) referido a la aplicación del TPM para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de vehículos de carga de una empresa de transportes, que sustenta el incremento en la eficiencia y eficacia en un promedio del 12%, con los cuales no compartimos sus objetivos, pues en el primer caso, el sector de bienes y servicios tienen distintos comportamientos, mucho más cuando se trata de lo privado y público. En el segundo caso, para aplicar el TPM es necesario tener una metodología de trabajo previo y sobre todo, iniciar un proceso de aplicación de las 5 S para hacer eficiente la implementación y facilitar la adopción de nuevas formas de trabajo.

Lamentablemente en el caso peruano, el TPM es muy poco difundido sobre todo en los gobiernos regionales y locales, siendo este trabajo una primera aproximación investigativa peruana, su comprensión radica en la carencia de una voluntad política de gestión y sobre todo, en generar iniciativas como es esta primera experiencia en Cajamarca. Por lo que en las Escuelas Profesionales de Ingeniería Industrial y de Mecánica de las universidades, debe ser una línea obligada de investigación. Sin embargo, es oportuno señalar las dificultades y limitaciones encontradas en el desarrollo del presente trabajo, que han sido salvadas con esfuerzo y dedicación.

De otro lado, en relación a la contrastación de la hipótesis, la propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha permitido mejorar la gestión de mantenimiento, pues desde la perspectiva técnica el simple hecho de evaluar los indicadores al inicio y con la propuesta, se establecen mejoras sustantivas. En la misma medida, desde la perspectiva económica, la disminución de los costos se ve influenciada con un ahorro semestral de S/. 69,815 lo cual es un beneficio económico para la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

4.2 Conclusiones

- La propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) permitirá mejorar la gestión de mantenimiento en la planificación, organización, ejecución y control de los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- El diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca determinó que es deficiente, pues la planificación, organización, ejecución (mantenimiento correctivo) y control del mantenimiento es inexistente, lo que trae consigo una baja disponibilidad, fiabilidad (frecuencia de fallas) y confiabilidad de la maquinaria pesada y liviana.
- El diseño y el desarrollo de la propuesta de mejora basada en los pilares del TPM (mantenimiento planificado, preventivo y autónomo) permitirá mejorar la falta de planificación de mantenimiento, desorganización en las áreas de trabajo, inapropiada ejecución de tareas y carencia de medidas de control, mediante la implantación de actividades relacionadas con la identificación del estado de los equipos, su deterioro, el sistema de información, y el mantenimiento periódico y predictivo; las 5 S; así como de actividades del mantenimiento preventivo y autónomo.
- Producto de la estimación de los indicadores de gestión de mantenimiento en condiciones de mejora se obtuvo un incremento del 79% al 83% en la disponibilidad de los equipos, en la confiabilidad de los equipos del 58,2% al 74,47% y en la fiabilidad (frecuencia de fallas) de 1.5 minutos a 13 minutos. En lo que respecta a la disminución de costos operativos de mantenimiento se obtuvo un 30% menos.
- Según las tablas calculadas 19 y 20, los beneficios económicos de la propuesta de mejora alcanzan a un ahorro semestral de S/.274,571 o lo que es lo mismo, de S/.45,762 mensuales, sobre el presupuesto inicial de apertura de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo. Estos montos tienen su explicación de justificación ya que el mayor gasto del presupuesto se orienta al pago a terceros.

REFERENCIAS

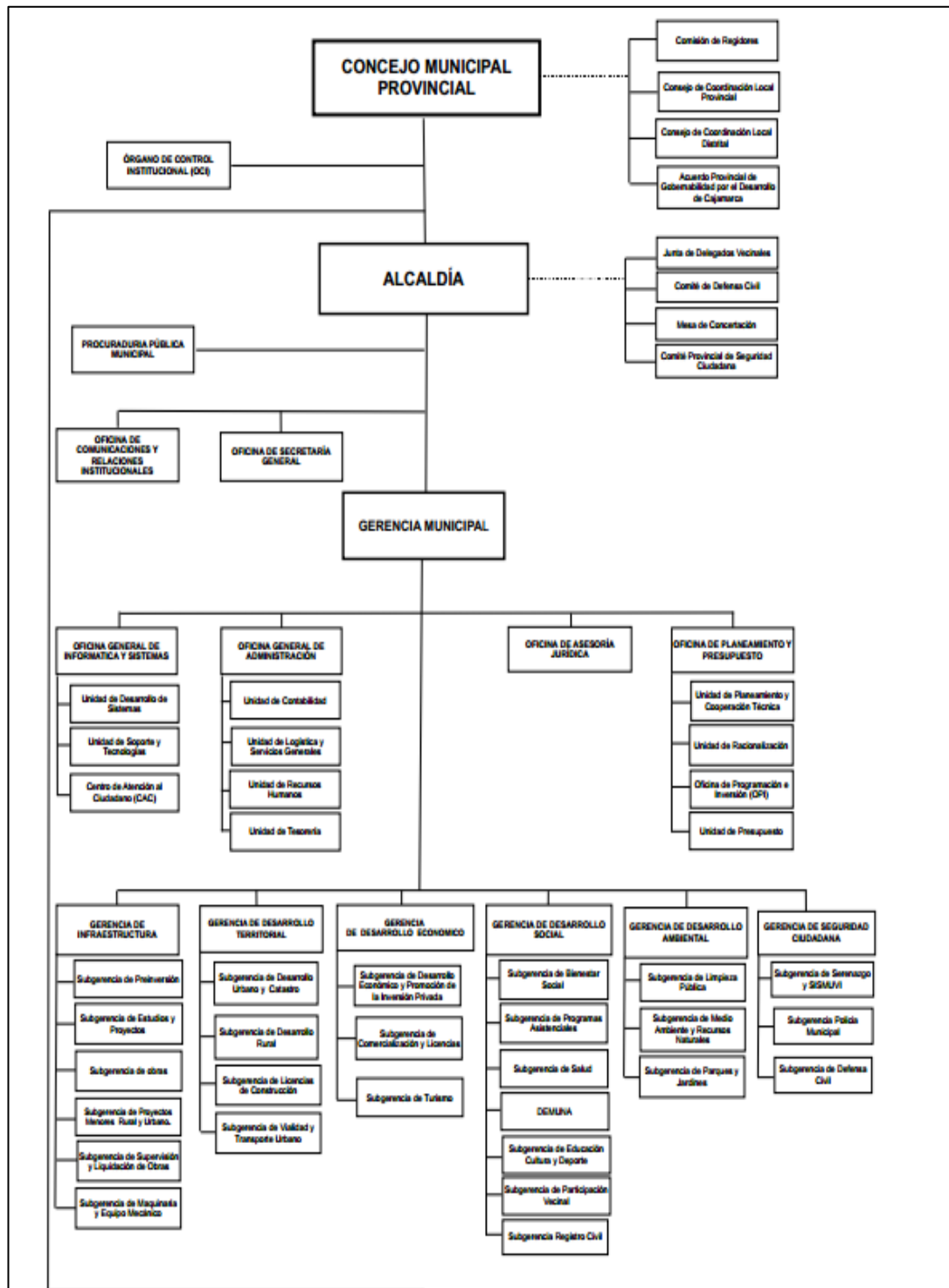
- Apaza, R. (2015). *El modelo de mantenimiento productivo total (TPM) y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú EIRL. 2015.* (Tesis de pre grado), Universidad Andina, Juliaca, Perú.
- Aponte, C. (2017). *Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de los vehículos de carga de una empresa de transportes, Lima, 2017.* (Tesis de pre grado), Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Aruquipa, D. (2018). *Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el Centro de mantenimiento de Aranjuez, zona sur de la Paz,* (Tesis de post grado), Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Boucly, F. (2017). *Gestión del mantenimiento.* 1º edición, España: Aenor.
- Cuatrecasas, L. (2010). *TPM Hacia la Competitividad a Través de la Eficiencia de los Equipos de Producción.* España: Gestión.
- García, G. (2018). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados mediante el TPM,* (tesis de pre grado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- González, F. (2010). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado.* España: Fundación Contemetal.
- Hernández SAMPIERI R. (2008). *Metodología de la Investigación.* 4ta. edición, Méjico: McGraw Hill.
- Hernández SAMPIERI R. (2019). *Metodología de la Investigación.* 6ta. edición, Méjico: McGraw Hill.
- Martínez, I. (2011). *Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios,* (Tesis de post grado), Instituto Politécnico Nacional, México.
- Navarro L. (2010). *Gestión integral del mantenimiento.* España: Marcombo.
- Pola, A. (1993). *Aplicación de la Estadística al Control de Calidad,* Marcombo S.A., Barcelona.
- Rey F. (2010). *Manual del mantenimiento integral en la empresa.* Madrid, España: Confemetal.
- Rey F. (2011). *TPM. Mantenimiento Total de la Producción. Proceso de implantación y desarrollo.* Madrid, España: FC.
- Rey F. (2012). *Las 5S. Orden y limpieza en el trabajo.*
- Seiichi N. (2009). *Introducción al TPM.* Nueva York: TGP. S.A.
- Shirose, K. (2000). *TPM Team Guide.* Nueva York: Ediciones Productivity Press,
- Susiki, T. (2000). *TPM in Process Industries.* Nueva York: Productivity Press.

Torrel, F. (2010). *TPM en un Entorno Lean Management*. España: Profit,

Torres, M. (2010). *Manual Básico de Mantenimiento Automotriz*. Ecuador.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Estructura orgánica de la Municipalidad Provincial de Cajamarca



ANEXO 2: Ficha de observación estructurada de gestión de mantenimiento

LUGAR: Municipalidad Provincial de Cajamarca				
TEMA: GESTIÓN DE LA SUB GERENCIA DE MÁQUINARIA Y EQUIPO				
Investigador: Wilbert Alberto Paricela Quilli				
Fecha: 08-02-19				
INDICADORES	VALORACIÓN	OBSERVACIONES Y/O PROPUESTAS DE MEJORA		
Organización				
1	Organigrama	SI		Organigrama estructural pero no analítico
2	Documentos de gestión		NO	No se cuenta con documentos como el plan de mantenimiento, plan de trabajo, reglamento interno de trabajo, normas de control, entre otros.
3	Planes de mantenimiento		NO	Carece de planes de mantenimiento correctivo, planificado, autónomo y preventivo, entre otros
4	Herramientas de gestión		NO	Las herramientas de gestión por resultados, calidad total, ISO, mejora continua, etc., son inexistentes
Planeamiento				
5	Plan de trabajo		NO	Se trabaja sin plan ni reglamento interno de trabajo
6	Previsión		NO	No se cuenta con medidas de previsión de riesgos
7	Programa		NO	No existe un programa de capacitación
8	proyecto		NO	Carece de proyectos de inversión en infraestructura
Ejecución				
9	Equipo		NO	Carecen de equipo adecuado de trabajo
10	Herramientas		NO	Cuentan con herramientas obsoletas
11	Motivación		NO	No existen incentivos ni motivación alguna
12	Infraestructura		NO	No es adecuada para el trabajo además es inseguro
Control				
13	Normas		NO	Se trabaja sin normas de control
14	Sanciones		NO	Las sanciones no se efectivizan
15	Guardianía		NO	El local es inseguro
16	Riesgos		NO	No se cuenta con medidas de previsión de riesgos
17	Salud		NO	No se controla la salud en el trabajo
18	Medio ambiente		NO	No existen medidas para cuidar el medio ambiental
19	Seguridad		NO	No existen medidas para controlar los accidentes
20	Control del trabajo		NO	No existen procedimientos para controlar el trabajo, se trabaja sin metas.
Clima organizacional		MALO		Existe apatía, desmotivación, irresponsabilidad, etc.

ESCALA VALORATIVA

Nivel de eficiencia en la gestión de mantenimiento de los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo	Puntuación
Ineficiente	0-10
Aceptable	11-15
Eficiente	16-20

Valoración: SI = 1, NO = 0.

NOTA: De acuerdo a los resultados es INEFICIENTE según la escala valorativa.

ANEXO 3: Entrevista estructurada al subgerente y al jefe de talleres de la planta de mantenimiento de maquinaria y equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca

1. ¿Para la organización y funcionalidad de la subgerencia de máquinas y equipo, se cuenta con un organigrama estructural, manual de funciones y de un reglamento interno de trabajo?
SI () NO ()
2. ¿Posee la subgerencia documentos técnicos y administrativos para la gestión de mantenimiento en la planta, tales como: formatos de revisión de maquinaria pesada y de vehículos, órdenes de ingreso-salida, órdenes de trabajo, proceso de obtención de repuestos, ¿entre otros?
SI () NO ()
3. ¿Existe motivación apropiada y continua a los trabajadores a su cargo?
SI () NO ()
4. ¿Considera que posee el apoyo y colaboración de todos los que trabajan en la subgerencia?
SI () NO ()
5. ¿Cree usted que cuenta con el personal adecuado en número y en competencia para ser una Subgerencia eficiente y eficaz?
SI () NO ()
6. ¿Cuenta usted con planeamiento estratégico la Subgerencia a su cargo?
SI () NO ()
7. ¿Emplea algún sistema, plan o estrategia de innovación para mejorar la planta?
SI () NO ()
8. ¿Existe en la planta maquinaria pesada no paralizada y con mantenimiento?
SI () NO ()
9. ¿Al parecer la infraestructura con que se cuenta resulta muy pequeña, se ha previsto ver otro lugar más amplio y apropiado?
SI () NO ()
10. ¿Respecto al personal de mantenimiento recibe capacitación y entrenamiento permanente?
SI () NO ()

11. ¿La planta de mantenimiento cuenta con equipo y/o herramientas adecuadas para el desarrollo del trabajo del personal?
SI () NO ()
12. ¿Existen normas de seguridad para el personal, infraestructura, vehículos, etc.?
SI () NO ()
13. ¿Se ha tomado en cuenta medidas apropiadas para un adecuado manejo de los desechos tales como aceites, grasas, etc.?
SI () NO ()
14. ¿Se ha contemplado la necesidad de un cambio total para una mejor organización, administración y desarrollo del trabajo de mantenimiento en la Sub gerencia?
SI () NO ()
15. ¿Se ha realizado algún estudio para un trabajo de mantenimiento total?
SI () NO ()

BAREMO ANALÍTICO

Nivel de eficiencia en la gestión de operaciones de los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo	Puntuación
Ineficiente	0-9
Aceptable	10-12
Eficiente	13-15

Valoración: SI = 1, NO = 0.

NOTA: La información recopilada con la aplicación de este instrumento demostró que el nivel de gestión es INEFICIENTE, dado a que se obtuvo un puntaje promedio de 8 puntos (9 puntos alcanzado por el Subgerente y 7 por el jefe de taller).

ANEXO 4: Cuestionario aplicado a los trabajadores que laboran en la planta de mantenimiento de la sub gerencia de maquinaria y equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca

Objetivo: Medir el nivel de la gestión de operaciones en los talleres de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca en las dimensiones: Planificación, organización, ejecución y control.

Instrucciones: A continuación, hay una serie de preguntas referidas al nivel de gestión de operaciones distribuidas en cuatro dimensiones, para lo cual usted debe responder marcando con una “X” en el paréntesis. Le solicitamos que conteste con sinceridad todas las preguntas para que los resultados correspondan a la realidad de la investigación pues esta tiene solo fines académicos.

I. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

1.1 Planificación del mantenimiento

* ¿Se ha posibilitado trabajar con planes o programas de mantenimiento correctivo?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

*¿Ha escuchado que el cumplimiento del mantenimiento preventivo basado en la lubricación posibilita disminuir los costos operativos en la planta?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

*Se planifica y se programa los trabajos de mantenimiento para su realización?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se planifica la adquisición de repuestos, herramientas y equipos necesarios para la ejecución del mantenimiento?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

*¿Se planifica los tiempos para los trabajos de mantenimiento?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

1.2 Organización del mantenimiento

* ¿Se clasifican adecuadamente los materiales y repuestos en el ambiente que oficia de almacén?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se han establecido las funciones específicas para cada trabajador en la planta de mantenimiento?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se clasifican adecuadamente las herramientas y equipos de trabajo en el taller de mecánica y electricidad?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se posibilitan la constitución de brigadas de trabajo para la limpieza en la planta de mantenimiento?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿La organización en la planta incluye mecanismos adecuados de trabajo que permiten poner en práctica la prevención de los riesgos y seguridad en el trabajo?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

1.3 Ejecución del mantenimiento

* ¿Se hacen uso de buenas prácticas para mejorar la satisfacción en el trabajo?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se ejecutan las actividades de mantenimiento de los equipos y maquinaria siguiendo una programación de estas?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Existe comunicación y coordinación estrecha en el trabajo que se realiza en las áreas de mecánica y electricidad?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se le reconoce el valor de su trabajo en la planta de mantenimiento?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿El mantenimiento dispone de información suficiente sobre los costos y presupuestos?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

1.4 Control del mantenimiento

* ¿Existen normas de seguridad y medidas adecuadas para la protección del personal y del medio ambiente?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿La Sub Gerencia posibilita el conocimiento de normas de control en el área de mecánica y electricidad?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Utiliza el equipo adecuado para la labor que desempeña?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Se audita periódicamente la situación del inventario y su documentación?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

* ¿Los equipos cuentan con una identificación claramente señalado?

a) Nunca () b) A veces () c) Siempre ()

VALORACIÓN: NUNCA = 0 ; A VECES = 1 ; SIEMPRE = 2.

BAREMO ANALÍTICO DE LA DIMENSIÓN PLANIFICACIÓN

NIVELES	PUNTAJE
Eficiente	8-10
Aceptable	4-7
Ineficiente	0-3

BAREMO ANALÍTICO DE LA DIMENSIÓN ORGANIZACIÓN

NIVELES	PUNTAJE
Eficiente	8-10
Aceptable	4-7
Ineficiente	0-3

BAREMO ANALÍTICO DE LA DIMENSIÓN EJECUCIÓN

NIVELES	PUNTAJE
Eficiente	8-10
Aceptable	4-7
Ineficiente	0-3

BAREMO ANALÍTICO DE LA DIMENSIÓN CONTROL

NIVELES	PUNTAJE
Eficiente	8-10
Aceptable	4-7
Ineficiente	0-3

NOTA: La información recopilada con la aplicación de este instrumento demostró que el nivel de gestión es INEFICIENTE, dado a que se obtuvo un puntaje promedio de 03 puntos en las dimensiones de planificación, organización, control y ejecución.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,782	20

DIMENSIONES	Correlación total de elementos	Alfa de Cronbach
PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	,783	,758
ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	,682	,757
EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	,733	,757
CONTROL DEL MANTENIMIENTO	,755	,768

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	1769,288	31	57,074		
Intra sujetos					
Entre elementos	63241,625	9	7026,847	563,882	,000
Residuo	3476,775	279	12,462		
Total	66718,400	288	231,661		
Total	68487,688	319	214,695		

El cuestionario que mide el nivel de Gestión de Operaciones es válido porque el valor de la prueba F (ANOVA) es altamente significativa ($p < 0.01$). Y es confiable por que el valor de la prueba de consistencia interna alfa de Cronbach (0.782) es mayor a 0.70

ANEXO 5: Checklist por área de trabajo

ALMACEN

		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	La maquinaria y vehículos no se encuentran dentro del área de trabajo	X					El patio de maniobras está plenamente ocupado por la maquinaria y equipo en desuso
		TOTAL						10%
ORDENAR	2	Los espacios de almacenaje de las herramientas, repuestos y materiales están designados y marcados		X				Los espacios que ocupan no están señalados ni delimitados
		TOTAL						12%
LIMPIEZA	3	La bodega que obra como almacén está libre de desperdicios		X				La bodega se encuentra totalmente sucia
		TOTAL						13%
ESTANDARIZAR	4	Las tareas que realizan los trabajadores de la planta están claramente definidas y ellos las conocen		X				No se cuenta con un plan de capacitaciones
		TOTAL						15%
DISCIPLINA	5	El operario tienen conocimiento de las buenas prácticas de mantenimiento de maquinaria y equipo asumiendo su responsabilidad		X				Los trabajadores de la planta mantienen una actitud indiferente, pues no asumen su compromiso de responsabilidad ante su unidad de trabajo ni para la reparación
		TOTAL						20%
TALLER DE MECÁNICA								
		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	La clasificación de las herramientas responden a disposiciones de control emanadas por la jefatura de la planta		X				Los controles de riesgo por la mala ubicación de las herramientas no existen
		TOTAL						12%
ORDENAR	2	El taller de trabajo está ordenado de acuerdo al reglamento interno de trabajo	X					No se cuenta con ningún documento que disponga el proceso de trabajo o el uso de buenas prácticas
		TOTAL						11%
LIMPIEZA	3	El taller se encuentra libre de algún elemento que interfiera la actividad de trabajo		X				No se tiene ninguna disposición que posibilite el mantenimiento adecuado del taller
		TOTAL						12%

“Propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, Año 2019”

ESTANDARIZAR		Los trabajadores de planta son supervisados siguiendo el plan de mantenimiento		X					No existe ningún plan de mantenimiento ni norma de control
		TOTAL							15%
DISCIPLINA		La realización de los trabajos sigue una planificación			X				No existe planificación de las tareas que se realiza en el taller por falta de una determinación de funciones
		TOTAL							25%
TALLER DE ELECTRICIDAD									
		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS	
CLASIFICAR	1	La clasificación de las herramientas responde a disposiciones de control emanadas por la jefatura de la planta	X						Los controles de riesgo por la mala ubicación de las herramientas no existen
		TOTAL							15%
ORDENAR		Los espacios de las herramientas, repuestos y materiales están designados y marcados en el taller		X					No se cuenta con ningún documento que disponga el proceso de trabajo o el uso de buenas prácticas
		TOTAL							12%
LIMPIEZA		El taller se encuentra libre de algún elemento que interfiera la actividad de trabajo		X					No se tiene ninguna disposición que posibilite el mantenimiento adecuado del taller
		TOTAL							14%
ESTANDARIZAR		Los trabajadores de planta son supervisados siguiendo el plan de mantenimiento			X				No existe ningún plan de mantenimiento ni norma de control
		TOTAL							15%
DISCIPLINA		La realización de los trabajos sigue una planificación							No existe planificación de las tareas que se realiza en el taller por falta de una determinación de funciones
		TOTAL							24%
TALLER DE VULCANIZACIÓN									
		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS	
CLASIFICAR		La clasificación de las herramientas responde a disposiciones de control emanadas por la jefatura de la planta	X						Los controles de riesgo por la mala ubicación de las herramientas no existen
		TOTAL							10%
ORDENAR		Los espacios de las herramientas, repuestos y materiales están designados y marcados en el taller	X						No se cuenta con ningún documento que disponga el proceso de trabajo o el uso de buenas prácticas
		TOTAL							10%

“Propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, Año 2019”

LIMPIEZA	4	El taller se encuentra libre de algún elemento que interfiera la actividad de trabajo		X				No se tiene ninguna disposición que posibilite el mantenimiento adecuado del taller
		TOTAL						12%
ESTANADARIZAR	5	Los trabajadores de planta son supervisados siguiendo el plan de mantenimiento		X				No existe ningún plan de mantenimiento ni norma de control
		TOTAL						15%
DISCIPLINA	6	La realización de los trabajos sigue una planificación			X			No existe planificación de las tareas que se realiza en el taller por falta de una determinación de funciones
		TOTAL						18%

NOTA: De acuerdo a los resultados del checklist por áreas de trabajo se demostró que el porcentaje alcanzado por cada área responde a la escala valorativa establecida.

ANEXO 6: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	Es una filosofía de mantenimiento que aporta una productividad máxima total (duplicar la productividad y/o reducir en un 30% los costos), cuyo objetivo es mantener la maquinaria o equipo en disposición para el funcionamiento a su capacidad máxima sin paradas no programadas.	Es un método de gestión empresarial que maximiza la utilización de los activos y garantiza los servicios de alta calidad y a costos competitivos mediante el mantenimiento, preventivo, autónomo y planificado de la maquinaria y/o equipo.	Mantenimiento planificado	% Cumplimiento del mantenimiento planificado: $MP = \frac{MP}{AP} \times 100$
			Mantenimiento preventivo	% Cumplimiento del mantenimiento preventivo: $PM = \frac{PM}{MR} \times 100$
			Mantenimiento autónomo	% Cumplimiento del mantenimiento autónomo: $MA = \frac{MA}{MRE} \times 100$

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO	La gestión de mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el servicio por averías de máquinas y equipos.	Es el trabajo de planificación y control que debe realizarse para maximizar la disponibilidad, confiabilidad y efectividad de la infraestructura (maquinaria y equipo) optimizando su funcionamiento al menor costo posible.	Planificación del mantenimiento	% de implementación
			Organización del mantenimiento	% de implementación
			Ejecución del mantenimiento	% de implementación
			Control del mantenimiento	% de implementación
			Costos de mantenimiento	$C = CM + CMO + CR$
			Disponibilidad inherente	$\% Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$

ANEXO 7. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Pregunta general ¿En qué medida el Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2019?</p>	<p>Objetivo general Proponer la mejora de la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo mediante un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Municipalidad Provincial de Cajamarca.</p>	<p>Hipótesis general La propuesta de implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) permitirá mejorar la gestión de mantenimiento en la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2019</p>	<p>Variable Independiente Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM)</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada, pre experimental con enfoque cuantitativo</p>	<p>Población: La población estuvo constituida por el Sub Gerente, el jefe de talleres (jefe de planta) y los 35 trabajadores que laboran en planta</p>
<p>Preguntas auxiliares 1° ¿Cuál es la situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca? 2° ¿Cómo plantear la propuesta de mejora basada en el TPM para el proceso de gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo? 3° ¿Qué indicadores deben medirse después de la propuesta de mejora en el proceso de gestión de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo? 4° ¿De qué manera se puede evaluar la propuesta de mejora en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo?</p>	<p>Objetivos específicos 1° Realizar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca 2° Diseñar y desarrollar la propuesta de mejora basada en el TPM para el proceso de gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo 3° Estimar los indicadores de gestión de mantenimiento en condiciones de mejora para los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo 4° Determinar los beneficios económicos de la propuesta de mejora en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo</p>	<p>Hipótesis específicas 1° La situación actual de la gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca. 2° Para plantear una propuesta de mejora basada en el TPM para el proceso de gestión de mantenimiento en los talleres de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, se requiere de una metodología orientada al diseño y desarrollo 3° Los indicadores que deben medirse después de la propuesta de mejora en el proceso de gestión de mantenimiento de la Sub Gerencia de Maquinaria y Equipo, están relacionados con la disponibilidad inherente y la fiabilidad (frecuencia de fallas)</p>	<p>Variable dependiente Gestión de mantenimiento de maquinaria y equipo</p>		<p>Muestra: La muestra está compuesta por los 35 trabajadores de la planta</p>

ANEXO 8. Costos analíticos

Capacitación

RUBROS	COSTO
Consultoría en capacitación (3 meses)	7,500.00
Materiales de capacitación (3 meses)	4,500.00
Capacitación a 35 personas en buenas prácticas (1 mes)	7,000.00
Capacitación en desarrollo de capacidades de operación y mantenimiento (1 mes)	7,000.00
Capacitación en temas de seguridad laboral e higiene industrial (1 mes)	7,000.00
TOTAL	33,000.00

Fuente: Elaboración propia

Implementación de 5 S

RUBROS	COSTO
Adquisición de depósitos para desecho (05)	1,000.00
Adquisición de tableros para herramientas	1,200.00
Adquisición de estantes	2,000.00
Manejo de residuos sólidos	1,500.00
Adquisición de artículos para limpieza	1,300.00
Elaboración de registros de inspección	500.00
Materiales de pintura	2,000.00
TOTAL	9,500.00

Fuente: Elaboración propia

Actividades de mantenimiento planificado,

RUBROS	COSTO
Formularios (lista de chequeo de vehículos) para el mantenimiento autónomo	500.00
Registros de vehículos y maquinaria pesada para el mantenimiento planificado	600.00
Documentación técnica para el mantenimiento e inventario de insumos y repuestos	650.00
Diseño de un plan de mantenimiento preventivo (consultoría)	2,500.00
Adquisición de insumos y repuestos de mayor demanda para stock	5,000.00
Inventario para talleres, sección de repuestos, etc.	1,200.00
TOTAL	11,910.00

Fuente: Elaboración propia

Actividades de mantenimiento preventivo

RUBROS	COSTO (S/.)
Formularios (lista de chequeo de vehículos) para el mantenimiento autónomo	500.00
Registros de vehículos y maquinaria pesada para el mantenimiento planificado	600.00
Documentación técnica para el mantenimiento e inventario de insumos y repuestos	650.00
Diseño de un plan de mantenimiento preventivo (consultoría)	2,500.00
Adquisición de insumos y repuestos de mayor demanda para stock	5,000.00
Inventario para talleres, sección de repuestos, etc.	1,200.00
TOTAL	8,020.00

Fuente: Elaboración propia

Actividades de mantenimiento autónomo

RUBROS	COSTO (S/.)
Formularios (lista de chequeo de vehículos) para el mantenimiento autónomo	500.00
Registros de vehículos y maquinaria pesada para el mantenimiento planificado	600.00
Documentación técnica para el mantenimiento e inventario de insumos y repuestos	650.00
Diseño de un plan de mantenimiento preventivo (consultoría)	2,500.00
Adquisición de insumos y repuestos de mayor demanda para stock	5,000.00
Inventario para talleres, sección de repuestos, etc.	1,200.00
TOTAL	8,339.00

Fuente: Elaboración propia

Reforzamiento en seguridad e higiene ambiental

RUBROS	COSTO (S/.)
Equipo de protección personal (EPP) para 35 personas	3,500.00
Equipo de primeros auxilios	500,00
Equipo de protección de incendios	1,500.00
Señalización de seguridad	2,500.00
TOTAL	8,000.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9. Panel fotográfico de inspección de campo



Fotografía 1. Vista interior de la planta de mantenimiento



Fotografía 2. Patio principal de maniobras.



Fotografía 3. Vista de los talleres mecánicos con difícil acceso



Fotografía 4. Desorden interior del taller de soldadura



Fotografía 5. Desorden exterior de los talleres



Fotografía 6. Trabajo mecánico con vehículos livianos



Fotografía 7. Trabajadores sin ningún tipo de seguridad



Fotografía 8. Residuos de materiales utilizados y herramientas en desorden



Fotografía 9. Taller de vulcanización en desorganización



Fotografía 10. Combustibles y aceites en lugar inapropiado



Fotografía 11. Mantenimiento de maquinaria pesada



Fotografía 12. Maquinaria pesada en abandono por falta de repuestos

ANEXO 10. Manual de Organización y Funciones (MOF)

6.1.5 SUBGERENCIA DE MAQUINARIA Y EQUIPO MECÁNICO

Cuadro para Asignación de Personal

CARGO ESTRUCTURAL	TOTAL
Subgerente	1
Ingeniero Mecánico	1
Técnico de Taller y Almacén	1
Auxiliar de Almacén	1
Controlador de Personal	1
Secretaria	1
Chofer	14
Operador de Maquinaria	10
Mecánico Automotriz	2
Controlador de Maquinaria Pesada	4
Soldador	1
Electricista Automotriz	1
Llantero	1
Guardián	2
TOTAL	41

Funciones específicas	Subgerente
<ul style="list-style-type: none"> - Planificar, proponer y supervisar el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y vehículos según el plan aprobado en coordinación con la unidad de abastecimiento - Administrar y supervisar las instalaciones y talleres destinados al mantenimiento y reparación de vehículos, maquinarias y equipos de propiedad municipal, así como velar por su seguridad en coordinación con las áreas competentes - Ejecutar el Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del parque automotor - Supervisar el mantenimiento de las maquinarias, vehículos y equipo de propiedad municipal para mantenerlos en óptimas condiciones de operatividad - Llevar el inventario de vehículos, el historial de mantenimiento y reparación, controlar la compra y el uso de combustibles, lubricantes y el historial de recorrido - Implementar registros y controles de supervisión de todos los vehículos - Supervisar los servicios que prestan las unidades motorizadas - Implementar controles de repuestos y materiales en uso y en stock - Elaborar los estudios necesarios sobre el uso alternativo de servicios municipales con terceros, en condiciones con la oficina de planeamiento y presupuesto - Otras funciones inherentes que le asigne el Gerente. 	

ANEXO 11. FORMATO DE FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA
OFICINA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
OFICINA DE GESTIÓN PATRINOMIAL

INVENTARIO PATRIMONIAL DE LA MAQUINARIA Y/O EQUIPO

PERSONA RESPONSABLE:

DEPENDENCIA:

MAQUINARIA/EQUIPO

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL BIEN									
	CÓDIGO PATRIMONIAL	COD. INTERNO	DENOMINACIÓN	MARCA	MODELO	TIPO	COLOR	SERIE/DIMENSIONES	EST.	OBSERVACIONES
-										

ESTADO: Bueno = B Regular= R Malo= M En abandono = A

NOTA: Cualquier traslado del bien dentro o fuera de la planta debe ser comunicado oportunamente al jefe de taller y bajo responsabilidad

RESPONSABLE DE LA UNIDAD MOTORIZADA

PERSONAL INVENTARIADOR