

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DIAGNÓSTICO DE LOS COSTOS OPERACIONALES EN  
EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA  
PRESTADORA DE SERVICIOS A UNA EMPRESA MINERA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autores:**

Bach. Cesar Danny Bocanegra Haro

Bach. Bueno Polo Jorge Luis

**Asesor:**

Ing. Miguel Angel Rodríguez Alza

Trujillo - Perú

2018



## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor Ing. Miguel Rodríguez Angel, Docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del(os) estudiante(s):

- Cesar Danny Bocanegra Haro
- Jorge Luis Bueno Polo

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: "DIAGNÓSTICO DE LOS COSTOS OPERACIONALES EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PRESTADORA DE SERVICIOS A UNA EMPRESA MINERA" para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.



Ing. Miguel Angel Rodríguez Alza

Asesor

## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Ing. Danny Stephan Zelada Mosquera ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): Cesar Danny Bocanegra Haro y Jorge Luis Bueno Polo para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: "Diagnóstico de los costos operacionales en el mantenimiento preventivo de una prestadora de servicios a una empresa minera"

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido los miembros del jurado acuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:  Excelente [18 -20]

Calificativo:  Excelente [18 -20]

Sobresaliente [15 - 17]

Sobresaliente [15 - 17]

Buena [13 - 14]

Buena [13 - 14]

Desaprobación

Firman en señal de conformidad

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Danny Zelada Mosquera

Evaluador

## DEDICATORIA

**A Dios**, por habernos permitido llegar a este punto y estar a nuestro lado en todo momento para cumplir nuestras metas.

A nuestros padres, por siempre brindarnos su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme concluir la carrera universitaria.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres y hermanas que pese a las dificultades siempre estuvieron presentes dándome fuerzas para seguir persistiendo en el logro de mis metas.

Al Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza por su tiempo y apoyo en casa asesoría para elaborar el presente trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	29
CAPÍTULO III RESULTADOS .....	39
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Lista de problemas	31
Tabla 02. Relación de equipos pesados	32
Tabla 03. Causas Rices	33
Tabla 04. Escala de Valorización	34
Tabla 05. Causas raíces y su valorización	34
Tabla 06. Indicadores de causas raíces de los problemas	35
Tabla 07. Costos de CR1	36
Tabla 08. Costos de CR4	37
Tabla 09. Costos de CR5	38
Tabla 10. Costos por causa raíz	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Diagrama de Ishikawa de la disponibilidad de la maquinaria pesada	13
Figura 02. Pilares fundamentales TPM	23
Figura 03. Componentes del ciclo PHVA	24
Figura 04. Diagrama de Pareto de causas raíces	35
Figura 05. Horas de parada de equipos en un mes	38
Figura 06. Costos por causa raíz	39

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general establecer los costos del mantenimiento preventivo de los equipos para posteriormente plantear una propuesta de mejora que permita reducirlos.

Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa en cuestión especialmente del área de manteniendo preventivo.

Culminada la etapa de identificación del problema, se procedió a redactar el diagnóstico de la empresa y determinar las causas raíces, para lo cual se aplicó el Diagrama Ishikawa, encuestas y el diagrama de Pareto. Posteriormente se realizó la priorización de las causas raíces para determinar cuáles generan mayores pérdidas monetarias en la empresa.

Se presentan las pérdidas económicas por parada de equipos por fallas, las cuales ascienden a un monto de S/. 73 042.97.

Finalmente, con la información analizada y a partir del diagnóstico elaborado, se presentará un análisis de la monetización de pérdidas y las conclusiones correspondientes para facilitar el diseño de una propuesta de mantenimiento preventivo en la empresa en estudio.

**PALABRAS CLAVES:** Diagnóstico, Costos de Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento preventivo, disponibilidad.

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los avances en la industrialización han obligado a las compañías al mejoramiento continuo de la calidad y disponibilidad de sus equipos en los procesos, por tal motivo deben especializarse cada día para ser más productivas, es por eso que la medición y control de los procesos son factores de gran importancia para lograr obtener un conocimiento profundo de la situación de la organización que permita gerenciar con visión estratégica.

En este sentido, la importancia de conocer y evaluar un proceso o sistema en una organización donde tenga lugar un fenómeno que de alguna manera ofrece el resultado que se desea obtener bajo estándares normales de productividad y calidad, requiere muchas veces del aporte de varias herramientas para lograr discernir con mayor precisión y presentar un conjunto de alternativas de solución viables que permitan diagnosticar cada uno de los factores o causas que contribuyen a las fallas de los procesos o sistemas considerablemente.

Se requiere de un plan para medir y controlar los registros y las actividades, que permita realizar un análisis de las variables principales que están involucradas en el mantenimiento y que puedan afectar significativamente con la disponibilidad operativa de los equipos, confiabilidad y calidad de servicio; ya que actualmente no se cuenta con un plan adecuado que pueda aportar información oportuna para agregar valor en la toma de decisiones estratégicas y así contribuir con un mejor desempeño en la productividad y calidad en la prestación del servicio de los equipos al público usuario.

El mantenimiento es un área muy importante dentro de las industrias, ya que está sujeto a la mejora continua y a cambios constantes con el objetivo de reducir costos y mejorar la productividad para continuar operando aún en el escenario más exigente. En casos donde las circunstancias ambientales y sociales hacen muy costosos los procedimientos productivos, el nivel de competencia elevado y la demanda restringida, surgen a diario retos para mantener la mejora continua en función de hacer uso eficiente de los recursos disponibles, reduciendo costos internos; siendo una herramienta clave en esas situaciones la innovación. Ésta se apoya en el uso de mejores prácticas y el desarrollo de nuevas tecnologías, métodos y filosofías de gestión orientadas netamente en el aumento de la confiabilidad operacional, el mejoramiento de la calidad de los productos y servicios.

Los negocios se hacen más interesantes de acuerdo con la ley de la oferta y la demanda, estimulando el surgimiento de nuevos competidores que obligan a las empresas a mantener un análisis constante del entorno, donde podrían ayudarse en el despliegue de radares tecnológicos, pero también desarrollar tecnologías para mejorar los procesos internos como clave para asegurar la calidad a bajos costos formulando políticas y tácticas que les permitan mantener o mejorar su competitividad.

En la actualidad, se sigue considerando al mantenimiento como un proceso continuo, repetitivo y como un gasto muy elevado dentro de las operaciones de las empresas, sin embargo, debido a su nivel de importancia e impacto que tiene sobre la productividad, así como la complejidad de los equipos y procesos actuales, las empresas se han visto obligadas a implementar sistemas y filosofías de gestión de mantenimiento con visión estratégica enfocados en el negocio para apuntalar la calidad y la productividad.

La concepción del mantenimiento se limitó a involucrar actividades vistas desde el enfoque correctivo, que se llevó a cabo hasta finales de la segunda guerra mundial. Para ese entonces, los paros en la planta y equipos no involucraban mayor importancia por los niveles de producción que se tenían y las respuestas de mantenimiento eran solo reactivas. En la actualidad, la concepción del mantenimiento va más allá que al inicio, ahora las acciones de mantenimiento son proactivas.

De esta manera hoy el mantenimiento de equipos se ha transformado en un servicio permanente, el que se incorpora a todas las labores cotidianas de las operaciones de la empresa, donde la gestión va paralela a la actividad productiva, por lo que siempre requerirá de especial atención para optimizar los procesos productivos.

Se ha corroborado que el desarrollo correcto de los controles programados de la revisión de equipos, produce un impacto positivo en la disminución de los costos de las operaciones, las que previenen paradas inesperadas o mantenimientos no estimados.

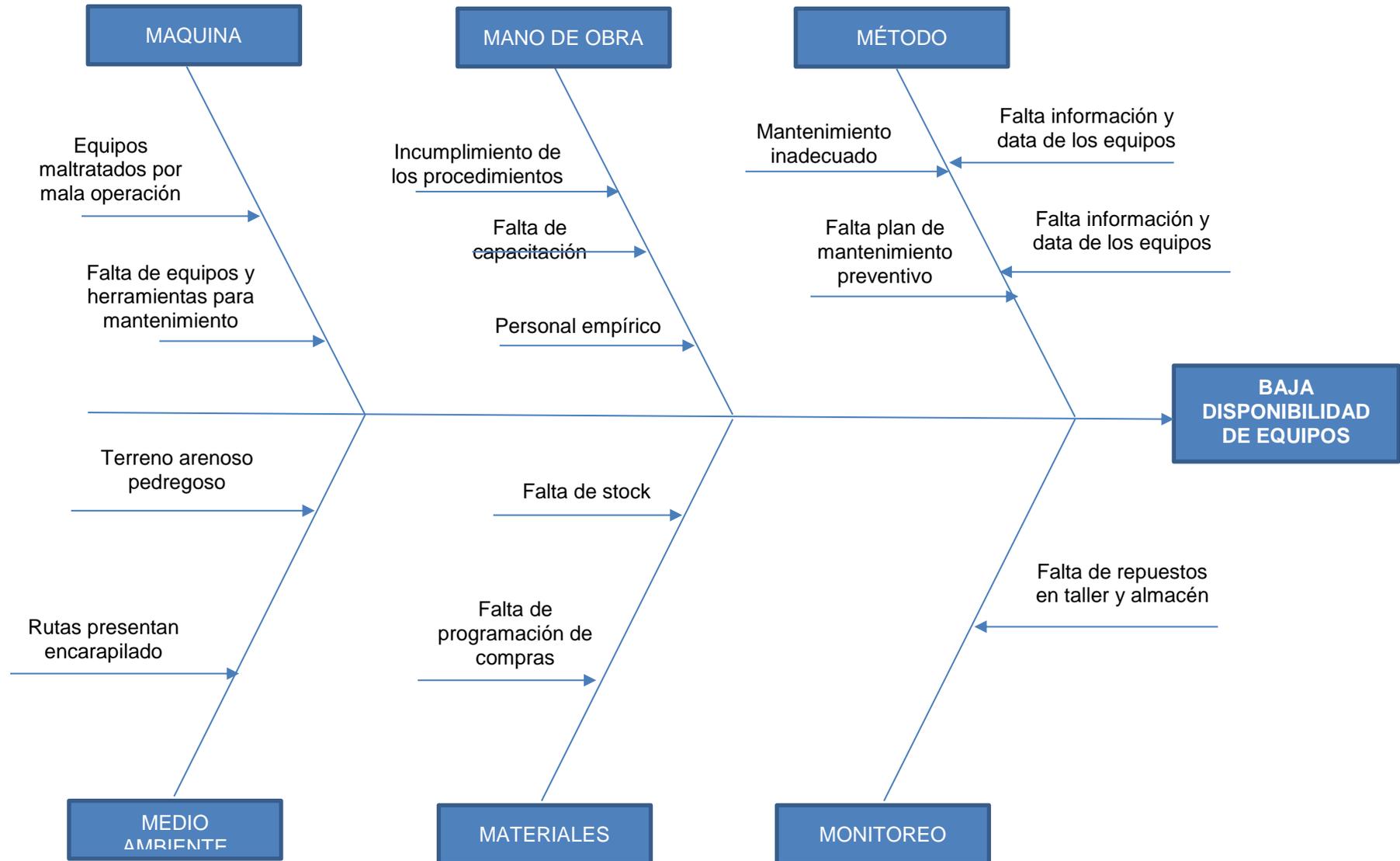
La empresa de estudio que ha incorporado el servicio especial a minería donde brinda soporte técnico permanente en las diferentes mineras para brindar mantenimiento y garantía a los equipos de las diferentes marcas que representa y además incursionando en soporte técnico de maquinaria pesada como marcas: CATERPILLAR Y KOMATSU, siendo en este nuevo servicio que ofrece donde mayores dificultades encuentra ya que la disponibilidad mecánica de los equipos

que tiene a responsabilidad en minería ha descendido a menos del 80 %, generando mayores costos de operación por la parada de equipos, ascendiendo estos costos a s/. 73 042.97, siendo un problema que muestra la mala gestión en la programación de los programas de mantenimiento a las 5 unidades a su cargo.

El no ser representante de estas marcas le representa grandes obstáculos para acceder a información sobre los equipos y le dificulta el poder capacitar a su personal, Se propone corregir dicha situación implementando técnicos y personal con experiencia en dichas marcas, además implementando mejores planes para la programación de los mantenimientos y contar con supervisores con experiencia para mejorar la toma de decisiones.

Lo que se pretende con la realización de este trabajo es maximizar la disponibilidad de los equipos a través de las acciones de mantenimiento preventivo, como la actividad primaria de la cadena de valor y fundamental para el mejoramiento continuo de la calidad y competitividad satisfaciendo plenamente a su cliente.

**Figura 01. Diagrama de Ishikawa de la disponibilidad de la maquinaria pesada**



## 1.2. Antecedentes de la investigación

### Internacionales

Buelvas y Martínez (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla. Colombia.

De la investigación realizada y de los resultados obtenidos pueden hacerse las siguientes conclusiones: En lo relacionado con el diagnóstico inicial. Se revisaron los aspectos de mecánicos, encontrando que los tres de servicio deben mejorar su entrenamiento en sistemas de inyección electrónica, dado que por su edad (en promedio 40 años), no han sido entrenados en este tipo de tecnologías, usadas en los equipos analizados. En relación con la consecución de repuestos, debe mejorarse lo relacionado con el pedido a los proveedores. Actualmente los repuestos se piden cuando ocurre la falla, pero muchas veces son correas, aceites y otros que de tenerse en el almacén se mejoraría la mantenibilidad de los equipos, dado que algunas veces se pierden dos y tres días, antes de tener el repuesto a mano. En relación a las fallas relevantes, el problema más crítico es el de roturas de mangueras. Acá se ha propuesto por los autores un esquema de remplazo preventivo de todas las mangueras, mejorando los tipos de acople, con lo cual se mejora la confiabilidad y la disponibilidad. Al monto se tiene un promedio de 6 fallas, perdiendo un día en la desvarada con la consiguiente pérdida productiva y aumento de costos. Los costos de los cambios de mangueras son iguales en esquema correctivo y preventivo, pero con la ventaja del preventivo de eliminar la pérdida de aceite hidráulico, lo cual, por cada rotura inesperada, deja un costo promedio de \$ 400.00, donde 6 daños arroja un total de dos millones cuatrocientos mil mensual de ahorro con el enfoque preventivo.

Maldonado y Sigüenza (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador.

Concluye en lo siguiente: La ficha de inspección rutinaria de maquinaria consta de ítems que conducen a la revisión rápida de los diferentes elementos y sistemas de la máquina, ya que de esta forma se podría identificar el inicio de una avería menor. Las fichas técnicas permiten tener acceso a las características técnicas como: tipo de motor, cilindraje, etc. El programa de

mantenimiento es una herramienta clave que se la debe de seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones descritos para cada máquina, logrando así mantenerla operativa y aprovechar al máximo la vida útil de la misma.

### **Nacionales**

Guerra (2014). Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias pesadas utilizada en el mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.

La maquinaria pesada de la empresa ICCGSA tenía un plan de lubricación deficiente ya que no se les daba la importancia debida a los procedimientos de lubricación, a los análisis de aceite, engrase de los puntos, los equipos modernos son electrónicos facilitándonos información mediante los análisis de aceite, los reportes de S.O.S, códigos de falla que se debe trabajar para poder predecir de manera oportuna las fallas mediante el monitoreo de condiciones. Para este inconveniente se describió el plan de lubricación logrando aumentar la disponibilidad en un 24.6% de los equipos, se implementó en Excel tablas para realizar los seguimientos de análisis de aceite también se implementó cartillas para el engrase de la maquinaria pesada. En el presente trabajo se describe el plan de lubricación de la maquinaria pesada de la empresa Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A. Para realizar los procedimientos se usó una metodología básica descriptiva que se usaron como guías para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada.

Chang (2008). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicad. Lima. Perú.

El presente trabajo propone un modelo de gestión de mantenimiento que servirá para reducir los costos en los que incurre el área de operaciones de una pequeña empresa que brinda servicios de alquiler de compresoras de tornillo. Concluye en lo siguiente: Históricamente se da en Tecdrill SAC que la Gerencia General es la que toma las decisiones referentes a la aprobación de las compras de insumos para el área de mantenimiento. Lo adverso en este proceso es que, si bien se realiza una secuencia de actividades lo suficientemente sólidas para encontrar el mejor proveedor, los criterios para la aprobación de requerimientos de aprovisionamiento por parte del área de mantenimiento, utilizados por la Gerencia General son básicamente guiados por el menor precio y no se consideran los costos de las paradas no programadas. Este fenómeno sucede porque el

área de mantenimiento no cuenta con la información necesaria, en costo de horas de máquina parada por falta de repuestos o reparación, para ayudar a la alta gerencia en la toma de decisiones ocasionando poca capacidad de sensibilización, por parte de la Jefatura de Operaciones, en los temas inherentes a la compra de insumos o contratación de servicios para la ejecución del mantenimiento preventivo.

### **Locales**

Vásquez (2016). Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L Trujillo. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo. Perú.

El presente estudio de tesis se basa en aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L, basándonos en un Sistema de Gestión de Mantenimiento a través de la metodología de riesgo de equipos del AMEF y NPR. El estudio evaluó 14 máquinas pesadas operativas de la empresa, maquinaria tal como: cargadores frontales, excavadoras, retroexcavadoras, volquetes, motoniveladora y rodillo neumático; los cuales en el periodo 2015 incurrieron en un total de 1768 horas de reparación, que originaron una pérdida económica por fallas en plena producción de 298400 nuevos soles. Se realizó una evaluación en el periodo 2015 a toda la maquinaria pesada, encontrando 299 intervenciones, con un tiempo promedio para reparar de 5.91 horas de reparación/intervención y un tiempo promedio entre fallas de 40.18 horas útiles/ intervención; encontrando una disponibilidad de 87.17%, confiabilidad de 78.33% y mantenibilidad de 12.94%. Se realizó un programa de mantenimiento basado en el riesgo, en hojas de información y hojas de decisiones, estimando en condiciones de mejora los indicadores de mantenimiento como la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad: 92.23%, 87.05% y 12.83%.

Carbajal (2016). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Empresa de Transporte El Dorado S.A.C. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Debido a la importancia que debe tener el mantenimiento dentro de la estructura de una organización, el presente informe contiene un programa de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de Transportes EL DORADO SAC. El funcionamiento de un vehículo pesado es a través de un motor de combustión interna, de sus sistemas y componentes. El

sistema de conducción del operador, la inspección diaria antes de iniciar la conducción es de gran importancia porque representa un mantenimiento oportuno y necesario del equipo pudiéndose detectar fallas o averías antes de que suceda inmovilizaciones imprevistas. Se diseñaron las hojas o fichas de control para llevar un detallado estudio sobre las actividades que se realiza en una determinada máquina o equipo, como, por ejemplo; ficha de control para un equipo, para una orden de trabajo, para una inspección, para control de órdenes de trabajo, para reporte de actividades, para el historial de un equipo. También se implementó el plan de mantenimiento que consta en tres partes: inspección diaria, inspección semanal y mantenimiento periódico por kilómetros. Por último, se hace mención al seguimiento que debe tener dicho programa y la forma que debe revisarse para no caer en un documento obsoleto. Se presentó un programa computarizado como herramienta informática para el seguimiento y registro de las actividades del mantenimiento.

### 1.3. Base teórica de la investigación

#### 1.3.1. Mantenimiento

Según Gonzales (2005), es gerenciar recursos y planificar actividades sobre la base de estudios estadísticos, donde se emplean filosofías de la nueva generación, desarrolladas en la última década, y en constante actualización.

#### 1.3.2. Tipos de mantenimiento

Salih y Dixon (2009), indican para que una gestión sea efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias en el mantenimiento bajo la consideración, como aspecto básico para la selección del tipo de tácticas de mantenimiento, las características de las fallas. Asimismo, dichas tácticas deben obedecer a los siguientes principios:

- a. **Mantenimiento Rutinario:** Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es periodo semanal, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas operativos evitando su desgaste.

- b. **Mantenimiento Programado: Toma como base las instrucciones técnicas** recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución es de semanal programado por el tiempo de operación.
- c. **Mantenimiento por A vería o Reparación:** Es ejecutado por la organización de mantenimiento (mano de obra especializada) para lograr funcionamiento a corto plazo de los componentes, se subsanan las averías que se producen, siempre buscando el registro de la información para futuros análisis que ayudarán en la toma de decisiones y auditorías de proceso. Su condición se da debido que no es posible detener los componentes y entonces se atacan las fallas, luego del análisis estas fallas se corrigen o se eliminan de forma integral. Este tipo de mantenimiento no se programa en el tiempo debido a que afecta negativamente el proceso productivo ya que paraliza la producción.
- d. **Mantenimiento Correctivo:** Se basa fundamentalmente en los datos recabados a lo largo del proceso de la gestión de mantenimiento y sobre todo en los que se registran debido a fallas ya que luego de analizada la información sobre las averías, busca eliminar la falla y la ejecución de trabajos o de actividades de mantenimiento a mediano plazo. En este término, se debe tener en cuenta que corregir es eliminar a profundidad, entonces, los trabajos de mantenimiento correctivo deben ser planificados y programados en el tiempo para que no afecte el proceso productivo.
- e. **Mantenimiento Predictivo:** Es el mantenimiento planificado y programado basándose en el análisis técnico y en la condición del equipo, antes de ocurrir una falla, sin detener el funcionamiento normal del equipo, para determinar la expectativa de vida de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo, minimizando costos.
- f. **Mantenimiento Preventivo:** El estudio de fallas de un sistema productivo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención

de los sistemas productivos mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

### 1.3.3. Parámetros de mantenimiento

Para Rey (2001), un buen desempeño de las funciones de los equipos es necesario medir de forma simple sus características esenciales a través de los siguientes parámetros:

- a. **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Medio de Fallas, es decir son lapsos de tiempos entre una falla y otra.
- b. **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema sea reparado durante un periodo de tiempo establecido bajo condiciones procedimentales establecidas para ello, siendo su parámetro básico el Tiempo Promedio Fuera de Servicio.
- c. **Disponibilidad:** Es el tiempo que un objeto o sistema permanece funcionando dentro del sistema productivo bajo ciertas condiciones determinadas. Este parámetro es tal vez el más importante dentro de un sistema productivo, ya que de él depende de la planificación del resto de actividades de la organización.

### 1.3.4. Gestión de mantenimiento

Según Tavares (2007), la gestión de mantenimiento puede ser definida como la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento.

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su

ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos.

### 1.3.5. Etapas de la gestión de mantenimiento

Según Gonzales (2009), en una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y resultados esperados. A continuación, se describen cada una de las etapas de la gestión de mantenimiento:

a. **Planificación.** Es un proceso que consiste en la definición de rutinas, procedimientos y en la elaboración de los planes detallados para horizontes relativamente largos, usualmente semanal, mensual, trimestrales o anuales, lo cual implica la determinación de las operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades. En la planificación del mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

- Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos a mantener.
- Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos.
- Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- Sistema de señalización y codificación lógica.
- Inventario técnico.
- Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
- Registros de fallas y causas.
- Indicadores de gestión, estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

- b. **Programación.** El proceso consiste en establecer las frecuencias para las asignaciones del mantenimiento preventivo, las fechas programadas son esenciales para que exista una continua disponibilidad de equipos e instalaciones. Se inicia con la solicitud y envío de la orden de trabajo.
- c. **Ejecución, control y evaluación.** Estos procesos vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación cuya finalidad es garantizar el logro de los objetivos propuestos.

### **1.3.6. Mantenimiento productivo Total (TPM)**

TPM son las siglas de Total Productive Management o Mantenimiento Productivo Total. Es una estrategia de mantenimiento destinada a obtener la máxima efectividad de los equipos productivos por medio de la eliminación de sus averías y paros imprevistos mediante la participación de todos los empleados de la empresa en función de su capacidad y conocimientos. (Cuatrecasas, 2003).

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, en base a la cual es factible alcanzar la competitividad total. La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de producción e involucra a la empresa en el TPM. (Torrell, 2010).

El término TPM fue acuñado en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (JIP). Esta institución fue la precursora del Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (JIPM, Japan Institute Plant Maintenance).

Surge como sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción " Just in Time". Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionados con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo.

### **1.3.6.1. Objetivos del mantenimiento productivo total (TPM)**

Según Rey (2001), el TPM o Mantenimiento Productivo Total como concepto de gestión del mantenimiento, que trata de que éste sea llevado a cabo por todos los empleados y a todos los niveles a través de actividades en pequeños equipos, todo lo cual, según Ichizoh Takagi, miembro del Japan Institute For Planning Maintenance, incluye los siguientes cinco objetivos:

Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos para alcanzar objetivos con éxito.

Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficiencia en el sistema de producción y gestión de los equipos.

Implantación de un sistema de gestión de mantenimiento tal que facilite la eliminación de las fallas antes que se produzcan y se consigan los objetivos.

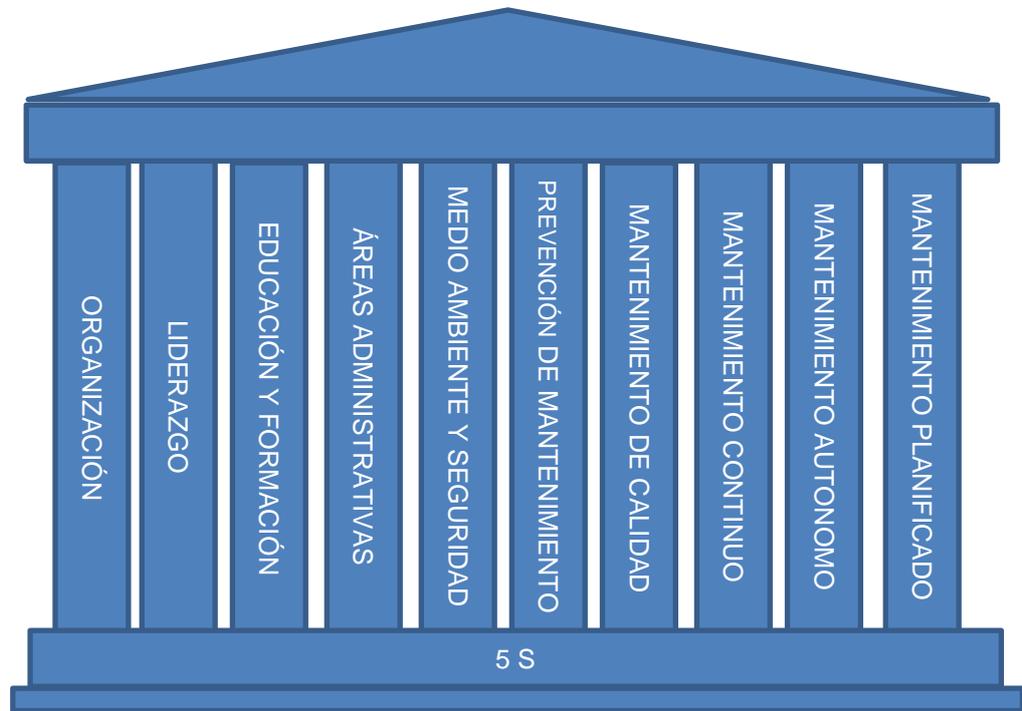
Implantación de un Mantenimiento Preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyando en el soporte que proporciona el Mantenimiento Autónomo.

### **1.3.6.2. Pilares fundamentales del TPM**

Según Tavares (2005), son procesos fundamentales del desarrollo del TPM cada uno de ellos tiene la finalidad y la metodología compuesta de ciertos pasos predefinidos que cada industria debe aplicar disciplinadamente. "Un pilar es una colección de acciones específicas que se deben desarrollar para lograr un propósito específico de mejora." Se tiene diez pilares que sirven como apoyo para la construcción de un sistema de mantenimiento productivo total.

Figura 02.

### Pilares fundamentales del TPM



Elaboración propia.

#### A. Mejora Continua o Kobetsu Kaizen

El pilar del TPM de Mejoramiento Continuo aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar el factor a mejorar, definirlo como meta y estimar el tiempo para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora.

**Figura 03.**

**Componentes del ciclo PHVA**



Elaboración propia.

Estas actividades están dirigidas a mejorar gran variedad de elementos, como un proceso, un procedimiento, un equipo o componentes específicos de algún equipo; detectando acertadamente la pérdida y ejecutando un plan de acción para su eliminación. Cada pérdida se identifica por un KPI (Key Performance Indicator) o Indicador Clave de Rendimiento, de las pérdidas se trata de atacar a las 3 primeras siguiendo la Ley de Pareto: Atacando el 20% de las causas podremos eliminar el 80% de nuestras pérdidas.

### **B. Mantenimiento autónomo**

Es una característica innovadora del TPM, busca que el operario se sensibilice con respecto al mantenimiento del equipo, lo conozca mejor, aumente su capacidad técnica, se responsabilice e involucre constantemente con el equipo para optimizar sus condiciones de funcionamiento, hacer predecible su comportamiento y mejorar la seguridad del puesto de trabajo. (Cuatrecasas, 2003).

### **C. Mantenimiento planificado**

El objetivo del mantenimiento planificado es de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Su principal eje de acción es el entender la situación que se está presentando en el proceso y/o equipo teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio. El mantenimiento planificado constituye un conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente, los objetivos son: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Estos conjuntos de labores serán ejecutados por personal especializado en mantenimiento. (Torrell, 2010).

### **D. Mantenimiento de calidad**

Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" sea factible. Las acciones del Mantenimiento de Calidad, buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad. (Gonzales, 2009).

### **E. Prevención del mantenimiento**

Este pilar es exclusivo ya que es aplicable en las empresas innovadoras donde la actualización de equipos es continua, esta restricción es debido a que las actividades de mejora de este pilar, se dan en la fase de diseño y construcción inclusive en la puesta a punto de los equipos, focalizándose en la reducción de costos durante la producción. (Tavares, 2005).

## **F. Educación y entrenamiento**

El objetivo principal en este pilar es aumentar las capacidades y habilidades de todo el personal, dando instrucciones de las diferentes actividades de la empresa y como se hacen. Algunas ventajas que se obtienen son: Formar personal competente en equipos y en la mejora continua de su área de responsabilidad. Estimular el autodesarrollo del personal y desarrollar recursos humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras. Estimular la formación sistemática del personal. (Rey, 2001).

## **G. Áreas administrativas**

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte. (Tavares, 2007).

## **H. Seguridad y medio ambiente**

La seguridad y el medioambiente se enfocan en buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo, es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

Los principales objetivos son:

Cero accidentes y cero contaminaciones

## **I. Liderazgo**

Crea y entrena líderes de actividades de mantenimiento y gestión. Cada persona de la organización debe ser líder de al menos un proyecto o programa.

## **J. Organización**

Define las políticas del perfil para la contratación de empleados, capacitación y curvas salariales acordes con el desempeño y aporte de los empleados a la organización.



### **1.3.7. Plan anual de mantenimiento**

Según Gonzales (2009). El plan de mantenimiento de los equipos debe elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada elemento, coordinadas y/o programadas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo.

Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada equipo y/o maquinaria deberían estar especificadas con cierto detalle por los fabricantes.

Esto raramente se da en los equipos de difícil sustitución en los que el mantenimiento es caro y probabilística.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo.

Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

- a) Clasificación e Identificación de los Equipos
- b) Recogida de Información
- e) Inventario de los equipos.
- d) Codificación de los Equipos.
- e) Orden de Trabajo (OT)
- f) Solicitud de Materiales
- g) Bitácora de Mantenimiento
- h) Control de los Neumáticos.
- i) Control de Combustible.
- j) Historial del Mantenimiento.
- k) Históricos de Averías del Equipo
- 1) Selección de la política
- m) Equipos Críticos

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la situación actual de los costos operacionales del mantenimiento preventivo de la empresa prestadora de servicios a la empresa minera?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Conocer los sobrecostos operacionales del mantenimiento preventivo de empresa prestadora de servicios a la empresa minera

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar el estado actual de los costos operacionales del mantenimiento preventivo.
- Priorizar las causas raíces.
- Monetizar las pérdidas económicas por la problemática.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Según el propósito

Investigación aplicada.

#### 2.1.2. Según el diseño de investigación

Investigación Exploratoria y Descriptiva.

#### 2.1.3. Unidad de estudio

Empresa prestadora de servicios

### 2.2. Localización

Parcoy, Pataz, La Libertad

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la realización de esta investigación se revisó y recolectó información relacionada con los equipos pesados de la empresa. Entre las técnicas empleadas para la recolección de la información, se encuentran:

#### 2.3.1. Observación Directa

La población encuestada, fue constituida por el personal del área de mantenimiento y logística, vinculados de forma directa con el mantenimiento y operación de los equipos pesada, por tal motivo se considera la muestra intencional no probabilística, de la siguiente manera:

- Jefe de Equipos
- Jefe de Taller
- Mecánicos Nivel 1
- Mecánicos Nivel 2
- Operadores de equipos pesados

#### 2.3.2. Entrevistas

La técnica para el desarrollo de la investigación, consistió en obtener testimonios, opiniones, experiencia y documentos acerca del estado actual del mantenimiento y condiciones de los equipos en la empresa. Se solicitó la autorización del jefe de equipos, talleres, la participación del personal de mantenimiento fue primordial en el

presente estudio, por estar involucrados y conocer la problemática del mantenimiento en la empresa.

### **2.3.3. Encuestas**

Esta técnica se utilizó para recabar información de forma escrita del área de mantenimiento, complementando a las entrevistas realizadas. Para ello, se elaboraron una serie de cuestionarios con la finalidad de que el personal pudiera expresar sus ideas, opiniones de forma precisa para contribuir con el logro de los objetivos propuestos.

## **2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los métodos escogidos para recoger los datos, se siguieron en atención al instrumento elegido; tomando en cuenta el problema planteado y la finalidad de la investigación; La priorización de causas y la monetización de pérdidas, se ordenarán y analizarán por medio de cuadros y/o gráficos en Excel.

## **2.5. Procedimiento**

En el procesamiento de la información se utilizó cuadros y gráficos estadísticos, empleando programas computarizados como: Excel.

Tabla 01: Listado de problemas

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<b>Diagnóstico de la realidad actual de la empresa</b>	<b>Ishikawa:</b> Se elabora el diagrama de Ishikawa para determinar la Causas Raíces.
	<b>Encuesta:</b> Se aplica la encuesta a las personas involucradas para conocer la significancia de las Causas Raíces.
	<b>Matriz de priorización:</b> se prioriza las causas raíces de mayor a menor.
	<b>Pareto:</b> Se aplica el diagrama de Pareto con la finalidad determinar las causas raíces más importantes.
	<b>Matriz de Indicadores:</b> formulación de indicadores por cada causa raíz.
<b>Monetización de pérdidas</b>	Monetizar las pérdidas económicas utilizando técnicas de costeo.

Elaboración propia.

## 2.6. Diagnóstico de la realidad actual de la empresa

### 2.6.1. Situación de la empresa

La empresa de estudio brinda soporte técnico en mantenimiento preventivo a equipos de minería donde la disponibilidad de los equipos no está siendo la esperada.

El diagnóstico se realizó a través de la descripción del sistema y por observación directa de cada equipo para ello se realizaron entrevistas al personal de mantenimiento y de operaciones, así como la revisión de manuales de estos. La empresa cuenta con una flota de equipos pesados que está conformado por veintiséis (05) unidades las cuales son excavadoras, cargador frontal y motoniveladora.

**Tabla 02.**

**Relación de equipos pesados**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
1	Motoniveladora	KOMATSU	GDA825A
2	Excavadora	KOMATSU	PC300
3	Tractor de Ruedas	KOMATSU	WD600
4	Retroexcavadora	KOMATSU	WB140
5	Cargador Frontal	KOMATSU	WA500

**Elaboración propia.**

### **2.6.2. Misión**

Proveer asesoramiento en mantenimiento en maquinaria pesada, buscando la solución más rentable para maximizar el valor que le damos a nuestros clientes, colaboradores, proveedores y accionistas.

### **2.6.3. Visión**

Ser la empresa líder a nivel nacional y convertirse en la mejor opción en mantenimiento de maquinaria pesada para nuestros clientes.

### **2.6.4. Valores**

Nuestros valores son:

- Responsabilidad
- Prevención
- Trabajo en equipo
- Adaptación al cambio
- Lealtad

### **2.6.5. Servicios**

#### **A. Servicios especiales para minería:**

Son Contratos de Respaldo al Cliente donde el objetivo es evitar altos costos de mantenimiento durante la vida útil del equipo y/o maquinaria, logrando de esta manera mejorar la gestión de mantenimiento, esto se logra con personal que se dedicara



exclusivamente a todas las tareas de mantenimiento desde la programación hasta la ejecución del mismo, bajo altos estándares de operación. Estos contratos se han desarrollado acorde a las necesidades de nuestros clientes, que incluyen desde solo mano de obra directa, abastecimiento de repuestos y gestión integral del mantenimiento, de esta manera logramos que nuestros clientes concentren sus esfuerzos a la naturaleza de su negocio y puedan confiar la administración de sus activos a los especialistas.

### 2.6.6. Evaluación del mantenimiento de los equipos

El presente estudio de investigación a la flota de los equipos pesados está conformado por cinco (05) unidades las cuales son excavadoras, cargadores frontales y motoniveladoras que son primordiales para la realización de un determinado trabajo. Los equipos trabajan en situaciones severas de movimiento de tierras.

Los costos que se genera en el periodo de investigación por la detención de los equipos por cada hora que estuvieron inoperativos, incrementando los costos de mantenimiento, la cantidad de fallas debido al tiempo de demora en la realización del mantenimiento y las fallas que presentan los equipos son: mecánicas, hidráulicas, eléctricos, estructurales y llantas.

### 2.6.7. Diagnóstico del área problemática

El área de mantenimiento preventivo incurre en sobrecostos para hacer un diagnóstico de las causas que generan estos sobre costos, se identificaron las siguientes causas.

**Tabla 03: Cusas Raíces**

ITEM	CAUSA RAÍZ
CR1	Personal de mantenimiento
CR2	Herramientas y medios de pruebas
CR3	Planeamiento del mantenimiento
CR4	Mal uso de insumos de mantenimiento
CR5	Perdida de producción (equipo inoperativo)
CR6	Procedimiento de mantenimiento

Elaboración propia.

### 2.6.7.1. Priorización de Causas Raíces.

Luego de identificar las causas raíces que influyen en el área de mantenimiento, se realizó una encuesta a los trabajadores de la empresa a fin de poder priorizar de acuerdo al nivel de influencia la problemática de estudio, tomando en cuenta la escala de valor.

**Tabla 04: Escalas de Valoración**

Valor	Puntaje
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Ninguno	0

Elaboración propia.

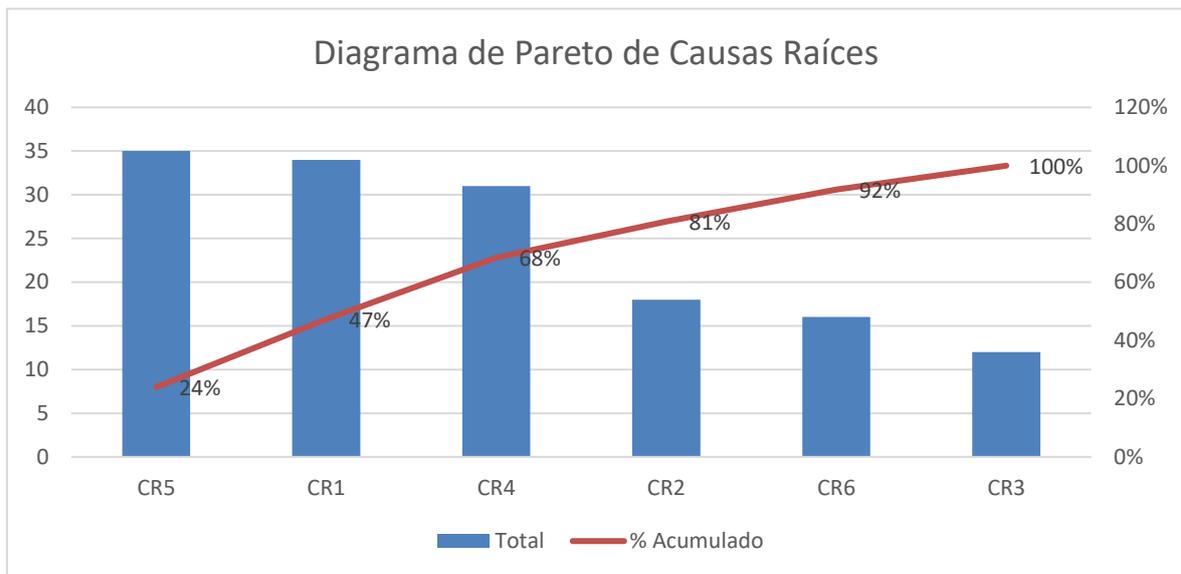
Los resultados de la encuesta realizada a los trabajadores del área de mantenimiento.

**Tabla 05: Causas Raíces y su Valoración**

Ítem	Causa Raíz	Total	%	% Acumulado
CR5	Perdida de producción (equipo inoperativo)	35	24%	24%
CR1	Personal de mantenimiento	34	23%	47%
CR4	Mal uso de insumos de mantenimiento	31	21%	68%
CR2	Herramientas y medios de pruebas	18	12%	81%
CR6	Procedimiento de mantenimiento	16	11%	92%
CR3	Planeamiento del mantenimiento	12	8%	100%
Total		146		

Elaboración propia.

**Figura 04: Diagrama de Pareto de Causas Raíces**



Elaboración propia.

De acuerdo al diagrama de Pareto las causas raíces que representan el 80% de sobre costos y pérdidas son: CR5, CR1, CR4.

### 2.6.8. Identificación de los indicadores.

Las 3 causas raíces encontradas en el área de mantenimiento serán medidas mediante indicadores para posteriormente decidir la herramienta de mejora a aplicar, en un diseño de propuesta de mejora.

**Tabla 06: Indicadores de las causas raíces de los problemas**

Ítem	Causa Raíz	Indicadores	Formula
CR5	Perdida de producción (equipo inoperativo)	tiempo de parada	(Costo hora/Máquina) * Paradas
CR1	Personal de mantenimiento	Costo por trabajador	(Costo hora/hombre) * T Mantto
CR4	Mal uso de insumos de mantenimiento	Costo de insumos	N° de insumos * precio de venta

Elaboración propia.

### 2.6.8.1. Estimación de pérdidas

#### A. Causa Raíz 1: Personal de mantenimiento

##### a). Diagnóstico de los costos del personal de mantenimiento

Para realizar el cálculo del presupuesto para la mano de obra, se toma en cuenta el tiempo que se demora en realizar la actividad de mantenimiento y se multiplica por el costo de hora/hombre.

Tabla 07: Costos de CR 1

Cargo	Hora/Hombre (s/.)	Tiempo en la actividad (Hr)	Monto MP (s/.)	Sueldo anual (s/.)
Supervisor de mantenimiento	16.67	12	200.04	72000
Planner	9.72	12	116.64	42000
Mecánico Líder	10.55	12	126.60	45600
Mecánico I	8.56	12	102.72	37000
Mecánico II	7.25	12	87.00	31320
Electricista	8.56	12	102.72	37000
Operador I	7.25	12	87.00	31320
Operador II	7.25	12	87.00	31320
Soldador	7.25	12	87.00	31320
<b>Total</b>			996.72	358880

Elaboración propia.

### 2.6.8.2. Causa Raíz 4: Mal uso de insumos de mantenimiento

##### a). Diagnóstico de los costos de los materiales requeridos para el mantenimiento

Para el cálculo de los costos de realizar el mantenimiento preventivo se toma como referencia una maquina motoniveladora GD825A que se realizara el mantenimiento preventivo de 250 horas.

**Tabla 08: Costos de CR 4**

Mantenimiento 250 horas: Insumos							
Items	cantidad	Costos		Sobre costos			Diferencia (s/.)
		Precio Unitario (s/.)	Precio Total (s/.)	Cantidad excedida	Precio Unitario (s/.)	Precio Total (s/.)	
Filtro de aceite	1	48.40	48.40	1	48.40	48.4	0.00
Filtro de combustible	1	39.50	39.50	1	39.50	39.5	0.00
Filtro separador de agua	1	89.70	89.70	1	89.70	89.7	0.00
Filtro primario	1	233.00	233.00	1	233.00	233	0.00
Filtro secundario	1	84.00	84.00	1	84.00	84	0.00
Aceite de motor 15w 40 ( 1 gal.)	10	101.80	1018.00	11	101.80	1119.8	101.80
Trapo industrial	2 kg	8.00	16.00	5 kg	8.00	40	24.00
Masilla Bonflex	1	19.00	19.00	1	19.00	19	0.00
Lijas N° 80	3	2.20	6.60	5	2.20	11	4.40
Soldadura punto azul de 1/8 (kg)	2kg	14.20	28.40	5 kg	14.20	71	42.60
Refrigerante (1 gal.)	2	48.00	96.00	6	48.00	288	192.00
Costo total mantenimiento preventivo			1678.60	2043.40			364.80

Elaboración propia.

### 2.6.8.3. Causa Raíz 5: Perdida de producción:

#### a). Diagnóstico de los costos por tener equipos parados

El costo que más afecta a la mayoría de las empresas es el generado por la pérdida de horas de producción durante el tiempo en que las máquinas y equipos paralizan sus actividades por motivos de mantenimiento preventivo.

Por tal motivo se busca conocer mediante un cálculo el costo de perdida por tener un equipo parado.

A continuación, realizaremos el cálculo de los costos de perdida de producción de un determinado mes.

**Figura 05: Horas de parada de equipos en un mes**

	WD600 #1	PC300 #1	GD825 #1	WA500 #1	WB140 #1
HORAS DE PARADA	6.50	0.00	3.00	0.00	0.00
	0.00	2.00	8.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	2.00	2.00	1.00
	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
	13.00	0.00	0.00	3.00	2.50
	1.00	2.00	0.00	1.50	0.00
	0.00	2.00	5.00	0.00	1.00
	1.00	0.00	2.00	7.50	0.00
	1.50	0.00	1.50	3.50	0.00
	4.00	0.00	11.50	18.00	0.00
	0.00	0.00	6.00	4.00	0.00
	2.00	0.00	0.00	19.00	0.00
	1.00	1.00	8.00	0.00	0.00
	0.00	11.00	4.50	0.50	0.00
	2.50	5.00	8.00	0.00	0.00
	1.50	10.00	1.00	1.00	1.00
	1.00	12.00	2.00	5.50	0.00
	6.00	4.00	6.50	0.00	0.00
	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>180.48</b>	<b>59.50</b>	<b>114.00</b>	<b>90.00</b>	<b>42.00</b>
Horas de trabajo	720	720	720	720	720
Numero de fallas	22.00	12.00	23.00	19	8
Horas de parada	180.48	59.50	114.00	90.00	42.00

Elaboración propia.

El costo de hora máquina en promedio es de \$ 45 y está calculado en base a una tasa de cambio de s/. 3.34

**Tabla 09: costos de la CR 5**

Equipo	Modelo	Coto H-M (s/.)	Tiempo de parada (Hr)	Costo por Hora (s/.)
Motoniveladora	GDA825A	150.30	180.48	27126.14
Excavadora	PC300	150.30	59.50	8942.85
Tractor de Ruedas	WD600	150.30	114.00	17134.20
Retroexcavadora	WB140	150.30	90.00	13527.00
Cargador Frontal	WA500	150.30	42.00	6312.60
<b>Total</b>				<b>73042.79</b>

Elaboración propia.

## CAPÍTULO III RESULTADOS

### 3.1. Costo mensual por causas raíces:

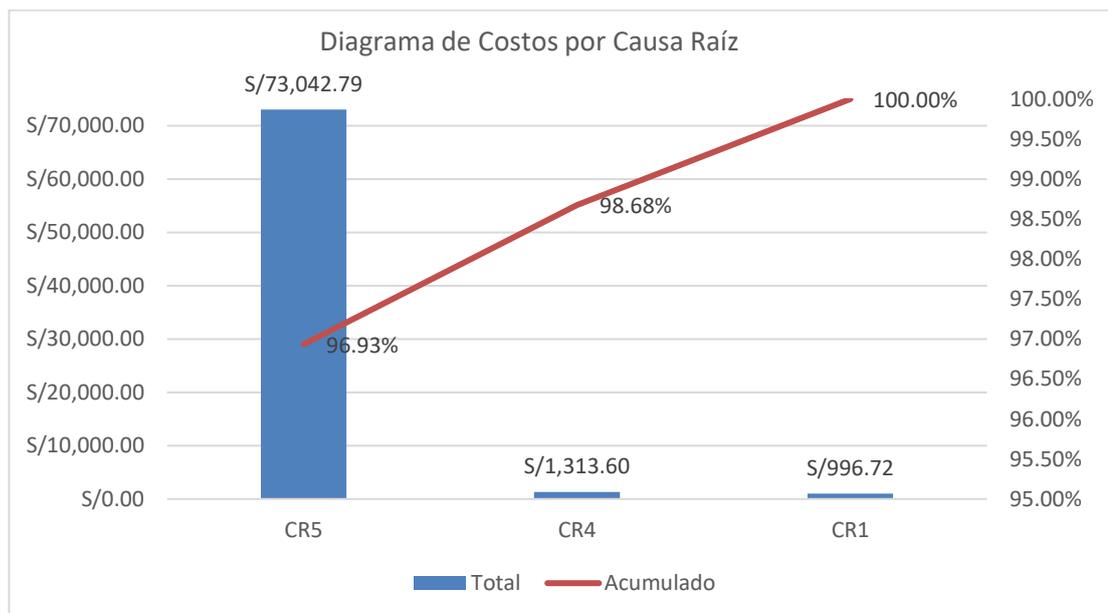
A continuación se detalla los costos por cada causa raíz para un determinado en para realizar un mantenimiento preventivo.

**Tabla 10: Costos por causa raíz**

Ítem	Causa Raíz	Indicadores	Formula	Valores Actuales
CR5	Perdida de producción (equipo inoperativo)	tiempo de parada	(Costo hora/Máquina) * Paradas	s/. 73042.79
CR1	Personal de mantenimiento	Costo por trabajador	(Costo hora/hombre) * T Mantto	s/. 996.72
CR4	Mal uso de insumos de mantenimiento	Costo de insumos	N° de insumos * precio de venta	s/. 2043.40

Elaboración propia.

**Figura 06: Costos por Causa Raíz**



## CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 1.1. Discusión y Conclusiones

1. Se conoce la situación actual de los sobre costos del área de mantenimiento preventivo en la empresa de estudio, a partir de las causas raíces priorizadas representadas en la tabla 06 se puede observar las tres causas raíces más significativas de los sobre costos en el área de mantenimiento preventivo.
2. Las perdidas actuales por la causa raíz 5 (perdida de producción por equipos parados) conllevan a un costo mensual de 73 042.97 soles por paradas de fallas en los equipos.
3. Las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos se están realizando de manera poco eficiente siendo estos costos del personal de mantenimiento 996.72 soles por día de trabajo (12hr), el costo mensual del personal de manteniendo 29 901.60 soles.
4. Los insumos utilizados para el mantenimiento preventivo tienen un costo estimado de s/. 1678.60, como se observa en la tabla 08 tenemos sobre costos elevados por una mala utilización de los insumos, siendo este excedente de s/. 364.80 por mantenimiento de 250 horas.

## REFERENCIAS

- Buelvas y Martínez (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla. Colombia.
- Carbajal (2016). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Empresa de Transporte El Dorado S.A.C. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
- Chang (2008). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicad. Lima. Perú.
- Cuatrecasas (2003). TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos. España. 23 editorial Gestión.
- Gonzales (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. España. Editorial Fundación Confemetal, 2 edición.
- Gonzales (2009). Auditoría del Mantenimiento e Indicadores, Madrid, España, Editorial Confemetal, 1era edición.
- Guerra (2014). Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias pesadas utilizada en el mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.
- Maldonado y Sigüenza (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador.
- Rey (2001). Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo, España, Editorial Fundación Confemetal, 1era edición.
- Salih, A. Dixon. (2009). Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control, México, Editorial Limusa Wiley.

Tavares (2005). Planeamiento Estratégico de Mantenimiento. Brasil, Brasil, 5° Congreso Panamericano de Mantenimiento, 1 a edición.

Tavares (2007). Administración Moderna de Mantenimiento. Brasil, Editorial Novo Polo Publicaciones.

Torrell (2010). TPM en un Entorno Lean Management. España, editorial Profit.

Vásquez (2016). Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L Trujillo. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo. Perú.

## ANEXOS

### Anexo 1: Diseño de Encuesta Aplicada

#### ENCUESTA

Área de aplicación: Mantenimiento

Problema: Sobrecostos

Nombre y Apellidos \_\_\_\_\_

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el problema

Valor	Puntaje
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Ninguno	0

Ítem	Causa Raíz	Calificación			
		Alto	Medio	Bajo	Ninguno
CR1	Personal de mantenimiento				
CR2	Herramientas y medios de pruebas				
CR3	Planeamiento del mantenimiento				
CR4	Mal uso de insumos de mantenimiento				
CR5	Perdida de producción (equipo inoperativo)				
CR6	Procedimiento de mantenimiento				
Total					

## RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### RÚBRICA DE EVALUACIÓN DESCRIPTIVA

Título de la investigación: DIAGNÓSTICO DE LOS COSTOS OPERACIONALES EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PRESTADORA DE SERVICIOS A UNA EMPRESA MINERA.							
Nombres y apellidos del egresado: CESAR DANNY BOCANEGRA HARO							
Nombres y apellidos del evaluador : Miguel Angel Rodríguez Alza							
Sede: San Isidro		Carrera: Ingeniería Industrial		Facultad: Ingeniería			
Condiciones obligatorias							
Coherencia		Los resultados, discusión y conclusiones responde a la pregunta y objetivo			Sí	No	
Consistencia		Cada una de las secciones del trabajo de investigación están debidamente			Sí	No	
Informe de plagio		Tiene 0% de similitud después de eliminar falsos positivos			Sí	No	
Criterios de evaluación							
Sección	Item	Reportado en la página #	Puntaje				
			Bien desarrollado	Parcialmente	No lo presenta	Puntaje obtenido	
Título	Título	Señala la variable o constructo y el contexto de la investigación de forma puntual.	0.5	0.25	0	0.5	
Resumen	Resumen	Proporciona en 200 palabras: antecedentes; objetivo de la investigación; metodología desarrollada; principales resultados y conclusiones.	1	0.5	0	1	
Introducción	Justificación	Sustenta un problema de investigación con base en la evidencia de estudios previos. Asimismo, utiliza definiciones conceptuales y marcos teóricos pertinentes para justificar su problema de investigación.	2	1	0	1	
Introducción	Objetivos	Proporciona una declaración explícita de las preguntas que se están tratando con referencia al problema de investigación.	1.5	0.75	0	1.5	
Metodología	Población y Muestra	Especifica las características de la muestra y los criterios utilizados para su selección.	0.5	0.25	0	0.5	
Metodología	Técnicas y materiales	Describe las técnicas y materiales que utiliza señalando las características pertinentes (por ejemplo, evidencias de validez, puntuaciones de confiabilidad, equidad, criterios de calidad).	0.5	0.25	0	0.5	
Metodología	Procedimiento de recolección de datos	Señala y sustenta cómo se desarrollo el proceso de recolección de datos.	0.5	0.25	0	0.5	
Metodología	Procedimiento de tratamiento y análisis de datos	Señala y sustenta el procedimiento desarrollado en el tratamiento y análisis de los datos.	1	0.5	0	1	
Metodología	Aspectos éticos	Describe las consideraciones éticas que siguió la investigación.	0.5	0.25	0	0.5	
Resultados	Responde la pregunta de investigación	Proporciona de forma concisa y puntual hallazgos en relación a la pregunta de investigación.	2	1	0	2	
Resultados	Empleo de tablas, figuras o ecuaciones.	Emplea tablas, figuras o ecuaciones para presentar sus hallazgos.	2	1	0	2	
Discusión y Conclusiones	Limitaciones	Identifica y comunica limitaciones o puntos inciertos en función a los hallazgos	2	1	0	2	
Discusión y Conclusiones	Interpretación comparativa	Interpreta comparativamente los hallazgos con estudios previos citados.	3	1.5	0	1	
Discusión y Conclusiones	Implicancias	Comunica las implicancias prácticas, teóricas o metodológicas de los resultados	1	0.5	0	1	
Discusión y Conclusiones	Conclusiones	Proporcionar una interpretación general de los resultados y responde al objetivo de la investigación	2	1	0	2	
Puntaje total						17	

Evaluador/Asesor: Ing. Miguel Angel Rodríguez Alza

  
 Coordinador de la Carrera de Ingeniería Industrial: Ing. Danny Zelada Mosquera  
 COORDINADOR ACADÉMICO  
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.