

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Laureate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ DEL AGUILA

ASESOR: Ing. LUCIA MARIBEL BAUTISTA ZUÑIGA

CAJAMARCA – PERÚ 2012

DEDICATORIA . .	1
AGRADECIMIENTO .	3
LISTA DE ABREVIACIONES .	5
PRESENTACIÓN . .	7
RESUMEN .	9
ABSTRACT .	11
INTRODUCCIÓN .	13
CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION . .	15
1.1 Descripción del problema de investigación . .	15
1.2 Formulación del Problema . .	16
1.3 Delimitación de la investigación: .	17
1.4 Objetivos .	17
1.4.1 Objetivo General . .	17
1.4.2 Objetivos específicos . .	17
1.5 Justificación .	17
1.6 Tipo de Investigación .	18
1.6.1 Por la orientación .	18
1.6.2 Por el diseño . .	18
1.7 Hipótesis .	18
1.8 Variables .	18
1.8.1 Sistema de variables .	18
1.8.2 Operacionalización de Variables . .	19
CAPITULO 2 MARCO REFERENCIAL . .	21
2.1 Antecedentes de la Investigación .	21
2.2 Base Teórica .	22
2.2.1 Mantenimiento .	22
2.2.2 Factores relacionados a las tareas de mantenimiento . .	22

2.2.3	Mantenibilidad . .	24
2.2.4	Enfoque de la mantenibilidad basado en el tiempo empleado: .	25
2.2.5	Factores relacionados con la Gestión del mantenimiento: .	26
2.2.6	Relación entre mantenibilidad y gestión del mantenimiento . .	26
2.2.7	Gestión del mantenimiento .	27
2.2.8	Etapas de la Gestión de Mantenimiento . .	27
2.2.9	Objetivos del Mantenimiento. .	29
2.2.10	Sistema de Mantenimiento. .	29
2.3	Definición de Términos .	30
2.4	Marco Institucional .	31
CAPITULO 3	MATERIALES Y METODOS . .	33
3.1	Diseño de contrastación .	33
3.1.1	Población: .	33
3.1.2	Muestra: . .	33
3.1.3	Unidad de Análisis: .	33
3.2	Métodos .	34
3.2.1	Diseño General: .	34
3.2.2	Diseño Específico: .	35
CAPITULO 4	METODOLOGIA .	39
4.1	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL . .	39
4.1.1	PROCESOS EN MINA . .	39
4.1.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .	41
4.1.3	VISIÓN .	44
4.1.4	MISIÓN . .	44
4.1.5	PERSONAL, EQUIPOS, MAQUINARIAS Y OTROS RECURSOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. .	45
4.1.6	TALLERES PARA MANTENIMIENTO MINA .	51
4.1.7	CLIENTE INTERNO . .	56
4.1.8	INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LOS SERVICIOS .	56

4.1.9 Indicadores Actuales .	58
4.2 PROPUESTA DE MEJORA .	62
4.2.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORA .	62
4.2.2 ANÁLISIS FODA .	64
4.2.3 MANTENIMIENTO DE CAMIONES. .	65
4.2.4 COSTOS POR ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO POR CAMION .	71
4.2.5 PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .	76
CAPITULO 5 ANALISIS COSTO BENEFICIO .	87
5.1 ANALISIS COSTO BENEFICIO . .	87
5.2 FLUJO DE CAJA .	89
CAPITULO 6 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES . .	93
6.1 CONCLUSIONES . .	93
6.2 RECOMENDACIONES . .	94
Lista de referencias .	97
ANEXOS .	99

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Esposa e Hijos, Por siempre estar a mi lado, brindándome todo su amor, entrega, dedicación y sobre todo por tenerme mucha comprensión y paciencia durante estos años de mi vida. Ustedes siempre motivaron mi desarrollo profesional.

A mi madre, Por haberme apoyado, con sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

EPÍGRAFE

“Todo deseo estancado es un veneno”

(Maurois, André)

AGRADECIMIENTO

Primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mis profesores porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, gracias por sus consejos, enseñanza y amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que quisiera agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mi recuerdo y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darle las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

LISTA DE ABREVIACIONES

MTTR: MEAN TIME TO REPAIR

MCC: MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD

FODA: FORTALEZA, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES, AMENZAS

SOFU: ESTADO EN FUNCIONAMIENTO

SOFA: ESTADO DE FALLA

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

“PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros de Julio a Octubre del año 2012, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otras Proyectos o Investigaciones.

Bach. Miguel Ángel Rodríguez del Águila

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general la mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca permitiendo lograr incrementar la disponibilidad mecánica en dichos equipos.

Se inició con el diagnóstico de la situación actual de la empresa y de la gestión de mantenimiento para llegar a conocer los puntos débiles dentro del proceso y poder formular propuestas para mejorar y reducir costos relacionados al mantenimiento. Así mismo, la propuesta de mejora será aplicada en el área involucrada con la gestión de mantenimiento.

Al comprobar la factibilidad de la propuesta de mejora con un VAN de \$ 15'402,040.02 siendo mayor que cero, permite afirmar que el proyecto rinde una tasa mayor que la exigida y por ende el proyecto es aceptable luego de haber comparado el ahorro que tendríamos aplicando los indicadores con la situación actual y lo óptimo que tendría que medir la empresa.

Los resultados que se lograron son:

- Que el área de mantenimiento tenga un diagnóstico para identificar sus debilidades y poder retroalimentar el proceso.
- Se establecieron los indicadores para asegurar una adecuada gestión de mantenimiento y asegurar la disponibilidad de equipos de acarreo.
- Acciones de mejora valorizadas.
- Análisis FODA del área de mantenimiento para establecer las estrategias de mantenimiento.

ABSTRACT

This study aimed to improve overall maintenance management based on maintainability of equipment hauling Cajamarca mining company achieve increased availability allowing mechanics to those equipment.

It began with the diagnosis of the current situation of the company and maintenance management to get to know the weaknesses in the process and to make suggestions for improvements and reduce costs related to maintenance. Also, the proposed improvements will be applied in the area involved with maintenance management.

To verify the feasibility of the proposed improvements with an VAN of \$ 15'402, 040.02 being greater than zero, suggests that the project pays a higher rate than is required and therefore the project is acceptable compared after applying the savings would indicators with the current situation and the optimum that would measure the company.

The results that were obtained are:

- the maintenance areas have a diagnosis to identify weaknesses and to provide feedback on the process
- indicators were established to ensure proper management of maintenance and ensure the availability of equipment hauling
- Improvement actions valued
- FODA analysis of the maintenance area to establish maintenance strategies.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se efectúa a partir de una idea para mejorar la gestión de mantenimiento en una empresa minera de Cajamarca, de tal manera que nos permita reducir los costos relacionados al mantenimiento y la mejora de los procesos de mantenimiento obteniendo mejores indicadores para Operaciones Mina. Para lo cual utilizaremos indicadores relacionados a la mantenibilidad a través del MTTR, disponibilidad, backlogs y porcentaje de variación de costos de mantenimiento.

Del área de mantenimiento depende un área fundamental que es Operaciones Mina a quien llamaremos cliente interno. Esta área tiene requerimiento que deben contar con equipos disponibles para el acarreo de tierra, con el menor costo posible, con las características técnicas requeridas orientándose a lograr la satisfacción total del cliente interno.

Para ello se realizará un diagnóstico situacional de las actividades del proceso para ubicar los principales factores que influyen en la gestión de mantenimiento de equipos de acarreo.

De acuerdo a lo anterior, la Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento de equipos de acarreo en una empresa minera cajamarquina, se describe en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se describen los fundamentos teóricos relacionados con la investigación, que son de gran aporte para el desarrollo de la propuesta de mejora, revisando temas como mantenimiento, gestión de mantenimiento, mantenibilidad, entre otros.

En el Capítulo II, encontramos la descripción y definición del proyecto, la problemática del área de mantenimiento, definición de nuestro problema, objetivo general, objetivos específicos y diseño de nuestra investigación.

En el Capítulo III, se estableció la unidad de análisis y la metodología a aplicar en el presente estudio.

En el Capítulo IV, se describe el diagnóstico de la gestión de mantenimiento, y luego se realizó un análisis de los procesos mediante indicadores como mantenibilidad, disponibilidad, backlogs, así mismo se evaluaron las estrategias de mantenimiento para equipos de acarreo y se propusieron las acciones de mejoras con sus respectivas metas a alcanzar por cada indicador.

En el Capítulo V, en este capítulo encontramos la evaluación económica y financiera de la propuesta de mejora y demostrando la viabilidad de la propuesta.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

Además, la presente investigación permitirá a los lectores conocer sobre los indicadores que se está proponiendo para poder medir, controlar y mejorar el mencionado proceso de mantenimiento para equipos de acarreo de una empresa minera.

CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 Descripción del problema de investigación

La industria minera en el Perú y en especial en el departamento de Cajamarca, viene presentando un crecimiento acelerado. Sin embargo este avance muchas veces no es acompañado por el de actividades de apoyo como las que constituyen la gestión adecuada de mantenimiento. Es acá donde debe ponerse la mayor atención, pues el mantenimiento en minería (en especial la gran minería) equivale a un gran porcentaje del presupuesto de la empresa y por lo tanto debe ser manejado de manera muy cuidadosa con una estrategia clara a través de un plan altamente estructurado que evite paradas, accidentes, problemas ecológicos, desviaciones en el presupuesto, etc.

Dentro de los conceptos asociados a la Gestión del mantenimiento, se encuentra el concepto de Mantenibilidad y tasa de reparación:

“La mantenibilidad es la característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica”

La mantenibilidad depende de factores intrínsecos al sistema de los equipos y de

factores propios de la organización de mantenimiento. Entre otros muchos factores externos al sistema de los equipos está el personal ejecutor, su nivel de especialización, sus procedimientos y los recursos disponibles para la ejecución de las actividades (Talleres, infraestructuras, equipos especializados, herramientas, instrumentos, etc.), entre los factores intrínsecos a los equipos está el diseño del sistema o de los componentes que lo conforman, para los cuales el diseño determina los procedimientos de mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación.

La mantenibilidad tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento o en que tanto tiempo se toma en lograr (fácil y rápido) las acciones de mantenimiento, el índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio entre reparaciones (MTTR) que es un límite para el tiempo máximo de reparación después de la presencia de falla en los equipos.

En los resultados de la Gestión de mantenimiento de los equipos de acarreo (68 camiones en total: 24 camiones 793D, 30 camiones 793C, 10 camiones 785C y 04 camiones 777 D/F) de la empresa minera en Cajamarca, materia del siguiente estudio, se observa que el indicador MTTR de mantenibilidad cuyo objetivo es obtener un tiempo medio entre reparación de 3 a 5 horas de duración después del fallo en operación de los equipos, este no se viene cumpliendo desde el año 2010 con los siguientes resultados:

MTTR real año 2010: 4.9 hrs.

MTTR real año 2011: 5.3 hrs.

Estos resultados afectan directamente en la disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo cuyo objetivo para este año es de 87.5%, lo que origina la insatisfacción de los usuarios y el no cumplimiento de los objetivos de movimiento de tierras.

Se ha identificado que los equipos de acarreo de marca Caterpillar de la empresa minera en cuestión, presentan problemas intrínsecos de diseño que se reflejan en su baja confiabilidad, sin embargo existen también fuertes oportunidades en el factor externo propio de la Gestión del mantenimiento actual lo cual se refleja en el registro de causa de parada de los equipos en operación, por ejemplo: Equipos inoperativos en espera de repuestos y/o componentes, equipos inoperativos esperando mecánico, equipos inoperativos por soldadura, etc.

El siguiente estudio ha enfocado en mejorar dentro del concepto de Mantenibilidad los factores externos o extrínsecos que afectan los resultados de gestión actual en los equipos de acarreo de la empresa minera en Cajamarca.

1.2 Formulación del Problema

¿Mediante la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca, se logrará aumentar la disponibilidad en dichos equipos con reducción de costos?

1.3 Delimitación de la investigación:

Para este tema de tesis se estará desarrollando aspectos de gestión de mantenimiento en una empresa de Cajamarca.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Demostrar la factibilidad técnica y económica de la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca para aumentar la disponibilidad mecánica en dichos equipos con reducción de costos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los indicadores críticos de los equipos de acarreo propios de la Gestión de mantenimiento que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR) y disponibilidad mecánica.
- Medir los indicadores de mantenibilidad (MTTR) y disponibilidad mecánica.
- Analizar las propuestas de mejora que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR) y disponibilidad mecánica.
- Medir el resultado de las mejoras implementadas en los factores externos/extrínsecos de los equipos de acarreo, que afectan al logro del objetivo del indicador de mantenibilidad (MTTR) y disponibilidad mecánica.
- Analizar el impacto financiero que generaría la mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de los equipos de acarreo de una empresa minera en Cajamarca.

1.5 Justificación

En la actualidad el objetivo de disponibilidad mecánica de la flota de acarreo se encuentra por debajo del objetivo establecido, impactando en el giro de negocio de la empresa, lo que se traduce en menor producción (menor mineral movido y por consecuencia menor

producción).

Por lo tanto el siguiente estudio para la mejora de la Gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo, muestra los beneficios en la empresa minera de Cajamarca, a través del logro de los objetivos establecidos por la Gerencia de Mantenimiento Mina en específico en el indicador de mantenibilidad MTTR lo que redundará en el logro de “la disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo”, influyendo en la satisfacción del cliente directo operaciones mina.

El siguiente estudio presenta información que aporta para futuros trabajos que se inclinen por la gestión de mantenimiento tomando como referencia el concepto de mantenibilidad, y así como también a empresarios que deseen mejorar la gestión de mantenimientos de sus activos.

1.6 Tipo de Investigación

1.6.1 Por la orientación

Aplicada.

1.6.2 Por el diseño

No experimental correlacional.

1.7 Hipótesis

Con la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo, se logrará el objetivo de disponibilidad mecánica establecido en la empresa minera de Cajamarca.

1.8 Variables

1.8.1 Sistema de variables

- Variable dependiente: disponibilidad mecánica establecida en la empresa minera.
- Variable independiente: gestión de mantenimiento.

- Variable interviniente: mantenibilidad de equipos de acarreo.

1.8.2 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	INDICE	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA
Mantenibilidad de equipos de acarreo (Interviniente)	Mantenibilidad	MTTR (Hrs)	MTTR (Hrs)	Horas de paralización/Número de paralizaciones	Hrs
Gestión de mantenimiento (Independiente)	Programa Gestión de Mantenimiento	Reportes de entregabilidad semanal de equipos de acarreo	% Equipos operativos	Equipos operativos / equipos disponibles totales	%
Disponibilidad Mecánica (Dependiente)	Disponibilidad Mecánica	Disponibilidad diaria, semanal, mensual y anual de los equipos de acarreo	Disponibilidad Mecánica (%)	Horas operación/horas operación + hrs. downtime	%
Costos	Costos relacionados al mantenimiento	Gasto presupuestal	% de variación de costos de mantenimiento	Ejecutado-Presupuestado/presupuestado	%

Elaboración propia

Tabla Nro.1: Variables e Indicadores

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	INDICE	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA
Mantenibilidad de equipos de acarreo (Interviniente)	Mantenibilidad	MTTR (Hrs)	MTTR (Hrs)	Horas de paralización/Número de paralizaciones	Hrs
Gestión de mantenimiento (Independiente)	Programa Gestión de Mantenimiento	Reportes de entregabilidad semanal de equipos de acarreo	% Equipos operativos	Equipos operativos / equipos disponibles totales	%
Disponibilidad Mecánica (Dependiente)	Disponibilidad Mecánica	Disponibilidad diaria, semanal, mensual y anual de los equipos de acarreo	Disponibilidad Mecánica (%)	Horas operación/horas operación + hrs. downtime	%
Costos	Costos relacionados al mantenimiento	Gasto presupuestal	% de variación de costos de mantenimiento	Ejecutado-Presupuestado/presupuestado	%

Elaboración propia

CAPITULO 2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

En el proceso de revisión de material bibliográfico para el presente estudio se consultaron diversas Tesis Profesionales relacionados a la Gestión de Mantenimiento, las cuales sirven de apoyo en cuanto a la metodología y técnicas aplicadas. A continuación se detalla los siguientes antecedentes:

Según la tesis de Martin Da Costa Burga, denominada "APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A MOTORES A GAS DE DOS TIEMPOS EN POZOS DE ALTA PRODUCCIÓN, nos muestra los problemas que dificultan la maximización de la función de los motores a gas de dos tiempos a través del Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF).

Al definirse los modos y las causas de las fallas se pudieron establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en las metas de producción, mantenimiento, salud y medio ambiente; así como su priorización. Mediante el desarrollo de la metodología a lo largo del desarrollo del tema se determinaron las siguientes estrategias de mantenimiento para la eliminación de las causas de las fallas identificadas: optimización del mantenimiento preventivo, implementación de mantenimiento predictivo, identificación de repuestos críticos.

Como resultado de la aplicación de la metodología se espera lograr incrementar la vida útil de los componentes de los equipos, así como la disponibilidad de los mismos al disminuir las fallas y sus consecuencias, incrementando así, las ventas por la recuperación de petróleo crudo a un menor costo de mantenimiento.

En la tesis desarrollada por Montaña L., diseñó un plan de mantenimiento para el sistema de medición de gas del Complejo Santa Rosa, PDVSA – GAS, Distrito Social Anaco. Entre sus conclusiones más resaltantes se citan las siguientes: los equipos críticos son la cámara de presión diferencial (DPU), el resorte Bourdon y el reloj, por cuanto tiene la mayor influencia sobre la medición y se obtuvieron tres (3) tareas de reacondicionamiento cíclico, nueve (9) tareas de sustitución cíclica, cuatro (4) tareas de búsqueda de fallo, tres (3) de ningún mantenimiento programado y un (1) rediseño obligatorio.

En el trabajo desarrollado en el 2007 por Torres R., se definió las estrategias para el mejoramiento del plan de mantenimiento de las bombas de doble tornillo ubicadas en el Terminal Orimulsión®. Las conclusiones que causaron mayor impacto son las siguientes: El sistema de lubricación de las bombas es el mayor causante de fallas en las mismas y acumula el 52% de las fallas totales en el período de estudio y el programa de mantenimiento propuesto presenta un 68% de actividades preventivas y 32% de actividades correctivas.

2.2 Base Teórica

2.2.1 Mantenimiento

El Mantenimiento es un conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumpla las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde.

MANUEL R. PRANDO “MANUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A LA MEDIDA” (1996) señala “El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso y de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables”

2.2.2 Factores relacionados a las tareas de mantenimiento

JEZDIMIR KNEZEVIC “MANTENIBILIDAD” (1996) señala “Para que un sistema recupere la capacidad de realizar una función es necesario realizar unas tareas especificadas, conocidas como tareas de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento más comunes son limpieza, ajuste, lubricación, pintura, calibración, sustitución, reparación,

restauración, renovación, etc.; a menudo es necesario realizar más de una tarea para recuperar la funcionalidad (Capacidad inherente de un elemento para desempeñar una función requerida con unas prestaciones especificadas, cuando es usado según se especifica) de un sistema. Desde el punto de vista de la funcionalidad, un sistema recuperable fluctúa entre SoFu (Estado en funcionamiento) y SoFa (Estado de fallo) durante su vida operativa hasta su baja.

Las mayores preocupaciones de los Gestores del mantenimiento es la forma de perfil de funcionalidad de los equipos bajo su administración, con un énfasis específico en la proporción del tiempo durante el que estará disponible el sistema en consideración para el cumplimiento de la funcionalidad. Claramente, los dos siguientes factores son los principales responsables de su forma específica:

a) las características inherentes de un sistema, como fiabilidad y mantenibilidad, que determinan directamente la frecuencia de presencia de fallos y la complejidad de las tareas de recuperación.

b) la función logística, cuyo objetivo es gestionar el suministro de los recursos necesarios para la conclusión con éxito de todas las tareas operativas y de mantenimiento. El sistema podría permanecer en SoFa (Estado de fallo) por un largo período de tiempo, debido a la ausencia de los recursos necesarios, como repuestos, instalaciones adecuadas personal cualificado, herramientas especiales y equipos etc.

Consecuentemente, la proporción de tiempo durante el que el sistema en consideración es funcional, depende de la interacción entre las características inherentes de un sistema desde el diseño, como fiabilidad y mantenibilidad, y la gestión y ejecución de la función logística, relativa al suministro de los recursos necesarios para el éxito en la operación y el mantenimiento.

Cuando se analizan los objetivos de las tareas de mantenimiento realizadas durante un proceso de mantenimiento, es posible clasificarlos de este modo:

- Reducción de la tasa de cambio de condición, lo que conduce al alargamiento de la vida operativa del sistema. Ejemplos típicos son: lavado, limpieza, pintura, filtrado, ajuste, lubricación, calibración, etc.
- Garantía de la fiabilidad y la seguridad exigidas, lo que reduce la probabilidad de presencia de fallos. Las actividades más comunes de este tipo son: inspección, detección, exámenes, pruebas.
- Provisión de la tasa óptima de consumo de elementos como combustible, lubricantes, neumáticos, etc., que contribuye al coste-eficacia del proceso de operación.
- Recuperación de la funcionalidad del sistema, una vez que se ha producido la transición al SoFa (Estado de fallo). Las actividades más frecuentemente realizadas para recuperar la funcionalidad son: sustitución, reparación, restauración, renovación, etc.

Es necesario hacer hincapié en que se necesitan algunos recursos para facilitar este proceso. Los recursos más frecuentemente usados son: repuestos, material, personal cualificado, herramientas, equipo, manuales, instalaciones, «software», etc. Como el fin

principal de estos recursos es facilitar el proceso de mantenimiento, se les designará con el nombre de recursos de mantenimiento (Maintenance Resources, MR).

Consecuentemente, el principal interés de un proceso de mantenimiento está en la tarea de mantenimiento, que se podría definir como «un conjunto de actividades que necesitan realizarse por el área de mantenimiento para conservar la funcionabilidad del elemento»

Es necesario fijarse que cada tarea específica requiere un recurso específico para su finalización, y que cada tarea se realiza en un entorno específico, por ejemplo a bordo de un barco, bajo lluvia/ nieve, radiación solar, humedad, temperatura y situaciones similares, cada una de las cuales podría tener un impacto significativo en la seguridad, precisión y facilidad de la finalización de la tarea.

2.2.3 Mantenibilidad

ALEJANDRO J PISTARELLI “MANUAL DE MANTENIMIENTO” (2010) señala “La mantenibilidad es una característica interesante en aquellos equipos que se reparan cuando fallan y con tiempos de reparación específicos, La efectividad de la Gestión de mantenimiento jugará un papel muy importante para el grado de mantenibilidad. Dentro del tiempo para realizar las tareas de reparación se debe considerar también el grado de dificultad en disponer de las piezas de recambio. La política de gestión de repuestos asume, entonces, un rol preponderante”.

La Mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido por las actividades de Mantenimiento. Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se toma en lograr acometer las acciones de mantenimiento, en relación con la obtención del comportamiento deseable del sistema. Esto incluye la duración (horas) o el esfuerzo (horas-hombre) invertidos en desarrollar todas las acciones necesarias para mantener el sistema o uno de sus componentes para restablecerlo o conservarlo en una condición específica. Depende de factores intrínsecos al sistema y de factores propios de la organización de Mantenimiento. Entre otros muchos factores externos está el personal ejecutor, su nivel de especialización, sus procedimientos y los recursos disponibles para la ejecución de las actividades (talleres, máquinas, equipos especializados, etc.). Entre los factores intrínsecos al sistema está el diseño del sistema o de los equipos que lo conforman, para los cuales el diseño determina los procedimientos de Mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación.

Un mismo sistema puede poseer una alta "Mantenibilidad" para unos tipos de fallo, pero otra muy baja para otros. (Como en un coche, que respecto del reemplazo de un neumático puede ser catalogado como de alta mantenibilidad, pero no lo es para un reemplazo del cigüeñal por ejemplo.) En estos casos la Figura de Mantenibilidad general provendrá de una ponderación respecto de probabilidad de ocurrencia de los distintos posibles tipos de fallos y el esfuerzo a la actividad de mantenimiento”

Una de las creencias comunes es que la mantenibilidad es simplemente la capacidad de llegar a un componente para reemplazarlo.

Sin embargo, eso es sólo un pequeño aspecto. En realidad, la mantenibilidad es una

dimensión de la fabricación del sistema y una política de gestión del mantenimiento del sistema.

Mantenibilidad es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el Gestor de mantenimiento para mantener la funcionabilidad de un sistema/Equipo, y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación, predicción y mejora.

La importancia de la ingeniería de mantenibilidad está creciendo rápidamente, debido a su considerable contribución a la reducción de costos de mantenimiento de un producto durante su uso. Al mismo tiempo, el análisis de mantenibilidad proporciona una potente herramienta a los ingenieros, para la descripción cuantitativa de la capacidad inherente de un sistema/Equipo de ser recuperado para el servicio, mediante la realización de tareas de mantenimiento.

En mantenibilidad, el enfoque basado en el tiempo empleado en el mantenimiento es, de lejos, el más usado en la práctica. Consecuentemente, será analizado detalladamente.

2.2.4 Enfoque de la mantenibilidad basado en el tiempo empleado:

Para explicar el significado físico de la mantenibilidad, vamos a establecer el enlace entre una tarea especificada de mantenimiento y el tiempo empleado en su realización. La mantenibilidad es inversamente proporcional al área considerada, es decir, el elemento con mantenibilidad más deseable cubrirá un área más pequeña, y viceversa. Es necesario hacer hincapié en que el tamaño del área considerada, depende principalmente de las decisiones tomadas durante la fase de diseño. En cierto modo, el orden de magnitud del tiempo empleado exigido para la recuperación de la funcionabilidad (5 minutos, 5 horas o 2 días), sólo se puede tomar en una etapa muy al inicio del proceso de diseño del elemento, por medio de decisiones relacionadas con la complejidad de la tarea de mantenimiento, accesibilidad de los elementos, seguridad de recuperación, facilidad de prueba, localización física del elemento, así como con las relacionadas con los requisitos de los recursos de apoyo del mantenimiento (instalaciones, repuestos, herramientas, personal cualificado, etc.).

Así, la mantenibilidad podría ser expresada cuantitativamente, mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento especificada en el elemento que se considera, con los recursos de apoyo especificados. La pregunta que surge inmediatamente aquí es: ¿Cuál es la naturaleza de T ? En otras palabras, ¿es T constante para cada ejecución de la tarea de mantenimiento considerada, o difiere de un ensayo a otro?

Como lo que físicamente existen son copias del elemento en consideración, la tarea de mantenimiento existe sólo mediante la ejecución física de las actividades que la componen. Por ello, la respuesta dependerá del tiempo empleado en cada ensayo para la recuperación. A pesar del hecho de que cada tarea de mantenimiento se compone de las actividades especificadas, que se realizan en una secuencia especificada, el tiempo empleado en la ejecución de todos ellos puede diferir de un ensayo a otro.

Para proporcionar la respuesta a esta pregunta es necesario analizar todos los factores que intervienen. Los tres grupos que se dan a continuación son los más influyentes:

- Factores personales, que representan la influencia de la habilidad, motivación, experiencia, actitud, capacidad física, vista, autodisciplina, formación, responsabilidad y otras características similares relacionadas con el personal involucrado
- Factores condicionales, que representan la influencia del entorno operativo y las consecuencias que ha producido el fallo en la condición física, geometría y forma del elemento en recuperación; y
- Entorno, que representa la influencia de factores como temperatura humedad, ruido, iluminación, vibración, momento del día, época del año, viento, ruido, etc. en el personal de mantenimiento durante la operación de recuperación.

Así, los diferentes tiempos empleados en la ejecución de cada ensayo individual de la tarea de mantenimiento, son el resultado de la influencia de los factores mencionados anteriormente.

Consecuentemente, la naturaleza del parámetro T para la tarea de mantenimiento también depende de la variabilidad de esos parámetros. Por tanto, la relación entre los factores influyentes y el parámetro T podría expresarse por la siguiente ecuación:

$$T = f(\text{factores} = (\text{personales, condicionales y ambientales}))$$

2.2.5 Factores relacionados con la Gestión del mantenimiento:

Hay varios factores adicionales que están estrechamente relacionados con las medidas de mantenimiento descritas, de las que dependen considerablemente. Se incluyen varios factores logísticos, como:

- 1 Respuesta de aprovisionamiento o probabilidad de tener un repuesto disponible cuando se necesite, tiempos de demora en la entrega de ciertos elementos, niveles de inventario, etc.
- 2 Efectividad de equipos de prueba y apoyo, fiabilidad y disponibilidad del equipo de prueba, uso del equipo de prueba, minuciosidad de la prueba del sistema, etc.
- 3 Disponibilidad y uso de las instalaciones de mantenimiento.
- 4 Tiempos de transporte entre las instalaciones de mantenimiento.
- 5 Eficacia de la organización del mantenimiento y del personal.

2.2.6 Relación entre mantenibilidad y gestión del mantenimiento

La mantenibilidad, como característica de diseño, está estrechamente relacionada con el área del apoyo del sistema, ya que los resultados de la mantenibilidad afectan directamente a los requisitos de mantenimiento. Así, cuando se especifican los factores de la mantenibilidad, se deben también considerar los requisitos cualitativos y

cuantitativos para apoyo del sistema, a fin de determinar los efectos de un área en otra.

El indicador clave para la mantenibilidad es frecuentemente el tiempo medio para reparar (MTTR).

$MTTR = \text{Horas de paralización} / \text{Número de paralizaciones}$.

La baja mantenibilidad en la gestión de mantenimiento afecta directamente en la disponibilidad de los equipos. La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento/Equipo. Es una medida extremadamente importante.

$\text{Disponibilidad mecánica: (\%)} = \text{Horas operación} / (\text{Horas Operación} + \text{Hrsdowntime})$

2.2.7 Gestión del mantenimiento

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 e instalaciones.

2.2.8 Etapas de la Gestión de Mantenimiento

En una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto inicial. Las etapas de la gestión de mantenimiento son las siguientes:

•Planificación

Es un proceso que consiste en la definición de rutinas y procedimientos y en la elaboración de planes detallados horizontes relativamente cortos y medianos, usualmente mensuales o trimestrales, lo cual implica la determinación de las operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades. Donde se considera:

- Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos a mantener.
- Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
- Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- Sistema de señalización y codificación lógica.
- Inventario técnico.

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

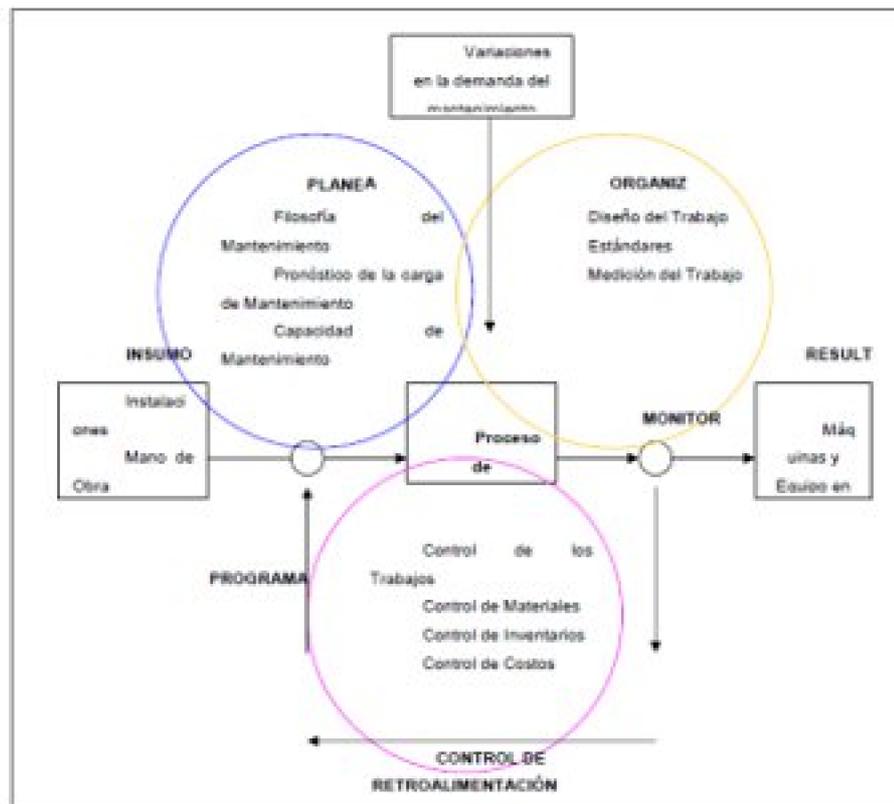
- Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
- Registros de fallas y causas.
- Estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

•Programación

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.

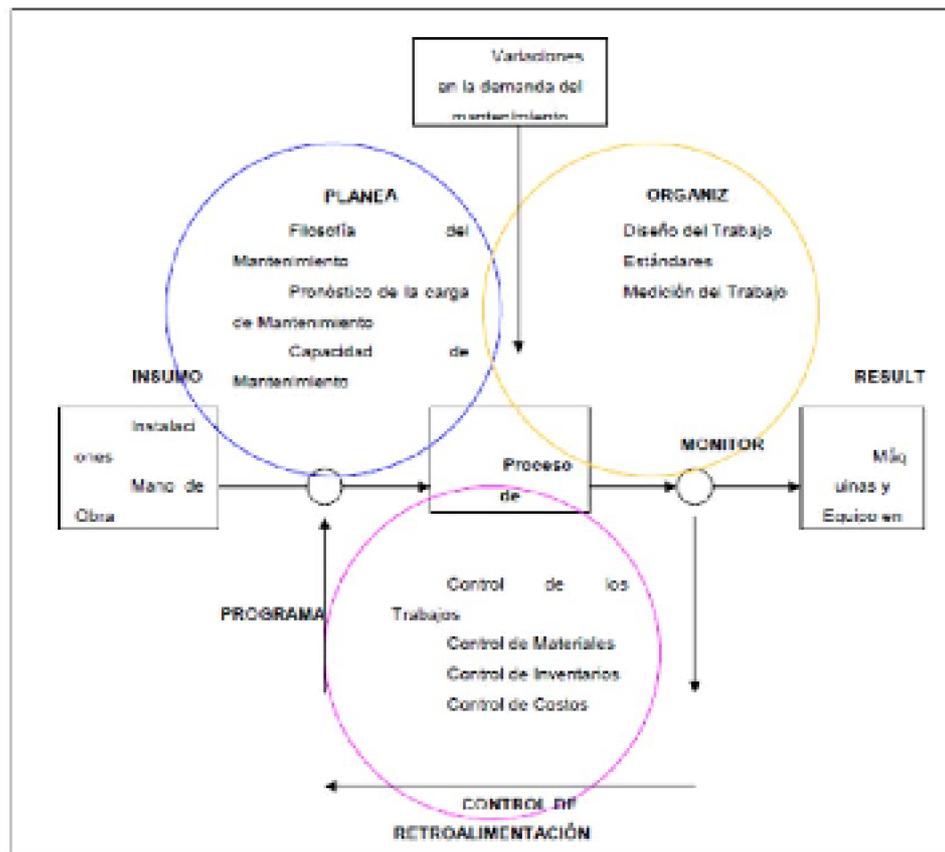
•Ejecución, control y evaluación.

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. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas, los resultados deben ser comparados con estándares y evaluados de forma de retroalimentar el proceso inicial [14]



Fuente: "Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control". Duffuaa, S., Raouf, A. y Campbell, J. (2000)

Figura 01. Sistema Típico de Mantenimiento



Fuente: “Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control”. Duffuaa, S., Raouf, A. y Campbell, J. (2000)

2.2.9 Objetivos del Mantenimiento.

Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.

Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.

Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.

Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

Maximizar el beneficio global

2.2.10 Sistema de Mantenimiento.

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

Los sistemas de mantenimiento también contribuyen en el logro de las metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Estas se logran reduciendo el mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la utilidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

El Objetivo del mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

Garantía de la disponibilidad y confiabilidad planeada.

Satisfacción de todos los requisitos de calidad.

Maximizar el beneficio global.

Adecuada disponibilidad de equipos e instalaciones al costo más conveniente.

2.3 Definición de Términos

- Dispatch de Mantenimiento: Área de despacho, se encarga: Interlocutor entre el área de operaciones Mina y Mantenimiento Mina. Se encarga de recepcionar las solicitudes o requerimientos de mantenimiento (Fallas de equipos) por parte de los operadores de los equipos pesados. Así mismo coordina con el área de operaciones Mina el ingreso de los equipos a mantenimiento programado.
- Cantidad de fallas ocurridas: Este parámetro es la cantidad o número de veces que el activo falla en el tiempo de estudio.
- MTFs: El tiempo medio fuera de servicio, es el promedio del tiempo que el activo esta indisponible o fuera de servicio, durante el tiempo de estudio.
- Efectividad: Es el porcentaje del tiempo en que el activo está realmente en operatividad con respecto al tiempo programado para estar operativo.
- Backlog: Indica la cantidad de trabajo pendiente por realizar en un periodo determinado en función de las horas disponibles. Se recomienda evaluar este indicador semanalmente.
- Análisis de Modo y Efecto de Fallas: El Análisis de los modos y efectos de Fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.
- Modos de Falla: Son las razones que dan origen a las fallas funcionales, es decir, lo que hace que la planta, sistema o activo no realice la función deseada. Cada falla

funcional puede ser originada por más de un modo de falla y cada modo de falla tendrá asociado ciertos efectos, que son básicamente las consecuencias de que esta falla ocurra.

- Efecto de Fallas: Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.
- Tareas de Mantenimiento Preventivo: Son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y la tarea.

2.4 Marco Institucional

El presente trabajo sigue los lineamientos exigidos por estándares internacionales y por la corporación.

- Mantenimiento WorkClass

La empresa en estudio, tiene como uno de sus proveedores principales para sus maquinarias a los fabricantes de equipos como CATERPILLAR, HITACHI. Este fabricante exige el cumplimiento de parámetros que se mide en los clientes asegurando la operación del Área de Mantenimiento, convirtiéndose esta unidad en Work-Class. Estos parámetros a medir son:

Lograr una disponibilidad de equipos mayor a 90%.

MTBF entre 60 a 80 horas

MTTR (3-5 hrs.)

FSAPM > 100 hrs.

% Plan > 60%

Backlogs en el sistema menor a 60 días <10%

Ejecución de Backlogs >90%

- Control de Mantenimiento Caterpillar (5 Estrellas)

Las instalaciones de Mantenimiento siguen estándares exigidos por Caterpillar, que tiene estrecha relación con el programa 5 Estrellas de Caterpillar, la cual debe cumplir con los siguientes requisitos:

Orden y Limpieza

Pisos de bahías con pintura selladora

Limpieza aceites ISO 16/13

Componentes protegidos con tapones en agujeros y plastificados

Partes y repuestos almacenados correctamente

Administración y limpieza de herramientas

CAPITULO 3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Diseño de contrastación

3.1.1 Población:

Procesos y Recursos del Área de Mantenimiento en una empresa minera

3.1.2 Muestra:

Área de Mantenimiento mina conformado por personal, equipos y procesos de la gestión del mantenimiento de una empresa minera de Cajamarca.

3.1.3 Unidad de Análisis:

Procesos y recursos relacionados a la gestión de mantenimiento en la empresa minera relacionados al acarreo de tierra.

3.2 Métodos

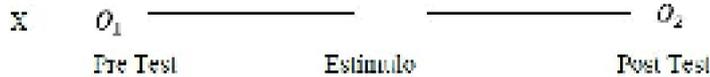
3.2.1 Diseño General:

Es el diseño de contrastación Pre Experimental donde: M → U

M = muestra analizada del área de mantenimiento de mina

U = gestión de mantenimiento de equipos de acarreo

La formalización sería:



De donde:

O_1 = Observación previa donde se realiza el diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento de equipos de acarreo.

X = Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento

O_2 = Observación posterior donde se incrementa la disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo.

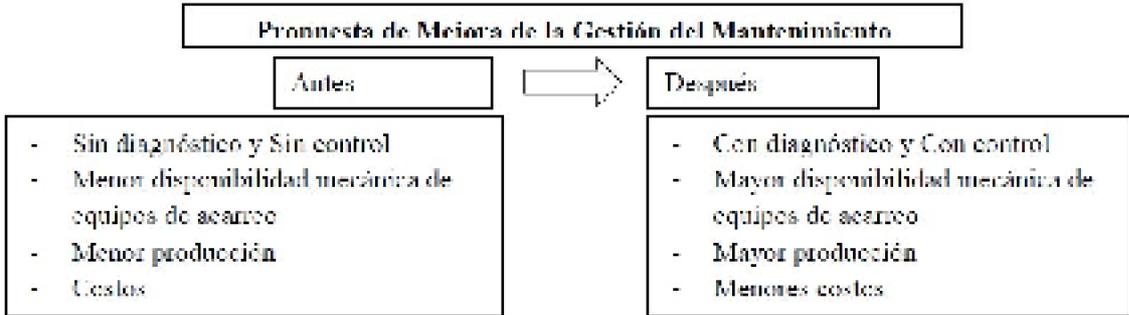


Figura 02: Diseño de Investigación

Es el diseño de contrastación Pre-Experimental donde $M \rightarrow O$
 M = muestra analizada del área de mantenimiento de mina
 O = gestión de mantenimiento de equipos de acarreo

La formalización sería

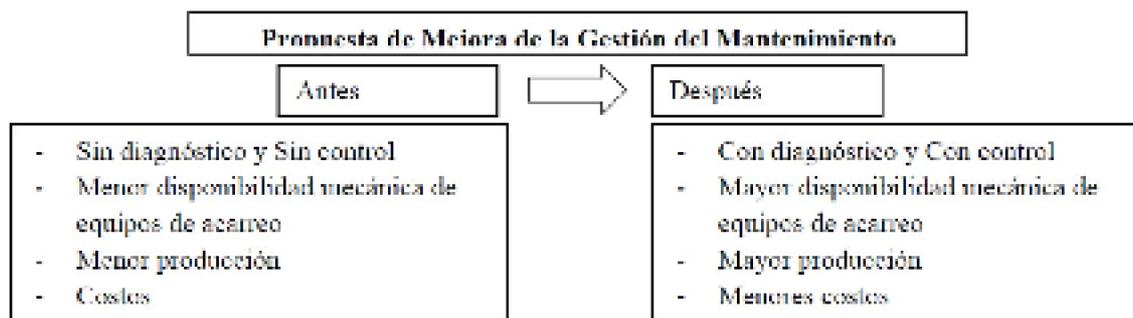
X	O_1	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 10px; margin: 0 auto;"></div>	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; height: 10px; margin: 0 auto;"></div>	O_2
	Pre Test	Estímulo		Post Test

De donde:

O_1 = Observación previa donde se realiza el diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento de equipos de acarreo.

X = Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento

O_2 = Observación posterior donde se incrementa la disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo.



3.2.2 Diseño Específico:

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

FASE DE ESTUDIO	PERIODO	FUENTE DE RECOLECCION DE DATOS	PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADOS ESPERADOS
DIAGNOSTICO DE SITUACION ACTUAL	3 semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo de equipos de acarreo • Reportes, informes • Observación 	Análisis de la información a través de una Pc.	Diagnóstico del Proceso de Mantenimiento
EVALUACION	2 semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados de análisis de indicadores de mantenibilidad y disponibilidad • Revisión bibliográfica • Cuadros, tablas, gráficos 	Análisis de la información a través de una pc	Propuesta de Mejora en la gestión de mantenimiento
PROPUESTA DE MEJORA	3 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Cuadros, tablas, gráficos - Revisión bibliográfica - Revisión Documentaria 	Análisis de la información a través de una pc	Elaboración de la propuesta de mejora
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	2 semanas		Análisis de la información a través de una pc	Establecimiento de conclusiones y recomendaciones

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro.2: El procedimiento a seguir para realizar este estudio:

FASE DE ESTUDIO	PERIODO	FUENTE DE RECOLECCION DE DATOS	PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADOS ESPERADOS
DIAGNOSTICO DE SITUACION ACTUAL.	3 semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de equipos de acuario • Reportes, informes • Observación • Resultados de análisis de indicadores de mantenibilidad y disponibilidad 	<p>Análisis de la información a través de una Pc.</p> <p>Análisis de la información a través de una pc</p>	<p>Diagnóstico del Proceso de Mantenimiento</p> <p>Propuesta de Mejora en la gestión de mantenimiento</p>
EVALUACION	2 semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión bibliográfica. • Cuadros, tablas, gráficos 		
PROPUESTA DE MEJORA	3 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Cuadros, tablas, gráficos - Revisión bibliográfica - Revisión Documentaria 	<p>Análisis de la información a través de una pc</p>	<p>Elaboración de la propuesta de mejora</p>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	2 semanas		<p>Análisis de la información a través de una pc</p>	<p>Establecimiento de conclusiones y recomendaciones</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4 METODOLOGIA

4.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Esta empresa minera viene realizando operaciones de exploración en diferentes proyectos mineros en especial auríferos en la sierra de Cajamarca, contribuyendo con el descubrimiento y desarrollo de varios proyectos mineros a nivel nacional.

Esta empresa minera inició sus actividades mineras en Cajamarca en el año 1993 y desde entonces ha venido intensificando sus tasas de producción.

Las operaciones de la empresa de estudio en la zona incluyen la explotación del mineral y su procesamiento hasta la obtención de oro y plata bajo la forma denominada Doré. La producción actual supera los dos millones de onzas de oro al año para lo cual se remueven cerca de 400 000 toneladas diarias de materiales. Como subproducto de las operaciones se obtiene también una cantidad variable de mercurio.

4.1.1 PROCESOS EN MINA

Los sistemas de explotación, procesamiento, transporte y apoyo logístico de la empresa minera, tienen las siguientes características principales:

a) Extracción del mineral:

- La extracción o arranque del mineral se hace a tajo abierto.
- El procedimiento de explotación implica la excavación adicional de importantes volúmenes de materiales de desmonte.
- El ingreso de aguas superficiales provenientes de zonas aledañas a los tajos, se controla mediante canales de derivación.
- El ingreso de aguas subterráneas a los tajos, se controla mediante pozos de bombeo.
- Los taludes de los tajos se protegen parcialmente contra la meteorización y erosión.

b) Lixiviación:

- Algunos minerales que se obtienen con granulometría muy fina, requieren un proceso previo de aglomeración con la adición y mezcla de pequeñas cuantías de cemento.
- Directamente o previa aglomeración, el mineral se deposita en capas sobre canchas de lixiviación previamente conformadas e impermeabilizadas.
- El mineral depositado es irrigado por goteo con una solución de cianuro de sodio que se aplica mediante redes de riego instaladas sobre cada capa.
- La solución rica que se ha filtrado a través de la pila de mineral, incluyendo el agua lluvia que recibe directamente la pila, se recoge y evacúa mediante un sistema de drenaje instalado en la base de la pila de mineral, sobre el elemento impermeable de la cancha de lixiviación.
- Alrededor de las canchas de lixiviación se construyen canales de derivación que impiden el ingreso a la cancha de aguas aledañas de escorrentía.
- La solución rica que proviene de las canchas de lixiviación se conduce a pozas de almacenamiento desde donde se bombea a la planta de extracción o de procesos metalúrgicos.

c) Metalurgia:

- La solución rica se trata en la planta de extracción metalúrgica utilizando un proceso de precipitación de metales mediante la adición de polvo de zinc (proceso Merrill Crowe), o alternativamente, mediante el paso de la solución a través de una columna de carbón activado (CYC).
- El mineral extraído es enviado a la refinería donde se obtiene el Doré y, como subproducto, mercurio.
- Una vez extraídos estos metales, la solución pobre es, en lo posible, reutilizada para riego en las pilas de lixiviación, previo control de su contenido de cianuro de sodio.

d) Tratamiento y disposición de aguas de exceso:

- Dependiendo del plan de minería y del régimen de precipitación en la zona, se producen temporalmente volúmenes excedentes de solución pobre, los cuales no

pueden ser reutilizados para riego en las pilas de lixiviación.

- Los volúmenes excedentes de solución pobre son tratados en la planta de tratamiento de aguas de exceso y vertidos en la red hidrográfica natural, en los lugares autorizados por la autoridad competente.

e) Disposición de materiales de desmonte:

- La capa orgánica de los suelos es almacenada para su posterior utilización como cobertura de zonas por recuperar.
- Los materiales de desmonte no aptos para extracción de metales, son depositados en botaderos (pilas para la disposición de materiales de desmonte), previa separación en materiales potencialmente generadores de acidez, denominados PAG, y materiales no generadores de acidez (mixtos e inertes).
- Los materiales PAG son encapsulados con capas de material no generador de acidez, para aislarlos del subsuelo y del agua y oxígeno atmosféricos y prevenir así la generación de acidez.

f) Cierre de mina:

- El cierre de los tajos no prevé su relleno; incluye la adecuación paisajística y revegetación de las superficies aptas para ello.
- El cierre de las pilas de lixiviación incluye su lavado final, la neutralización del cianuro residual, la remodelación y estabilización del mineral agotado y su protección mediante coberturas impermeables y revegetación.
- El cierre de los botaderos incluye tanto la conformación morfológica como la revegetación de su superficie.

g) Logística:

- Teniendo en cuenta la cercanía de la mina a la ciudad de Cajamarca, no se dispone de facilidades propias de alojamiento para sus trabajadores. En el área de la mina solamente dispone de alojamiento para turnos nocturnos.
- El transporte de insumos y productos hasta el área de mina, se realiza a través de la red vial regional, habiendo contribuido a mejorar la vía de acceso entre la ciudad de Cajamarca y la mina. Adicionalmente, por convenio con el Ministerio de Transportes, destina una suma anual para la reparación de la vía entre la costa Pacífica y Cajamarca.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se ha realizado en la unidad de negocios minero local dentro del área mantenimiento mina, la cual es la encargada asegurar que los equipos se encuentren operativos.

La función del área es entregar la disponibilidad requerida de los equipos para lograr

las metas de producción de mina, haciendo todos sus trabajos con la máxima seguridad, eficiencia y buscando el menor costo posible.

Para lograr este objetivo se cuenta con un equipo de profesionales, técnicos y actividades de supervisión calificada que trabajan en forma conjunta con otras áreas, como ingeniería de mantenimiento, logística y con nuestros socios estratégicos externos.

Las actividades de mantenimiento de los equipos se realizan tanto en los talleres como en el campo. Estos consisten en 3 tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventivo**

Es un programa de inspecciones, revisiones y cambios de acuerdo al manual del fabricante.

- **Mantenimiento Programado**

Es un Programa de cambios de componentes mayores y menores, reparaciones programadas.

- **Mantenimientos Correctivos**

Consiste en Reparaciones no programadas.

Las actividades de mantenimiento, se muestra en el siguiente diagrama de procesos donde se establece cada una de las actividades a seguir considerando Disponibilidad, Utilización, Confiabilidad y CPH.

Se contemplan las siguientes fases en mantenimiento:

- **Estrategia (de 60 días a más): Considera**

Aplicación y Operación: para planeamiento mina y operación mina

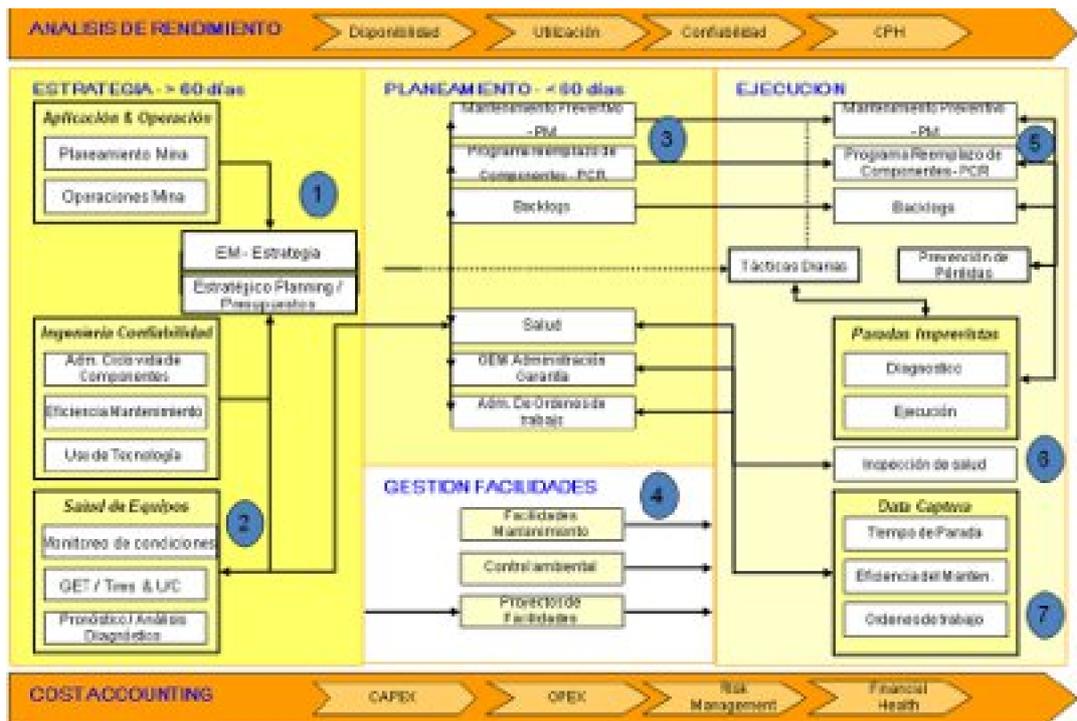
Ingeniería Confiabilidad: Se realiza la administración del ciclo de vida de componentes, eficiencia mantenimiento y el uso de tecnología

Salud de equipos: se realiza el monitoreo de condiciones, Pronóstico y Análisis del Diagnóstico.

- **Planeamiento:** como máximo en 60 días se realiza el programa de reemplazo de componentes y backlogs. Así mismo se considera la administración de trabajo y Administración de Garantía.

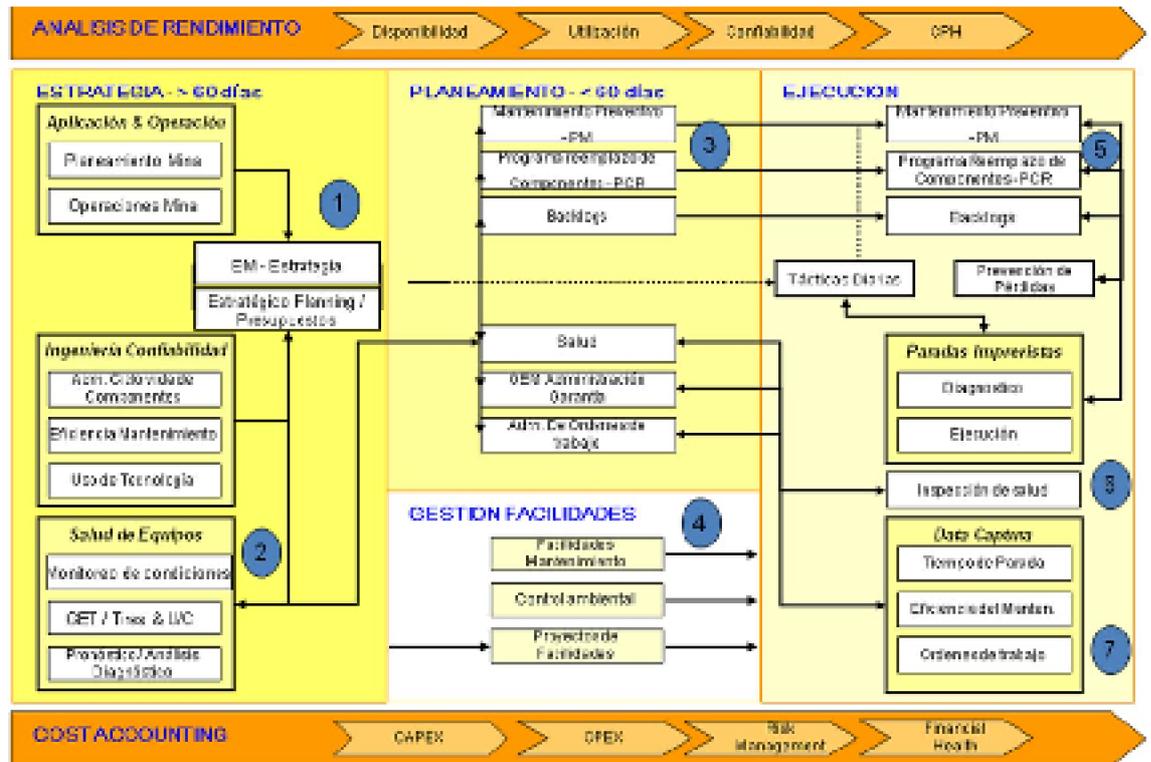
- **Gestión de Facilidades:** determina las facilidades de mantenimiento, control ambiental y proyectos de facilidades.

- **Ejecución:** donde se ejecuta el programa de reemplazo de componentes, backlogs, paradas imprevistas y captura de datos como tiempo de parada, eficiencia del mantenimiento y órdenes de trabajo.



Fuente: Área Mantenimiento Mina
 Figura 03: Gestión de Mantenimiento Mina

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA



Fuente: Área Mantenimiento Mina

4.1.3 VISIÓN

“Continuar siendo reconocidos como la operación de Mantenimiento Mina más eficiente de la Corporación, alcanzando una excelencia de clase mundial y convirtiéndonos en la mejor opción laboral en el país”.

4.1.4 MISIÓN

Entregar de manera sostenible la entregabilidad, confiabilidad y disponibilidad ofrecida de los equipos a un óptimo costo, a través de:

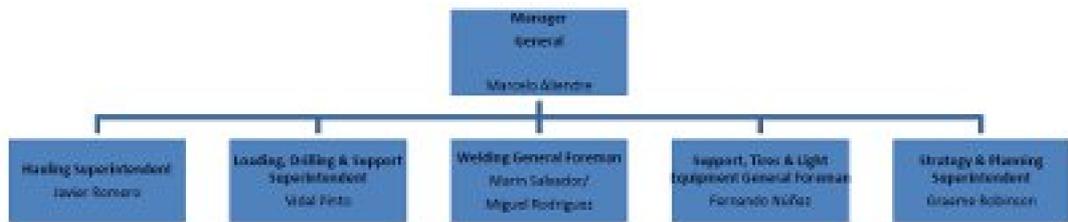
- La correcta administración del Recurso Humano y los Activos.
- El liderazgo en Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social.

- La Mejora Continua.

4.1.5 PERSONAL, EQUIPOS, MAQUINARIAS Y OTROS RECURSOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

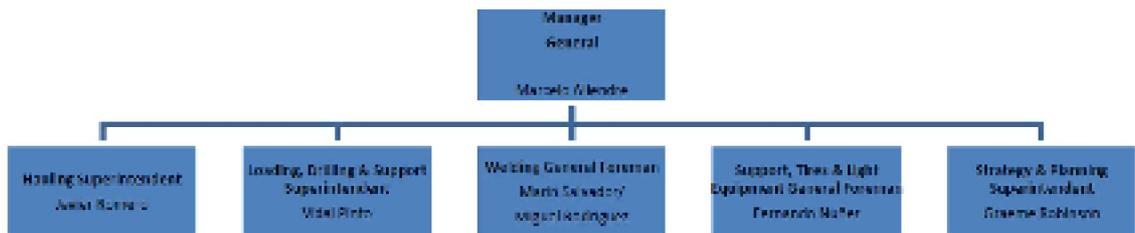
a) Personal

Se muestra el organigrama de Mantenimiento Mina, conformado por un equipo que trabaja en algunos casos por turnos:



Fuente: Recursos Humanos Empresa Minera

Organigrama de Mantenimiento Mina



Fuente: Recursos Humanos Empresa Minera

Entre el personal de primera línea y los trabajadores de planta, se cuenta con más de 60 personas en Mantenimiento Mina.



Fuente: Recursos Humanos

Figura 04: Personal Mantenimiento



Fuente: Recursos Humanos

b) Equipo de acarreo

Se cuenta con casi 70 unidades de camiones para acarreo, divididas en 4 modelos, para lo cual se detalla en la siguiente tabla:

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

Modelo	Cantidad	Características	Antigüedad	
777D,F	4	Capacidad de carga 90 Tn.	10/1 años	
785C	10	Capacidad de carga 150 Tn.	10 años	
793C	30	Capacidad de carga 239 Tn.	8 años	
793D	24	Capacidad de carga 250 Tn.	3 años	

Fuente: Operaciones Mina

Tabla Nro.03: Modelos de Camiones de Acarreo

Modelo	Cantidad	Características	Antigüedad	
777D,F	4	Capacidad de carga 90 Tn.	10/1 años	
785C	10	Capacidad de carga 150 Tn.	10 años	
793C	30	Capacidad de carga 239 Tn.	8 años	
793D	24	Capacidad de carga 250 Tn.	3 años	

Fuente: Operaciones Mina

En el anexo 01 y 02 se muestra detalles técnicos de cada tipo de camión. En la figura siguiente se muestra el detalle de tamaño y capacidad del camión de acarreo 793C.



Fuente: Operaciones Mina

Figura 05: Características del camión 793C

c) Bahías para equipos de acarreo

Instalación dentro de talleres donde se realizan los mantenimientos programados y correctivos de los equipos de acarreo y otros.

Son Áreas construidas a lo largo de las vías de acarreo diseñadas para parqueo de equipos mineros.



Fuente: Mantenimiento Mina

Tabla Nro.04: Detalle de Bahías

	
Parte externa de bahías	Parte interna de bahías
	
Camión en mantenimiento	Equipos para mantenimiento de equipos

Fuente: Mantenimiento Mina

4.1.6 TALLERES PARA MANTENIMIENTO MINA

Se cuenta con 3 talleres:

- 1 para mantenimiento preventivo: con un tiempo promedio de ejecución de mantenimiento de 16 horas, y
- 2 talleres para cambio de componentes menores y mayores: con un tiempo promedio de ejecución de mantenimiento de 51 horas para ambos talleres.

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

Taller	Equipos	Descripción de actividades	Tiempo promedio de ejecución de los mantenimientos
PM's	777, 785, 793	Ejecución de Pin's (PM1 a PM8), Cambio de fluidos y filtros, ajustes, calibración de válvulas, BL's menores	16 hrs.
T-1	777	Cambio de componentes menores y mayores (Motor, convertidor, transmisión, diferencial mandos finales, cabina, tolva, ruedas, aframe, chasis, acumuladores, enfriadores, etc)	51hrs
T-2	785,793	Cambio de componentes menores y mayores (Motor, convertidor, transmisión, diferencial mandos finales, cabina, tolva, ruedas, aframe, chasis, acumuladores, enfriadores, etc)	51hrs

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro.05: Detalle de tareas por taller

Taller	Equipos	Descripción de actividades	Tiempo promedio de ejecución de los mantenimientos
PM's	777, 785, 793	Ejecución de Pin's (PM1 a PM8), Cambio de fluidos y filtros, ajustes, calibración de válvulas, BL's menores	16 hrs.
T-1	777	Cambio de componentes menores y mayores (Motor, convertidor, transmisión, diferencial mandos finales, cabina, tolva, ruedas, aframe, chasis, acumuladores, enfriadores, etc)	51hrs
T-2	785,793	Cambio de componentes menores y mayores (Motor, convertidor, transmisión, diferencial mandos finales, cabina, tolva, ruedas, aframe, chasis, acumuladores, enfriadores, etc)	51hrs

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la ubicación de los talleres en el campamento, incluyendo talleres de soldadura, para llantas, de perforadoras y lavadero. En el anexo 03 se pueden observar las tareas realizadas a los camiones de algunos talleres.



Fuente: Operaciones Mina

Figura 06: Distribución de los talleres en campamento minero



Fuente: Operaciones Mina

a) Zona interna del Taller 2



Fuente: Mantenimiento Mina

Figura 07: Zona Interna del Taller2

b) Zona interna de taller PMs

Permite cumplir con los programas de inspecciones, revisiones y cambios de acuerdo al manual del fabricante.



Fuente: Mantenimiento Mina

Figura 08: Zona Interna de taller PMs

4.1.7 CLIENTE INTERNO

Mantenimiento se asegurar la mayor disponibilidad de los equipos de acarreo en el Área de operaciones Mina, que es la encargada del movimiento de tierras (Mineral, argilico, desmonte, etc.), construcción de pad's.

Las etapas del carguío y acarreo consisten en:

- Etapa Antes: Voladuras
- Etapa Durante: Carguío de equipo de acarreo (Camiones gigantes: 777, 785, 793) con el usos de equipos de carguío. (Palas, cargadores frontales), en los tajos correspondientes.
- Etapa Después: Movimiento de tierras (Mineral hacia los pad's correspondientes) desmontes y argilicos hacia los botaderos correspondientes.

4.1.8 INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LOS SERVICIOS

a) Tipo de Eventos

Se analizaron los datos del 2011, acerca de los eventos relacionados a las paradas o demoras:

- Periodo 2011: el total de días de demoras fue de 613 y en promedio de días de demora por equipo fue de 3.7.
- El evento critico fue el de “Esperando Repuestos o componentes” con un total de días en demora de 120 anual.

Row Label	Parada/Demora	Sum of Demoras Demora1	Demoras en dias	Average X Equip	%
= 2011	Esperando Repuestos/Componente	2874:24	120	0.73	20%
	Esperando Mecanico	2315:00	96	0.59	16%
	Soldadura	1744:45	73	0.44	12%
	Accidente	1571:17	65	0.40	11%
	Apoyo Mina (Camabaja,Cisterna de Agua)	1545:11	64	0.39	11%
	Clima severo	1300:11	54	0.33	9%
	Facilidades (Bahia,Lubricador,Grua,etc)	1172:13	49	0.30	8%
	Esperando Lubricador	585:46	24	0.15	4%
	Esperando Operador	565:22	24	0.14	4%
	Lavado	212:09	9	0.05	1%
	Disparo	185:39	8	0.05	1%
	Traslado a Talleres	185:16	8	0.05	1%
	Esperando Soldador	185:08	8	0.05	1%
	Lavadero	127:51	5	0.03	1%
	Condicion Insegura	123:47	5	0.03	1%
Entrenamiento	11:52	0	0.00	0%	
2011 Total		14706:00	613	3.7	100%

Fuente: Mantenimiento Mina

Tabla Nro.06: Parada o Demoras del periodo 2011

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

Row Label	Parada/Demora	Sum of Demoras	Demoras en dias	Average X Equip	%
2011	Esperando Repuestos/Componente	2874:24	120	0.73	20%
	Esperando Mecanico	2315:00	96	0.59	16%
	Soldadura	1744:45	73	0.44	12%
	Accidente	1571:17	65	0.40	11%
	Apoyo Mina (Camabaja,Cisterua de Agua)	1545:11	64	0.39	11%
	Clima severo	1300:11	54	0.33	9%
	Facilidades (Bahia,Lubricador,Grua,etc)	1172:13	49	0.30	8%
	Esperando Lubricador	585:46	24	0.15	4%
	Esperando Operador	565:22	24	0.14	4%
	Lavado	212:09	9	0.05	1%
	Disparo	185:39	8	0.05	1%
	Traslado a Talleres	185:16	8	0.05	1%
	Esperando Soldador	185:08	8	0.05	1%
	Lavadero	127:51	5	0.03	1%
	Condicion Insegura	123:47	5	0.03	1%
	Entrenamiento	11:52	0	0.00	0%
2011 Total		14706:00	613	3.7	100%

Fuente: Mantenimiento Mina

En el anexo 04 se detalla las paradas por tipo de flota y por turno. Se observa que la mayor parte de demoras se da entre el turno A y B.

4.1.9 Indicadores Actuales

a) Disponibilidad

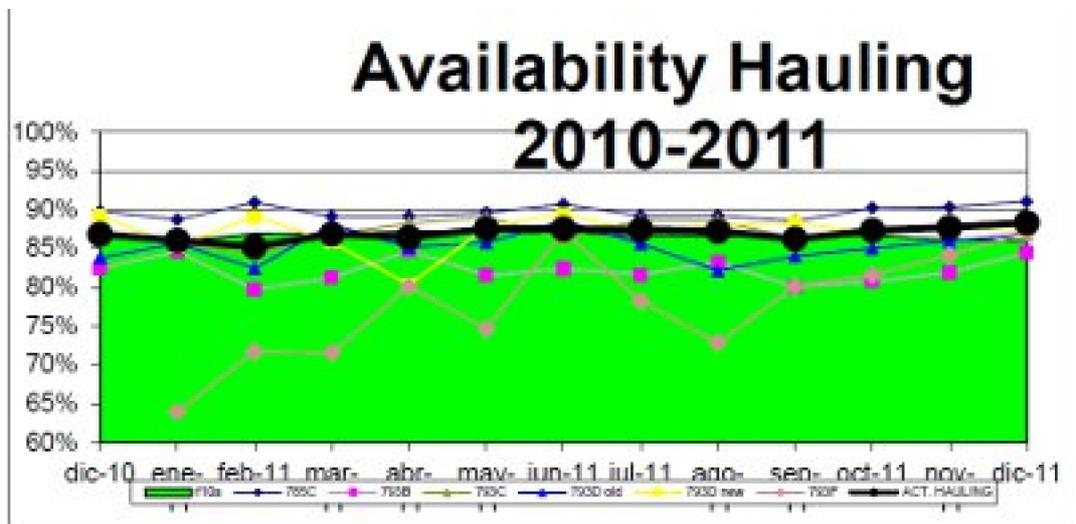
La disponibilidad obtenida para los camiones de acarreo en el año 2011 fue de 87%, logrando el exceder la meta establecida (86.6%).

TRUCKS (793 B/C/D, 785C)	2008	2009	2010	YTD 2011
Availability				
Budget	72.1%	86.7%	86.3%	86.6%
Real	84.6%	85.0%	85.9%	87.0%

Fuente: Mantenimiento Mina

Tabla Nro.07: de Disponibilidad Real vs Presupuestado

Para el 2012, se estableció lograr el 87.5% como meta presupuestada. Para lo cual se ha considerado mejoras en el plan por parte del equipo de trabajo.



Fuente: Mantenimiento Mina

b) Mantenibilidad: MTTR

Para medir la mantenibilidad se mide el MTTR.

Para el 2011, el Tiempo promedio entre el momento cuando ocurre la falla en un equipo y el momento cuando esta es reparada fue de 5.3 horas.

El estándar técnico se encuentra entre 3 y 5 horas, por lo que este indicador también se ha planteado en el plan de mejora de mantenimiento.

TRUCKS (793 B/C/D, 785C)	2008	2009	2010	YTD 2011
MTTR [3 - 5] hrs	3.6	4.5	4.9	5.3

Fuente: Mantenimiento Mina

Tabla Nro.08: MTTR Real por periodo anual

c) Backlogs

Los Backlogs son tareas programadas a ejecutar por mantenimiento, a continuación se muestra el análisis para:

- Los Backlogs generados en el sistema con duración menor a 60 días en el 2011 fue de 29%.
- La meta es como máximo es 10%, por lo que este indicador también ha sido considerado mejorarlo con el plan de trabajo.
- Los Backlogs ejecutados para el 2011 alcanzó un 83%.
- La propuesta de mejora presentada pretende llegar o superar la meta del 90% para cumplir con los estándares de mantenimiento.

TRUCKS (793 B/C/D, 785C)		2008	2009	2010	YTD 2011
<u>Backlogs Managment</u>					
Backlogs Aging less 60 day:	< 10%	14%	14%	24%	29%
Backlogs Executed	> 90%	60%	54%	78%	83%

Fuente: Mantenimiento Mina
 Tabla No 09: Tareas programadas a ejecutar

d) Variación de Costo de Mantenimiento

Determinar de lo presupuestado si se logró cumplir o hubo excedentes comprado con lo ejecutado.

Budget p10e Until Last Month				
	P 10e Budget	Actual	Variations	
	Jan-Nov	Jan-Nov	US\$	%
Summary by Fleet-Mine Maintenance				
Labor Cost	31,003,667	30,763,914	239,753	1%
Administration	1,288,163	1,606,898	-318,735	-25%
Support & Facilities	7,342,547	8,806,938	-1,464,391	-20%
Drilling-Fleet	5,545,713	7,148,928	-1,603,215	-29%
Loading-Fleet	23,611,203	22,550,438	1,060,765	4%
Hauling-Fleet	51,144,841	53,744,274	-2,599,433	5%
Mine Auxiliary-Fleet	15,053,653	16,585,262	-1,531,609	-10%
Process-Mobil Equipment	737,526	884,170	-146,644	-20%
Mine Maintenance Cost	135,727,314	142,066,833	-6,339,519	-5%
ETO Project	-36,060,801	-40,288,429	4,227,628	-12%
Component Capital	-3,636,271	-27,951,997	24,315,726	-669%
Total Mine Maintenance Cost	96,030,241	73,826,467	22,203,775	23%

Fuente: Mantenimiento Mina

Cuadro de Costos de Mantenimiento 2011

Budget p10e Until Last Month				
	P10e Budget	Actual	Variations	
	Jan-Nov	Jan-Nov	US\$	%
Summary by Fleet-Mine Maintenance				
Labor Cost	31,003,667	30,763,914	239,753	1%
Administration	1,288,163	1,606,898	-318,735	-25%
Support & Facilities	7,342,547	8,806,938	-1,464,391	-20%
Drilling-Fleet	5,545,713	7,148,928	-1,603,215	-29%
Loading-Fleet	23,611,203	22,550,438	1,060,765	4%
Hauling-Fleet	51,144,841	53,744,274	-2,599,433	5%
Mine Auxiliary-Fleet	15,053,653	16,585,262	-1,531,609	-10%
Process-Mobil Equipment	737,526	884,170	-146,644	-20%
Mine Maintenance Cost	135,727,314	142,066,893	-6,339,579	-5%
ETO Project	-36,060,801	-40,288,429	4,227,628	-12%
Component Capital	-3,636,271	-27,951,997	24,315,726	-669%
Total Mine Maintenance Cost	96,030,241	73,826,467	22,203,775	23%

Fuente: Mantenimiento Mina

En el cuadro anterior, se muestra que se presupuestó 51 millones 544 mil 841 dólares, pero en la ejecución se gastó 53 millones 744 mil 274 dólares, teniendo un exceso de 2 millones 599 mil dólares, que represente un 5% de gasto en exceso en costo de mantenimiento con respecto a lo programado.

Este indicador, de igual forma se propone a 0%, es decir debe gastarse lo presupuestado o menos, para cumplir con los estándares de la gestión del mantenimiento.

4.2 PROPUESTA DE MEJORA

4.2.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORA

Para la elaboración de la propuesta de mejora, se constituyó un Equipo de Mejora formado por una representación de la Gerencia General, de Mantenimiento y de Operaciones.

Para el desarrollo del plan de mejora se ha realizado 10 reuniones de trabajo conformando, una Comisión de Coordinación para desarrollar los planes de mejora que se decidió establecer.

Representante	Área	Cargo
Miguel Rodríguez	Jefe General de Mantenimiento	Coordinador del equipo
Victor Sánchez	Jefe General de Operaciones	SubCoordinador del equipo
Ivan Valverde	Supervisor de Campo Mantenimiento	Secretario del equipo
Barry Paulin	Gerente de Área de Mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro.10: Equipo de Mejora

Representante	Área	Cargo
Miguel Rodríguez	Jefe General de Mantenimiento	Coordinador del equipo
Victor Sánchez	Jefe General de Operaciones	SubCoordinador del equipo
Ivan Valverde	Supervisor de Campo Mantenimiento	Secretario del equipo
Barry Paulin	Gerente de Área de Mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ANÁLISIS FODA

Como punto de partida, el Equipo de Trabajo decide determinar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades del Servicio de Mantenimiento, a modo de análisis interno y externo, con el siguiente resultado:

Fortalezas:

1. Diversidad de especialidades profesionales locales, nacionales e internacionales.
2. Alta cualificación de la plantilla.
3. Gestión informatizada de los partes de trabajo software especializado.
4. Dotación de recursos para formación.
5. Adecuada actitud de respuesta del personal ante el incremento de exigencia de los clientes.

6. Dotación de recursos materiales.

7. Financiación para el área.

Debilidades

1. Bajas por inadecuada programación de requerimiento de materiales y repuestos.

2. Ciertos Conflictos de competencia y poca coordinación entre Unidades y Servicios.

3. Falta de definición de algunos procedimientos.

4. Tiempo elevado de respuesta.

5. Inadecuada comunicación con la unidad de Operaciones.

6. Falta de flexibilidad para la asignación de algunas tareas que dificulta la eficiencia.

7. No existe un programa adecuado de mantenimiento preventivo.

8. No se asegura la calidad eficazmente.

9. No se realiza eficazmente el programa de entrenamiento al personal.

10. No existe un programa de renovación de herramientas e instrumentos.

Oportunidades:

1. Implementación de un ERP (SAP) en la empresa minera para integrar procesos.

2. Incremento de empresas que prestan todo tipo de servicios complementarios.

3. Posibilidad de alianzas internas y externas.

4. Innovaciones tecnológicas.

5. Aprovechamiento de relaciones entre técnicos de distintos Servicios, tanto desde un plano profesional como personal.

6. Fabricantes de equipos especializados.

Amenazas:

1. Conflicto local del proyecto Conga.

2. Tendencia a instrumentalizar las tareas y objetivos de mantenimiento.

3. Aumento de la exigencia interna y externa del cumplimiento de objetivos con el menor tiempo y coste posibles.

4.2.3 MANTENIMIENTO DE CAMIONES.

Para el mantenimiento de los camiones de acarreo se tiene las siguientes estrategias por tipo de camión de acuerdo al tiempo de trabajo:

ENGINE: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de motor, el cambio de componente motor se realiza a las 16,000 hrs, como:

CAMBIAR MOTOR.

REPARACION SISTEMA ADMISION Y ESC AIRE.

PRESURIZACION DEL SIST DE ADMISION.
CAMBIO DE TURBO BAJA DELANTERO.
CAMBIAR TURBO ALTA DERECHO.
CAMBIAR TURBO ALTA IZQUIERDO.
CAMBIAR TURBO BAJA POSTERIOR.
CAMBIO VÁLV DE DERIVACIÓN WASTEGATE 7000h.
PRUEBA VÁLV Y CAMBIO SOL WASTEGATE 2000HR.
CAMBIO DE MUFFLER.
REPARACIONES DE CULATAS.
CALIBRACION DE VALVULAS.
Cambio Metales de Biela y Bancada Midlife.
CAMBIO DE ACCESORIO MOTRIZ – PTO.
CAMBIAR ACCESORIOS MANDO ALT.
REPARACIONES DE EJE DE LEVAS.
INSPECCION EJE LEVAS/CAMBIO MOTOR.
REPARACIONES SIST COMBUSTIBLE.
Muestreo de combustible Test Iron.
REPARACIONES BBA TRANSFERENCIA.
CAMBIO DE TANQ COMBUSTIBLE.
REPARAR INYECTOR DEL MOTOR.
REPARAR SIST LUBRICACIÓN.
CAMBIAR MOTOR PRELUBRICACION.
REPARACION SIST REFRIGERACIÓN.
CAMBIO DE RADIADOR.
CAMBIAR TERMOSTATOS, VALVULA DE ALIVIO.
CAMBIO DE VENTILADOR/FAN SPIDER.
CAMBIAR FAJAS DEL VENTILADOR.
CAMBIAR FAJAS ALTERN/COMP.
CAMBIAR TEMPLADOR DE FAJAS.
CAMBIO DE FAN DRIVE.
CAMBIAR BOMBA PRINCIPAL AGUA.
CAMBIAR BBA AUX AGUA.
CAMBIO ENFRIADOR DE FRENOS DELANTEROS.
CAMBIO ENFRIADOR FRENOS POSTERIORES.

APLICACION ANUAL DE GRASA SENSON.

CAMBIAR BATERIA.

CAMBIAR ALTERNADOR.

CAMBIO DE HARNESS.

LIGHTS.

MANTENIMIENTO SIST DE ARRANQUE.

CAMBIAR MOTOR DE ARRANQUE.

REFRIGERANT COMPRESSOR.

REPARAR COMPRESOR DE AIRE.

REPARACIONES SIST CONT (ECM).

TRANSMISSION & DRIVE LINE: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de transmisión y líneas, el cambio del componente se realiza cada 16,000 hrs.

REPARACION LÍNEAS TRANSM/T/C.

CAMBIO DE TRASMISION.

REPARACION CONTROL TRANSMISIÓN.

CAMBIO DE CONVERTIDOR.

CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS.

CAMBIAR BBA BARRIDO TRANS/ T/C.

CAMBIO CRUCETA EJE PRINCIPAL.

CAMBIO CRUCETA MANDO DE BOMBAS.

CAMBIAR CARDAN PRINCIPAL.

CAMBIO CARDAN MANDO BBAS.

INSPECCION NDT A CARDAN PRINCIPAL.

CAMBIO DE DIFERENCIAL.

REPARACION HOUSING DIFERENCIAL.

PRE CARGA DE A-FRAME DE 800 HRAS.

PRE CARGA DE A-FRAME DE 2000 HRAS.

PRE CARGA DE A-FRAME DE 4000 HRAS.

PRE CARGA DE A-FRAME DE 6000 HRAS.

CAMBIAR PIN BEARING A-FRAME.

CAMBIAR SEMIEJE IZQUIERDO.

CAMBIAR SEMIEJE DERECHO.

DRIVE TRAIN: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de tren de

mando:

CAMBIO RUEDA DERECHA.
CAMBIO RUEDA IZQUIERDA.
CAMBIO MANDO FINAL DERECHO.
CAMBIO MANDO FINAL IZQUIERDO.
TIRES.
REPARAR AROS Y ACCESORIOS.
REPARACIONES SIST DE FRENOS.
REPARACION CONTROL RETARDADOR.
REPARACIONES CONTROL DEL ARC.
REPARACION FRENO SERV DEL IZQ.
REPARACION FRENO SERV DEL DER.
REPARACION FRENO SERV POST IZ.
REPARACION FRENO SERV POST DER.
BRAKE LINES & HOSES.
CAMBIO DE SLACK DE FRENO DELANTERO.
CAMBIO DE SLACK DE FRENO POSTERIOR.
SVC BRAKE CONTROL VALVE.
CAMBIO BOMBA DE FRENO.
CAMBIO CILINDROS MASTER DELANTEROS.
CAMBIO CILINDROS MASTER POSTERIORES.
PARKING BRAKE CONTROL.
AUTOMATIC ELECTRONIC TRACTION AID.
CAMBIO BRAKE RELEASE PUMP (ELECT PUMP).
STEERING SYSTEM.
CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCION IZQUIERD.
CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCION DERECHO.
CAMBIO DE STEERING LINES/HOSES.
CAMBIO DE PIN Y BEARING DE ARM CENTER.
CAMBIO VARILLA DIRECCION DERECHA.
CAMBIO VARILLA DIRECCION IZQUIERDA.
CAMBIO BOMBA DE DIRECCION.
CAMBIO DE VALVULAS DE DIRECCION.
CAMBIO BOMBA HMU.

CAMBIO ACUMULADOR DELANTERO.

CAMBIO ACUMULADOR POSTERIOR.

CAMBIO DE TANQUE HIDRAULICO DE DIRECCION.

IMPLEMENT CONTROLS: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de control de implementos:

REPARAR SISTEMA HIDRÁULICO.

HYDRAULIC CONTROL VALVE.

CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO.

REPARAR TANQUE HIDRAULICO.

HYDRAULIC HOSES/LINES.

LAVADO DE REJILLA DE LEVANTE.

CAMBIO BOMBA LEVANTE.

CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO.

CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE DERECHO.

AIR CONTROL SYSTEM.

REPARACIONES EN LÍNEAS DE AIRE.

IMPLEMENTS: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de implementos:

CAMBIO DE TOLVA.

REPARACION DE TOLVA.

MACHINE: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento de la máquina en general:

ELECTRIC SYSTEM.

CAMBIAR BATERIA.

CAMBIAR ALTERNADOR.

CAMBIO DE HARNESS.

LIGHTS.

PROTECTION DEVICE- ALARMS & INDICATOR.

MTTO SEMESTRAL SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

INSPECCION PROGRAMADA NDT.

INSPECCION NDT A ROTULAS DE DIRECCION.

REPARACION HOUSING DIFERENCIAL.

PRE CARGA 12000 HRAS - CAMBIO DE PIN Y BEARIN.

FRAME – MAIN.

REPARAR EN CAJA DE DIRECCIÓN.

REPARAR PANELES DE LA TOLVA.

REPARAR GUARDAS DE MOTOR.

REPARACIONES EN FENDER.

REPARAR PLATAFORMA Y CATWALK.

REPARACION ESCALERA Y PELDAÑOS.

INSPECCION DE BOTAPIEDRAS.

CAMBIO CIL SUSP DELANTERO DERECHO.

CAMBIO CIL SUSP DELANTERO IZQUIERDO.

CAMBIO CIL SUSP POSTERIOR DERECHO.

CAMBIO CIL SUSP POSTERIOR IZQUIERDO.

REFRIGERANT COMPRESSOR.

INSPECCION MANTTO DE CABINA DE OPERADOR.

CBIO ASIENTO OP + CINTURON DE SEGURIDAD.

MANTTO. SISTEMA AIRE ACONDICIONADO.

CAMBIO DE PROTECTOR DE CABINA.

PESAJE MENSUAL DE CAMION.

PAYLOAD MONITOR SYSTEM – TPMS.

REPARAR ECM DE LA MAQUINA.

PREVENTIVE MAINTENANCE: Comprende actividades relacionadas a mantenimiento preventivo (PMs):

CAMBIO DE SECADOR DE AIRE.

MANTTO PREV WEST FIRE/EASY FUEL Y MEMS.

CAMBIO DE LINEAS DE GRASA.

CAMBIO DE SISTEMA DE LLENADO RAPIDO.

AUTO LUBRICATION SYSTEM.

CAMBIO DE COMPONENTES SISTEMA LINCOLN.

¡LIMPIEZA DE MAQUINA.

RELLENAR FLUIDOS.

CC ACEITE MOTOR, FILT COMB, AIRE, 2800HRS.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 - 800 HRAS.

CC ACEITE MOTOR, FILT COMB, AIRE, 2800HRS.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 - 1600 HRAS.

CC ACEITE MOTOR, FILT COMB, AIRE, 2800HRS.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 - 800 HRAS.
 CC ACEITE MOTOR, FILT COMB, AIRE, 2800HRS.
 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 3200 HRS.
 INSPECCION CLAMPS Y CLIPS 793C.
 INSPECCION PRE BACKLOG.
 CAMBIO DE LINEAS DE GRASA.
 AUTO LUBRICATION SYSTEM.
 CAMBIO DE COMPONENTES SISTEMA LINCOLN.
 LIMPIEZA DE MAQUINA.
 CAMBIO ACEITE DIFERENCIAL 8000 HRS.
 OVERHAUL TOLVA 793C T-14.
 SOLDAR CHASIS POR FISURAS: CAMIONES.
 SOLDAR TOLVA POR FISURAS: CAMIONES.
 REPARAR Y/O CAMBIAR SOP.DE BOTAPIEDRA.
 FABRICAR Y/O SOLDAR BASE PORTATACOS.
 REPARAR TUBO DE ESCAPE.

4.2.4 COSTOS POR ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO POR CAMION

De los costos relacionados del mantenimiento de acuerdo al punto anterior, se analizaron los datos del periodo 2011, por cada tipo de camión son los siguientes:

Equipo	Horas analizadas	Costo Total
793C/D	95.000	\$ 11,028,316.00

Fuente: Mantenimiento

Tabla Nro.11: Costos relacionados al mantenimiento

En los costos, se encontró que para asegurar la disponibilidad de los camiones se ha destinado altos costos realizando trabajos de mantenimiento sin cumplir los estándares de calidad exigido por mantenimiento, empleando repuestos para solucionar problemas de fallas no programadas provocando incrementando costos no considerados en el plan de mantenimiento.

En promedio el % de costos relacionados a repuestos y materiales de los costos totales representa entre el 50% a 70%. Lo que refuerza la afirmación anterior. En la tabla siguiente se muestra el análisis del camión 793C y el detalle de los costos relacionados a materiales y partes que representa el 58% de los costos totales de mantenimiento.

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

TIPO DE MANTENIMIENTO		COSTOS MATERIALES
ENGINE	CAMBIAR MOTOR	237773
TURBOCHARGER/HIGH PRESSURE	CAMBIO DE TURBOCARGADOR DELANTERO	6560
TURBOCHARGER/HIGH PRESSURE	CAMBIO TURBO ALTA PRESION	6560
TURBOCHARGER/LOW PRESSURE	CAMBIO TURBO ALTA PRESION	6560
TURBOCHARGER/LOW PRESSURE	CAMBIO TURBO BAJA PRESION	6560
AUTULDER ENGINE	CAMBIO DE AUTULDER	11500
	Con Motor de Fiel y Rovers M80	8074
ACCESSORY DRIVE - PTO	CAMBIO DE ACCESORIO MOTOR - PTO	2100
ACCESSORY DRIVE - ALTERNATOR	CAMBIO ACCESORIOS MAND. ALT.	2061
FUEL SYSTEM	CAMBIO DE TANQUE COMBUSTIBLE	6000
LUBRICATION SYSTEM	CAMBIO MOTOR DE LUBRICACION	2380
SUCKING SYSTEM	CAMBIO DE HUBO LUK	6000
COOLING SYSTEM	CAMBIO TERMOSTATOS, VALVULA DE ALM.	6000
SUCKING SYSTEM	CAMBIO DE VENTILADOR EN SPHER	1000
WHEELS OF CAN DRIVE	CAMBIO EJES DEL VENTILADOR	800
WHEELS OF CAN DRIVE	CAMBIO PNEUM. ALTERNAMP	350
WHEELS OF CAN DRIVE	CAMBIO PNEUM. DE EJES	400
WATER PUMP	CAMBIO DE WATER PUMP	5000
WATER PUMP - MAIN	CAMBIO BOMBA PRINCIPAL AGUA	400
AFTERCOOLER WATER PUMP	CAMBIO BOMBA AUX. AMF	1000
COOLING SYSTEM	CAMBIO ENFERMO DE FRENO DEL MOTOR	5300.05
SUCKING SYSTEM	CAMBIO ENFERMO DE FRENOS	5000
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIO BATERIA	6000
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIO ALTERNADOR	6000
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIO DE HARNESS	3000
ELECTRIC SYSTEM	LIGHTS	700
AIR STARTING MOTOR	CAMBIO MOTOR DE ARRANQUE	1400
TRANSMISSION	CAMBIO DE TRANSMISION	18000
TORQUE CONVERTER	CAMBIO DE CONVERTIDOR	4000
PUMP DRIVE OF	CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS	1000
TO TRANS. SERVICE PUMP	CAMBIO BOMBA SERVICIO TRANSD.	2000
UNIVERSAL JOINT	CAMBIO CRUCETA UNIVERSAL	1000
DRIVE SHAFT	CAMBIO CRUCETA MANDO DE BOMBAS	1000
DRIVE SHAFT	CAMBIO CARDAN PRINCIPAL	2000
DRIVE SHAFT	CAMBIO CARDAN MOTOR BOMBA	500
ARRANGE	CAMBIO DE DIFERENCIAL	1000
REAR AXLE /DRIVE AXLE	CAMBIO PIN DE ARRANQUE	6000
REAR AXLE /DRIVE AXLE	CAMBIO SEMEJE IZQUIERDO	1000
	CAMBIO SEMEJE DERECHO	1000
WHEEL & BRAKE ASSEMBLY	CAMBIO RUEDA DERECHA	4000
FINAL DRIVE, DR & WHEEL	CAMBIO RUEDA IZQUIERDA	4000
FINAL DRIVE, DR & WHEEL	CAMBIO MANDO FINAL DERECHO	4000
TIRES	CAMBIO MANDO FINAL IZQUIERDO	4000
BRAKE SLACK ADJUSTER	CAMBIO DE SLACK DE FRENO DELANTER.	1000
SAC BRAKE CONTROL VALVE	CAMBIO DE SLACK DE FRENO POSTERIOR	1000
BRAKE AIR OVER HIB CYL	CAMBIO BOMBA DE FRENO	5000
BRAKE AIR OVER HIB CYL	CAMBIO CILINDROS MASTER DELANTEROS	1000
PARKING BRAKE CONTROL	CAMBIO CILINDROS MASTER POSTERIORES	1000
STEERING SYSTEM	CAMBIO BRAKE RELEASE (AUTO SELECT PUMP)	3000
STEERING CYLINDER	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCION DERECHO	2000
STEERING LINES HOSES	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCION IZQUIERDO	2000
STEERING LINKAGE	CAMBIO DE STEERING LINES HOSES	2000
STEERING LINKAGE	CAMBIO DE DR Y BEARING DE ARM CENTER	1000
STEERING LINKAGE	CAMBIO VARILLA DE COMUNICACION	1000
STEERING PUMP	CAMBIO VARILLA DE DIRECCION IZQUIERDA	1000
STEERING VALVES	CAMBIO BOMBA DE DIRECCION	1000
STEERING METERING PUMP	CAMBIO DE VALVULAS DE DIRECCION	1000
STEERING ACCUMULATOR	CAMBIO BOMBA PUMP	1000
STEERING ACCUMULATOR	CAMBIO ACCUMULADOR DEL MOTOR	1000
STEERING HYDRAULIC TANK	CAMBIO RESERVOIR DE POSTERIOR	1000
	CAMBIO DE TANQUE HIDRAULICO DE DIRECCION	1000
HYDRAULIC TANK	CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO	2000
LIFTER CYLINDER	CAMBIO BOMBA LEVANTE	2000
LIFTER CYLINDER	CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO	4000

Tabla 12: Costos de Mantenimiento relacionado a repuestos

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

AIR CONTROL SYSTEM	CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE DERECHO	40500
DUMP BODY (TOLVA)	CAMBIO DE TOLVA	266685
	REPARACION DE TOLVA	30000
ALTERNATOR	CAMBIAR BATERIA	6600
WIRING HARNESS	CAMBIAR ALTERNADOR	20800
LIGHTS	CAMBIO DE HARNESS	20000
SUSPENSION CYLINDER	CAMBIO CIL SUSP DELANTERO DERECHO	52200
REAR SUSPENSION CYLINDER	CAMBIO CIL SUSP DELANTERO IZQUIERDO	52200
REFRIGERANT COMPRESSOR	CAMBIO CIL SUSP POSTERIOR DERECHO	43000
AIR CONDITIONER	CAMBIO CIL SUSP POSTERIOR IZQUIERDO	43000
PAYLOAD MONITOR SYSTEM TTMS	CUIDO ASIENTO OP + CINTURON DE SEGURIDAD	21523.04
FIRE SUPPRESSION	CAMBIO DE PROTECTOR DE CABINA	50050
FAST FILL SERVICE CENTER/EASY FUEL SYSTEM	CAMBIO DE SECADOR DE AIRE	20750
AUTO LUBRICATION SYSTEM	CAMBIO DE LINEAS DE GRASA	6825
MACHINE CLEANING	CAMBIO DE SISTEMA DE LLENADO RAPIDO	5000
MAINTENANCE	CAMBIO DE COMPONENTES SISTEMA LINCOLN	70850
MAINTENANCE	CAMBIO DE LINEAS DE GRASA	17825
MAINTENANCE	CAMBIO DE COMPONENTES SISTEMA LINCOLN	70850
FRAME	CAMBIO ACEITE DIFERENCIAL 6000 HRS	2232.12
TOTAL EN MATERIALES / REPUESTOS		\$ 6,393,222.21
TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO		\$ 11,028,316.00
% DE COSTOS RELACIONADOS A MATERIALES / REPUESTOS		58%

En las siguientes tablas se muestra detalle cada camión las estrategias establecidas por cada momento de horas de trabajo.

4.2.5 PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

En el plan de mejora propuesto, los integrantes del Equipo de Trabajo se plantearon las siguientes estrategias a implementar:

- Trabajo en equipo y coordinación entre las áreas de mantenimiento, operaciones y logística.
- Enfocarse a la planificación y programación proactiva con el compromiso de los trabajadores para lograr los objetivos.
- Basado en el mejoramiento continuo, obteniendo resultados de los indicadores y estableciendo planes de mejora para implementarlos, siguiendo este ciclo de manera continua.
- Gestión Disciplinada de Materiales: mediante una adecuada gestión de inventario mantener la cantidad de repuestos e insumos de acuerdo a la programación de mantenimiento de los equipos.
- Integración de sistemas: la empresa ha decidido implementar un sistema integrado denominados ERP: SAP
- Gerencia de paradas de planta: mantener la disponibilidad de acuerdo a lo programado para cumplir con la producción planeada.

a Objetivo principal del Plan de Mantenimiento:

Se estableció como objetivo principal para el plan de mantenimiento:

Minimizar el costo de ciclo de vida, entregando equipos disponibles y confiables a un costo óptimo aplicando un plan de mantenimiento eficiente.

b Propuesta de Plan de Mejora para la Gestión del Mantenimiento

Tomando en cuenta las estrategias planteadas y considerando que los indicadores para demostrar la eficiencia de la gestión de mantenimiento se plantearon las siguientes acciones para el plan de mejora:

Acciones	Costo Anual
<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar al personal para asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo: en temas de calidad, aspectos técnicos. 	15000 \$
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de renovación de instrumentos, equipos y herramientas de la Unidad de Mantenimiento 	50000\$
<ul style="list-style-type: none"> • Contratar un supervisor de Calidad para asegurar que las Tareas de mantenimiento siga estándares de calidad 	25000\$
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de inventarios de partes (SAP) 	12000\$ (implementación) y 5000\$ (por mantenimiento)
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un plan de mantenimiento real (planner debe considerar el balance de recurso) 	-
<ul style="list-style-type: none"> • Contratar personal para mantenimiento (pañolero) para asegurar un adecuado control de repuestos y materiales (gestión de stocks) 	21600\$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Acciones de Mejora para la Gestión de Mantenimiento

Acciones	Costo Anual
<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar al personal para asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo: en temas de calidad, aspectos técnicos. 	15000 \$
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de renovación de instrumentos, equipos y herramientas de la Unidad de Mantenimiento 	50000\$
<ul style="list-style-type: none"> • Contratar un supervisor de Calidad para asegurar que las Tareas de mantenimiento siga estándares de calidad 	25000\$
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de inventarios de partes (SAP) 	12000\$ (implementación) y 5000\$ (por mantenimiento)
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un plan de mantenimiento real (planner debe considerar el balance de recurso) 	-
<ul style="list-style-type: none"> • Contratar personal para mantenimiento (pañolero) para asegurar un adecuado control de repuestos y materiales (gestión de stocks) 	21600\$

Fuente: Elaboración propia

b.1 Programa de Capacitación

Este programa sobre gestión de mantenimiento estará dirigido al personal técnico de la unidad de Mantenimiento

El Área de Recursos Humanos, terceriza este servicio con una empresa de capacitación especializada para programas de capacitación anuales. Se detalla en la siguiente tabla el detalle de los temas a capacitar:

MES	TEMA DE CAPACITACION
ENERO	Introducción al proceso de optimización de la producción a partir del uso de técnicas modernas de Ingeniería de Mantenimiento Fallas, fiabilidad y los métodos de resolución de problemas Indicadores, hablería de comando y sugerión Mantenimiento Preventivo para Plantas Industriales Capacitación de 2 días de duración
FEBRERO	Solución de problemas utilizando técnicas de Análisis Causa Raíz (MRC) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) Reliability Centered Maintenance (RCM) Clasificación de los fallos: Confiabilidad, Mantenibilidad y evaluación de su impacto en los Costos Totales del Ciclo de Vida de una Instalación.
MARZO	Fundamentación y uso de técnicas predictivas modernas para el mantenimiento Barridoamiento diagnóstico de rotores Bases del diagnóstico de fallas mediante el análisis de vibraciones Auditoría de la Gestión de Mantenimiento Mantenimiento Productivo Total Mantenimientos para la gestión de mantenimiento
ABRIL	Planificación y Programación de Mantenimientos Fundamentos del análisis de vibraciones Introducción al TPM 4 pilares claves de TPM Implementación del Mantenimiento Preventivo fallas Gestión integral de mantenimiento
MAYO	Planificación, organización y administración de tareas y recursos utilizando Microsoft Project Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Mantenimiento Índices de Mantenimiento
JUNIO	Análisis de Lubricantes Tecnología predictiva del Mantenimiento Predictivo Tecnologías de medición para el Mantenimiento Predictivo en la industria Confiabilidad Operacional: Normas, métodos y herramientas de aplicación
JULIO	Administración de activos por mantenimiento (Asset Management) Administración y sistematización del mantenimiento Técnicas de evaluación de gestión de mantenimiento

Tabla 15: Temas de capacitación técnica

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

	Auditorías de mantenimiento
	Optimización del mantenimiento
AGOSTO	Dirección y gestión de paradas de planta
	Gestión de mantenimiento en activos
	Diagnóstico de fallas
	Gestión de la Confiabilidad Humana
	Sistemas balanceados de indicadores "BalancedScorecard"
SEPTIEMBRE	Gerencia de mantenimiento
	Análisis de Fallas
	Gestión de calidad en el Mantenimiento Técnico
	Taller de consolidación de equipos exitosos
	Análisis de Lubricantes
	Teoría y práctica del Mantenimiento Predictivo
	Tecnologías de medición para el Mantenimiento
OCTUBRE	Predictivo en la Industria
	Confiabilidad Operacional: técnicas, métodos y herramientas de aplicación
	Administración de activos por mantenimiento (Asset Management)
	Administración y sistematización del mantenimiento
NOVIEMBRE	Técnicas de evaluación de gestión de mantenimiento
	Auditorías de mantenimiento
	Optimización del mantenimiento
	Dirección y gestión de paradas de planta
	Gestión de mantenimiento en activos
	Diagnóstico de fallas
DICIEMBRE	Gestión de la Confiabilidad humana
	Sistemas balanceados de indicadores "BalancedScorecard"
	Gerencia de mantenimiento
	Análisis de Fallas
	Gestión de calidad en el Mantenimiento Técnico
	Taller de consolidación de equipos exitosos

Fuente: Recursos Humanos

Este programa de capacitación, de acuerdo a datos proporcionados por Recursos Humanos en coordinación con proveedores de servicio de capacitación, tendría un costo de 15 mil dólares, la cual se pagaría mensualmente.

b.2 Plan de renovación de instrumentos, equipos y herramientas de la Unidad de Mantenimiento

Para esta propuesta se ha identificado instrumentos, equipos y herramientas necesarios para iniciar las actividades de Gestión de Mantenimiento.

Existen algunos de estos inventarios que se encuentran deteriorados o inoperativos. De acuerdo a la revisión de los stocks se plantea la siguiente renovación anual.

Detalle	Costo unitario	cantidad al año	Subtotal
Instrumento para diagnosticar, calibrar, realizar pruebas y revisar detalle de módulo de máquina.	\$3,000.00	3	\$ 9,000.00
Llaves mixtas en pulgadas 5/16 , 3/8 , 7/16 , 1/2 , 9/16 , 5/8 , 11/16 , 3/4 , 13/16 , 7/8 , 15/16 , 1 .	\$ 6.00	45	\$ 270.00
Llaves mixtas en mm. 7,8, 9,10,11,12,13,14,15,16,17,18 ,19,22.	\$ 6.00	45	\$ 270.00
JUEGO DE LLAVES ALLEN EN mm. Y pulg.	\$ 14.00	115	\$ 1,610.00
JUEGO DE LLAVES TORX EN mm. Y pulg.	\$ 16.50	60	\$ 990.00
MULTIMETRO	\$ 32.00	60	\$ 1,920.00
RACHET DE 1/2"	\$ 21.00	60	\$ 1,260.00
PALANCA DE 1/2"	\$ 16.00	60	\$ 960.00
DESTORNILLADORES PLANOS (chico,mediano,grande)	\$ 8.00	90	\$ 720.00
DESTORNILLADORES ESTRELLA (chico,mediano)	\$ 8.00	90	\$ 720.00
MARTILLO	\$ 11.00	90	\$ 990.00
ALICATES (pico de loro,presión,universal,purta,corte)	\$ 14.00	120	\$ 1,680.00
RACHET DE 3/8"	\$ 20.00	90	\$ 1,800.00
FAJA SACA FILTROS	\$ 12.00	120	\$ 1,440.00
LLAVES FRANCESAS (12",18")	\$ 13.50	60	\$ 810.00
EXTENCIONES DE 1/2" (corta,mediana,larga)	\$ 12.00	90	\$ 1,080.00
EXTENSION CARDANICA	\$ 18.00	90	\$ 1,620.00
EXTENSION 3/8" (corta,mediana,larga)	\$ 12.00	90	\$ 1,080.00
PATA DE CABRA PEQUEÑA	\$ 24.00	60	\$ 1,440.00
CUCHILLA	\$ 12.00	60	\$ 720.00
ESPATULA	\$ 7.00	120	\$ 840.00
STEELSON 12"	\$ 25.00	60	\$ 1,500.00
SEAL PICK	\$ 27.00	60	\$ 1,620.00
PUNSON, CINCEL PLANO.	\$ 8.00	120	\$ 960.00
Dados De Encastre en pulgadas: 1/2" , 5/16 , 3/8 , 7/16 , 1/2 , 9/16 , 5/8 , 11/16 , 3/4 , 13/16 , 7/8 , 15/16 , 1 .	\$ 89.00	60	\$ 5,340.00
Dados De Encastre en mm: 7, 10,11,13,14,16,18, 19.	\$ 78.00	60	\$ 4,680.00
Dados De Encastre 3/8" en pulgadas: 7/16, 1/2, 9/16, 5/8.	\$ 78.00	60	\$ 4,680.00
Total:			\$50,000.00

Fuente: Gestión de Mantenimiento

Tabla 16 renovación de instrumentos, equipos, y herramientas de la unidad de mantenimiento

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

Detalle	Costo unitario	cantidad al año	Subtotal
Instrumento para diagnosticar, calibrar, realizar pruebas y revisar detalle de módulo de máquina.	\$3,000.00	3	\$ 9,000.00
Llaves mixtas en pulgadas 5/16 , 3/8 , 7/16 , 1/2 , 9/16 , 5/8 , 11/16 , 3/4 , 13/16 , 7/8 , 15/16 , 1 .	\$ 6.00	45	\$ 270.00
Llaves mixtas en mm.7,8, 9,10,11,12,13,14,15,16,17,18 ,19,22.	\$ 6.00	45	\$ 270.00
JUFGO DE LLAVES ALLFN FN mm. Y pulg.	\$ 14.00	115	\$ 1,610.00
JUEGO DE LLAVES TORX EN mm. Y pulg.	\$ 16.50	60	\$ 990.00
MULTIMETRO	\$ 32.00	60	\$ 1,920.00
RACHET DE 1/2"	\$ 21.00	60	\$ 1,260.00
PAIANCA DE 1/2"	\$ 16.00	60	\$ 960.00
DESTORNILLADORES PLANOS (chico,mediano,grande)	\$ 8.00	90	\$ 720.00
DESTORNILLADORES ESTRELLA (chico,mediano)	\$ 8.00	90	\$ 720.00
MARTILLO	\$ 11.00	90	\$ 990.00
ALICATES (pico de loro,presión,universal,punta,corte)	\$ 14.00	120	\$ 1,680.00
RACHEI DE 3/8"	\$ 20.00	90	\$ 1,800.00
FAJA SACA FILTROS	\$ 12.00	120	\$ 1,440.00
LLAVES FRANCESAS (12",18")	\$ 13.50	60	\$ 810.00
EXTENCIONES DE 1/2" (corta,mediana,larga)	\$ 12.00	90	\$ 1,080.00
EXTENSION CARDANICA	\$ 18.00	90	\$ 1,620.00
EXTENSION 3/8" (corta,mediana,larga)	\$ 12.00	90	\$ 1,080.00
PATA DE CABRA PEQUEÑA	\$ 24.00	60	\$ 1,440.00
CUCHILLA	\$ 12.00	60	\$ 720.00
ESPATULA	\$ 7.00	120	\$ 840.00
STEELSON 12"	\$ 25.00	60	\$ 1,500.00
SFAI PICK	\$ 27.00	60	\$ 1,620.00
PUNSON, CINCEL PLANO.	\$ 8.00	120	\$ 960.00
Dados De Encastre en pulgadas: 1/2" , 5/16 , 3/8 , 7/16 , 1/2 , 9/16 , 5/8 , 11/16 , 3/4 , 13/16 , 7/8 , 15/16 , 1 .	\$ 89.00	60	\$ 5,340.00
Dados De Encastre en mm: 7, 10,11,13,14,16,18, 19.	\$ 78.00	60	\$ 4,680.00
Dados De Encastre 3/8" en pulgadas: 7/16, 1/2, 9/16, 5/8.	\$ 78.00	60	\$ 4,680.00
Total:			\$50,000.00

Fuente: Gestión de Mantenimiento

b.3 Contratar un supervisor de Calidad para asegurar que las Tareas de mantenimiento siga estándares de calidad

Considerando que una estrategia es el aseguramiento de los estándares de calidad en el trabajo de mantenimiento, se ha planteado contratar un Supervisor de Calidad que asegure la gestión de mantenimiento cumpliendo las exigencias y estándares internacionales.

Requisitos

- Profesional en Ingeniería Mecánica o Mecánico Eléctrico.
- Colegiado y Habilitado en CIP
- Experiencia de más de 5 años en empresas mineras, dentro del área de mantenimiento.
- Especialización en Mejora Continua y Sistemas de Calidad

- Proactivo, trabajo en equipo y orientado a resultados.

Para este puesto se plantea, considerando las escalas contempladas en el MOF de Recursos Humanos de la empresa, un sueldo de 2500\$ con 18 sueldos al año.

b.4 Gestión de inventarios de partes (SAP)

Actualmente, la empresa minera ya ha implementado en este año 2012, algunos módulos de un ERP denominado SAP (ver anexo 06), uno de ellos el de Gestión de Mantenimiento. Este módulo comprende las siguientes opciones:

SAP PM: Plant Maintenance (Gestión del Mantenimiento)

- PM-PRM: Mantenimiento Preventivo
- PM-WOC: Órdenes de Mantenimiento
- PM-PRO: Proyectos de Mantenimiento
- PM-SM: Gestión del Servicio

Para este trabajo de tesis se ha planteado incorporar un módulo para la Gestión de inventarios, que asegure un control y manejo de stock de repuesto, materiales o insumos para contribuir a una mejor gestión de mantenimiento y cumplir con el programa de mantenimiento programado.

SAP MM: Materials Management (Gestión de Materiales)

- MM – MRP: Planificación Necesidades Materiales
- MM-PUR: Gestión de Compras
- MM-IM: Gestión de Inventarios
- MM-WM: Gestión de Almacenes
- MM-IV: Verificación de Facturas
- MM-IS: Sistema de Información
- MM-EDI: Intercambio Electrónico de Datos

Este módulo, su implementación tendría un costo de 12000\$ y para su mantenimiento (desde personalización del módulo hasta soporte técnico y capacitación) a partir de segundo año sería de 5000\$ (durante 5 años).

b.5 Elaborar un plan de mantenimiento real (planner debe considerar el balance de recurso)

Ya contando un supervisor de calidad y junto con el equipo de planeamiento se va a iniciar un proceso de verificación del programa de mantenimiento.

Se plantea el proceso a seguir por el planner y reducir los % de error entre lo planificado y real:

- Revisar los stock de repuestos, herramientas y equipos de mantenimiento
- Analizar los datos históricos de la gestión de mantenimiento real vs programado

- Evaluar el % de error de los planes de mantenimiento de años anteriores
- Presentar plan de mantenimiento a Gerente de Mantenimiento y Producción
- Aprobación por Gerencia de Mantenimiento del plan de mantenimiento.

Esta propuesta está orientada a mejorar el proceso de planificación evaluado lo histórico con lo real.

No hay costos adicionales puesto que el personal ya existe en la empresa y objetivo de esta propuesta es mejorar la actividad a realizar,

b.6 Contratar personal para mantenimiento (pañolero) para asegurar un adecuado control de repuestos y materiales (gestión de stocks)

Considerando que una estrategia es mejorar la gestión de inventarios, se ha planteado contratar un Asistente para Almacén denominado en mina como Pañolero, que asegure la gestión la entrega de acuerdo a los requerimientos y mantener el stock adecuado de acuerdo a los programas de mantenimiento planificados.

Requisitos

- Bachiller o Profesional en Ingeniería Industrial, Ingeniero Mecánico
- Con conocimientos en Inventarios, Almacén y Compras.
- Proactivo, trabajo en equipo y orientado a resultados.

Para este puesto se plantea, considerando las escalas contempladas en el MOF de Recursos Humanos de la empresa, un sueldo de 1200\$ con 18 sueldos al año.

c) Establecimiento de metas

Por cada indicador analizado para demostrar la eficiencia de la Gestión de mantenimiento, se propone las metas a alcanzar.

Indicador	Actual (2011)	Propuesto (con la mejora)
Disponibilidad	87%	87.5%
Mantenibilidad: MTTR	5.3 horas	Entre 3 a 5 horas
% de Variación de Costo de Mantenimiento	5% de excedente	0%
Backlogs	83%	>=90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Propuesta de Mejora de Indicadores para la Gestión de Mantenimiento

Indicador	Actual (2011)	Propuesto (con la mejora)
Disponibilidad	87%	87.5%
Mantenibilidad: MTTR	5.3 horas	Entre 3 a 5 horas
% de Variación de Costo de Mantenimiento	5% de excedente	0%
Backlogs	83%	$\geq 90\%$

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 5 ANALISIS COSTO BENEFICIO

5.1 ANALISIS COSTO BENEFICIO

A continuación se analiza el costo de la mejora de la propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento, para esto se realizara el análisis costo/ beneficio.

Los costos en que se debe incurrir son los siguientes:

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

Acciones	Detalle	Costo Anual
Capacitación al personal para asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo	1250\$/mes	\$15000
Renovación de instrumentos, equipos y herramientas de la Unidad de Mantenimiento	Ver detalle de instrumentos y herramientas	\$50000
Contratar un supervisor de Calidad	2500\$/mes (18 sueldos)	\$45000
Gestión de inventarios de partes (Implementar SAP)	12000 \$ al inicio del año 0 (implementación)	5000 \$ a partir del año 1 (por mantenimiento)
Contratar personal para mantenimiento (pañolero)	1200\$/mes (18 sueldos)	\$21600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Inversión en la propuesta de Mejora

Acciones	Detalle	Costo Anual
Capacitación al personal para asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo	1250\$/mes	\$15000
Renovación de instrumentos, equipos y herramientas de la Unidad de Mantenimiento	Ver detalle de instrumentos y herramientas	\$50000
Contratar un supervisor de Calidad	2500\$/mes (18 sueldos)	\$45000
Gestión de inventarios de partes (Implementar SAP)	12000 \$ al inicio del año 0 (implementación)	5000 \$ a partir del año 1 (por mantenimiento)
Contratar personal para mantenimiento (pañolero)	1200\$/mes (18 sueldos)	\$21600

Fuente: Elaboración propia

5.2 FLUJO DE CAJA

A continuación se presenta el flujo de caja de la propuesta de mejora, con los costos proyectados a 5 años, determinado los costos en que se incurriría en el momento de implementarse la mejora.

La Gerencia de Mantenimiento ha proyectado un crecimiento en los costos de mantenimiento anual de 20% debido a la depreciación de los equipos. El objetivo es reducir el 5% de variación de los costos de mantenimiento, que es la diferencia entre lo presupuestado y lo real (la meta es llegar a 0% de variación).

Los costos del proyecto son los siguientes:

FLUJO DE INVERSION										
Descripción	Horario	P.U.	Cantidad	Unid. Med.	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Materiales y Repuestos de Mantenimiento										
Reposición de instrumentos, equipo y parametrizas de la Unidad de Biomonitorio	50,000.00				50,000.00	50,000.00	60,000.00	70,000.00	80,000.00	90,000.00
Total Materiales y Repuestos de Mantenimiento					50,000.00	50,000.00	60,000.00	70,000.00	80,000.00	90,000.00
Personal										
Contrato un supervisor de Calidad	40,000.00	2,000.00	10	sueldo	40,000.00	40,000.00	40,000.00	40,000.00	40,000.00	40,000.00
Contrato personal para mantenimiento químico	21,000.00	1,200.00	18	sueldo	21,000.00	21,000.00	21,000.00	21,000.00	21,000.00	21,000.00
Total Personal					61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00
Gastos Operativos										
Capacitación al personal para asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo	15,000.00	1,500.00	10	curso	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
Gestión de inventarios de cambio (implementar IAP)	10,000.00				10,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00
Total Gastos Operativos de Infraestructura - Mantenimiento y Equipo - Calidad					25,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
TOTAL					\$ 132,000.00	\$ 116,000.00				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: FLUJO DE INVERSION (en dlares)

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA

FLUJO DE INVERSIÓN										
Descripción	Inversión	P.V.U.	Cambios	Unid. Med.	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Mantenimiento y Reparación de Mantenimiento										
Reparación de trócares, rotores y mantenimiento de la Unidad de Mantenimiento	50,000.00				50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00
Total Mantenimiento y Reparación de Mantenimiento					50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00
Personas										
Contratar un asistente de Calidad	45,000.00	2,500.00	18	sueldo	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00	45,000.00
Contratar personal para mantenimiento (patrolero)	21,500.00	1,200.00	18	sueldo	21,500.00	21,500.00	21,500.00	21,500.00	21,500.00	21,500.00
Total Personal					66,500.00	66,500.00	66,500.00	66,500.00	66,500.00	66,500.00
Gastos Operativos										
Reparación de elementos para inspección y mantenimiento del sistema de control de calidad	15,000.00	1,200.00	12	recurso	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
Costos de mantenimiento de partes (impresoras, etc.)	10,000.00				10,000.00	1,000.00	3,000.00	1,000.00	3,000.00	3,000.00
Total de Gastos Operativos de Infraestructura - Almacén y Caudal - Gestión					25,000.00	16,000.00	18,000.00	16,000.00	18,000.00	18,000.00
TOTAL					\$ 132,000.00	\$ 112,000.00	\$ 115,000.00	\$ 110,000.00	\$ 115,000.00	\$ 115,000.00

Fuente: Elaboración Propia

Descripción	Inversión	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Mantenimiento							
Variación en Costos de mantenimiento en % (por materiales y gestión)	2,687,213.70	2,687,213.70	3,224,656.44	3,662,587.73	4,642,526.27	5,572,206.33	6,685,647.59
TOTAL COSTOS	\$ 2,687,213.70	\$ 2,687,213.70	\$ 3,224,656.44	\$ 3,662,587.73	\$ 4,642,526.27	\$ 5,572,206.33	\$ 6,685,647.59

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: COSTOS SI NO SE IMPLEMENTA LA MEJORA (en dólares)

Descripción	Inversión	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Mantenimiento							
Variación en Costos de mantenimiento en % (por materiales y gestión)	2,687,213.70	2,687,213.70	3,224,656.44	3,662,587.73	4,642,526.27	5,572,206.33	6,685,647.59
TOTAL COSTOS	\$ 2,687,213.70	\$ 2,687,213.70	\$ 3,224,656.44	\$ 3,662,587.73	\$ 4,642,526.27	\$ 5,572,206.33	\$ 6,685,647.59

Fuente: Elaboración Propia

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
\$ -122,000.00	\$ 2,565,213.70	\$ 3,109,656.44	\$ 3,754,587.73	\$ 4,528,505.27	\$ 5,457,206.33

COK	7%	Mejor alternativa de inversión en fondos mutuos
VAN	\$ 15,402,040.02	VAN > 0
TIR	2124%	TIR > COK
IR	\$ 127.25	IR > 1

Elaboración Propia

Tabla 21: FLUJO DE CAJA NETO PROYECTO

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
\$ -122,000.00	\$ 2,565,213.70	\$ 3,109,656.44	\$ 3,754,587.73	\$ 4,528,505.27	\$ 5,457,206.33

COK	7%	Mejor alternativa de inversión en fondos mutuos
VAN	\$ 15,402,040.02	VAN > 0
TIR	2124%	TIR > COK
IR	\$ 127.25	IR > 1

Elaboración Propia

Como conclusión se obtiene un VAN de \$ 15'402,040.02, lo cual refleja la conveniencia de la mejora para la gestión de mantenimiento en este proyecto, sin embargo es importante aclarar que más allá de los beneficios económicos, lo más importante es cumplir con los estándares de calidad en beneficios no solo de la empresa sino del entorno.

CAPITULO 6 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

a) Se estableció como indicadores para medir la gestión de mantenimiento en equipos de acarreo:

- Mantenibilidad a través del MTTR como el Tiempo promedio entre el momento cuando ocurre la falla en un equipo y el momento cuando esta es reparada.
- Disponibilidad Mecánica, que analiza la disponibilidad de los equipos con respecto a las horas de operación y las horas totales de producción.
- Backlogs: que ha permitido analizar el tiempo que permanecen las tareas de mantenimiento en espera.
- Costo de Variación de mantenimiento: que analiza el % de costos de mantenimiento excedente con respecto a lo programado.

b) Se analizaron los indicadores establecidos para el presente estudio que permita evaluar la gestión de mantenimiento del año 2011.

- La disponibilidad de los equipos llego a 87%, el cual se encuentra solo debajo a la meta propuesta por Gerencia de 5% de equipos que deben estar disponibilidad para Operación Mina.
- La mantenibilidad llego a 5.3 horas, excediendo un 0.3% de lo establecido técnicamente de tiempo que transcurre entre el momento que sucede la parada del equipo y cuando es reparada.
- El % de Variación de Costo de Mantenimiento ha excedido en 5%, lo que significa que se ha incrementado los costos de mantenimiento en 5% de lo presupuestado para asegurar la disponibilidad de equipos.
- Las tareas programadas no cumplidas en los tiempos establecidos no llego al 90% establecido (83% logrado), faltando un 7% de tareas programadas por cumplir.

c) Se analizaron las propuestas de mejora de manera técnica y económica alineados a las estrategias planteadas de la Gestión de Mantenimiento: desde capacitación al personal, contratar personal de Calidad y para Gestión de Inventarios, así como implementar un módulo de un ERP, junto con un plan de renovación de equipos. Los costos relacionados a estas propuesta equivalen a 122 mil dólares para el año 0 (2012).

d) Los resultados esperados de la propuesta de mejora permite mejorar los indicadores de la gestión de mantenimiento, estableciendo las metas de acuerdo a las exigencias técnicas y de la gerencia:

Indicador	Propuesto (con la mejora)
Disponibilidad	87.5%
Mantenibilidad: MTTR	Entre 3 a 5 horas
% de Variación de Costo de Mantenimiento	0%
Backlogs	>=90%

e) La propuesta presentada no solamente es factible técnicamente sino económicamente, obteniendo los siguientes resultados

- VAN: el beneficio real de la inversión sería de \$ 15,402,040.02
- TIR: tasa de rentabilidad o % de ganancia del proyecto de 2124% y es superior al 7% establecido (como inversión alternativa en fondos mutuos)
- IR: Por cada sol invertido se obtendría una ganancia de 127.25\$

6.2 RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar un plan de trabajo para mejorar el clima laboral entre áreas, ya que siempre existe un conflicto entre las áreas de mantenimiento y operaciones
- b) Se recomienda que el software integrado implementado en la empresa (SAP) integre no solo algunas áreas sino toda la organización para lograr la integración de los procesos.
- c) Se recomienda continuar con trabajos de investigación sobre gestión de mantenimiento considerando la confiabilidad (MCC) y disponibilidad, identificando otros indicadores para medir dichos procesos.

Lista de referencias

Libros:

MANTENIBILIDAD, Jezdimir Knezevic, Editorial Edison, Cuarta Edición, Madrid, 2006
GESTION DE MANTENIMIENTO A LA MEDIDA, Prando Raúl, Piedra Santa - Guatemala, 1996
Información de la empresa (Área de Mantenimiento, Recursos Humanos y Producción)

INFORME AUDITORÍA AMBIENTAL Y EVALUACIONES AMBIENTALES DE LAS OPERACIONES DE LAMINERA YANACOCCHA EN CAJAMARCA – PERÚ, REV.1 – Noviembre, 2003

Internet:

Tesis Gestión de Mantenimiento TECSUP: Implementación RCM en el planeamiento y gestión estratégica del área de mantenimiento de la empresa de transporte HGEMSA SAC

Visitada el 15 de Agosto 2012

<http://es.scribd.com/doc/26381727/Tesis-de-Gestion-del-Mantenimiento-presentada-al-PEPP-Tecs>

Tesis Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos Visitada el 28 de Setiembre 2012
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9426.pdf>

Gestión de mantenimiento Visitada el 30 de Setiembre 2012

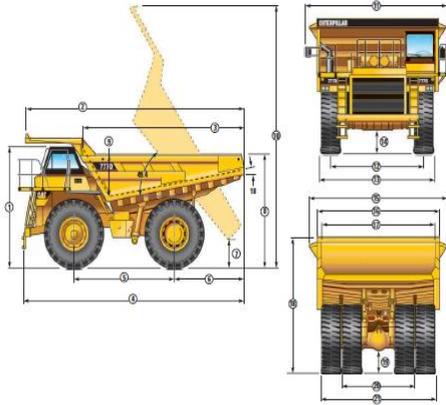
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01: CARACTERISTICAS DE CAMIONES

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas. (Mostrado con caja de doble declive)



Camión 777D:

- ✓ Cap. de Carga Útil
90 TN

Camión 785C:

- ✓ Cap. de Carga Útil
150 TN



Camiones fuera de Carretera CAT 793C, 793D.

- ✓ Capacidad de carga útil 250 TN
- ✓ Capacidad de Tanque de Combustible 1500 gls.

ANEXO 02: CARACTERÍSTICAS DEL CAMIÓN 777D

MOTOR

Modelo	Cat 3508B EUI
Potencia neta - CAT	938 hp / 699 kW
Potencia bruta	1000 hp / 746 kW
Potencia neta - SAE J1349 (6/95)	938 hp / 699 kW
Potencia en el volante	938 hp / 699 kW
Potencia neto - ISO 9249	938 hp / 699 kW
Potencia neta - ECC 80/1269	938 hp / 699 kW
Par máximo	4713 Nm
Reserva de par	23 %
Calibre	170 mm
Carrera	190 mm
Cilindrada	34.500 cm ³

PESOS

Peso bruto de la máquina	163.293 kg
Peso en orden de trabajo - Vacío	64.296 kg
Especificaciones en orden de trabajo	
Capacidad nominal de carga útil	90.9 toneladas métricas
Máxima capacidad al ras - SAE	42.1 m ³
Capacidad (2:1) SAE	60.1 m ³
Capacidad máxima	96.19 toneladas métricas
Capacidad - Doble declive - Factor de llenado de 100 %	
Al ras	42.1 m ³
Colmado (2:1) SAE	60.1 m ³
Capacidad - Piso plano - Factor de llenado de 100 %	

Al ras	42.0 m3
Colmado (2:1) SAE	60.2 m3
Distribución de pesos aproximados - Doble declive - Piso plano	
Eje delantero - Vacío	47.0 %
Eje delantero - Con carga	33.0 %
Eje trasero - Vacío	53.0 %
Eje trasero - Con carga	67.0 %

TRANSMISION

Avance 1	10.5 km / hora
Avance 2	14.3 km / hora
Avance 3	19.3 km / hora
Avance 4	26.0 km / hora
Avance 5	34.9 km / hora
Avance 6	46.6 km / hora
Avance 7	60.4 km / hora
Retroceso	11.9 km / hora

MANDO FINAL

Relación de diferencial	2.74 : 1
Relación de planetario	7.00 : 1
Relación de reducción total	19.16 : 1

FRENOS

Superficie de freno - Delantero	2.787 cm ²
Superficie de freno - Trasero	102.116 cm ²

CAPACIDADES DE LLENADO

Tanque de combustible	1.137 litros
Sistema de enfriamiento	325 litros
Carter	124 litros
Diferenciales y mandos finales	329 litros
Tanque de la dirección	57 litros
Sistema de la dirección (incluyendo el tanque)	84 litros
Tanque del freno / dispositivo de levantamiento	220 litros
Sistema del freno (incluyendo el tanque)	415 litros
Convertidor de par - Sumidero de la transmisión	81 litros
Convertidor de par / Sistema de transmisión (incluyendo sumidero)	138 litros

SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO DE LA CAJA

Flujo de la bomba - alta en vacío	405.5 litros / minuto
Ajuste de la válvula de alivio - levantamiento	18.962 kPa
Ajuste de la válvula de alivio - bajada	18.950 kPa
Tiempo de subida de la caja a velocidad alta en vacío	15 segundos
Tiempo libre de bajada de la caja	13 segundos

SUSPENSION

Carrera efectiva del cilindro delantero	318 mm
Carrera efectiva del cilindro trasero	165 mm

Oscilación del eje trasero	5.4 °
----------------------------	-------

PESOS APROXIMADOS - PISO PLANO CON REVESTIMIENTO

Peso bruto del vehículo	67.286 kg
Peso del chasis	45.518 kg
Peso de la caja	21.768 kg

PESOS APROXIMADOS - DOBLE DECLIVE

Peso bruto del vehículo	61-296 kg
Peso del chasis	45.518 kg
Peso de la caja	15.778 kg

DIMENSIONES

Longitud interna de la caja	7.234 mm
Longitud total	9.780 mm
Distancia entre ejes	4.570 mm
Espacio libre sobre el terreno	750 mm
Altura de carga - Vacío	4.380 mm
Altura total - Caja subida	10.059 mm
Ancho de operación	6.105 mm
Ancho entre líneas de centro de los neumáticos delanteros	4.173 mm
Altura delantera del pabellón	5.147 mm

NEUMATICOS

Estándar	27.00 - R 49 (E4)
ROPS	Cumple con las normas SAE J1040 May 94 ISO 3471 : 1997
Ruido	Cumple con las normas ANSI/SAE J1166 May 90 - SAE J88 Jun 96
Dirección	Cumple con las normas SAE J1511 Oct 90 e ISO 5010:1992 (E)

Fuente: Operaciones Mina

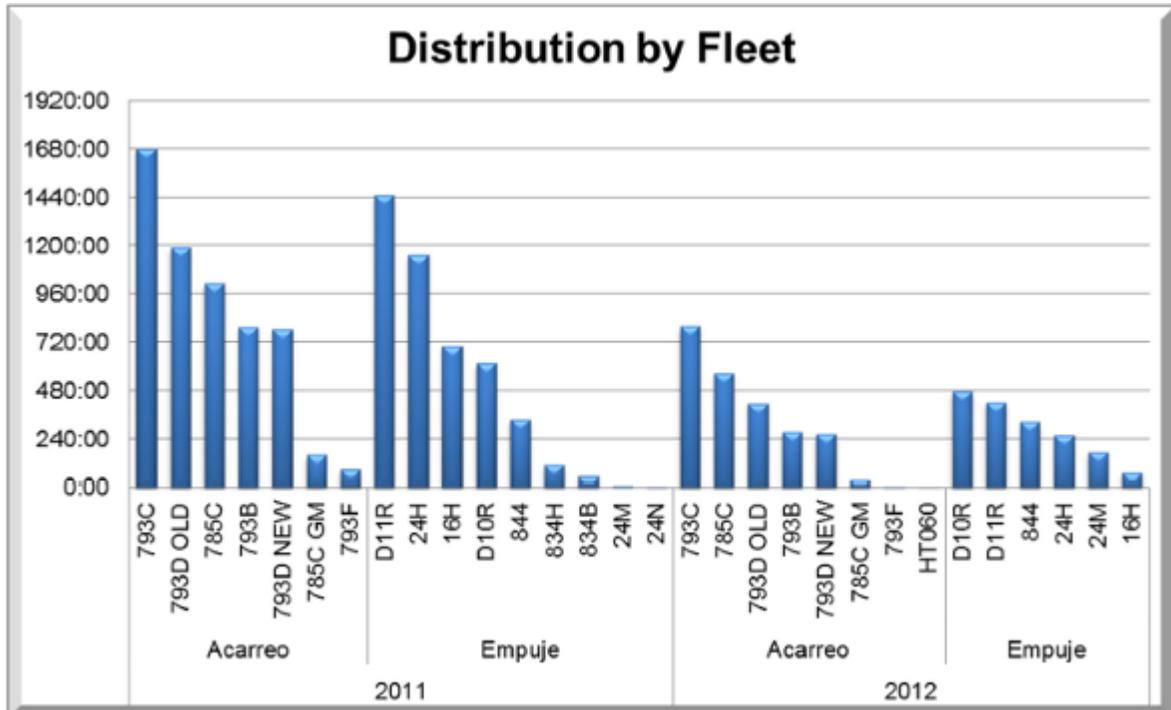
**ANEXO 03: ENSAMBLAJE DE CAMIONES 793C DENTRO DE LA ZONA INTERIOR
DEL TALLER T2**



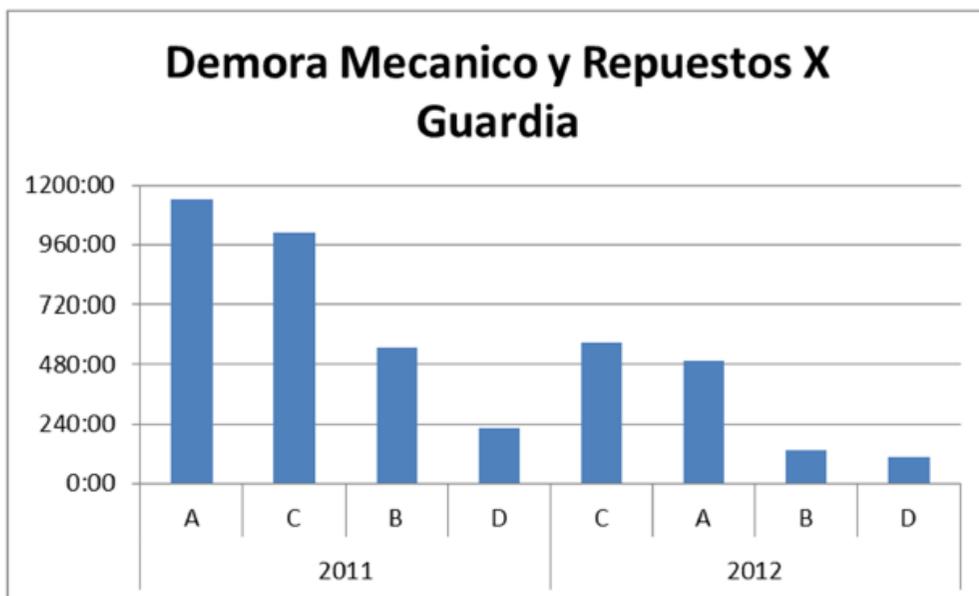
Fuente> Mantenimiento Mina

ANEXO 04: DEMORAS POR FLOTA Y POR GUARDIAS

Distribución por Flota



Demora por Guardias



Fuente: Mantenimiento Mina

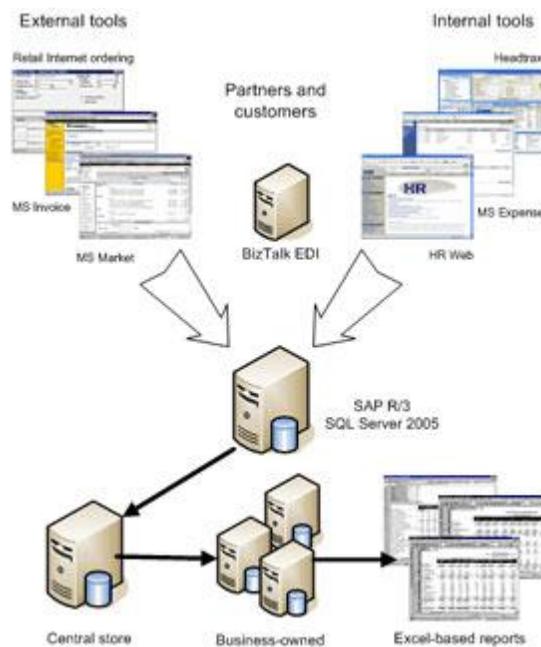
ANEXO 05: ESTRATEGIAS DE CAMIONES 793C

MYSRL Budget Change Request Form - BCRF 793C								
Base Information								
Budget ID						MYSRL-793C	Term of analysis in Engine H	
Site						Yanacocha	Engine Hours at start of ana	
Model						793C	Expected Engine Hours per a	
Serial No Range						ATY	Expected term of analysis (y	
COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE DETAILS								
	MYRSL Expense Element (EE)	System Code	Component Code	Modifier Code	Task Type	Task Type	Job Code	
1000 - ENGINE								
Unscheduled - Engine			1000	00	UN	00	023	
ENGINE	CAMBIAR MOTOR	2098	1000	1000	00	CC	00 020	
AIR INDUCTION & EXHAUST SYS	REPARACION SISTEMA ADMISION Y ESC AIRE	2098	1050	1050	00	GR	00 023	
AIR INDUCTION & EXHAUST SYS	PRESURIZACION DEL SIST DE ADMISION	2098	1050	1050	00	SM	00 041	
TURBOCHARGER-HIGH PRESSURE	CAMBIO DE TURBO BAJA DELANTERO	2098	1050	1052	LT	GR	00 023	
TURBOCHARGER-HIGH PRESSURE	CAMBIAR TURBO ALTA DERECHO	2098	1050	1052	RI	GR	00 023	
TURBOCHARGER-LOW PRESSURE	CAMBIAR TURBO ALTA IZQUIERDO	2098	1050	1052	RE	GR	00 023	
TURBOCHARGER-LOW PRESSURE	CAMBIAR TURBO BAJA POSTERIOR	2098	1050	1052	FR	GR	00 023	
EXHAUST BY PASS VALVE	CBIO VÁLV DE DERIVACIÓN WASTEGATE 7000h	2098	1050	1057	00	CC	00 510	
EXHAUST BY PASS VALVE	PRUEBA VÁLV Y CBIO SOL WASTEGATE 2000HR	2098	1050	1057	01	CC	00 510	
MUFFLER	CAMBIO DE MUFFLER	2098	1050	1062	00	CC	00 510	
CILINDER HEADS	REPARACIONES DE CULATAS	2098	1100	1100	00	GR	00 023	
VALVE ADJUSTMENT	CALIBRACION DE VALVULAS	2098	1100	1102	00	PM	00 042	
ENGINE	Cbio Metales de Biela y Bancada Midlife	2098	1200	1202	00	SM	00 041	
ACCESSORY DRIVE - PTO	CAMBIO DE ACCESORIO MOTRIZ - PTO	2098	1200	1207	PD	GR	00 023	
ACCESSORY DRIVE - ALTERNATOR	CAMBIAR ACCESORIOS MANDO ALT.	2098	1200	1207	AX	SM	00 041	
CAMSHAFT	REPARACIONES DE EJE DE LEVAS	2098	1200	1210	00	GR	00 023	
CAMSHAFT	INSPECCION EJE LEVAS/CAMBIO MOTOR	2098	1200	1210	00	SM	00 041	
FUEL SYSTEM	REPARACIONES SIST COMBUSTIBLE	2098	1250	1250	00	GR	00 023	
FUEL SYSTEM	Muestreo de combustible Test Iron		1250	1250	00	SM	00 041	
FUEL SYSTEM	REPARACIONES BBA TRANSFERENCIA	2098	1250	1256	00	GR	00 023	
FUEL SYSTEM	CAMBIO DE TANQ. COMBUSTIBLE	2098	1250	1273	00	CC	00 020	
FUEL SYSTEM	REPARAR INYECTOR DEL MOTOR	2098	1250	1290	00	GR	00 023	
LUBRICATION SYSTEM	REPARAR SIST LUBRICACIÓN	2098	1300	1300	00	GR	00 023	
LUBRICATION SYSTEM	CAMBIAR MOTOR PRELUBRICACION	2098	1300	1319	00	CC	00 510	
COOLING SYSTEM	REPARACION SIST REFRIGERACIÓN	2098	1350	1350	00	GR	00 023	
COOLING SYSTEM	CAMBIO DE RADIADOR	2098	1350	1353	00	CC	00 020	
COOLING SYSTEM	CAMBIAR TERMOSTATOS, VALVULA DE ALIVIO	2098	1350	1355	00	CC	00 510	
COOLING SYSTEM	CAMBIO DE VENTILADOR/FAN SPIDER	2098	1350	1356	00	CC	00 510	
V-BELTS-OF FAN DRIVE	CAMBIAR FAJAS DEL VENTILADOR	2098	1350	1357	MV	GR	00 023	
V-BELTS- OF ALTERNATOR, COMPRESSOR	CAMBIAR FAJAS ALTERN/COMP	2098	1350	1357	AX	GR	00 023	
BELT TIGHTENER	CAMBIAR TEMPLADOR DE FAJAS	2098	1350	1358	00	CC	00 020	
FAN DRIVE	CAMBIO DE FAN DRIVE	2098	1350	1359	00	GR	00 023	
WATER PUMP - MAIN	CAMBIAR BOMBA PRINCIPAL AGUA	2098	1350	1361	00	GR	00 023	
AFTERCOOLER WATER PUMP	CAMBIAR BBA AUX AGUA	2098	1350	1363	00	CC	00 510	
COOLING SYSTEM	CAMBIO ENFRIADOR DE FRENOS DELANTEROS	2098	1350	1365	00	GR	00 023	
COOLING SYSTEM	CAMBIO ENFRIADOR FRENOS POSTERIORES	2098	1350	1365	00	GR	00 023	
ELECTRIC SYSTEM	APLICACION ANUAL DE GRASA SENSOR	2098	1400	1400	00	SM	00 041	
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIAR BATERIA	2098	1400	1401	00	GR	00 023	
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIAR ALTERNADOR	2098	1400	1405	00	GR	00 023	
ELECTRIC SYSTEM	CAMBIO DE HARNESS	2098	1400	1408	00	CC	00 510	
ELECTRIC SYSTEM	LIGHTS	2098	1400	1429	00	GR	00 023	
STARTING SYSTEM	MANTENIMIENTO SIST DE ARRANQUE	2098	1450	1450	00	GR	00 023	
AIR STARTING MOTOR	CAMBIAR MOTOR DE ARRANQUE	2098	1450	1451	00	GR	00 023	
AIR STARTING MOTOR	REFRIGERANT COMPRESSOR		1800	1802	00	GR	00 023	

ANEXO 06: MODULOS SAP – SISTEMA ERP

(INFOMACION DE SAP)

SAP agrupa su software en tres grandes bloques de soluciones: SAP ERP, SAP CRM y SAP BI. Hoy nos ocuparemos del SAP ERP: Enterprise ResourcePlanning. Es decir, Planificación de Recursos de la Empresa. Y ya sabéis que los recursos de una empresa pueden ser enormemente complejos.



Los módulos SAP ERP se reorganizan constantemente, pero a grandes rasgos son los siguientes:

SAP FI: FinancialAccounting (Gestión Financiera)

- FI-GL: Contabilidad Mayor
- FI-LC: Consolidación Sociedades
- FI-AR: Cuentas a Cobrar
- FI-AP: Cuentas a Pagar
- FI-AA: Gestión de Activos
- FI-SL: SpecialLedger (libros de contabilidad especiales)

SAP CO: Controlling:

- CO-CCA: Contabilidad por Centros Coste

- Contabilidad presupuestaria
- CO-PC: Control de Costes del Producto
- CO-OPA: Órdenes internas
- CO-PA: Analisis de Rentabilidad
- CO-PC: Control de Costes del Producto
- CO-ABC: Costes Basados en Actividades

SAP AM: Asset Management (Gestión de Activos)

- Compras
- Ventas
- Depreciación
- Seguimiento

SAP PS: Project Systems (Gestión de Proyectos)

- PS-BD: Datos Basicos
- PS-OS: Planificación del proyecto
- PS-PLN: Plan de Costes
- PS-APM Proceso de Aprobación
- PS-EXE Seguimiento y Progreso del Proyecto
- PS-IS Sistema de Información

SAP HR: Human Resources (Recursos Humanos)

- HR-PA-EMP: Datos de personal
- HR-PA-APP: Selección de Personal
- HR-PA-PAY: Nóminas
- HR-PD-SCM: Gestión de la Formación
- HR-PD-PD: Desarrollo de personal
- HR-PA-TIM: Gestión de Tiempos

SAP PM: PlantMaintenance (Gestión del Mantenimiento)

- PM-PRM: Mantenimiento Preventivo
- PM-WOC: Órdenes de Mantenimiento
- PM-PRO: Proyectos de Mantenimiento
- PM-SM: Gestión del Servicio

SAP MM: Materials Management (Gestión de Materiales)

- MM – MRP: Planificación Necesidades Materiales
- MM-PUR: Gestión de Compras
- MM-IM: Gestión de Inventarios
- MM-WM: Gestión de Almacenes
- MM-IV: Verificación de Facturas
- MM-IS: Sistema de Información

- MM-EDI: Intercambio Electrónico de Datos

SAP QM: Quality Management (Gestión de Calidad)

- QM-PT: Herramientas de planificación
- QM-IM: Proceso de Inspección
- QM-QC: Control de Calidad
- QM-CA: Certificados de Calidad
- QM-QN: Notificaciones de Calidad

SAP PP: Production Planning (Planificación de la Producción)

- PP-BD: Datos Básicos de Producción
- PP-SOP: Gestión de la Demanda
- PP-MP: Plan Maestro
- PP-CRP: Plan de Capacidades
- PP-MRP: Plan de Materiales
- PP-SFC: Órdenes de Fabricación
- PP-PC: Costes de producto
- PP-IS: Sistema de Información
- PP-PI: Industria de procesos
- PP-CFG: Configuración de Producto

SAP SD: Sales and Distribution (Ventas y Distribución)

- SD – MD: Datos maestros de Ventas
- SD-SLS: Gestión de Ventas
- SD-GF: Gestión de Tarifas y Condiciones de Precio
- SD-SHP: Gestión de Expediciones
- SD-BIL: Facturación
- SD-IS: Sistemas de Información
- SD-EDI Intercambio Electrónico de Datos

Módulos

