

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA



TESIS

**“GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y DISPONIBILIDAD
MECÁNICA PARA EL EQUIPO LH307 - CARGADOR
FRONTAL DE BAJO PERFIL, APLICADO EN
MINERÍA SUBTERRÁNEA”**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

RONNY LLONTOP RAMOS

CALLAO - 2018
PERÚ

RESOLUCIÓN N° 033-2018-CD-UPG-FIME-UNAC

JURADO EXAMINADOR

DR. PABLO MAMANI CALLA	Presidente
MG. VLADIMIRO CONTRERAS TITO	Secretario
MG. NELSON DÍAZ LEIVA	Vocal
DRA. OFELIA SANTOS JIMÉNEZ	Vocal

ASESORES

DR. JUAN MANUEL LARA MARQUEZ
MG. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY

N° DE LIBRO DE TITULACION DE TESIS: 01-SPG-FIME-UNAC-2008

N° DE ACTA DE TITULACIÓN: N° 24

FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS: 11.08.2018

DEDICATORIA

A mis Padres Elías Llontop e Ydania Ramos que con amor, esfuerzo y sacrificio me brindaron la vida, educación, enseñándome los valores que ahora le entrego a mi familia.

A mi esposa y amiga Julissa Jara de Llontop quien, gracias a su comprensión y apoyo incondicional, pude terminar la presente tesis, también me dio el más grande tesoro de mi vida... mis hijos.

A mis hijos Luciana y Álvaro, quienes día a día me enseñan a ser mejor padre y sacrificaron su tiempo de hijos para que pueda dedicarme a culminar la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme una vida llena de gratitudes y por la oportunidad de estar cerca de mis padres, esposa e hijos, dándome las fuerzas necesarias para superar los obstáculos que nos presenta la vida.

A mis asesores de tesis que, gracias a su tiempo y sabios consejos, pude terminar la presente etapa en la Maestría de Gerencia de mantenimiento.

A mi alma mater la Universidad Nacional del Callao por respaldarme como ingeniero Mecánico.

A las grandes empresas en las cuales laboré ya que gracias a ellos pude ganar la experiencia profesional en la Gestión del Servicio Post Venta de equipos, teniendo la oportunidad de representar marcas internacionales de maquinaria para minería y construcción.

4.3.2	Muestra.....	143
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	144
4.4.1	Encuesta.....	144
4.4.2	Entrevista.....	144
4.4.3	Análisis de contenidos.....	144
4.5	Procedimiento de recolección de datos	145
4.5.1	Visita a mina.....	145
4.5.2	Entrevista con el personal de mantenimiento.....	145
4.5.3	Cuadro performance – Indicadores de Clase Mundial.....	146
4.5.4	Cumplimiento del mantenimiento	146
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos	147
V.	RESULTADOS.....	150
5.1	Nuevo plan de mantenimiento sugerido.....	150
5.2	Plan de inspección diaria.....	151
5.3	Toma de Datos de Performance.....	152
5.4	Resultado del equipo LH307 S/N L807D250	153
5.5	Resultado del equipo LH307 S/N L807D255	155
5.6	Resultado del equipo LH307 S/N L807D263	156
5.7	El Costo de mantenimiento preventivo recomendado incrementa en un 43.93% con respecto al fabricante.....	157
5.8	Análisis de Costos	158
5.9	Resultado del cuestionario de la auditoría de mantenimiento...	160
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	164
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados.....	164
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	165
VII.	CONCLUSIONES	167
VIII.	RECOMENDACIONES	168
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	169
	ANEXOS.....	172
	Anexo 01: Programa de Mantenimiento Recomendado por Experiencia	173
	Anexo 02: Programa de Inspección Diario Recomendado	174

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. 1 Identificación del problema	17
Cuadro N° 2. 1 Datos Técnicos del Equipo LH307.....	54
Cuadro N° 2. 2 Indicador de Gestión MTBF	73
Cuadro N° 2. 3 Indicador de Gestión MTTR.....	74
Cuadro N° 2. 4 Indicador de Disponibilidad Mecánica (D.M.).....	75
Cuadro N° 2. 5 Indicador de Disponibilidad Mecánica (D.M.).....	76
Cuadro N° 2. 6 Indicador de Costo de Mantenimiento por Facturación (C.M.F.).....	77
Cuadro N° 2. 7 Indicador de Costo de Mantenimiento por C.M.V.R.....	78
Cuadro N° 2. 8 Cuadro de Costo de Mantenimiento de acuerdo al Fabricante	79
Cuadro N° 2. 9 Indicador de Trabajo en Mantenimiento Programado (T.M.P).....	80
Cuadro N° 2. 10 Indicador de Trabajo en Mantenimiento Correctivo (T.M.C.).....	81
Cuadro N° 2. 11 Aplicando el Ciclo de Deming.....	82
Cuadro N° 2. 12 Análisis del Proceso de Cambio de la Gestión.....	83
Cuadro N° 2. 13. Programa de Mantenimiento Recomendado por el Fabricante	87
Cuadro N° 2. 14 Costos de mantenimiento Preventivo de acuerdo al fabricante.....	88
Cuadro N° 2. 15 control semanal del cumplimiento del Mantenimiento..	100
Cuadro N° 2. 16 Formato responsabilidad del orden y limpieza del taller	111
Cuadro N° 2. 17 Formato de inspección de herramienta de taller	113
Cuadro N° 2. 18	118
Cuadro N° 2. 19 Cuadro de indicadores de gestión	119
Cuadro N° 2. 20 Programa de Inspección Diario Recomendado.....	128

Cuadro N° 2. 21 Control Semanal del cumplimiento del Mantenimiento	131
Cuadro N° 2. 22 Historial de mantenimiento por cada Equipo LH307	133
Cuadro N° 3. 1 "Gestión de Mantenimiento y Disponibilidad Mecánica para el Equipo LH307 - Cargador Frontal de Bajo Perfil, Aplicado en Minería Subterránea"	139
Cuadro N° 4. 1 Proceso Cuantitativo	142
Cuadro N° 4. 2 Muestra de Población de Equipo LH307	143
Cuadro N° 4. 3 Cuestionario de auditoria de mantenimiento	148
Cuadro N° 4. 4 Coeficiente de Cronbach aplicado al cuestionario de auditoria de mantenimiento	149
Cuadro N° 5. 1 Programa de Mantenimiento Recomendado por Experiencia.....	150
Cuadro N° 5. 2 Programa de Inspección Diario Recomendado.....	151
Cuadro N° 5. 3 Resultado del equipo LH307 S/N L807D250.....	153
Cuadro N° 5. 4 Resultado del equipo LH307 S/N L807D252.....	154
Cuadro N° 5. 5 Resultado del equipo LH307 S/N L807D255.....	155
Cuadro N° 5. 6 Resultado del equipo LH307 S/N L807D263.....	156
Cuadro N° 5. 7 Costo de Mantenimiento Recomendado	157
Cuadro N° 5. 8 Análisis de costos con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado	158
Cuadro N° 5. 9 Análisis de disponibilidad mecánica con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado.....	158
Cuadro N° 5. 10 Análisis vida útil con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado	159
Cuadro N° 5. 11 Costos de reparación Mantenimiento Estándar Vs Recomendado	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2. 1 Minería a cielo abierto.....	34
Figura N° 2. 2 Minería a cielo abierto.....	36
Figura N° 2. 3 Minería a cielo abierto.....	37
Figura N° 2. 4 Apilado de Muestras o testigos	42
Figura N° 2. 5 Interpretación de Testigo -Sonda.....	42
Figura N° 2. 6 Levantamiento de Plano de Testigo – Vetas..	43
Figura N° 2. 7 Ciclo de minado para minería subterránea	45
Figura N° 2. 8 Clases de perforadoras electrohidráulicos - jumbo.....	46
Figura N° 2. 9 Definiciones básicas de las galerías	47
Figura N° 2. 10 Cargador de Anfo Loader - Charmec LC 605 D.....	48
Figura N° 2. 11 Esquema de ventilación para minería subterránea	50
Figura N° 2. 12 Camión de Bajo perfil – Dumper TH320.....	51
Figura N° 2. 13 Equipo LH307 en fábrica Sandvik	52
Figura N° 2. 14 Equipo Loader LH307.....	53
Figura N° 2. 15 Tren de Fuerza del Cargador frontal de Bajo perfil - LH307.....	57
Figura N° 2. 16 Neumático tipo Smooth para Cargador frontal de Bajo perfil - LH307	60
Figura N° 2. 17 Equipo de Desatado de roca	62
Figura N° 2. 18 Equipo de Sostenimiento	63
Figura N° 2. 19 Equipo de Sostenimiento	64
Figura N° 2. 20 Interpretación grafica de Indicadores de Gestión	74
Figura N° 2. 21 Organigrama del personal de Servicios anterior	105
Figura N° 2. 22 Nueva Estructura de Servicio de mantenimiento	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. 1 Identificación del Problema	19
Gráfico N° 1. 2 Factores influyentes en la Disponibilidad Mecánica	20
Gráfico N° 5. 1 Resultado pregunta 1	160
Gráfico N° 5. 2 Resultado pregunta 2	161
Gráfico N° 5. 3 Resultado pregunta 3	162
Gráfico N° 5. 4 Resultado pregunta 4	163

RESUMEN

La inestabilidad de los precios de los minerales a nivel mundial, motivó a las empresas que trabajan en la extracción de minerales para que sean más eficientes y competitivas en el mercado, teniendo que reinventarse para buscar nuevas alternativas de control para sus activos y producción a través de herramientas de gestión clase mundial.

Para obtener mayor productividad con los equipos se puso atención en la gestión de mantenimiento de los equipos, en especial los indicadores de gestión como la confiabilidad, la disponibilidad mecánica del equipo y la utilización. También los factores que influyen en la gestión de mantenimiento para que los equipos sean más productivos.

Se utilizó el modelo de gestión de la mejora continua o Circulo de Deming (Planificar, hacer, Chequear, Actuar), para lo cual se realizó una auditoria de mantenimiento en 10 puntos críticos de la gestión de mantenimiento en mina con el fin de que los equipos cargadores frontal de bajo perfil LH307 mejoren el indicador de disponibilidad mecánica. Fue aplicado el cuestionario de auditoria de mantenimiento como instrumento y verificado con el coeficiente Cronbach para medir la confiabilidad del instrumento.

Se realizó una mejora en el plan de mantenimiento original del fabricante de los equipos LH307, para disminuir la frecuencia entre mantenimientos y realizar mayor número de mantenimiento preventivo e inspecciones y de esta manera disminuir las paradas por mantenimiento correctivo.

Finalmente se pudo verificar que la gestión de mantenimiento si influye en la Disponibilidad Mecánica, porque depende de la buena o mala gestión de mantenimiento que se realice en los equipos LH307 para tener un buen o mal indicador de gestión de disponibilidad.

Palabras Claves: Gestión de mantenimiento, Disponibilidad mecánica, Cargador frontal de bajo perfil LH307.

ABSTRACT

The instability of the prices of minerals worldwide, motivated companies that work in the extraction of minerals to be more efficient and competitive in the market, having to reinvent themselves to look for alternatives to control their assets and production through of world-class management tools.

To obtain greater productivity with the equipment, attention was paid to the maintenance management of the equipment, especially the management indicators such as reliability, mechanical availability of the equipment and use. Also the factors that influence the management of maintenance so that the equipment is more productive.

The management model of continuous improvement or Circle of Deming (Plan, Do, Check, Act) was used, for which a maintenance audit was carried out in 10 critical points of mine maintenance management in order that the LH307 low profile front loaders to improve the mechanical availability indicator. The maintenance audit questionnaire was applied as an instrument and verified with the Cronbach coefficient to measure the reliability of the instrument.

An improvement was made in the original maintenance plan of the LH307 equipment manufacturer, to reduce the frequency between maintenance and to carry out a greater number of preventive maintenance and inspections and in this way decrease the stops for corrective maintenance.

Finally, it was possible to verify that the maintenance management does have an influence on the Mechanical Availability, because it depends on the good or bad management of maintenance carried out in the LH307 equipment to have a good or bad indicator of availability management.

Keywords: Maintenance management, mechanical availability, low profile front loader LH307.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En la minería, las empresas contratistas de extracción de mineral requieren maquinarias eficientes y eficaces, que tengan alta disponibilidad mecánica mensual con el fin de utilizarlos en el objetivo final de la empresa contratista que es la extracción del mineral, para cumplir un programa de avance de extracción de mineral, profundización mensual de las galerías y cumplir con las metas asignadas por la empresa Minera.

La gestión de mantenimiento de equipos es de gran importancia en la extracción del mineral ya que depende del buen mantenimiento que se realice para tener equipos con alta disponibilidad mecánica. El desempeño del personal técnico también está involucrado en la gestión del mantenimiento porque de ellos depende realizar el mantenimiento como lo indica el fabricante de la marca.

Por lo tanto, nuestro planteamiento de la investigación es conocer, ¿Qué relación existe entre la gestión de mantenimiento y la disponibilidad mecánica para el equipo LH307 – cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería Subterránea?

1.1 Identificación del problema

Para identificar el problema principal del presente trabajo, se planteó diversos factores que afectaban a la gestión de mantenimiento de los equipos, siendo los principales:

- Falta de repuestos, Insumos y consumibles
- Paradas no previstas,
- Capacidad técnica del personal de servicios,
- Actitud del personal de servicios,
- Personal sin experiencia,
- El perfil profesional,
- Plan de mantenimiento, no se ajusta a condiciones de trabajo del equipo.
- Falta de control administrativo.
- Incumplimiento del programa de mantenimiento,
- Disposición del equipo por parte del cliente para realizar el mantenimiento programado.

Estos factores influyeron negativamente en la disponibilidad mecánica del equipo, haciendo que los equipos no puedan tener una mínima disponibilidad mecánica aceptable, ni la estabilidad del indicador de gestión de mantenimiento.

**Cuadro N° 1. 1
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Cuadro Identificación de Problema			
Problema	Área	Responsabilidad	Resultado
Falta de repuestos, Insumos y consumibles	Logística	Gestión de Mantenimiento	Baja Disponibilidad de Equipo
Recursos no llegan a tiempo	Logística		
Falta de control administrativo.	Planeamiento		
Plan de mantenimiento, no se ajusta a condiciones de trabajo del equipo.	Planeamiento		
Paradas no previstas,	Mantenimiento		
Incumplimiento del programa de mantenimiento,	Mantenimiento		
Disposición del equipo por parte del cliente para realizar el mantenimiento programado,	Mantenimiento		
Capacidad técnica del personal de servicios,	Personal	Gestión de Personal	
Actitud del personal de servicios,	Personal		
Personal sin experiencia,	Personal		

Fuente: Elaboración propia

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

A partir de la situación problemática identificada, se encontró un problema fundamental a resolver que se formuló de la manera siguiente:

¿De qué manera la gestión de mantenimiento influye en la disponibilidad mecánica del equipo LH307 cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería Subterránea?

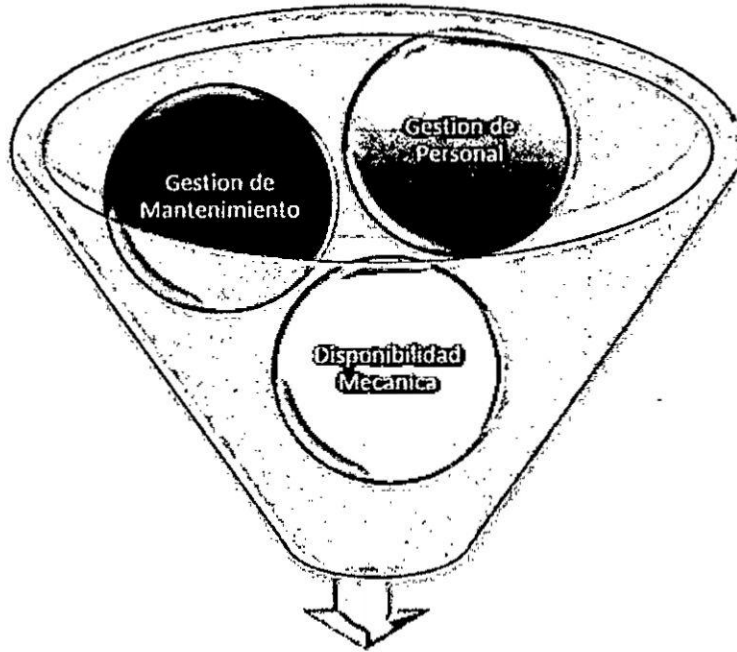
Para darle solución a dicho problema identificado, se estableció un plan de acciones de mejora con el fin de mantener una mínima disponibilidad mecánica del 85%.

1.2.2 Problema Específico

- a) ¿Cómo fue la gestión de mantenimiento anterior de los equipos LH307 – cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería subterránea?

- b) ¿Cuál fue la disponibilidad mecánica de los equipos LH307, cargador frontal de bajo perfil, en la gestión anterior?

Gráfico N° 1. 1
Identificación del Problema



MAYOR PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO LH307

Fuente: Elaboración Propia

1.3 Objetivos de la investigación

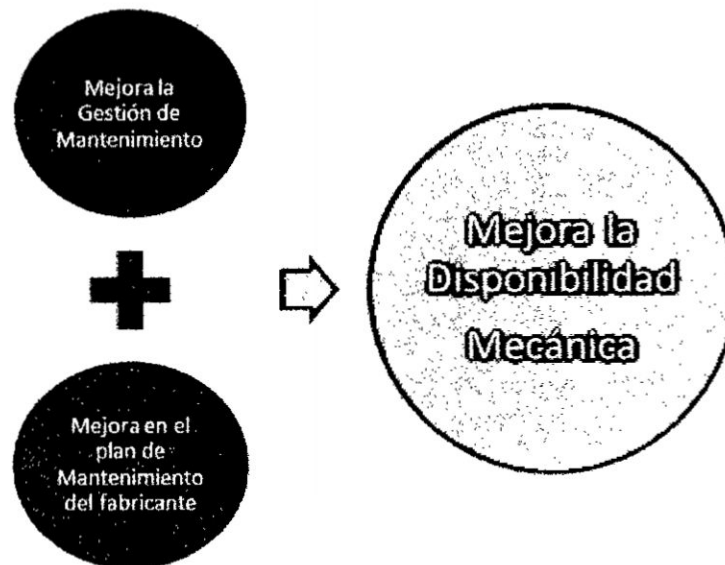
El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos, buscar un modelo de gestión de mantenimiento y propuesta de mejoras que permitieran mejorar los indicadores de clase mundial de Disponibilidad Mecánica de los equipos LH307 – cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería Subterránea.

1.3.1 Objetivo general

Teniendo la situación problemática identificada que afecta a la disponibilidad mecánica del equipo LH307 cargador frontal de bajo perfil aplicado en minería subterránea, Se planteó como objetivo general lo siguiente:

Proponer un modelo de Gestión de mantenimiento que ayude a mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos LH307 – cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería Subterránea.

Gráfico N° 1. 2
Factores influyentes en la Disponibilidad Mecánica



Fuente: Elaboración propia

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Proponer un plan de acciones aplicando el modelo de gestión de Mejora Continua, para la anterior gestión de mantenimiento de los equipos LH307.

- b) Mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos LH307, indicador de gestión de mantenimiento.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Legal

En la presente tesis se justifica legalmente porque la gestión de mantenimiento debe alinearse de acuerdo a las leyes que existe en la normativa peruana con respecto a la minería subterránea, tales como:

- El servicio de mantenimiento que se realiza en los equipos LH307, genera residuos sólidos y líquidos los cuales deben gestionarse mediante la Ley N° 27314, que es la Ley General de Residuos Sólidos.

- El cuidado del medio ambiente se cumple de acuerdo a la ley N°28611, donde estipula los derechos y principios de la persona con respecto al medio ambiente

- El control de las emisiones de gases de escape se cumple mediante el D.S. 024-2016 en el artículo N° 254, inciso C) las que se deben encontrar por

debajo de quinientos (500) partes por millón (ppm) de CO.

1.4.2 Justificación Tecnológica

En la presente Tesis se justifica Tecnológicamente porque propone el uso diario de los indicadores de gestión de mantenimiento clase mundial como instrumento para tomar decisiones, tales como:

- Disponibilidad Mecánica (D.M.)
- Tiempo promedio para reparar (MTTR)
- Tiempo promedio entre reparaciones (MTBF)
- Costos de Mantenimiento

También permite conocer todos los equipos que involucran el ciclo de minado para la extracción del mineral conociendo el avance tecnológico de cada uno de estos equipos y conocer el gran esfuerzo que realiza cada fabricante para mejorar la tecnología tales como: Motores diésel, mejora en la emisión de gases de CO. Menor consumo de combustible, Mejor combustión.

1.4.3 Justificación Económica

La presente tesis se justifica económicamente porque ayuda al gestor y al dueño de los equipos LH307 en mejorar sus procesos y que les represente ahorro durante el trabajo de extracción de mineral diario y mensual.

- Si proponemos realizar el mayor número de mantenimientos preventivos, el equipo tendrá

menor parada por correctivos y significa mayor disponibilidad mecánica de los equipos para poder trabajar y facturar para el área de operaciones.

- Si el equipo se mantiene con mayor número de mantenimientos preventivos, el equipo podrá alargar su vida útil y tendrá mayor tiempo para producir y extraer mineral.

1.5 Importancia

El presente Trabajo de tesis tiene importancia porque ayudó a comprender e identificar la problemática de una gestión y como esta gestión afectaba a la disponibilidad mecánica de los equipos LH307, incidiendo finalmente en la productividad.

Fue importante conocer las condiciones de trabajo de los equipos LH307 cargador frontal de bajo perfil aplicado en minería subterránea para comprender las condiciones adversas de trabajo y cuáles fueron los esfuerzos realizados por parte del personal de servicio para cumplir el mantenimiento preventivo en el equipo.

También porque dio a conocer cómo influye el factor humano en la gestión de equipos y su importancia en el mejoramiento de la disponibilidad mecánica.

1.6 Limitaciones y facilidades de la investigación

El presente trabajo de estudio está limitado solo en el estudio de la gestión de los equipos marca Sandvik, modelo LH307 aplicado en la mina Animon -Chungar a 4,800m.s.n.m.

II. MARCO TEÓRICO

Fue necesario conocer cómo funciona la minería, cuál es su clasificación, métodos de la extracción de la minería, cuáles son sus procesos, la importancia de la gestión de mantenimientos a través de indicadores, que problemática hubo en la gestión anterior y como se realizó el cambio en la gestión.

Será evaluado la gestión de mantenimiento anterior, se realizará el diagnóstico de la gestión y la propuesta de mejora que dieron lugar al incremento y estabilidad de los indicadores

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes Nacionales

A. Chau Lam, Joanna. **Gestión del Mantenimiento de equipos en Proyecto de movimientos de tierra**, Tesis maestría. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2010. Concluye que:

- *“El principal activo de toda empresa es el personal que la conforma, más aún si la prestación de servicios es lo que se vende, por lo tanto, ninguna herramienta por muy potente que sea no servirá mientras las personas que la manejan no son las idóneas.”*
- *“La gestión del mantenimiento tiene que estar precedida por la gestión del conocimiento, que permitirá a la empresa administrar el conocimiento clave del*

planeamiento y programación del mantenimiento de los equipos.”

- *“El divorcio entre la operación y mantenimiento es a largo plazo la razón por la cual no se obtenga las metas empresariales, por la carencia de objetivos y metas comunes.”*

B. Valdez García, Jorge. **“Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en Uchucchacua”**, Tesis maestría. Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú. 2017. Concluye que:

- *“La implementación del Mantenimiento autónomo en los operadores de los equipos permitió mejorar la forma adecuada en la operación y cuidados en la operación de los equipos Trackless.”*
- *“El mantenimiento autónomo es una filosofía que ayudó a mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackless en Uchucchacua, en un 85% y así queda consolidado reafirmando que la aplicación del programa de capacitación del Mantenimiento Autónomo es efectiva para mejorar la disponibilidad de los equipos”.*

C. Contreras Saavedra, Pedro. **“Control administrativo y mantenimiento de equipos en empresas de movimiento de tierra”**, Tesis maestría. Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2017. Concluye que:

- *“Existe una relación positiva y significativa proporcional entre el control administrativo y mantenimiento de equipos; esto implica al existir un regular aprecio por el control existe un medianamente eficiente mantenimiento de equipos.”*
- *“Existe relación positiva y significativa entre control administrativo y mantenimiento de equipos en empresas de movimiento de tierra, Lima, 2017 ($r=0,861$ y $Sig.=0,000$). Es decir, a un eficiente control administrativo, ocurre un adecuado mantenimiento de equipos.”*

2.1.2 Antecedentes Internacionales

A. García Esparza, Cesar. **“Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de stc metro de la ciudad de México”**, Tesis maestría. México. D.F. Instituto Politécnico Nacional. 2015. Concluye que:

- *“El desarrollo de nuevas tecnologías y la aplicación de mejores prácticas, permite a las organizaciones industriales mejorar la calidad y competitividad mediante la creación de estructuras de alto desempeño en todos los ámbitos del negocio, asegurando su desarrollo dentro de las perspectivas más importantes que afectan los elementos clave de éxito.”*

- *“El modelo planteado representa una alternativa de gestión tecnológica de mantenimiento que encuentra aplicación en las empresas industriales cuyos activos físicos representan un elemento importante para la producción, y mucho más en aquellas empresas cuya misión es la de realizar servicios de mantenimiento, como en el caso del STC.”*
- *“De acuerdo con el análisis realizado en este estudio, se puede decir que el mantenimiento es un conjunto de actividades realizadas sobre un activo para asegurar la funcionalidad. Estas actividades en conjunto son únicas y finitas, ya que las circunstancias sobre las cuales se desarrollan, son completamente distintas.”*

B. Ponce Orellana, Daniel. **“Gestión de mantenimiento para centrales hidroeléctricas: El caso de la central hidroeléctrica minas – San Francisco de la corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP – Unidad de negocios Enerjubones”**. Tesis Maestría. Cuenca Ecuador. Universidad del AZUAY. 2016. Concluye que:

- *La combinación de diferentes actividades del TPM y RCM facilitan el trabajo en equipo entre las funciones de operación y mantenimiento, mientras que un adecuado plan de monitoreo de las condiciones (MBC) aplicado paralelamente, fortalece el conocimiento del personal de operación y mantenimiento sobre el estado y condiciones de trabajo de los equipos.*

- *Partiendo del análisis de criticidad de los equipos se plantea aplicar el TPM combinadas con MBC para el mantenimiento de los equipos de la presa.*
 - *Las etapas planteadas para el desarrollo del modelo de gestión propuesta, están concebidas bajo la premisa del mejoramiento continuo tratando de alinear los objetivos de mantenimiento con los objetivos globales de la corporación; además constituyen una herramienta importante para la toma de decisiones.*
- C. Vizcaíno Cuzco, Mayra. **“Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca”**. Tesis Maestría. Rio Bamba – Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. 2016. Concluye que:
- *Se logró establecer un modelo para la planificación, que consta de cuatro criterios principales: inventario jerárquico, análisis de criticidad, plan de mantenimiento y, control y mejora de la planificación del mantenimiento*
 - *Se desarrolló el plan modelo básico de mantenimiento, para los equipos eléctricos y mecánicos encontrados en el edificio en estudio. El desarrollo del plan se logró a través de la aplicación del modelo para la planificación del mantenimiento de edificios públicos*

*Alberto Mora, en su libro de **Mantenimiento – planeación, ejecución y control.** México. Editorial Alfa omega Grupo Editor. Primera edición. 2009.*

Desglosa al mantenimiento en etapas evolutivas que comprenden desde un estado inicial hasta el estado actual del mantenimiento

También indica que la misión principal de mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el usuario, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente.

*Lourivar Tavares, en su libro de **Administración moderna de mantenimiento.** Brasil. Editorial Novo Polo Publicaciones.* indica que el índice de disponibilidad mecánica es de gran importancia para la gestión de mantenimiento, pues a través de la disponibilidad mecánica, puede realizarse un análisis selectivo de los equipos cuyo comportamiento está por debajo de estándares establecidos.

Para su análisis, recomienda utilizar un cuadro donde se encuentre la disponibilidad de la flota de los equipos seleccionado por el usuario y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores, a partir del cual estarán hechas las selecciones del análisis.

Se trabajó mediante una tabla de datos extraídos del equipo denominada "Performance de Equipo", donde está diversas informaciones como Horómetro de equipo, paradas del equipo por mantenimientos y/o accidente, Disponibilidad mecánica diaria de equipo, utilización de los equipos, el periodo de

trabajado en el mes que será materia de estudio entre otros, Ver Anexo 01.

2.2 Bases científicas

Para el presente estudio de investigación, se debió conocer cómo trabaja la minería, cuál es su clasificación, métodos de la extracción de la minería, cuáles son sus procesos, la importancia de la gestión de mantenimientos a través de indicadores, cual fue la problemática de la gestión anterior y el proceso del cambio para mejorar de la gestión.

En la presente investigación se describe los siguientes puntos:

- Seguridad y medio ambiente
- Minería
- Ciclo de Minado
- Mantenimiento
- Gestión de mantenimiento
- Problemática de la gestión actual del mantenimiento

2.2.1 Seguridad y medio ambiente

En el Perú La seguridad del trabajador se cumple de acuerdo a la ley N° 29783 donde indica “La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país” y también es cumplida de acuerdo al D.S. 055-2010

El cuidado del medio ambiente se cumple de acuerdo a la ley N°28611, donde estipula los derechos y principios de la persona con respecto al medio ambiente.

También se cuida el medio ambiente de acuerdo al Decreto Supremo D.S. N° 016-93-EM de 28-ABR-93

El manejo de residuos sólidos dentro de la mina se gestiona mediante la Ley N° 27314, que es la Ley General de Residuos Sólidos, donde Indica “asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana”.

Las unidades mineras cuentan con su propio sistema de gestión de seguridad, que están alineados de acuerdo a las normativas legales y leyes peruanas que estipulan como llevar la seguridad, salud, el medio ambiente, el manejo de residuos, etc...

Para el ingreso de todo personal a la unidad minera, se requiere de lo siguiente:

- Exámenes ocupacionales en clínicas autorizadas.
- Seguro Contra Todo Riesgo (SCTR) del personal, dependiendo a qué tipo de actividad ingresará (Superficie o Socavón)
- Seguro de pensión del personal.

- Equipos de Protección Personal de Seguridad (EPPS).
- Rellenar formatos de autorización de ingreso a la unidad minera según los requisitos de la mina.
- Charla de inducción de seguridad.
- Realizar el Procedimiento de Trabajo Seguro (PTS), a fin de que sea analizado por seguridad y brinden su autorización.

2.2.2 Minería

La minería es la actividad de extracción de minerales del subsuelo que son realizados mediante diferentes tipos de procesos de extracción el cual involucra al recurso humano, equipos especializados, conocimiento y técnicas de extracción, etc.

La Minería es una fuente económica de crecimiento y desarrollo de un país, el Perú tiene varias minas polimetálicas mediante el cual hace más interesante al inversionista extranjero.

La minería en el Perú está reglamentada mediante la Ley General de la minería que fue promulgado mediante la el Decreto Supremo D.S. N° 014 -92. Donde estipula Las Actividades Mineras, formas de Ejercer la minería, Concesiones Mineras, etc.

2.2.3 Clasificación

El Instituto de minas del Perú, clasifica a la minería de la manera siguiente:

- **Por Tamaño**
 - Gran Minería
 - Mediana Minería
 - Pequeña Minería

- **Por Metal Producido**
 - Minas De cobre (Cobre)
 - Minas Auríferas (Oro y Plata)
 - Mina Poli metálicas (Zinc, plomo, cobre y plata)
 - Minas de estaño (estaño)

- **Por Grado de Transformación**
 - Productoras de Concentrado
 - Fundidores
 - Refinadoras

2.2.4 Métodos de minería

Se dividen en:

- Mina Submarinas
- Minas Superficie
- Minas Subterránea

a) Minas Submarinas

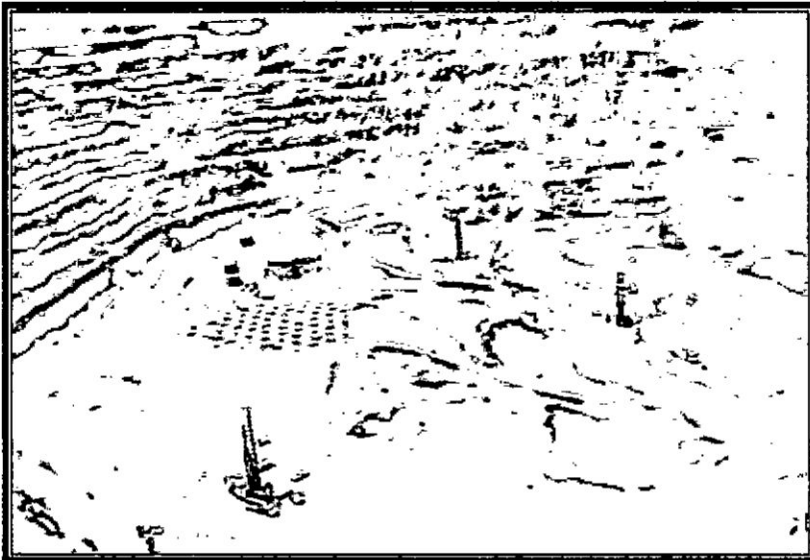
También denominado Dragado, que es una actividad poca habitual, pero tiene su actividad económica activa.

b) Minas Superficie

También denominados como, mina a cielo abierto o mina a tajo abierto (Open Pit), La minería a Superficie, es el proceso de extracción mediante el cual es realizado en la superficie de terrenos y con maquinaria de gran tamaño y volumen de carga (Fig. 2.1).

La excavación se produce en la superficie, al aire libre, profundizando la tierra y formando un hueco o una hondonada, comúnmente denominado "Cantera".

Figura N° 2. 1
Minería a cielo abierto



Fuente: Rumbo Minero 2016

Para describir como es una mina a superficie, se enunciará a la Unidad Minera La Arena, según Infomine

en Febrero'17, La unidad Minera La arena es de propiedad de Mexican Silver Mines LTD y está ubicado en el departamento de La Libertad, el proyecto abarca un total de 20673 Ha, contiene reservas de cobre y oro.

Las Excavaciones se realizan por lo general hasta que la ley del material sea poco rentable, se agote la ley del mineral o simplemente porque la profundización de excavación se vuelve más costosa por lo que tendrían que cambiar de método de extracción, Se convertiría en una extracción de minería Subterránea, este cambio de método dependerá del estudio de factibilidad que realice la empresa minera ya que representaría una gran inversión en cambio de equipos de extracción y todo recurso para realizarlo tales como equipos especializados, métodos de transporte, personal especializado.

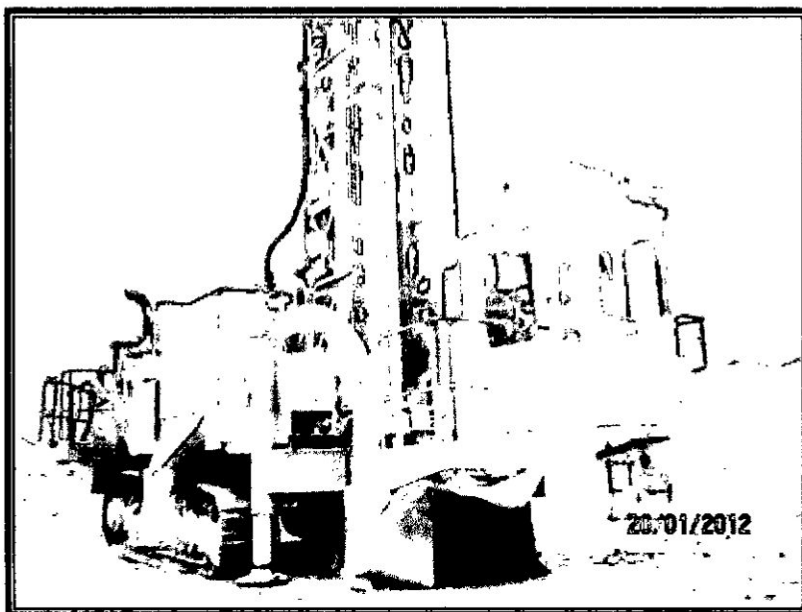
Cuando las canteras no son utilizadas, estas canteras se convierten en "Terraplenes", para el depósito de basura.

La perforación en este tipo de minería a cielo abierto, se realiza con equipos Rotary Blasthole Drills, podemos mencionar como ejemplo de equipo de perforación equipo Marca Driltech modelo D245 (Fig.2.2) de la representación Sandvik.

Para realizar la extracción de mineral a superficies, son utilizados equipos de gran tamaño con tecnología de

punta que hacen que el método de extracción sea más eficiente (Fig. 2.3)

Figura N° 2. 2
Minería a cielo abierto



Fuente: Elaboración Propia, tomada en la Unidad Minera La Arena en la provincia de Huamachuco – Trujillo

Los fabricantes de equipos también han aportado en mejorar los métodos de explotación ya que siempre desarrollan nuevas tecnologías que aplicados en los equipos hacen que la extracción de los minerales, sean más atractivas ya que se tiene un equipo con:

- Menor consumo de combustible
 - Ahorro de costos
 - Cuidado del medio ambiente

- Mantenimientos más sencillos
 - Ahorro de costos

- Disponibilidad de equipo.
- Confiabilidad

- Eficiencia
 - Mayor producción
 - Mayor facturación (\$/Tn.)

Figura N° 2. 3
Minería a cielo abierto



Fuente: Elaboración Propia, Minera La Arena en

Las labores características de este sistema de esta explotación, son los bancos, bermas, pistas, talud final Talud de trabajo.

Minas Subterráneas

También denominado Minería Subterránea, Minería a Socavón o Minería Underground, es el proceso de extracción de mineral que se realiza por debajo de la corteza terrestre mediante vías o socavones que son realizados mediante equipos especializados para este tipo de extracción.

Las minas subterráneas están ubicadas la mayoría en la sierra andina del Perú, en la zona centro del Perú desde los 3,000m.s.n.m. Hasta los 5,200m.s.n.m., también existen minas subterráneas al norte y al sur del Perú con altura similar a las mencionadas.

Las minas subterráneas desde el inicio de la Bocamina del socavón pueden bajar hasta los 1,300mt bajo tierra como es el caso de Minera Milpo en Cerro de Pasco que lo clasifica como niveles, actualmente está en el Nivel 13.

Los equipos de extracción de mineral para minería subterránea son de menor tamaño y menor altura para que puedan ingresar a los túneles o socavón para seguir a las vetas de minerales, la dimensión del equipo es considerada de acuerdo al tipo de socavón.

Estos equipos poseen motores de mayor eficiencia ya que deben superar 02 obstáculos que afectan la eficiencia del equipo que son:

- **La altura de trabajo**

(Por encima de los 4,000m.s.n.m)

- ✓ Genera pérdida de potencia, en teoría el motor pierde eficiencia del 10% cada 1,000mt de altura.

- **Falta de oxígeno**

- ✓ Genera mala combustión
- ✓ Genera Monóxido de Carbono (CO).
- ✓ Genera Humo Negro

De acuerdo al diario el peruano en el D.S. 024-2016 en el artículo N° 254, inciso C) indica "Monitorear y registrar diariamente las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en el escape de los equipos operando en los mismos frentes de trabajo de la mina, las que se deben encontrar por debajo de quinientos (500) partes por millón (ppm) de CO.

Existen equipos que trabajan en algunos casos con 02 motores (01 motor diésel y 01 Motor eléctrico).

El motor eléctrico se utiliza en socavones donde se realiza la mayor profundización (Labores Ciegas) ya que, en esta zona, la falta de oxígeno es mayor y requerimos mayor potencia.

El motor eléctrico es optado para contaminar menos el socavón debido que en las labores ciegas son

alimentadas con aire forzado pero este tipo de ventilación no es tan eficiente, haciendo que los motores diésel sufran pérdidas de potencia.

Las labores ciegas y la contaminación del motor diésel afectan a la persona humana ya que en esta zona de trabajo es obligatorio trabajar con respirador personal con filtros de partículas para que minimicen los daños a los pulmones y también son utilizados los lentes de protección para minimizar la irritación de los ojos que son afectados por las partículas suspendidas en el aire.

2.2.5 Procesos de la minería subterránea

Los procesos que implican para la extracción de mineral en la minería subterránea, son:

a) Exploración

La exploración minera es la etapa inicial del proceso de extracción del mineral debido a que con la exploración brinda el estudio del suelo y demuestra la dimensión, posición, características de los minerales, reserva y valores de los yacimientos.

La exploración minera es la inversión inicial que realiza la empresa minera, estos costos de inversión muchas veces son irre recuperables ya que existe muchos gastos asociados a la exploración tales como:

- Proyecto de exploración
- Permisos para realizar la exploración
- Caminos para acceder a la superficie a estudiar

- Campamentos
- Maquinarias
- Estudio de factibilidad, etc.

Si en la etapa de exploración indica que, el suelo que se está en proceso de estudio no tiene el suficiente volumen de mineral para que sea explotado y recuperado, esta inversión de exploración será pérdida ya que solo quedará en estudio y todo el gasto de inversión asociado a la exploración quedará sin ser utilizado, solo podrá ser recuperado las maquinarias móviles y especializadas.

Penetración de suelos

La penetración de los suelos se realiza mediante sondas que son ingresadas a través de equipos mecánicos de trabajo hidráulico que mediante un cabezal de rotación hace girar una broca y esta broca es ingresada al suelo con tubos de alcance de diferentes medidas para alcanzar la profundidad que requiere el estudio, a este trabajo se le denomina Sondeo (2.4)

Después de la extracción el área de geología procede a la interpretación por ubicación (Fig. 2.5) del testigo extraído.

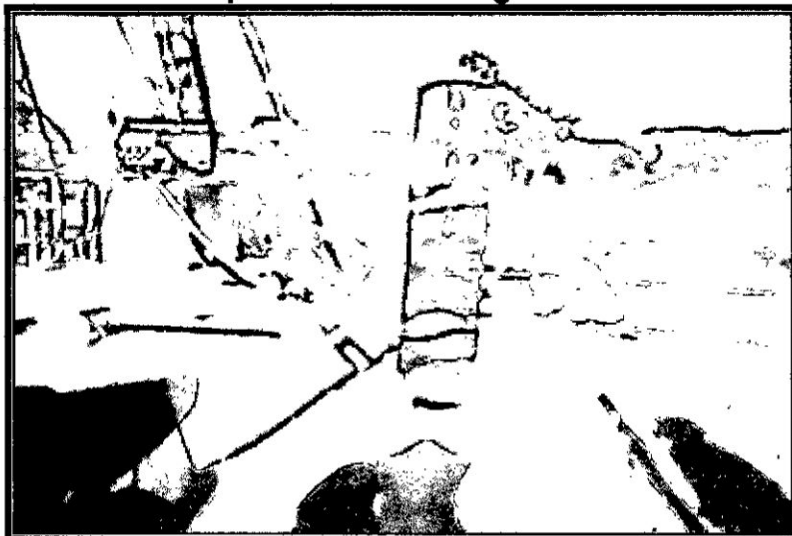
La Interpretación y estimación se realiza mediante el estudio y levantamiento de planos (Fig. 2.6).

Figura N° 2. 4
Apilado de Muestras o testigos



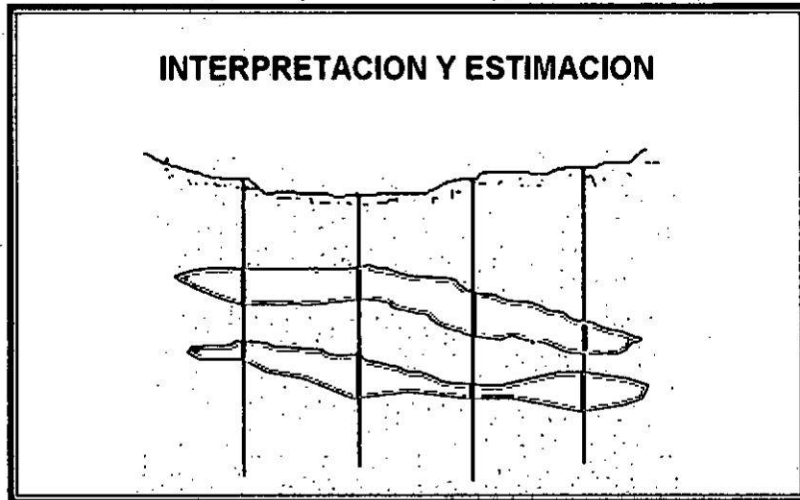
Fuente: Elaboración Propia, trabajo de apilado de Testigo

Figura N° 2. 5
Interpretación de Testigo -Sonda



Fuente: Elaboración Propia, trabajo de exploración en la
Unidad Minera La Arena

Figura N° 2. Figura N° 2.6
Levantamiento de Plano de Testigo – Vetas



Fuente: Rumbo Minero 2016.

b) Explotación

Después de culminado la etapa de la exploración y luego de aprobar el estudio de factibilidad económica empieza la etapa de explotación que involucra grandes inversiones tales como:

- Permisos para realizar la explotación.
- Negociación con las comunidades.
- Vías de acceso para la nueva mina.
- Campamentos – Viviendas para los trabajadores.
- Construcción de comedores, oficinas.
- Adquisición o Alquileres de Maquinarias.
- Transporte.
- Obras civiles.
- Mini centrales eléctricas, etc.

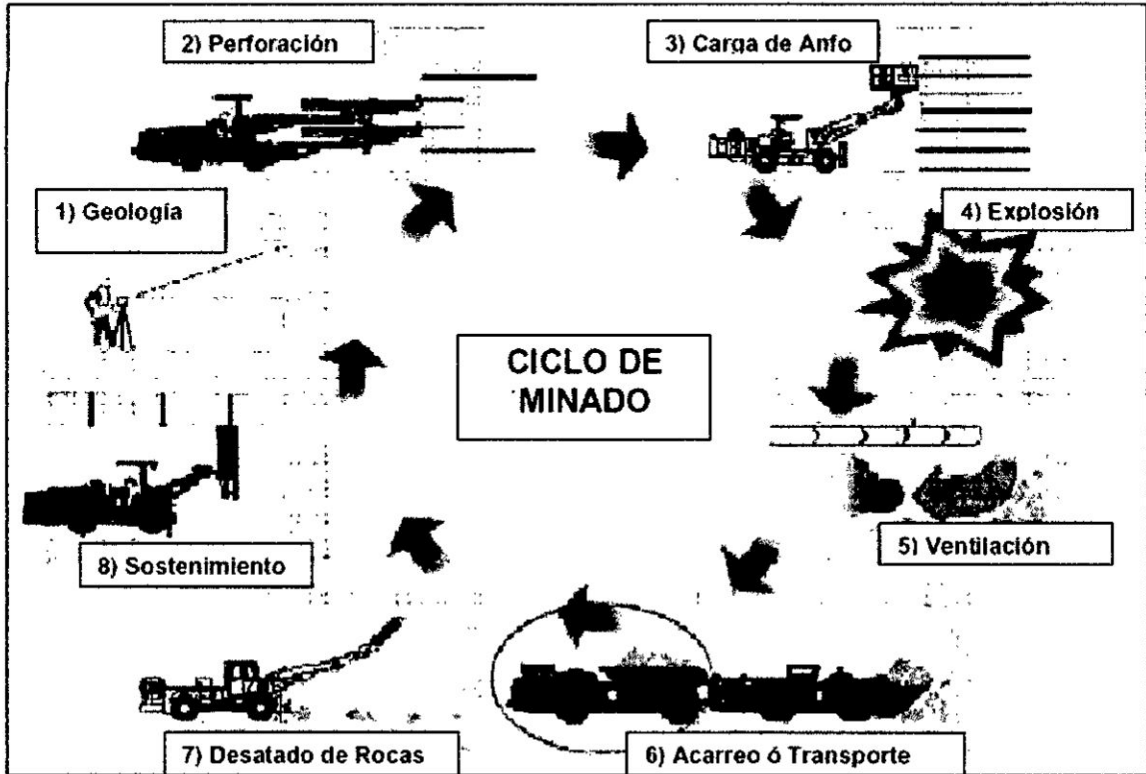
Ciclo de minado para minería subterránea

Proceso de extracción de mineral realizado por el área de operaciones de mina en coordinación con las diferentes áreas involucradas tales como el área de seguridad, área de mantenimiento, área de planeamiento, este proceso se realiza mediante equipos o maquinarias especialmente diseñadas para trabajar en las condiciones severas a realizar y cumplan su función de diseño para ser aplicados o trabajados en un determinado tipo de galería.

Este ciclo de minado es un ciclo de producción en cadena que se utiliza en la extracción del mineral, los equipos trabajan dependiendo del cumplimiento del proceso anterior, es decir si un equipo no cumple su trabajo designado, entonces la cadena se paraliza y para la empresa encargada de la extracción de mineral significa pérdida por falta de producción (Fig. 2.7).

En el caso del ciclo de minado para minería subterránea se requiere de equipos versátiles, con la menor emanación de humos, menor consumo de combustible, con ciclos de trabajo rápidos, que sea confiable y que tenga la mayor disponibilidad mecánica para ser utilizados en la extracción del mineral.

Figura N° 2.7
Ciclo de minado para minería subterránea



Fuente: Revista Sandvik del Perú 2015

Equipos que involucran el ciclo de minado para la minería subterránea.

a) Equipos de perforación

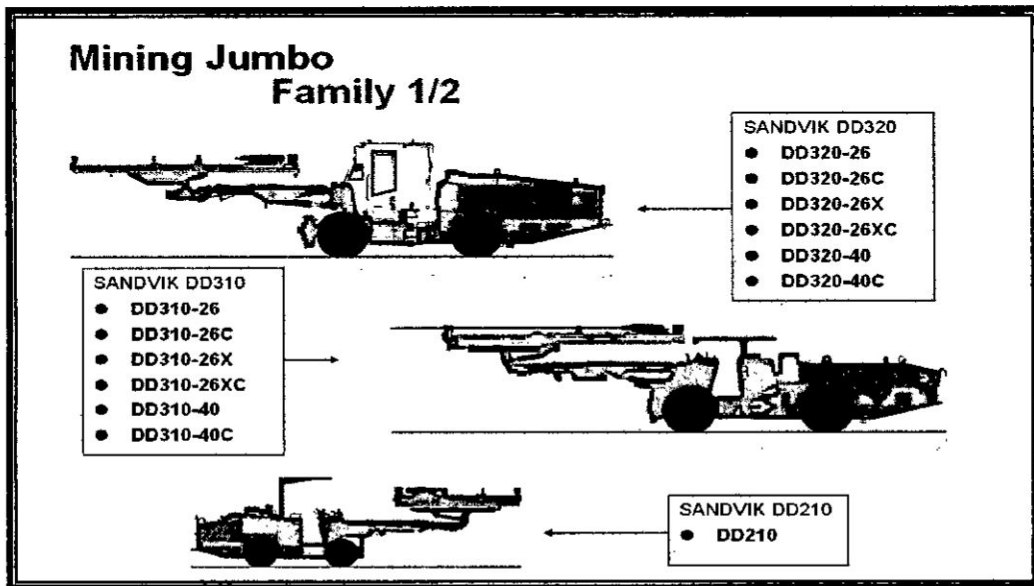
Los equipos de perforación, son maquinarias de perforación electro hidráulico denominados en la minería subterránea como Jumbo, los cuales tienen diferentes tipos de aplicaciones, dimensiones, alcances de perforación, de 01 Brazo, 02 Brazos y 03 Brazos de perforación (Fig. 2.8, también existen equipos mixtos

con viga fija, con viga retráctil, para vetas más pequeñas que requieren sostenimiento.

Los equipos de perforación jumbo realizan su trabajo mediante 02 motores, 01 motor Diésel que es utilizado para la traslación del equipo, para el posicionamiento del brazo y 01 motor eléctrico de 440V que es utilizado para la perforación de los taladros en el frente de trabajo.

Figura N° 2. 8

Clases de perforadoras electrohidráulicos - jumbo

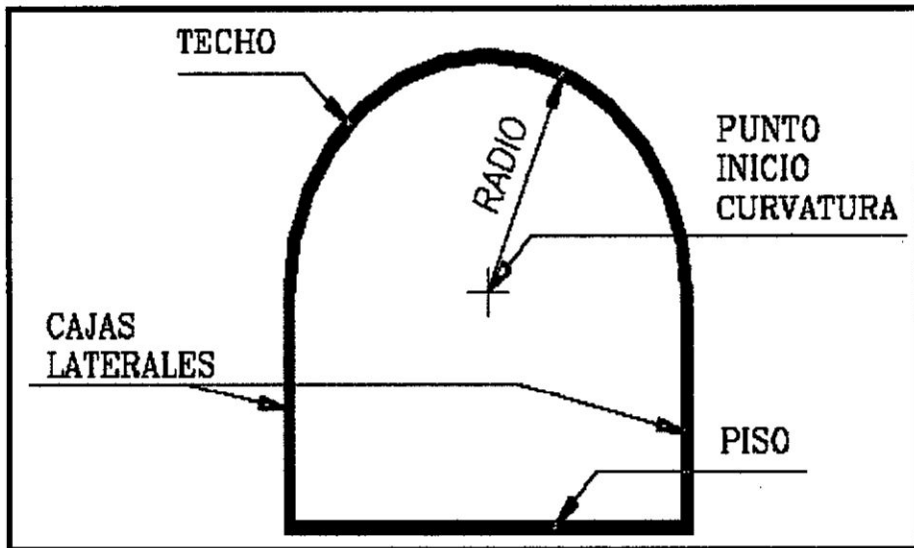


Fuente: Sandvik del Perú 2015 – Revista Técnica

El motor eléctrico es utilizado con la finalidad de no contaminar la galería debido a la falta de oxígeno que existe en el interior de la mina y aprovechar la mayor eficiencia del motor eléctrico en la perforación de la malla.

El modelo y tipo de Jumbo se dimensiona conociendo el tipo de galería a trabajar (Fig. 2.9).

Figura N° 2. 9
Definiciones básicas de las galerías



Fuente: Sandvik del Perú – Revista Técnica

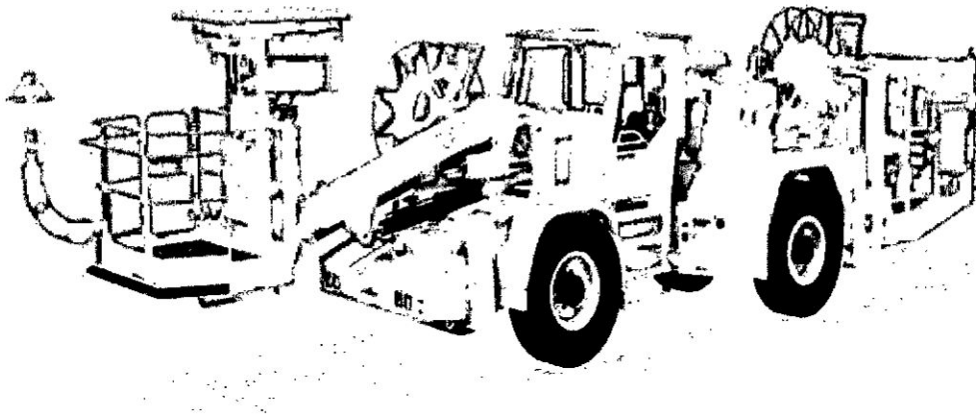
b) Equipos de carga de Anfo

Son equipos utilitarios electros hidráulicos (Fig. 2.10) que sirven para realizar la carga del explosivo o llenado de explosivo en los taladros realizados por el equipo Jumbo.

Estos equipos son de gran importancia en el ciclo de minado ya que tienen que realizar la carga del explosivo en la malla de perforación realizado por el equipo Jumbo.

Figura N° 2. 10

Cargador de Anfo Loader - Charmec LC 605 D



Fuente: pág. Web Normet (www.normet.com)

c) Explosión

Es el tiempo donde se activan o detonan los explosivos, se utilizan los explosivos de acuerdo al proyecto, galería y tipo de malla, donde se pueden utilizar:

- Nitro Glicerina (NG),
- ANFO
- Emulsiones explosivas

Para la selección de los explosivos también se considera la rotura de la roca deseada y el presupuesto de inversión para la voladura.

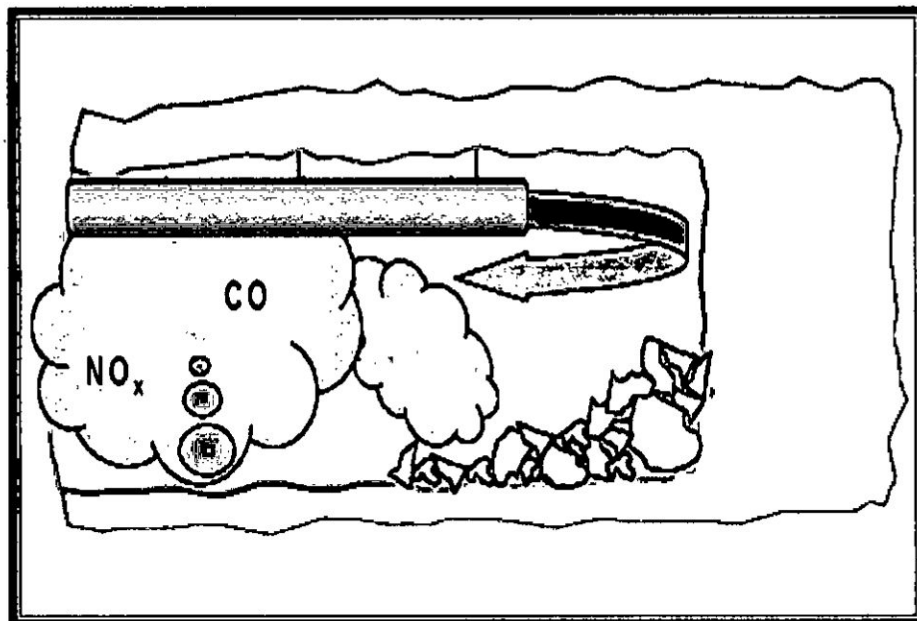
d) Ventilación

La ventilación o Ventilación por aire forzado, tiene como objetivo principal de llevar una cantidad determinada de volumen de aire a los diferentes frentes de trabajo o galerías de la mina con la finalidad de oxigenar el área de trabajo, propagando los gases tóxicos producto de la explosión y cuidar la salud del trabajador. (Fig. 2.11).

La ventilación se realiza mediante la instalación de un ventilador montado en la entrada de la bocamina que tiene como función aspirar el aire fresco del ambiente, luego el aire extraído es trasladado mediante ductos o mangas de ventilación hasta llegar al frente de trabajo.

Figura N° 2. 11

Esquema de ventilación para minería subterránea



Fuente: Sandvik del Perú 2015 – Revista Técnica

De acuerdo al diario El Peruano en el D.S. 024-2016 E.M., en su artículo 247 indica que: *"En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala":*

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min

Equipo de Acarreo o Transporte

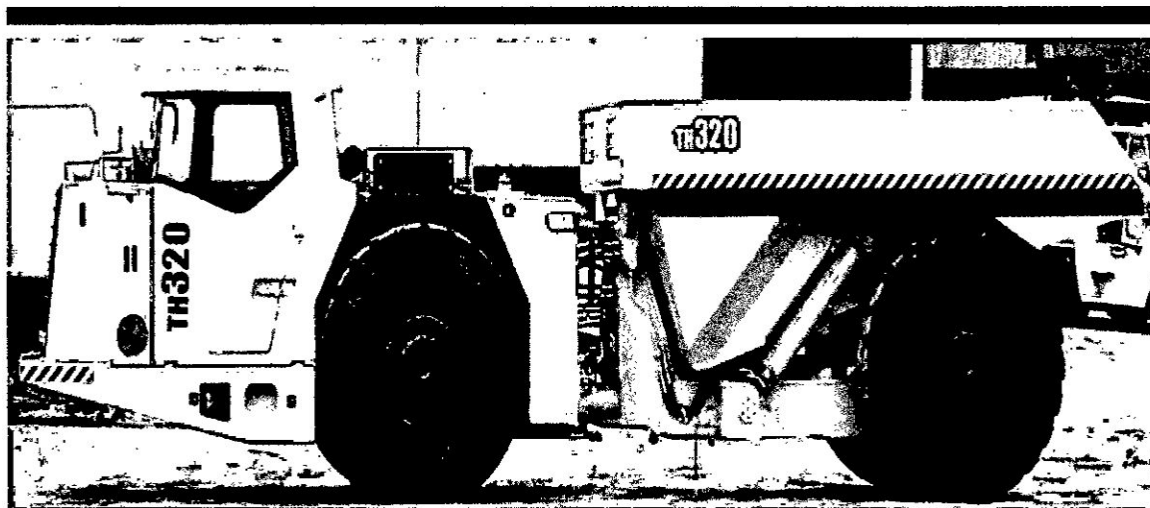
Está conformado por los equipos:

- Dumper (Camiones de bajo perfil)
- Loaders (Cargadores frontales de Bajo perfil).

Dumper

Son camiones de bajo perfil (Fig. 2.12), capaces de transportar en su tolva los diferentes tipos de materiales y minerales de acuerdo a la capacidad de diseño de tonelaje, con gran versatilidad y maniobrabilidad dentro de las galerías de las minas.

Figura N° 2. 12
Camión de Bajo perfil – Dumper TH320

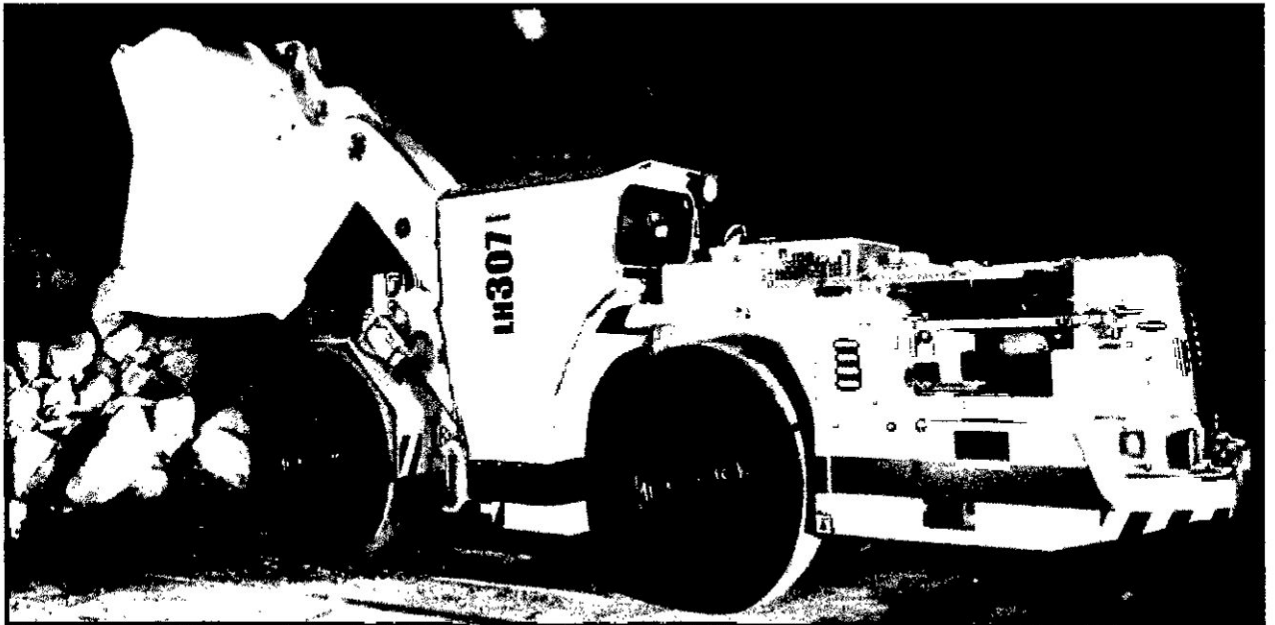


Fuente: Elaboración propia- Mina Milpo

Loaders

Son cargadores frontales de bajo perfil (Fig. 2.13) conocidos en la minería subterránea con el nombre de scooptram que realiza el trabajo de carga y acarreo mediante su cuchara o bucket llevando el mineral a cortas distancias, los diferentes tipos de materiales realizándolo con gran versatilidad y maniobrabilidad dentro de las galerías de las minas que se encuentra en la unidad de producción (Fig. 2.14).

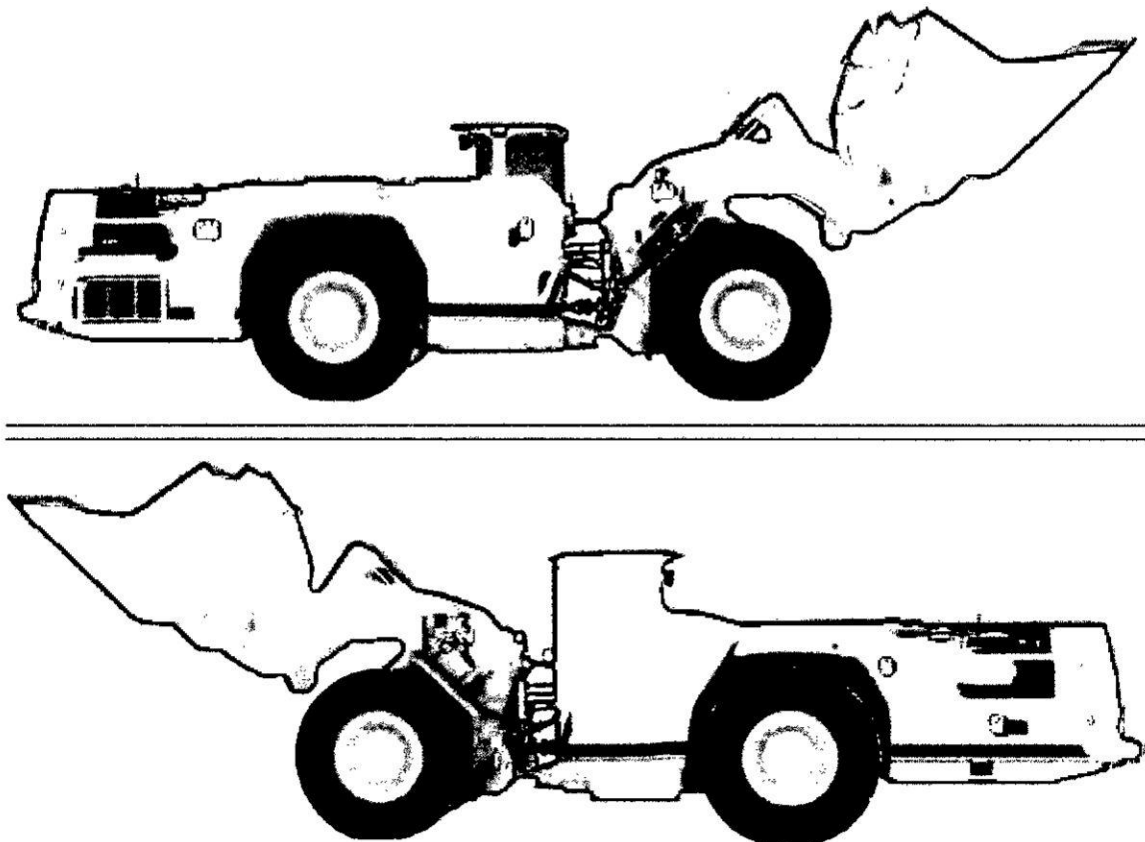
Figura N° 2. 13
Equipo LH307 en fábrica Sandvik



Fuente: Sandvik del Perú

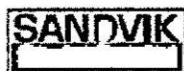
La selección del equipo Loader se determina conociendo la dimensión de galería, condiciones de la mina, factor de esponjamiento, factor de rotura de la roca y está también relacionada con la capacidad de carguío.

Figura N° 2. 14
Equipo Loader LH307



Fuente: Sandvik del Perú

Cuadro N° 2. 1 Datos Técnicos del Equipo LH307



Sandvik LH307

TECHNICAL SPECIFICATION
LH307-11 (27.06.2011)

2/3

Main dimensions

Total length	8631 mm (340")
Width without bucket	2136 mm (84")
Maximum width	2236 mm (88")
Height without safety canopy	1720 mm (68")
Height with safety canopy	2 212 mm (87")

Weights

Operating weight	18 020 – 19 600 kg (39 730 – 43 210 lb)
Total loaded weight	24 720 – 26 300kg (54 500 – 57 980lb)
Shipping weight	17 950 – 19 550 kg (39 570 – 43 100 lb)
Axle weights without load:	
Front axle	7 950 kg (17 500 lb)
Rear axle	10 070 kg (22 200 lb)
Axle weights with load:	
Front axle	18 050 kg (39 800 lb)
Rear axle	6 670 kg (14 700lb)

Capacities

Tramming capacity	6700 kg (14 800 lb)
Breakout force, lift	134 kN (13 700 kg) (30 200 lb)
Breakout force, tilt	112 kN (11 400 kg) (25 100 lb)
Tipping load (straight)	16 070 kg (35 430 lb)
Bucket std,	3,0 m ³ (3,9yd ³), GET-abrasion system

Bucket motion times

Raising time	6,5 sec.
Lowering time	3,8 sec.
Tipping time	2,0 sec.

Driving speeds forward and reverse

1 st gear	4,8 km/h (2,9 mph)
2 nd gear	9,5 km/h (5,9 mph)
3 rd gear	16 km/h (10,0 mph)
4 th gear	26 km/h (16,2 mph)

Frame

Rear and front frame	Welded steel construction
Central hinge	Fully sealed, adjustable upper bearing

Standard engine

Diesel engine	Mercedes Benz OM 906 LA Euro Stage III / Tier III
Output	150 kW / 2200 r/min (201 hp)
Torque	750 Nm 1400 r/min
Number of cylinders	Inline 6
Displacement	6 400 cm ³
Cooling system	Water cooled
Combustion principle	Direct injection, four stroke
Electric system	24V
Air filtering	Dry type
Exhaust system	Double wall exhaust pipes, catalytic purifier and muffler
Fuel tank capacity	210 l (55 gal.)
Cooling	Hydraulic fan drive

Standard converter

Dana C270 series

Gearbox

Dana RT32000 series	Power shift transmission with modulation, four gears forward and reverse, automatic gear control
---------------------	---

Standard axles

Front axle	Kessler, D91, fixed Spring applied, hydraulic operated brakes Limited slip differential
Rear axle	Kessler, D91, oscillating ± 8° (with roller bearings) Spring applied, hydraulic operated brakes Limited slip differential

Standard tyres

Size and type	17,5x25 L5S, 20 ply Brand and type subject to availability
---------------	---

In certain applications the productive capabilities of the loader may exceed the TKPH value given by the tyre manufacturer. Sandvik Mining and Construction recommends that the user consult with their tyre supplier to evaluate specific conditions to secure the correct technical solution.

Operators compartment

ROPS/FOPS certified canopy	
Width	2136 mm (84")
Height	2212 mm (87")

Steering hydraulics

Centre-point articulation, power steering with two double acting cylinders. Steering system is equipped with electric controlled joystick. Emergency steering is optional.

Turning radius (with std bucket):	
inner	3043 mm (119")
outer	5812 mm (228")

Main components in steering system:

Main valve	
Pilot control valve	
Steering cylinders	ø100 mm (3.9")
Steering and pilot hydraulic pumps	Gear type
Pressure settings:	
Steering hydraulics, main relief valve	22,0 MPa(220bar)
Shock load valves	12,5 MPa(125bar)

Bucket hydraulics

Monostick bucket and boom control (electric) equipped with gear pump that delivers oil to the bucket hydraulic main valve. The oil flow from steering hydraulic pump is directed to bucket hydraulics when steering is not used.

Main components:

Lift cylinders (2 pcs)	ø 140 mm (5.5")
Tilt cylinder	ø 200 mm (7.9")
Pilot control valve	
Main valve	
Pump for bucket hydraulics	Gear type
Fittings	ORFS
Hosing	High temperature
Hydraulic oil tank capacity	Appr. 230 l (61,8 gal)
Oil cooler for hydraulic and transmission oil, Capability up to 52°C ambient temperature	
Lift arm safety lock (CEN),	
Pressure setting for:	
Pilot circuit	3,5 Mpa (35 bar)
Bucket hydraulics	21,0 Mpa (210 bar)
Shock load valves	25,0 Mpa (250 bar)

Fuente: Sandvik Revista Técnica 2016

PARTES Y COMPONENTES DE EQUIPO LOADER

Unidad de Potencia

El equipo LH307 de 4Yds3 de capacidad está provisto de un motor Mercedes Benz modelo OM-906 con una potencia de 201HP.

Cucharon

Los equipos Scooptram están provistos de cucharas o baldes que su volumen de carga se mide en yardas cubicas, estas cucharas están diseñadas con planchas laterales y labio anti abrasivos. También están provisto de guardas anti impactos y anti abrasivos denominados "Gets".

Los gets son el material de desgaste y es que le va a alargar la vida útil del cucharon, los gets son utilizado y dimensionados de acuerdo al tipo de material en el cual va a ser trabajado, la abrasividad del material es muy particular de acuerdo a la mina donde está trabajando, la abrasividad del material es diferente en cada mina.

El Scooptram, tienen un cucharon articulado que le da gran maniobrabilidad de trabajo, estos equipos son utilizados para cargar el mineral en los camiones de bajo perfil y tiene que realizarlo teniendo cuidado con la altura de la galería.

En algunos casos cuando el techo de la galería es muy bajo, se utilizan cucharas especiales con sistema de

“Eyector” o cortina mecánica que desplaza el mineral mediante un par de actuadores hidráulicos y una cortina mecánica desde la parte posterior de la cuchara hasta la salida de la cuchara vertiendo el mineral a la tolva del camión de bajo perfil, echadero, etc.

Tren de Fuerza de Equipo Loader

La potencia del motor es transmitida directamente al convertidor de torque.

El convertidor de torque través de su eje de salida transmite por un cardan la potencia al eje de entrada de la transmisión

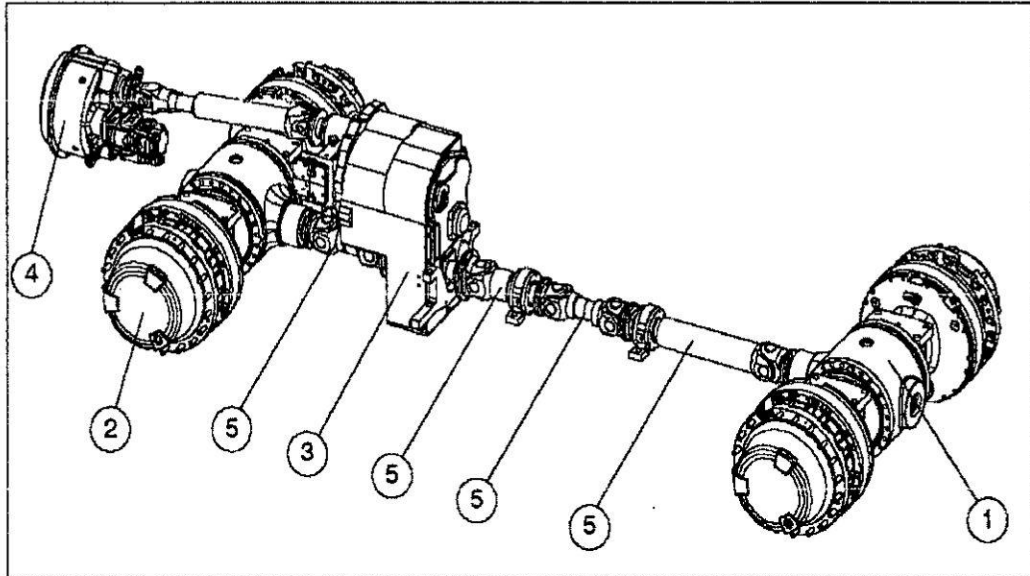
La transmisión suministra cuatro marchas hacia delante y hacia atrás las que son seleccionadas eléctricamente.

El eje de salida de la transmisión transmite la potencia a través de cardanes a los diferenciales delanteros y traseros.

La corona y piñón de los diferenciales transmiten la potencia a los ejes flotantes. Estos ejes están conectados mediante estrías al piñón solar del planetario del mando final.

A medida que los ejes rotan fuerzan a los piñones planetarios a girar sobre el anillo piñón estacionario de la maza que gira con la rueda que tiene montada (Ver Fig. 2.15)

Figura N° 2. 15
Tren de Fuerza del Cargador frontal de Bajo perfil - LH307



Fuente: Sandvik del Perú 2015 – Revista Técnica

Convertidor de Torque

El convertidor de torque es un acoplamiento hidráulico que a través de fluidos tiene la capacidad de multiplicar el torque de salida del motor hacia la transmisión, el convertidor está acoplado a la volante el motor mediante un disco flexible o un disco dentado.

Los dos principales propósitos del convertidor son:

1. Multiplicar y transmitir el torque del motor hacia la transmisión.
2. Acopla y actúa las bombas hidráulicas tales como Bomba de levante y volteo, bomba de dirección y freno, etc.

Transmisión

Poseen una caja de transmisión de 4 velocidades automática el cual le permite desplazarse con 4 velocidades hacia adelante y 4 velocidades en reversa permitiéndole desplazarse en las galerías sin girar ya que las vías son muy estrechas.

El equipo LH307 de 4Yds3 de capacidad está provisto de un motor Mercedes Benz modelo OM-906 con una potencia de 201HP.

Eje diferencial

Un diferencial es el elemento mecánico que permite que las ruedas del lado derecho e izquierdo de un equipo giren a revoluciones diferentes, según el equipo se encuentre tomando una curva hacia un lado o hacia el otro, cuando un equipo toma una curva hacia la derecha, la rueda del lado derecho recorre un camino más corto que la rueda del lado izquierdo, ya que esta rueda del lado izquierdo se encuentra en la parte exterior de la curva.

La corona y piñón de los diferenciales transmiten la potencia a los semiejes flotantes. Estos ejes están conectados mediante estrías al piñón solar del planetario del mando final y por ultimo está conectado a los neumáticos.

En el eje diferencial también va acoplado el sistema de frenos refrigerados por aceite que son los denominados Posi-Stop.

Este sistema Posi-Stop fue diseñado pensando en la seguridad de la persona, porque los frenos están normalmente activados mediante resortes y la desactivación es realizado mediante la activación o el envío de fluido hidráulico.

Cuando el equipo está en funcionamiento el sistema hidráulico está enviando caudal y presión al sistema de freno, pudiendo liberar el freno, Si el equipo es apagado; automáticamente el sistema hidráulico deja de enviar fluido hidráulico hacia los frenos, quedando activado el freno del equipo mediante los resortes.

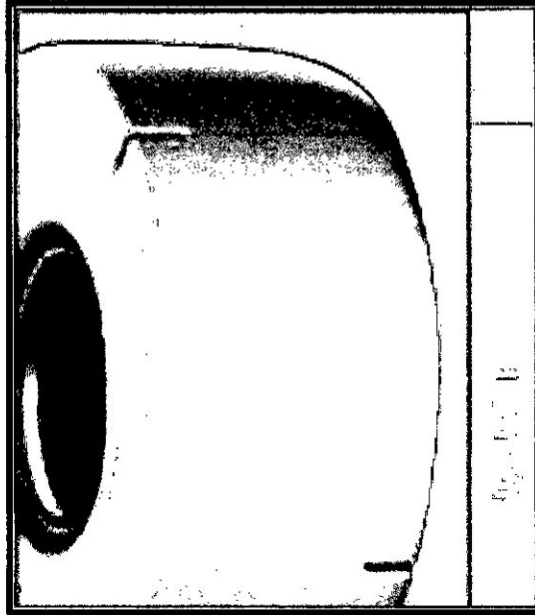
Neumáticos

Su desplazamiento lo realiza mediante neumáticos de medidas internacional comercial tipo L5-S que quiere decir 5 pliegues de lona y "S" proviene de la palabra "Smooth" que significa Liso, el cual tiene el diseño liso (Fig. 2.16).

Este diseño es súper fuerte para trabajos extra pesados en servicios extremos y subterráneos, el compuesto especial provee una excelente vida de la banda de rodamiento. Magnífica protección contra cortes e impactos.

Figura N° 2. 16

Neumático tipo Smooth para Cargador frontal de Bajo perfil - LH307



Fuente: Catalogo Bridgestone - OTR

Loader con motor Eléctrico

Existen cargadores de bajo perfil que tienen el motor de potencia en versión eléctrico, estas versiones de cargadores frontales de bajo perfil son utilizadas para los frentes de trabajo en los socavones más profundos de la unidad minera donde la falta de oxígeno es mayor y los equipos de combustión interna diésel presentan mayores problemas por mala combustión y contaminan las galerías.

A estos tipos de equipos se les conoce como equipos cautivos porque normalmente no salen a superficie, todo trabajo de mantenimiento se realiza en el mismo frente de trabajo o en taller de interior mina, su traslado

a grandes distancias es complicado porque depende de un cable de alimentación de 100Mt de longitud que está acoplado a una tambora electrohidráulica enrollable y trabaja con una tensión de 440V.

Se utiliza el equipo Loader con motor eléctrico debido a las razones siguientes:

Alta productividad comparada con uno de transmisión diésel

- Rápido llenado de la cuchara.

Costos totales bajos comparados contra un diésel.

- Baja inversión en ventilación.
- Bajos costos en energía.
- Bajos costos de mantenimiento debido a menos partes
- Bajos costos de mantenimiento por tonelada.

Mejoras en medio de trabajo respecto a un diésel.

- No hay liberación de gases de combustión.
- Mejor visibilidad (operativa)
- Bajos niveles de ruido
- Menos calor.

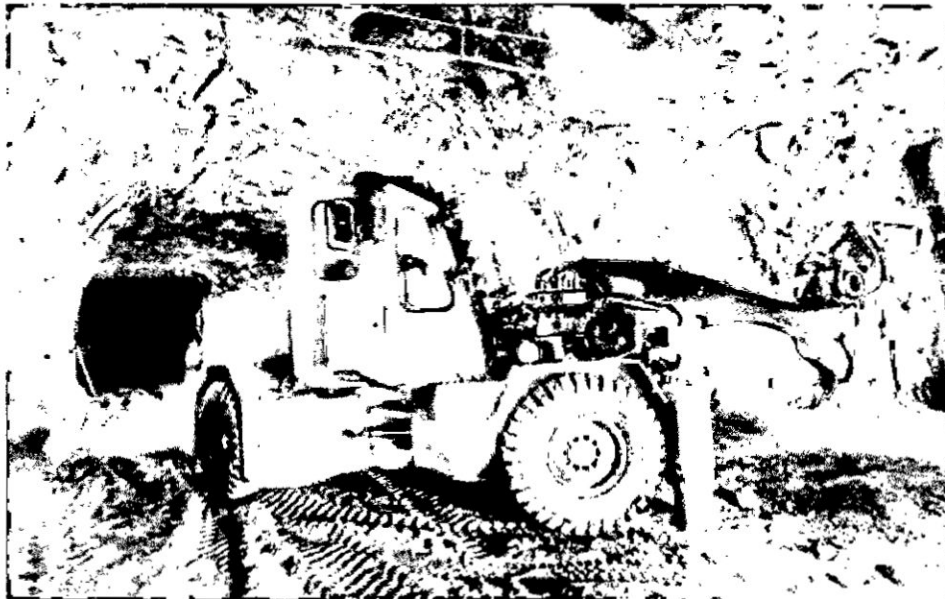
e) Equipo de Desatado de Roca

Son equipos Utilitarios o Multiusos, en el cual se instala un martillo hidráulico en el brazo y su función principal es desatar las rocas que quedaron sueltas debido a la explosión, este trabajo es también conocido como des quinchado de rocas (Fig. 2.17).

El trabajo se realiza cuando la punta del martillo percute en las rocas sueltas o fracturadas, haciendo que estas rocas caigan por gravedad y no sea un peligro para los operarios que trabajan en la zona y quede el área de trabajo despejado para el siguiente proceso.

Estos equipos pueden ser trasladados mediante cadenas o neumáticos dependiendo de las vías.

Figura N° 2. 17
Equipo de Desatado de roca



Fuente: Pág. PAUS Modelo 853-S8

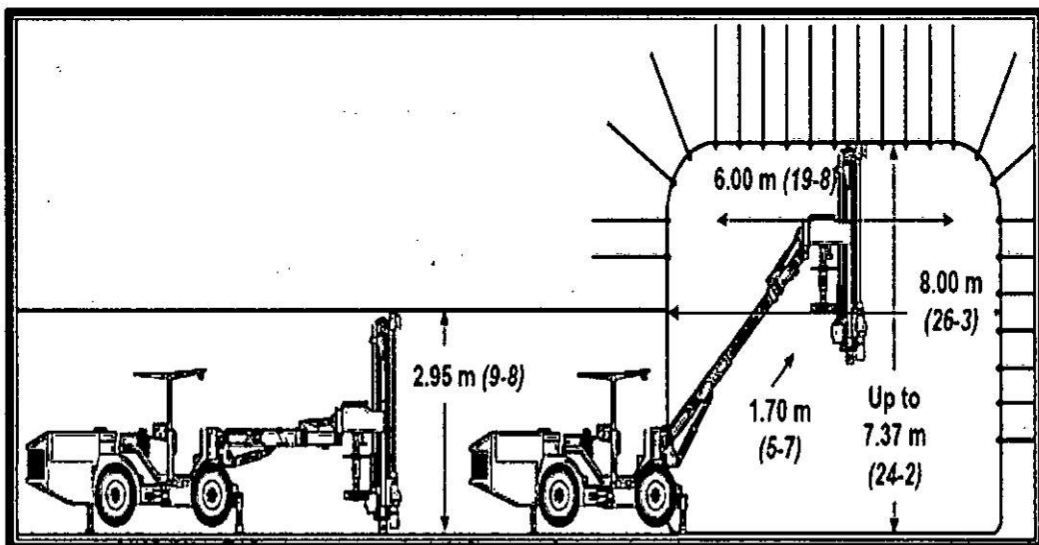
f) Equipos de Sostenimiento

Son equipos que brindan la seguridad en el proceso de extracción del mineral, asegurando el techo y las cajas de las galerías, tienen como propósito dar solidez a las paredes del socavón y evitar que se derrumben o se

cierren las galerías por efecto de las presiones internas de las rocas.

Se realiza mediante equipos electro-hidráulicos que perforan los taladros de acuerdo al proyecto (Malla) e instalan pernos en las paredes y en el techo (de acuerdo al proyecto) con el fin de compactar y brindar solidez a la roca en el socavón (Fig. 2.18).

Figura N° 2. 18
Equipo de Sostenimiento



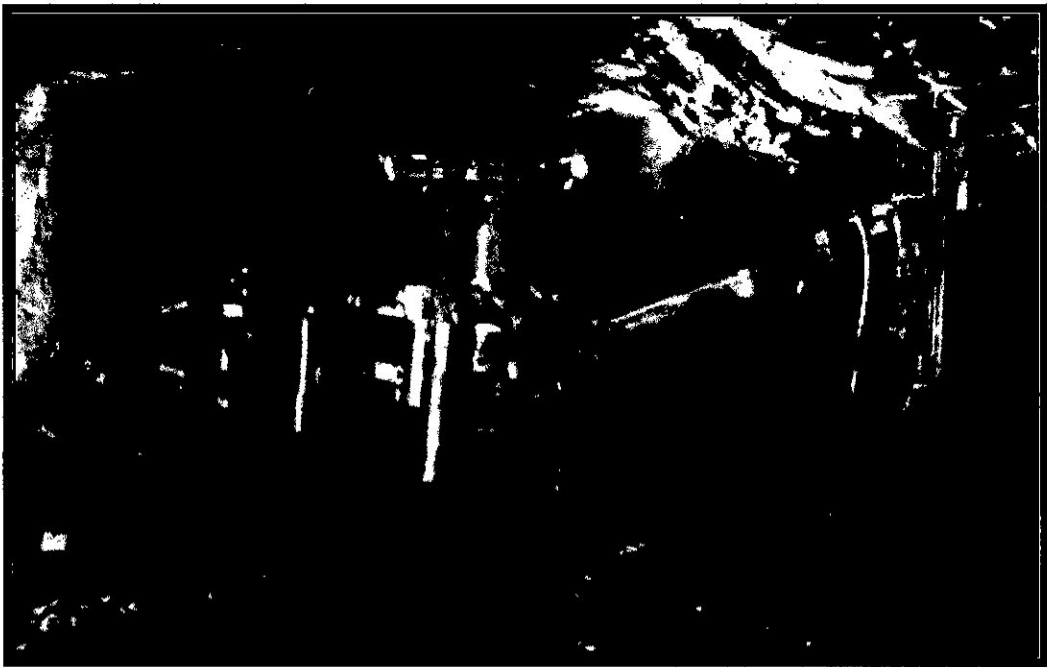
Fuente: Sandvik del Perú 2015 – Revista Técnica

Estos equipos realizan perforaciones verticales en techo y piso, también realizan perforaciones horizontales, el cual los hace muy versátiles en la perforación.

A diferencia de los equipos Jumbo estos Pertenecen a la familia DS (Drills Support) Fig. 2.20

Los equipos están proveídos de una doble viga en el cual va instalado en una viga una perforadora hidráulica que realiza el taladro y en la otra viga un motor de rotación que realiza el trabajo de empuje e instalado de pernos en la roca.

Figura N° 2. 19
Equipo de Sostenimiento



Fuente: Sandvik del Perú 2015 – Revista Técnica

2.2.6 Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de actividades que debe realizar el personal técnico hacia un determinado equipo con la finalidad de preservar el estado original del equipo, alargar la vida útil del equipo en referencia y pueda realizar su actividad de producción.

El procedimiento de realizar el mantenimiento es diferente para cada tipo de maquina o equipo, debe realizarse de acuerdo a las indicaciones del manual del fabricante, teniendo en cuenta la frecuencia y tipo de mantenimiento a realizar.

Es realizado por un personal técnico calificado quien utiliza una serie de técnicas y procedimientos para comprobar el estado del equipo.

Según Lourival Augusto Tavares, en su libro de Administración moderna del mantenimiento, define los tipos de mantenimientos como:

2.2.7 Tipos de Mantenimiento

a) Mantenimiento Predictivo

Es el tipo de mantenimiento que predice una falla o estado sub estándar de un equipo, este mantenimiento es efectivo, pero tiene un alto costo de inversión.

Determina en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada,

mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo.

El objetivo es disminuir las paradas por mantenimientos correctivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y falta de producción, cabe resaltar que para este mantenimiento requiere de personal calificado e instrumentos de medición como podemos mencionar:

- Análisis de aceite (interpretación).
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).
- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- Termo visión (detección de condiciones a través del calor desplegado)

b) Mantenimiento Preventivo

Consiste en realizar tareas de inspección periódicas planificadas y programada (Frecuencia de Mantenimiento) con el fin de detectar a tiempo un evento de falla o una condición no estándar del equipo.

Denominado "mantenimiento planificado", se realiza antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema.

Está basado a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar mediante un manual de mantenimiento para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el tiempo o vida útil del componente a través de los manuales técnicos, pero muchas veces no se adecua a nuestra realidad y solo lo determina la experiencia

Presenta las siguientes características:

- Se realiza planificada mente en coordinación con operaciones, para evitar paradas de planta imprevistas.
- Se realiza mediante un programa de mantenimiento donde estipule procedimiento, repuestos y herramientas necesarias para la ejecución.

- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y término preestablecido previamente aprobado en coordinación con operaciones.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la gerencia.

c) Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es llamado como "mantenimiento reactivo", se realiza luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta una falla en el equipo. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

- Afecta las cadenas de producción, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta altos costos por reparación y repuestos no presupuestados, puede darse el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

d) Mantenimiento Proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios tales como iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, colaboración, de tal manera que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente.

- Porque impulsan el aprovechamiento de los recursos y conduce hacia la eficiencia.

b) Indicadores de gestión de equipos

Son los instrumentos matemáticos mediante el cual el gestor de equipos observa como fue el comportamiento de los equipos y analiza sus resultados obtenidos en el día para poder llegar al resultado del mes.

Mediante los indicadores, se puede analizar las paradas realizadas por los equipos y compararlas si fueron programadas o fallas por correctivos que no se realizaron durante el mantenimiento preventivo.

Los indicadores de gestión sirven como instrumento de Benchmarking para comparar el trabajo de los equipos con las condiciones de trabajo de otros equipos en otra mina con mejores o peores condiciones de trabajo.

También sirven como herramienta de mejora ya que puede incrementar una actividad adicional en el plan de mantenimiento que fue detectado en una falla repetitiva.

Lourival Augusto Tavares, en su libro de Administración moderna del mantenimiento, define para el análisis de la gestión de equipos cuatro "índices clase mundial" y para la gestión de costos son utilizados dos:

c) Mean Time Between Failures (MTBF). -

(Tiempo medio entre fallas)

Es el tiempo promedio en el cual, un equipo o maquina cumple su trabajo sin falla funcional alguna hasta la aparición de una avería, nos visualiza qué paradas son las más frecuentes para un proceso, es un indicador de confiabilidad.

Se obtiene de la relación del tiempo total de operación entre el Número de fallas en el tiempo observado.

**Cuadro N° 2. 2
Indicador de Gestión MTBF**

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Horas de Operación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

d) Mean Time To Repair (MTTR). -

(Tiempo medio para reparación)

Es el tiempo promedio para restaurar el funcionamiento de un equipo o maquinaria, después de ocurrida una avería funcional, incluyendo el tiempo de evaluación, tiempo logístico, tiempo de reparación hasta tener el equipo operativo.

Es un indicador de eficiencia y mantenibilidad

Se obtiene de la relación del tiempo total de las reparaciones entre el número de fallas en el tiempo observado

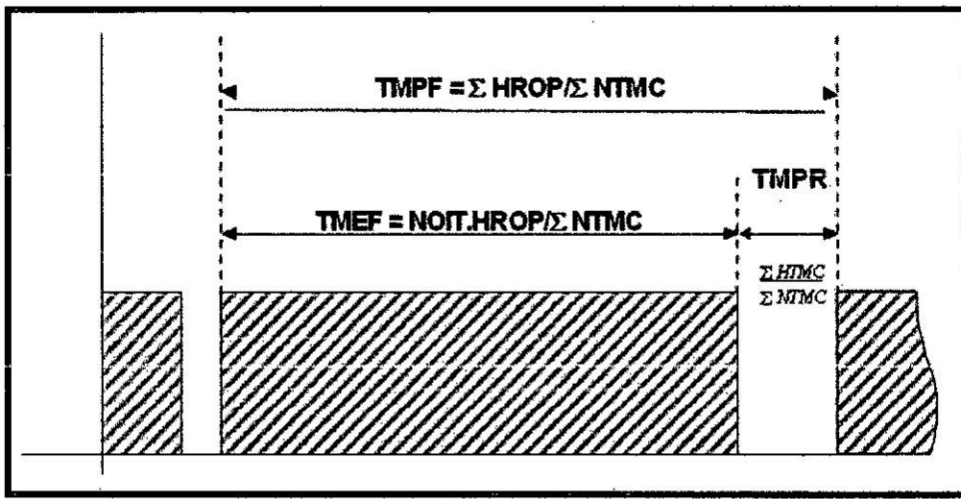
Cuadro N° 2. 3
Indicador de Gestión MTTR

$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparaciones}}{\text{N° de fallas}}$
--

Fuente: Libro Lourival Tavares

El cálculo del Tiempo medio Entre Fallas debe estar asociado al cálculo del Tiempo medio para la Reparación. La interpretación gráfica entre estos índices, está representada en la Figura (Fig. 2.21)

Figura N° 2. 20
Interpretación grafica de Indicadores de Gestión



Fuente: Libro Lourival Tavares

e) Disponibilidad mecánica de equipos (D.M.) %

Es el Tiempo en el cual el equipo está disponible para trabajar o ser operado, en relación al tiempo total, medido como un porcentaje (% disponibilidad).

Es la relación entre la diferencia del número de horas total trabajadas del periodo con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (Inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento programado y mantenimiento correctivo) y el número total de horas del periodo considerado.

Cuadro N° 2. 4
Indicador de Disponibilidad Mecánica (D.M.)

$$D.M. = \frac{HT - (Insp. + H.M. Prev + H.M. Prog + H.M. Correct.)}{HT} \times 100$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

D.M.	: Disponibilidad Mecánica (%)
H.T.	: Horas totales Trabajadas en un Periodo
Insp.	: Horas de inspección diaria del equipo
H.M. Prev.	: Horas de Mantenimiento Preventivo
H.M. Prog.	: Horas de Mantenimiento Programado
H.M. Correct.	: Horas de Mantenimiento Correctivo

Otra expresión muy común, utilizada para el cálculo de la Disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas es obtenida por la relación entre el Tiempo medio Entre Falla (MTBF) y su suma con el Tiempo medio para reparación (MTTR) y los

Tiempos ineficaces del mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y nueva conexión y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación).

Cuadro N° 2. 5
Indicador de Disponibilidad Mecánica (D.M.)

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

Fuente: Libro Lourival Tavares

Es posible observar que ésta es la expresión más simple ya que es obtenida a partir de la relación entre dos otros índices normalmente ya calculados.

El índice de Disponibilidad mecánica es de gran importancia para la gestión del mantenimiento, pues a través de éste indicador, puede realizarse un análisis selectivo de los equipos, compara y conocer rápidamente que equipo está por debajo del estándar de disponibilidad mecánica pactado.

f) Confiabilidad:

Es cuando un componente, equipo o sistema trabaja sin fallas o averías de acuerdo a lo esperado en su vida útil o mantenibilidad indicado por el fabricante.

Se puede definir también como la probabilidad de que un componente, equipo o sistema trabaje sin fallas por

un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

g) Indicadores de gestión de costos

Lourival (2000), en su libro de administración moderna del mantenimiento, define para el análisis de la gestión de costos los siguientes indicadores:

Costo de mantenimiento por facturación.

Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

Cuadro N° 2. 6

Indicador de Costo de Mantenimiento por Facturación (C.M.F.)

$$CMF = \frac{CTM}{FTE} \times 100$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

CMF : Costo de Mantenimiento por facturación

CTM : Costo total de mantenimiento

FTE : Facturación total del equipo

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son normalmente controlados por el gestor de equipos.

Costo de mantenimiento por el valor de reposición.

Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición)

Cuadro N° 2. 7

Indicador de Costo de Mantenimiento por C.M.V.R

$$CMVR = \frac{\sum CTM}{VR} \times 100$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

CMVR : Costo de mantenimiento por valor de reposición.

CTM : Costo total de mantenimiento.

VR : Valor de reposición (Valor de equipo Nuevo).

Cuadro N° 2. 8

Cuadro de Costo de Mantenimiento de acuerdo al Fabricante

COSTO DE MANTENIMIENTO DE ACUERDO AL FABRICANTE												
FILTROS												
Item	N/P	Descripción	Sistema	Cantidad	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250		1500	1750
					\$306.82	\$306.82	\$306.82	\$484.36	\$306.82	\$306.82	\$306.82	\$1,004.61
LUBRICANTES												
Item	N/P	Descripción	Sistema	Cantidad	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250		1500	1750
					\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$339.01	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$950.01
MANO DE OBRA												
Item	N/P	Hora Hombre Por Servicio	Sistema	Costo x Hora	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250		1500	1750
				\$45.00	4	5	4	8	4	5	4	12
					\$180.00	\$225.00	\$180.00	\$360.00	\$180.00	\$225.00	\$180.00	\$540.00
COSTO TOTAL X MANTENIMIENTO					\$585.09	\$630.09	\$585.09	\$1,183.37	\$585.09	\$630.09	\$585.09	\$2,494.62
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO EN 2,000HRS.					\$7,278.53							

Fuente: Elaboración Propia

2.2.10 Ciclo de vida del equipo LH307

Es el tiempo de vida esperada de cualquier tipo de equipo y/o componente.

Los fabricantes de equipos, estiman una vida útil de sus equipos entre 12,000Hrs hasta las 15,000Hrs siempre y cuando realicen todas las actividades de mantenimiento indicados en el plan de mantenimiento del fabricante

2.2.11 Gestión de mano de obra

Todos los mecanismos de control de mano de obra, deben ser orientados en el sentido de obtener el mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, como también propiciar al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones.

Lourival Augusto Tavares, en su libro de administración moderna del mantenimiento, define para la gestión de mano de obra los siguientes indicadores:

Trabajo en mantenimiento programado

Relación entre los hombres-hora utilizados en mantenimientos programados y los hombres hora disponibles, entendiéndose por "hombres hora disponibles", a aquellos ejecutantes del mantenimiento, que se encuentren presentes en la instalación y físicamente posibilitados, a desempeñar los trabajos requeridos.

Cuadro N° 2. 9

Indicador de Trabajo en Mantenimiento Programado (T.M.P)

$$TMP = \frac{\sum HHMP}{HHD} \times 100$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

Cuanto mayor sea este índice es mejor, debido a que los valores de mantenimiento correctivo (medidos a través del índice siguiente) disminuyen.

Trabajo en mantenimiento correctivo

Relación entre los hombres - horas invertidos en mantenimiento correctivo (reparación de fallas) y los hombres-hora disponibles

Cuadro N° 2. 10

Indicador de Trabajo en Mantenimiento Correctivo (T.M.C.)

$$TMC = \frac{\sum HHMC}{\sum HHD} \times 100$$

Fuente: Libro Lourival Tavares

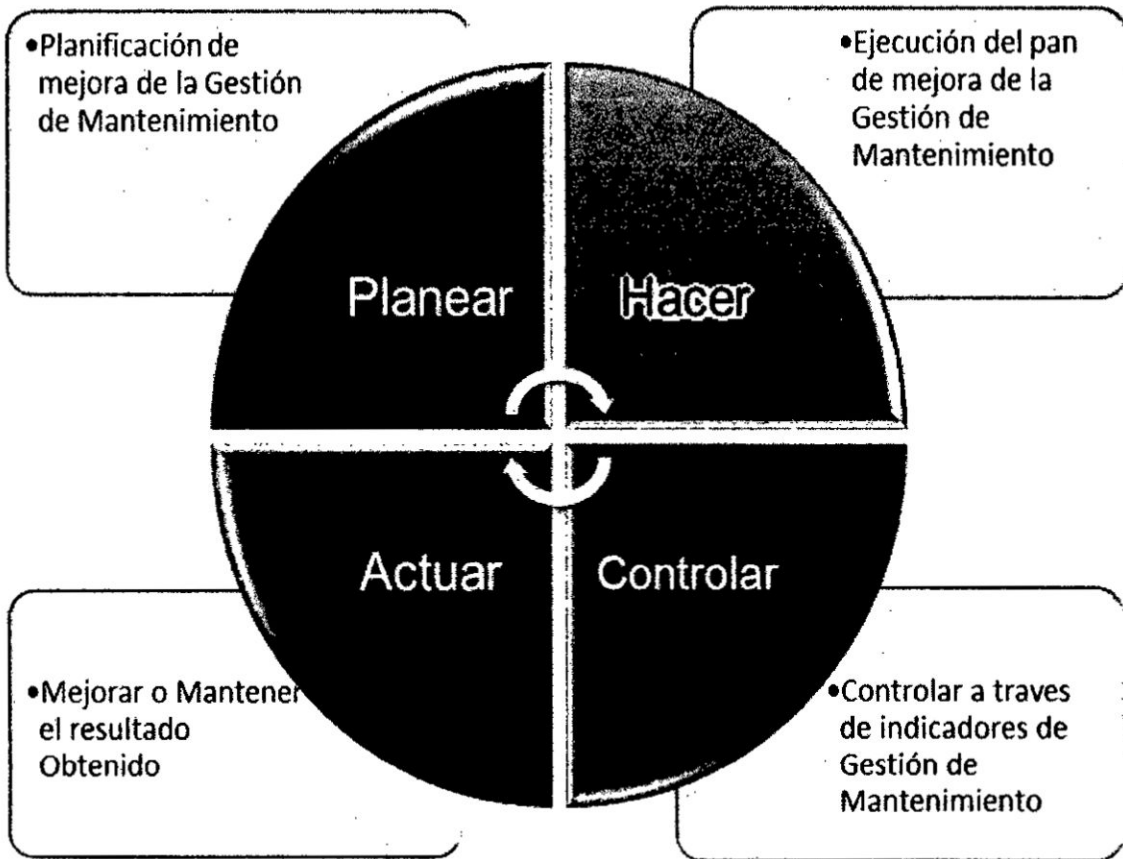
TMC : Trabajo en Mantenimiento correctivo

HHMC : Horas Hombre en Mantenimiento Correctivo

HHD : Horas Hombre Disponible

2.2.12 El Ciclo de Deming en la Gestión de Mantenimiento

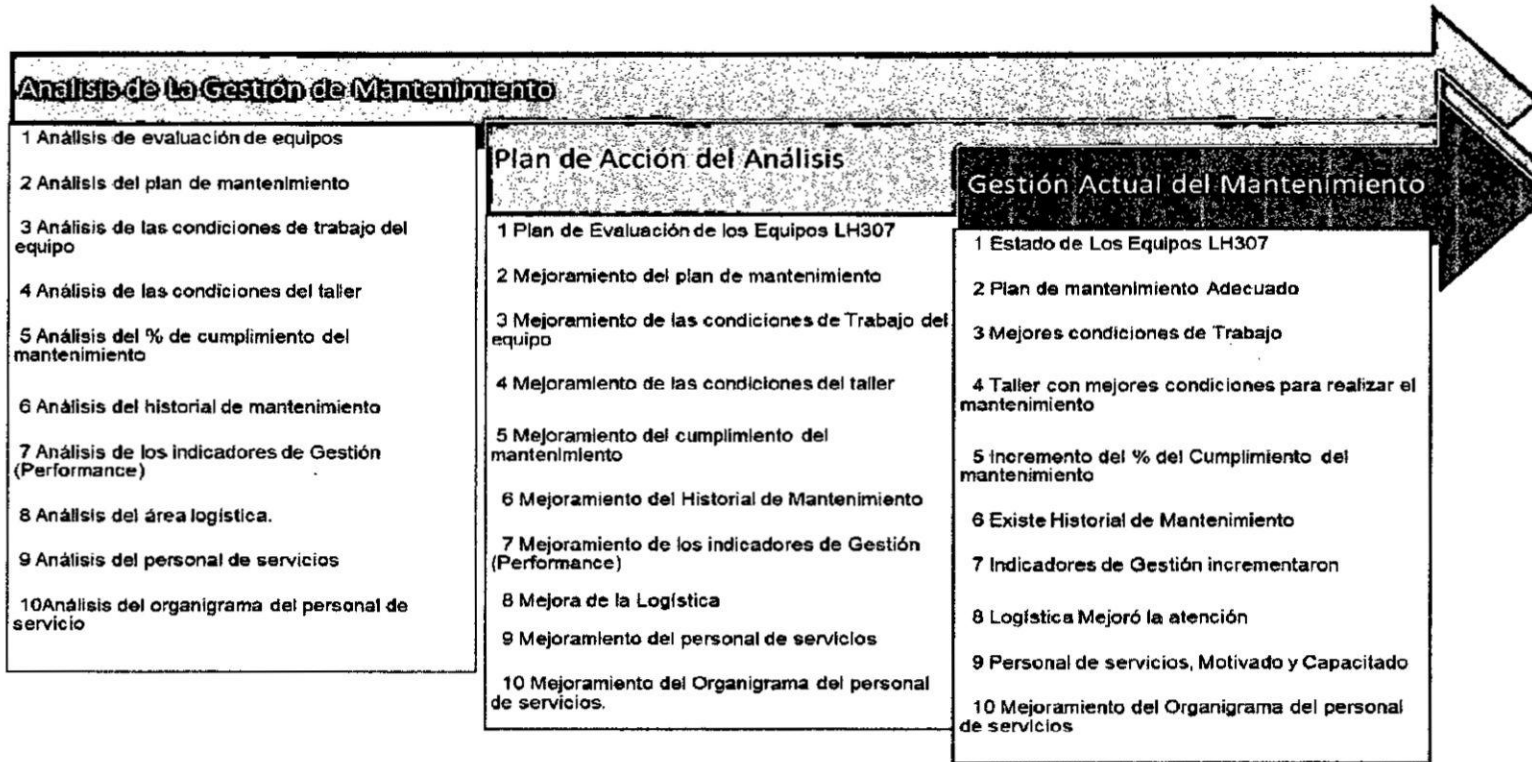
Cuadro N° 2. 11
Aplicando el Ciclo de Deming



Fuente: Elaboración Propia

2.2.13 Proceso del cambio de la Gestión de Mantenimiento anterior.

**Cuadro N° 2. 12
Análisis del Proceso de Cambio de la Gestión**



Fuente: Elaboración Propia

2.2.14 Gestión anterior del Mantenimiento en el equipo LH307

El gestor de equipos fue el encargado de organizar el mantenimiento de acuerdo a su experiencia obtenida en otras obras, pero no cumplía la programación del mantenimiento haciendo que los equipos se desfasen en sus horómetros y se perdía el historial de mantenimiento.

En la gestión anterior el gestor de equipos no ponía atención en los controles tales como:

- Horómetros del equipo
- Plan de mantenimiento
- Planificación del mantenimiento (programación)
- Cumplimiento del mantenimiento
- Reportes de Servicio
- Pedidos de Repuestos
- Plan de reposición de materiales

El gestor de equipo llevaba el mantenimiento de acuerdo al manual del fabricante del equipo.

El fabricante de la marca indica en su plan de mantenimiento, todas las actividades para realizar durante el mantenimiento planificado de acuerdo a una frecuencia Estándar.

2.2.15 Análisis de la criticidad de la Gestión de Mantenimiento anterior.

Fue realizado el análisis de la gestión de mantenimiento anterior el cual tuvo como finalidad determinar los puntos críticos de la gestión y realizar un plan de acciones que contribuyeron a mejorar la disponibilidad mecánica en el equipo LH307.

a) Análisis de evaluación de equipos:

Se coordinó con el área de mantenimiento y operaciones con el fin de planificar un plan de parada de los equipos con el objetivo de conocer el estado actual de los sistemas mecánicos y eléctricos para realizar un programa de mantenimiento correctivo a mediano plazo y minimizar las paradas inesperadas.

El plan de evaluación consistió en la revisión de los siguientes sistemas:

- Sistema de Potencia (Motor diésel)
- Sistema de Transmisión y convertidor de Torque
- Sistema de Cardanes
- Sistema de Ejes diferenciales.
- Sistema hidráulico
- Sistema Eléctrico.
- Sistema de estructura (chasis)

b) Análisis del Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento del fabricante fue analizado de acuerdo a las condiciones de trabajo y las fallas reportadas por los operadores.

Las fallas más comunes que reportaban los operadores fueron:

- Baja potencia del motor diésel
- Generación de humo negro.
- Recalentamiento del motor diésel
- Pedal de aceleración no accionaba.
- Sonido de articulaciones
- Pines desgastados
- Rotulas rotas
- Quemadura de faros de trabajo, etc.

Cuando estas fallas aparecían los operadores daban por inoperativo el equipo y dejaban en el área de mantenimiento el equipo.

Por lo tanto, el plan de mantenimiento original del equipo no se ajusta a la realidad del Perú, es decir las condiciones de trabajo, difiere a lo indicado por fábrica.

En el siguiente cuadro se podía observar que la frecuencia de mantenimiento recomendado por el fabricante es cada 250Hrs. (Cuadro 2.11).

Cuadro N° 2. 13.

Programa de Mantenimiento Recomendado por el Fabricante

Actividad	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO									
	50	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	
INFORMACIÓN GENERAL										
1 Limpieza general	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Comprobar el sistema hidráulico de la transmisión, la cubeta y la dirección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR										
3 Comprobar el Sandvik P51000 free suspension System (Opcional)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4 Comprobar la articulación central visualmente	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5 Aire acondicionado	Inspección									
6 Comprobar la articulación central con una regla de cuadrante	Inspección									
7 Drenar el agua del depósito de combustible	Controlar									
8 Engrasar los ejes de la transmisión y el eje del eje.	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9 Comprobar el sistema de lubricación central y llenar el depósito del lubricante.	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10 Engrasar los extremos estacionarios de los pasadores del brazo / de la cubeta	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11 Engrasar de los pasadores estacionarios de la palanca de oscilación	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12 Lubricación de las bisagras de la puerta y la escotilla	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GRUPO DE ACCIONAMIENTO										
13 Lavar el radiador	Limpieza	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14 Cambio de los filtros y el aceite del motor	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15 Realizar el mantenimiento de los elementos del filtro de aire	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16 Comprobar los soportes del motor	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17 Comprobar el alternador	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18 Comprobar los elementos del filtro de combustible	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19 Comprobar las fijaciones del sistema de escape	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20 Comprobar los conductos del sistema de refrigeración	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21 Comprobar la holgura de la cubierta del ventilador	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22 Comprobar visualmente la cubierta del ventilador	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 Comprobar la holgura de la cubierta de escape	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24 Comprobar visualmente el purificador de gas de escape	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25 Cambiar las abrazaderas y las mangueras de goma de aire de carga / admisión	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TREN DE FUERZA										
26 Comprobar las presiones de los neumáticos	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27 Comprobar el nivel de aceite en los cubos planetarios y los diferenciales	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28 Cambiar el filtro de aceite de la transmisión	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29 Comprobar los pares de apriete de los pernos de la brida del tren motor	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30 Comprobar visualmente las fijaciones del eje.	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31 Comprobar los apriete del eje de oscilación	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32 Comprobar los apriete de las tuercas de fijación del eje	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33 Cambiar el filtro y el aceite de la transmisión	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34 Cambiar el aceite de los cubos planetarios y diferenciales	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35 Medir el desgaste de los revestimientos del freno	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SISTEMA HIDRÁULICO										
36 Sustituir el filtro de retorno de aceite de la cubeta y el sistema hidráulico de dirección	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37 Cambiar el elemento del filtro del respiradero para el depósito	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38 Cambiar el elemento del filtro de aceite de alta presión del sistema hidráulico del freno	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
39 Comprobar la presión hidrúlica del sistema piloto	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40 Comprobar la presión de la bomba de la cubeta	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41 Comprobar la presión de la bomba del ventilador	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42 Comprobar el acumulador de presión del sistema de frenada	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43 Comprobar el acumulador de presión del sistema piloto	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44 Comprobar la presión de la bomba del ventilador	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45 Comprobar el acumulador de presión del sistema de frenada	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
46 Comprobar el acumulador de presión del sistema piloto	Controlar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47 (Opcional) Comprobar los acumuladores de suspensión del brazo	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SISTEMA ELÉCTRICO										
50 Comprobar las cajas de empalmes	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51 Comprobar los mazos de cables	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X
52 Comprobar las baterías	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Fabricante Sandvik

Cuadro N° 2. 14
Costos de mantenimiento Preventivo de acuerdo al fabricante

COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ACUERDO AL FABRICANTE												
FILTROS												
Item	N/P	Descripción	Sistema	Cantidad	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
					\$306.82	\$306.82	\$306.82	\$484.36	\$306.82	\$306.82	\$306.82	\$1,004.61
LUBRICANTES												
Item	N/P	Descripción	Sistema	Cantidad	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
					\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$339.01	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$950.01
MANO DE OBRA												
Item	N/P	Hora Hombre Por Servicio	Sistema	Costo x Hora	Frecuencia de mantenimiento en HORAS							
					250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
					4	5	4	8	4	5	4	12
				\$45.00	\$180.00	\$225.00	\$180.00	\$360.00	\$180.00	\$225.00	\$180.00	\$540.00
COSTO TOTAL X MANTENIMIENTO					\$585.09	\$630.09	\$585.09	\$1,183.37	\$585.09	\$630.09	\$585.09	\$2,494.62
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN 2,000HRS.					\$7,278.53							

Fuente: Elaboración Propia

Baja Potencia de Motor

- Estaba relacionado con la obstrucción de filtros de aire.
- Si el filtro estaba obstruido, no pasaba el suficiente caudal de oxígeno para que sea quemado en la combustión del motor y por lo tanto la combustión era deficiente y en consecuencia se apreciaba como baja potencia de motor.
- Si la frecuencia de inspección y mantenimiento fuera menor, esta falla no se hubiera presentado o sería descartada la posibilidad.
- También estaba relacionada con la saturación de los filtros de combustible.
- Se trabajaba con filtros de combustible obstruidos, no pasando el caudal suficiente de combustible para realizar la combustión y se reflejaba como baja potencia del motor.

Generación de Humo Negro

Filtro de aire Saturado

- También estaba relacionado a los filtros de aire saturados, no llegan a los mantenimientos de 250 Hrs.

- Trabajar con filtro de aire saturados la relación de aire combustible se veía afectado porque la combustión era deficiente y estaba quemando más combustible, generando humo negro
- La generación de humo negro también afectaba a las toberas de inyección, el cual formaba una capa de hollín en la tobera y que a través del tiempo se obstruiría por ultimo no pulverizaría el combustible.

Filtro de combustible saturado

- Se trabajaba con filtros obstruidos haciendo que no llegue el suficiente caudal de combustible a la cámara de combustión y la relación de aire combustible no era la adecuada

Calibración de válvulas de motor

- No se realizaba la calibración de las válvulas de motor cada 1000Hrs, la relación de aire combustible era la adecuada generando baja potencia y humo negro.

Recalentamiento de Motor

Estaba relacionado con:

- Filtros de aire obstruido
- Filtro de combustible obstruido

- Calibración de válvulas de motor
- Pedal de aceleración

Pedal de aceleración obstruido o des calibrado

- La falta de limpieza en el pedal de aceleración tenía como consecuencia que el acelerador no tuviera la carrera suficiente y el operador sintiera la baja potencia en el equipo.
- El pedal de aceleración también lleva un potenciómetro el cual debe ser revisado en el mantenimiento de 1000Hrs.

Sonidos en la estructura, desgaste de pines y rotulas

- Estaba relacionado con la falta de engrase diario o en cada mantenimiento.
- Los equipos trabajaban en gran parte del tiempo inmerso en agua donde la grasa es diluida por el agua pesada en la mina.
- Si no hay engrase en la estructura los pines se desgastan rápidamente ya que trabajan en seco fierro con fierro.
- Al trabajar el equipo sin engrase generaba holguras fuera de la tolerancia del fabricante donde el

operador lo percibía como sonido en la estructura o golpes.

- Las rotulas de igual manera se agarrotaban por el trabajo sin grasa hasta el punto que se rompen o la rótula se sale del alojamiento.

Quemaduras de Faros

- Estaba relacionado al trabajo de equipos con lluvia acida
- También por la falta de mantenimiento en los contactores eléctricos
- El desfase entre mantenimientos.

Después de analizar las fallas reportadas por el operador que se convertían en mantenimiento correctivos y en otras ocasiones trabajo de emergencia, era evidente que se debía realizar un ajuste en el plan de mantenimiento debido a fallas repetitivas.

c) Análisis de las Condiciones de Trabajo del equipo

La experiencia obtenida en la gestión anterior de los equipos nos indica que las condiciones de trabajo no se ajustan al programa de mantenimiento del fabricante por las siguientes razones:

Altura de Trabajo (Entre 4,000msnm – 5,200msnm)

Falta de Oxígeno, ocasiona:

- Mala Combustión, ocasionaba emanación de Humo negro.
- Humo Negro, contaminaba el ambiente de trabajo, afectando al operador y al mismo equipo.
- Perdida de potencia, es ocasionado por la falta de oxígeno, el motor diésel puede perder hasta 40% de efectividad.

Mala Ventilación, Ocasiona:

- Filtros Obstruidos, Cuando existe mala ventilación los filtros se saturan antes de tiempo y en ocasiones no llegan hasta las 125Hrs recomendadas.
- Degradación del Lubricante, las partículas suspendidas en el ambiente, es ocasionado por la falta de ventilación generando una mala combustión del equipo emanando humo negro y este humo es nuevamente aspirado por el equipo ingresando al motor diésel mediante los filtros y llegando a contaminar el lubricante del motor generando lodos en el lubricante que degrada la viscosidad del lubricante.

- También ingresan al sistema hidráulico mediante los vástagos o algún punto de ingreso.

Vías con agua, Ocasiona:

- Lubricación deficiente, los equipos trabajan la gran mayoría del tiempo, sumergido en agua pesada, esta condición hace que los pines de las articulaciones de la cuchara y del equipo en general se desgasten rápidamente debido a que la grasa que tiene el equipo se degrade por contacto con el agua pesada.

Lluvia Acida, Ocasiona:

- Sulfatación de contactores, La caída de agua o lluvia acida que caen del techo en forma de gotas (lluvia), afectaban a los contactos eléctricos de los equipos, ocasionando que los contactores se sulfaten rápidamente y no realicen buen contacto.
- Para esta condición fue recomendado realizar inspección en los contactores y la aplicación de grasas dieléctricas.

Vías Sin mantenimiento, Ocasiona:

- Desgaste prematuro de las articulaciones de la estructura al tener mayor movimiento y fricción entre metales del mismo equipo.

- Llantas con corte, esta condición ocasiona que las llantas se corten, es por esta razón que el personal técnico debe inspeccionar los neumáticos con mayor frecuencia.
- Estas condiciones de trabajo, ocasionaba que el equipo esté expuesto a mayores fallos y requieren una mayor atención de mantenimiento.
- Fueron por estas razones expuestas que recomendamos que la frecuencia de mantenimiento deba bajar a cada 125Hrs, es decir que el mantenimiento preventivo debe ser con mayor frecuencia.

d) Análisis de las condiciones del taller

El taller de mantenimiento fue auditado revisando las condiciones del taller y los recursos del personal para realizar el mantenimiento en el equipo.

Orden y Limpieza

- El taller no mantenía un ambiente ordenado el cual no eran accesibles las áreas donde se iban a realizar los trabajos.
- No se tenía la clasificación de desechos

- Las herramientas no tenían carritos de trabajo o gavetas para guardarlos.
- Falta tarjeta de control mensual y semanal de responsabilidad del orden del taller.
- Se debió tener en cuenta que se puede tener una disminución de tiempo al tener todo organizado, ver de acuerdo a la teoría de las "5-S"

Limitaciones de área

- Solo se tiene 2 áreas de trabajo para mantenimiento.
- Las áreas de trabajo no estaban delimitadas
- El espacio era muy confinado para realizar el mantenimiento de los equipos

Luminaria

- La iluminación no era la adecuada para poder realizar una inspección de equipo

Aire comprimido

- La compresora de aire no era la adecuada y le faltaba mantenimiento.
- La manguera de aire era muy corta e insuficiente en el largo.
- La manguera de aire tenía pérdida de aire por cortes.
- Falta de Pulverizadores

- Falta tarjeta de control de mantenimiento del compresor de aire.

Caja de Herramientas

- Las cajas se encontraban deterioradas por uso.
- Las cajas de herramientas faltaban reposición por uso.
- Faltaba control de herramientas mensual con color distintivo del mes.

Herramientas de Precisión

Faltaba de gaveta para guardar las gavetas de precisión tales como:

- Vernier
- Torquímetro
- Pirómetro
- Tacómetro
- Faltaba de control de calibración de herramientas

Herramientas de Taller

Faltaba Implementar de herramientas de mantenimiento para taller tales como:

- Engrasadora neumática
- Pistola neumática
- Caballetes de Soporte
- Pórtico grúa (Tecele)
- Tarjeta de control de mantenimiento de herramientas de taller.

Área de Lavado de Equipos

- La hidrolavadora se encontraba en mal estado, no entregaba la presión de agua necesaria para limpiar el mineral del equipo.
- La manguera de agua era muy corta y tiene pérdida de presión de agua a lo largo de la manguera.
- No había tarjeta de control de mantenimiento del equipo hidrolavadora

e) Análisis del cumplimiento del mantenimiento

Luego de revisar la baja disponibilidad de los equipos fueron analizadas las causas de la inoperatividad, resultando como las destacadas las siguientes razones por las cuales no se cumplían los mantenimientos

Falta de Disponibilidad del Equipo para Mantenimiento:

- El área de operaciones no brindaba la disponibilidad de los equipos para realizar el mantenimiento de los equipos hasta que fallen.
- No había comunicación entre el gestor de equipos y el área de operaciones.
- No había compromiso de los operadores con el mantenimiento

Falta de Tiempo para cumplir el mantenimiento

- No había consciencia por parte del área de operaciones en respetar el tiempo de parada de los equipos.
- Cada mantenimiento tiene una serie de procedimientos y actividades para realizar, los cuales tienen un tiempo determinado para la ejecución del mantenimiento indicado por el fabricante.
- El tiempo brindado para la ejecución del mantenimiento era inferior al requerido. (Cuadro N°2.13 Cumplimiento del mantenimiento)
- En las ocasiones que había otros equipos parados de otras contratistas, la parada planificada del equipo LH307 era postergado para otro día, ocasionando nuevo desfase entre horómetro de mantenimiento.

Cuadro N° 2. 15
control semanal del cumplimiento del Mantenimiento

Control semanal del cumplimiento del Mantenimiento												
Cliente		Unidad Minera		Unidad Minera					Chungar			
Ing. Responsable				Actualizado								
Semana	Equipo	Modelo	Serie	Mantto	Horas Solicitadas para Mantto	Fecha Programado	Fecha Realizado	Horometro	Horas desde Ultimo Mantto	Horas Reales en Mantto	Cumplimiento	%
Semana 1	Loader	LH307	L807D250	250	4	02/01/2017	03/01/2017	2173	265	2	50%	54%
	Loader	LH307	L807D252	250	4	03/01/2017	04/01/2017	2274	274	2	50%	
	Loader	LH307	L807D255	500	6	04/01/2017	06/01/2017	3548	260	4	67%	
	Loader	LH307	L807D263	500	6	05/01/2017	07/01/2017	3774	270	3	50%	
Semana 2	Loader	LH307	L807D250	500	6	16/01/2017	18/01/2017	2447	274	4	67%	60%
	Loader	LH307	L807D252	500	6	17/01/2017	17/01/2017	2524	250	3	50%	
	Loader	LH307	L807D255	750	4	18/01/2017	21/01/2017	3846	298	3	75%	
	Loader	LH307	L807D263	750	4	19/01/2017	21/01/2017	4072	298	2	50%	
Semana 3	Loader	LH307	L807D250	750	4	30/01/2017	31/01/2017	2721	274	3	75%	67%
	Loader	LH307	L807D252	750	6	31/01/2017	01/02/2017	2798	274	4	67%	
	Loader	LH307	L807D255	1000	8	01/02/2017	01/02/2017	4096	250	5	63%	
	Loader	LH307	L807D263	1000	8	02/02/2017	04/02/2017	4370	298	5	63%	
Semana 3	Loader	LH307	L807D250	1000	8	13/02/2017						
	Loader	LH307	L807D252	1000	8	14/02/2017						
	Loader	LH307	L807D255	1250	4	15/02/2017						
	Loader	LH307	L807D263	1250	4	16/02/2017						

Fuente: Elaboración Propia

Falta de planificación para la parada del equipo

- El supervisor no se daba tiempo para realizar la planificación de parada del equipo.
- No había Programa de mantenimiento semanal actualizado.
- Faltaba consumibles para realizar el mantenimiento.

Falta de reportes del mantenimiento de los técnicos

- Los técnicos no realizaban el reporte de mantenimiento
- No había constancia de realización del mantenimiento.
- Sin los reportes de servicios era difícil que el área de logística pueda abastecer los recursos para el próximo mantenimiento.
- No había un planificador para procesar los recursos necesarios para el mantenimiento preventivo.
- Las solicitudes de repuestos no eran procesadas hasta que se volvía una parada por emergencia.

f) Análisis del historial de mantenimiento

- El historial de mantenimiento es importante para el gestor de equipos para conocer el número de veces de realizado el mantenimiento preventivo.
- Sirve para conocer el número de mantenimientos correctivos realizados en el equipo
- No existía control del historial de mantenimiento
- Falta de control del historial de reparaciones.

g) Análisis de los indicadores de Gestión (Performance)

- Los indicadores de gestión es una herramienta de gestión, mediante el cual se mide el comportamiento del equipo a través del tiempo
- No había control de las horas de trabajo diario.
- No se realizaba el llenado de la hoja de performance para poder tomar datos de los indicadores.
- Faltaba capacitación con el gestor de equipos con respecto a los indicadores de gestión.
- Faltaba involucramiento del personal de servicios con respecto a los indicadores de clase mundial.

h) Análisis del área Logística.

- Faltaba recursos para mantenimiento en mina.
- Los recursos (Filtros, lubricante, trapos etc.) no llegaban completos para el mantenimiento o solo no llegaba a tiempo.
- Los recursos no llegaban porque no eran solicitados.

- El analista de Logística no tenía con quien coordinar cuando el gestor de equipos no estaba en mina por motivos de descanso, salud, etc. Por lo tanto, los pedidos se solicitaban con retraso.
- La movilidad no llegaba a tiempo con los recursos.
- Bloqueos de carretas por mal tiempo.
- Bloqueo de carretera por huelgas.

i) Análisis del Personal de Servicios

El análisis del personal fue realizado de acuerdo al organigrama encontrado, revisando las funciones del personal.

Gestor de Equipos

- Faltaba control administrativo.
- No tenía comunicación con las áreas relacionadas a la operación del equipo.
- Falta de personal de reemplazo para el gestor de equipos durante las bajadas por descanso.
- Personal fatigado al no tener personal de apoyo o reemplazo.
- Inexperiencia en Mina subterránea.

Supervisor

- No tenía control de los reportes de mantenimiento.
- La información para pedidos de repuesto no era procesada a tiempo.
- Faltaba de comunicación con su Par en el área de mantenimiento.
- No controlaba el historial de los equipos.
- No tenía comunicación con el personal de Logística.

Personal Técnico

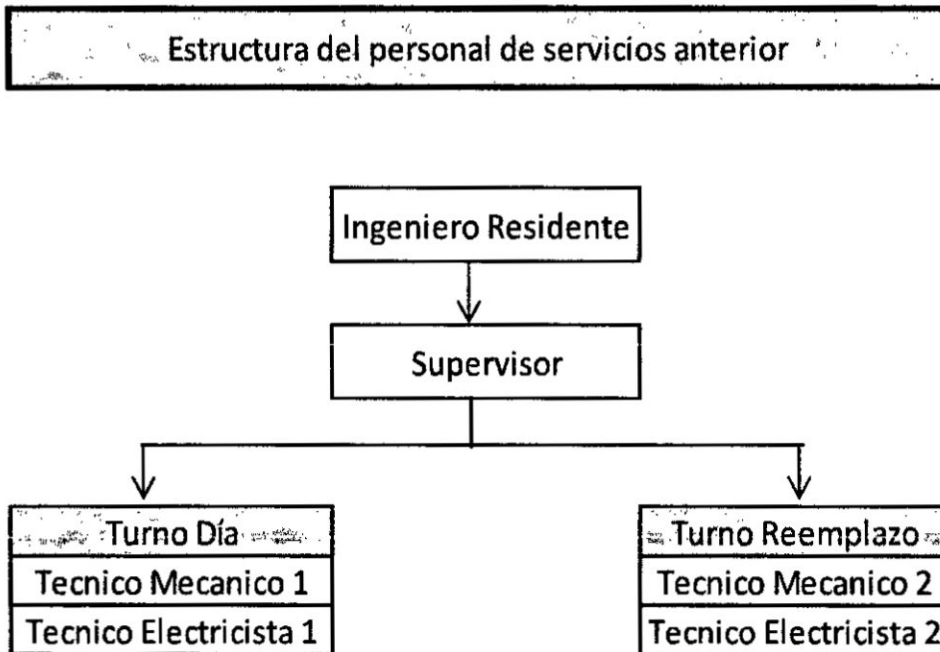
- Faltaba capacitación técnica para realizar el mantenimiento preventivo en los equipos LH307.
- No había compromiso con el mantenimiento ni con los indicadores de mantenimiento.
- Sin proactividad técnica durante los mantenimientos preventivos.
- Personal sin motivación.

j) Análisis del organigrama del personal de servicio

El organigrama anterior estaba distribuido de tal manera que el personal se encontraba desmotivado al no poder completar la gestión de equipos por estar concentrado con la atención de trabajos correctivo (Trabajos de Emergencia).

- 01 Ing. Residente o Gestor de Equipos
- 01 Supervisor
- 04 Técnicos (02 Mecánicos y 02 Eléctricos)

Figura N° 2. 21
Organigrama del personal de Servicios anterior



Fuente: Elaboración propia

- Como se aprecia en la organización, faltaba un nexo entre el Supervisor de mantenimiento y el gestor de equipos para que el supervisor de equipos pueda tener más tiempo en la supervisión técnica de los equipos.
- También para que el gestor de equipos pueda realizar su trabajo de gestión de equipos.
- Los pedidos de repuestos se retrasaban al no tener un personal que realice el trabajo de solicitud y seguimiento a los repuestos.

2.2.16 Plan de acción como resultado del análisis de la Gestión anterior del Mantenimiento

Teniendo analizado los puntos críticos de la gestión de equipos, se pudo realizar un plan de actividades de mejora para que la disponibilidad mecánica de los equipos LH307 mejore y pueda ser sostenible en el tiempo.

a) Plan de Evaluación de Equipo

- Fue coordinado el plan de evaluación de equipos con el área de Operaciones y mantenimiento.
- Para que la evaluación no sea arbitraria, se solicitó un supervisor – auditor externo del contrato de servicios.

- La evaluación fue realizada con otro supervisor destacado desde la base central de Lima.
- Realizando la evaluación por sistemas a una muestra de los 4 equipos LH307.más críticos de la población con las series:
 - LH307 N/S L807D250
 - LH307 N/S L807D252
 - LH307 N/S L807D255
 - LH307 N/S L807D263

Evaluando los siguientes sistemas críticos de los equipos:

- Sistema de Potencia (Motor diésel)
 - Sistema de Transmisión y convertidor de Torque
 - Sistema de Cardanes
 - Sistema de Ejes diferenciales.
 - Sistema hidráulico
 - Sistema Eléctrico.
 - Sistema de estructura (chasis)
- Luego de la evaluación realizada en los sistemas de los equipos, el auditor presentó un informe de estado por cada equipo LH307, los cuales fueron

expuestos muchas observaciones críticas para mejorar la condición mecánica de cada equipo.

- Con las evaluaciones realizadas en la muestra de los equipos LH307, fueron solicitadas las cotizaciones respectivas.
- Luego fue realizado un plan de parada por cada equipo para mejorar su condición mecánica y eléctrica de los equipos.
- Se presentó al área de mantenimiento un plan de reparación por cada equipo LH307 el cual involucraba los recursos de repuestos, consumibles e insumos para la operatividad del equipo.
- El plan de reparaciones fue planteado a lo largo de 3 meses para no afectar la producción.

b) Mejoramiento del plan de mantenimiento

De acuerdo a los reportes obtenidos por parte de los operadores y las fallas analizadas se pudo llegar a la conclusión que el plan de mantenimiento debería incrementar su frecuencia debido a los mantenimientos correctivos recurrentes presentados y se debía realizar el mayor número de mantenimiento preventivo por las siguientes razones:

- Los filtros de aire no llegaban hasta las 250Hrs de vida útil, se saturaban al 40%, al 50% al 60%, de su vida útil (250Horas de vida útil)

- La frecuencia de cambio de filtros también depende de la ventilación del área de trabajo de los equipos.
- Menos ventilación, mayor saturación de los filtros
- Al trabajar con los filtros saturado, en ocasiones estos filtros sufrían rotura del elemento filtrante y el daño era mayor ya que la suciedad ingresaba al interior del motor y el aceite se convertía en lodo.
- Los filtros de combustible también debían ser cambiados más veces ya que se obstruyen por ingreso de partículas extrañas al momento de llenar el tanque de petróleo.
- El engrase del equipo debía realizarse diario ya que la estructura de los equipos trabaja en contacto con agua pesada y el engrase debe ser mayor.
- Debía implementarse la inspección diaria de los equipos.
- La limpieza y el lavado del equipo debía realizarse con menor frecuencia (Más veces) ya que si no hay limpieza los contactores se obstruye.

c) Mejoramiento de las condiciones de Trabajo del equipo.

Se presentó al área de producción una lista de condiciones del área de trabajo que afectan a la

disponibilidad del equipo y que deberían mejorar para disminuir el número de paradas por mantenimiento correctivo tales como:

- Mala ventilación
- Vías con agua
- Lluvia acida
- Vías sin mantenimiento

d) Mejoramiento de las condiciones del taller

Orden y Limpieza

- Se realizó una campaña de limpieza y orden en el taller desechando todos los materiales que no servían.
- Se solicitó la implementación de tachos de basura con la codificación de colores que indica el área de seguridad.
- Fue solicitado gavetas de trabajo y el cambio de los estuches de herramientas.
- Se realizó el pintado de Limitaciones de áreas dentro del taller con recurso propio, solo se solicitaron los recursos a Logística
- Fue implementado la cartilla de control mensual y semanal de responsabilidad del taller (Cuadro 2.15)

Luminaria

- Se presentó el plan de implementación de 04 luminarias adicionales los cuales serían realizadas con recurso propio.

Aire comprimido

- Se solicitó la implementación de 01 compresora de aire de 250 HP con mejor capacidad de aire y
- Se coordinó la provisión de 01 manguera de aire de 30mts de longitud.
- Fue programado el abastecimiento de 02 unidades de pistolas pulverizadores.

Caja de Herramientas

- Se programó la implementación de las llaves faltantes de los estuches de herramientas.
- Se realizó una auditoría e inventario de las herramientas desechando las llaves que no estaban en condiciones de trabajo.
- Fueron desechadas las llaves que no eran originales "Hechizas"
- Las herramientas fueron codificarlos con el color distintivo del mes.
- Se implementó el formato de inspección de herramientas (Cuadro 2.16)
- Se solicitó el cambio de escobillas del esmeril de banco.

Cuadro N° 2. 17
Formato de inspección de herramienta de taller

	FORMATO	Código: SPV RH - 15
	INSPECCIÓN DE HERRAMIENTAS	Versión: 01
		Fecha: 01/01/2015
		Página: 1 de 1

FECHA:

SEDE:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES
1	Llave mixta 7/16"			
2	Llave mixta 1/2"			
3	Llave mixta 9/16"			
4	Llave mixta 5/8"			
5	Llave mixta 11/16"			
6	Llave mixta 3/4"			
7	Llave mixta 7/8"			
8	Llave mixta 15/16"			
9	Llave mixta 1"			
10	Llave mixta 1" 1/16"			
11	Llave mixta 1" 1/8"			
12	Llave mixta 1" 1/4"			
13	Llave mixta 1" 1/2"			
14	Dado mando de 1/2 de 7/16"			
15	Dado mando de 1/2 de 9/16"			
16	Dado mando de 1/2 de 5/8"			
17	Dado mando de 1/2 de 9/16" (Tubular para Bujías)			
18	Dado mando de 1/2 de 5/8" (Tubular para Bujías)			
19	Dado mando de 1/2 de 11/16"			
20	Dado mando de 1/2 de 3/4"			
21	Dado mando de 1/2 de 7/8"			
22	Dado mando de 1/2 de 15/16"			
23	Dado mando de 1/2 de 1 1/8"			
24	Dado mando de 1/2 de 1 1/4"			
25	Dado mando de 3/4 de 24 mm			
26	Dado mando de 3/4 de 32 mm			
27	Palanca articulada de 3/4"			
28	Flexometro de 5m			
29	Espatula de 2.5"			
30	Juego de calibrador de laminas			
31	Marcador electrico			
32	Manometro de 400 bar			
33	Alicate universal			
34	Alicate pelacables Y PRENSA TERMINALES			
35	Alicate para Seguro Seeger de Exteriores			
36	Juego de Desarmadores Perilleros			
37	Multimeter digital			
38	Grasera manual 400G			
39	Cuchilla			
40	Torquímetro 20-250 lbs			

Codificación de Color Mensual		
Meses		Color
Enero	Julio	Rojo
Febrero	Agosto	Amarillo
Marzo	Septiembre	Verde
Abril	Octubre	Blanco
Mayo	Noviembre	Azul
Junio	Diciembre	Negro

TÉCNICO _____
NOMBRE Y FIRMA

JEFE INMEDIATO _____
NOMBRE Y FIRMA

Fuente: Elaboración propia

e) Mejoramiento del cumplimiento del mantenimiento

Fueron realizadas reuniones con el área de mantenimiento y área de operaciones para comunicarles la importancia del mantenimiento preventivo y como este mejorará la disponibilidad mecánica del equipo si se realiza un trabajo en conjunto.

Disponibilidad del Equipo para Mantenimiento:

- El área de operaciones se comprometió a brindar las facilidades del caso para realizar las inspecciones diarias durante el cambio de guardia y el mantenimiento preventivo en los equipos LH307 con el fin de minimizar las paradas por mantenimiento correctivo y tener mayor producción.
- El gestor de equipos se comprometió a mejorar la comunicación con el área de operaciones, fijando una fecha para realizar reuniones semanales de comportamiento de equipos y oportunidades de mejora (todos los lunes a las 10:00am)
- Los operadores se comprometieron a informar al área de mantenimiento los eventos que suceden con el equipo y comunicar en forma oportuna si notan algún desperfecto en el equipo.

Tiempo para cumplir el mantenimiento

- El área de operaciones se comprometió a respetar el tiempo que el área de mantenimiento solicite para realizar el mantenimiento en los equipos LH307.
- El técnico de mantenimiento se compromete en realizar el mantenimiento dentro del horario establecido para evitar ampliación de horario de trabajo programado.
- El área de operaciones se comprometió en realizar el mantenimiento en el día programado para mantenimiento, si en el caso que surgiera una emergencia con otro equipo, el área de operaciones se comprometió en brindar el equipo al área de mantenimiento en un plazo máximo de 48Hrs.

Planificación para la parada del equipo

- Se implementó el puesto de planificador de equipos para realizar los trabajos administrativos de:
 - Programación del mantenimiento
 - Planificación de los recursos para el mantenimiento tales como: filtros, lubricantes, trapos, etc.

- El planificador debe enviar semanalmente todos los días domingos la programación semanal del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos

Reportes del mantenimiento de los técnicos

- El planificador fue encargado para solicitar los reportes diarios de inspección de los equipos.
- El planificador fue designado para procesar los pedidos de repuestos que necesiten durante los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos.
- El planificador fue encargado la responsabilidad de programar los mantenimientos de los equipos.

f) Mejoramiento del Historial de Mantenimiento

- El planificador fue designado para que sea el responsable de la actualización del historial de mantenimiento.
- En el historial de mantenimiento debe registrarse todos los mantenimientos realizados en el equipo de mantenimiento preventivo o correctivo.
- El historial de mantenimiento debe ser presentado semanalmente al gestor de equipos

- El gestor de equipos es el encargado de tomar las decisiones de los equipos de acuerdo al historial de mantenimiento realizado.
- El historial de mantenimiento también debe estar costado para que el gestor de equipos pueda tomar una mejor decisión sobre la gestión del equipo.

g) Mejoramiento de los indicadores de Gestión (Performance)

- El planificador fue capacitado en indicadores de gestión, cuál es su finalidad para que se lleva el control (2.17).
- El planificador fue designado para llenar el cuadro de performance diario.
- Con el presente cuadro el planificador ingresará:
 - Hora de Inicio de trabajo
 - Hora de Termino
 - Horas totales de Trabajo
 - Horas por inspección
 - Horas por mantenimiento preventivo
 - Horas por mantenimiento correctivo
 - Horas por accidente o mala operación.

El gestor de equipos podrá tomar las siguientes acciones:

- Decisión acerca del comportamiento de los equipos y ajustar donde deba ajustar

- Control acerca del indicador de Disponibilidad Mecánica y realizará las acciones para mantener o mejorar la disponibilidad mecánica del equipo.
- Manejar los indicadores de gestión MTTR y MTTR respectivamente de los equipos LH307 para corregirlos o mantenerlos

Cuadro N° 2. 18
Cuadro resumen de indicadores de gestión

RESUMEN DE INDICADORES DE GESTIÓN MENSUAL																
		EQUIPO				CLIENTE										
		MARCA				UBICACIÓN										
		MODELO				PERÍODO										
		N° SERIE				N° INTERNO										
PERÍODO 2015	HORAS - MOTOR DIESEL			HORAS - MANTENIMIENTO				INDICADORES								
	RECIBO	FINAL	TOTAL HORAS	RESP.	MANTO PREV.	MANTO PROC.	MANTO ORD.	Repar. Accl. Otros	HRS STANDBY	HRS TRABAJO	%DIA	%NOCT.	INCIDENTES	OTEP	MTTR	
FEBRERO'16	8.00	569.18	569.18	15	8	8	0	24	104	636	85.40%	84.74%	4	140	8	
MARZO'16	569.18	1175.67	606.49	16	23	21	8	0	70	744	80.34%	82.31%	5	121	13	
ABRIL'16	1175.67	1771.63	596.02	15	30	16	7	0	56	720	90.57%	82.01%	10	60	7	
MAYO'16	1771.63	2409.34	637.65	16	13	11	5	0	62	744	94.01%	81.61%	4	159	11	
JUNIO'16	2409.34	2975.30	565.85	15	6	26	27	0	80	720	89.74%	88.61%	4	141	18	
JULIO'16	2975.30	3295.27	319.97	16	12	25	0	0	371	744	82.82%	48.87%	2	160	26	
AGOSTO'16	3295.27	3908.01	612.74	16	8	13	0	0	85	744	85.17%	85.80%	2	306	18	
SEPTIEMBRE'16	3908.01	4481.27	573.26	15	21	25	0	0	87	720	81.65%	87.69%	2	287	30	
OCTUBRE'16	4481.27	4986.57	505.30	16	21	20	81	0	82	744	80.34%	86.12%	6	64	24	
NOVIEMBRE'16	4986.57	5497.22	510.65	15	10	11	51	0	112	720	86.42%	83.14%	3	170	33	
DICIEMBRE'16	5497.22	6035.29	538.07	16	5	44	0	0	141	744	81.27%	80.49%	3	179	22	
ENERO'17	6035.29	6536.15	500.86	16	0	0	0	0	228	744	87.92%	68.75%	1	0	0	
TOTAL	8.00	6035.29	6527.15	183	158	219	189	24	1498	8784	81.36%	82.44%	46	151	18	

Fuente: Elaboración Propia

h) Mejora de la logística

- El planificador fue designado para realizar *los* pedidos de los recursos para el mantenimiento al área logística, de tal manera que el planificador sería el responsable oficial de solicitar los recursos a Logística y en las bajadas de descanso lo realizaría el gestor de equipos.

- El procedimiento de pedido de recursos fue establecido de la manera siguiente:
 - Técnico entrega el reporte de servicio con pedido de recursos por cada equipo LH307 indicando la serie del equipo.

 - El planificador procesa en el sistema máximo y solicita el recurso a Logística

 - logística procesa el recurso realizando la O/C a los diferentes proveedores.

 - logística envía el recurso solicitado hacia la Mina.

 - El planificador recibe y descarga el recurso en cada equipo LH307 (Costos).

 - El planificador entrega el recurso al técnico

- El técnico instala los recursos solicitados para el mantenimiento.
 - El técnico realiza informe del trabajo realizado.
 - El planificador archiva el informe del mantenimiento
 - El planificador llena el historial de mantenimiento
 - El planificador llena el cuadro de indicadores de gestión
 - El planificador procesa las nuevas observaciones del técnico para el próximo mantenimiento.
 - Fin del proceso – inicia un nuevo proceso.
- El planificador solicita con 1 mes de anticipación los recursos de acuerdo a la proyección de mantenimiento mensual.
 - El planificador tiene como stock los recursos para el mantenimiento del mes en curso y debe hacer seguimiento a las reposiciones de los recursos para mantenimiento del siguiente mes, de esta manera no habría retrasos en los recursos y siempre tendría los materiales en mina

i) Mejoramiento del personal de servicios

Gestor de Equipos

- Fue capacitado en gestión de control de equipos (administrativo) y en la importancia de la comunicación a 360°.
- También fue capacitado en el software de mantenimiento ERP Máximo para llevar la gestión de equipos con respecto a los costos.
- El reemplazo del gestor de equipos es el planificador de mantenimiento durante el periodo de bajadas por descanso.
- El gestor de equipos se encuentra más motivado por las capacitaciones recibidas y por el personal de apoyo que le facilitaran las tareas para que pueda realizar Gestión de Equipos.
- Con la mejora de comunicación a 360°, el gestor inició una búsqueda de respuesta acerca de la gestión en otros tipos de contratos.

Supervisor

- Obtuvo capacitación en la importancia de los indicadores de gestión y cómo influyen los reportes de servicio en los indicadores.

- Fue designado como el encargado de recibir y derivar los reportes de mantenimiento diario al planificador de equipos.
- Tiene más tiempo para dedicarse a realizar exclusivamente la supervisión del mantenimiento preventivo y correctivo para cada equipo LH307.
- El supervisor también fue involucrado en el historial del mantenimiento ya que es el que analiza las causas de las averías y reporta si una falla es recurrente.

Personal Técnico

- Fue evaluado y capacitado en mantenimiento preventivo del equipo LH307 en maquina in situ.
- Recibió capacitación en indicadores de gestión para que esté involucrados con el objetivo final de incrementar la disponibilidad mecánica.
- Después de las capacitaciones y con la mejora en las condiciones de trabajo se encuentra más comprometido con el objetivo de la empresa.
- El personal trabaja más motivado ya que el mantenimiento preventivo está dando como resultado menos parada por mantenimiento correctivo y tiene menos stress de trabajo.

- Si se maneja el stress del personal, el técnico trabajará más motivado y producirá más.

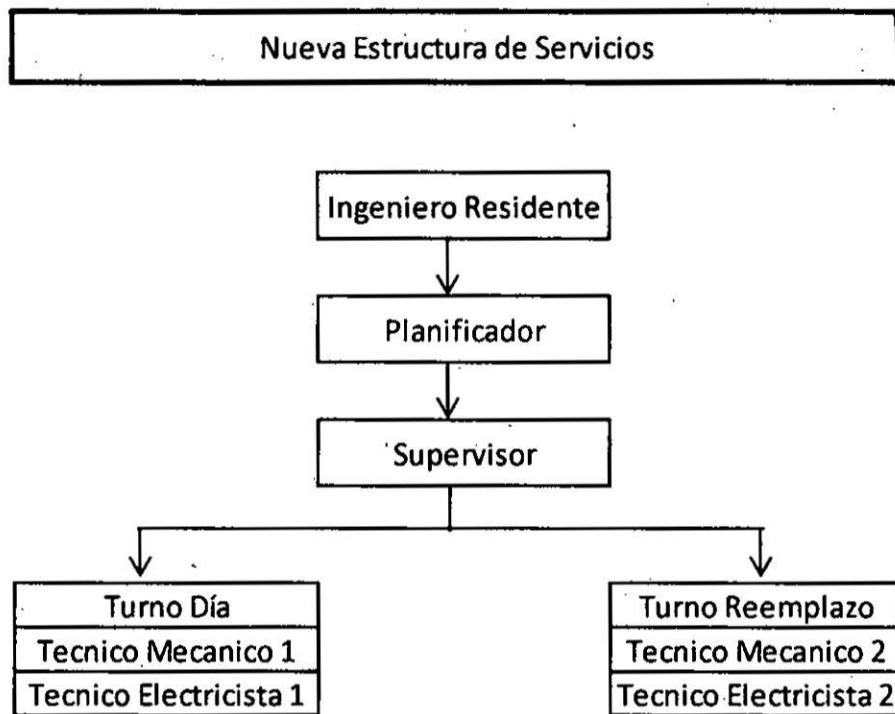
j) Mejoramiento del organigrama del personal de servicios.

De acuerdo a la nueva estrategia de trabajo se incluyó un personal planificador a la gestión anterior para que pueda apoyar en la gestión de equipos y cumplir con el objetivo de la empresa que es de incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos LH307.

Con el ingreso del planificador se mejorará:

- La Planificación del mantenimiento de los equipos
- La Programación semanal de mantenimientos para los equipos LH307
- El control en los formatos administrativos.
- La coordinación con el área logística para la entrega de recursos.
- Mayor tiempo para el gestor de equipos para realizar su trabajo de gestión.
- La actualización diaria de los indicadores de gestión.

Figura N° 2. 22
Nueva Estructura de Servicio de mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

2.2.17 Gestión actual del Mantenimiento

Luego de tener el análisis de la criticidad de la gestión anterior y de realizar el plan de acciones como resultado del análisis de la gestión anterior podemos observar el inicio de la mejora en la disponibilidad mecánica de los equipos LH307 y que otras acciones alternas se pueden ir mejorando durante la nueva gestión de los equipos LH307 aplicado en minería subterránea.

a) Estado de Equipos

- Fue realizado el levantamiento de las observaciones críticas que debían realizarse a corto plazo en los equipos LH307.

- Luego de realizar las reparaciones críticas los equipos LH307, comenzaron a tener mayor número de horas de trabajo en el día sin tener una avería o falla funcional.

- Los equipos empezaron a tener mejor performance debido al levantamiento de criticidad y al nuevo programa de inspección diario y mantenimiento.
 - LH307 N/S L807D250
 - LH307 N/S L807D252
 - LH307 N/S L807D255
 - LH307 N/S L807D263

- Luego se presentó un plan de trabajo para levantar las observaciones de mediano plazo con el fin de mantener y estabilizar el trabajo diario de los equipos LH307.

b) Plan de mantenimiento

El plan de inspección y engrase diario por el personal técnico, fue implementado para los equipos LH307 (Cuadro 2.20)

El plan de mantenimiento preventivo fue incrementado el número de frecuencias en el mantenimiento, realizándolo cada 125Hrs. para evitar fallas recurrentes de mantenimientos correctivos e inspecciones diarias (ver anexo 01) teniendo los siguientes resultados:

- Los filtros de aire si llegan hasta las 125Hrs de trabajo, evitando fallas imprevistas de los equipos LH307
- Los equipos pueden desplazarse con mejor performance dentro de área con poca ventilación, pero es importante indicar que las zonas con poca ventilación los filtros se obstruyen con mayor facilidad.
- Los filtros de combustible también llegan hasta las 125Hrs y el técnico realiza el procedimiento de purgado en el filtro primario de combustible para un mejor performance del equipo.
- La inspección y engrase de los equipos se realiza a diario y cualquier eventualidad encontrada, es reportado inmediatamente al supervisor.
- La limpieza y el lavado se realiza cada 125Hrs pudiendo visualizar el técnico encargado del mantenimiento, cualquier tipo de fuga de aceite o anomalía en los equipos.

Cuadro N° 2. 20 Programa de Inspección Diario Recomendado

PROGRAMA DE INSPECCIÓN DIARIO RECOMENDADO

		Fecha		
Tarea de Mantenimiento	Actividad	Inspección Diaria	Observación	
INFORMACIÓN GENERAL				
1	Comprobación del funcionamiento correcto de todos los controles	Comprobar	X	
2	Comprobar el funcionamiento del freno de servicio y del de estacionamiento	Comprobar	X	
3	Compruebe el funcionamiento del sistema de dirección de emergencia (opcional).	Comprobar	X	
4	comprobar el funcionamiento de la bomba de liberación del freno	Comprobar	X	
5	Comprobar el funcionamiento y el estado del interruptor de interbloqueo de la puerta	Comprobar	X	
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR				
6	Comprobar el extintor manual portátil	Comprobar	X	
7	Comprobar el sistema de supresión de incendios Ansul (opcional)	Comprobar	X	
8	Condición general de la estructura, choques y rajaduras resistentes.	Comprobar	X	
9	Chequear condición de la cuchara.	Comprobar	X	
10	Verificar condición de llantas.	Verificar	X	
LUBRICACIÓN				
11	Comprobación del llenado del sistema automático de lubricación central (opcional)	lubricar	X	
12	Engrasar los pasadores del amortiguador	lubricar	X	
13	Engrase los pasadores del cilindro de elevación, los pasadores del cilindro de inclinación y los pasadores del brazo de elevación usando el colector de lubricación en el bastidor delantero.	lubricar	X	
14	Engrasar los pasadores de la articulación central	lubricar	X	
15	Engrasar los pasadores del cilindro de dirección	lubricar	X	
16	Engrasar el eje de oscilación	lubricar	X	
17	Engrasar los pasadores del cilindro eyector (opcional)	lubricar	X	
18	Engrasar la junta universal del eje de la transmisión en la articulación central	lubricar	X	
GRUPO DE ACCIONAMIENTO				
20	Comprobar el equipamiento adicional del motor	Comprobar	X	
21	Comprobar el aceite del motor	Comprobar	X	
22	Comprobar la correa de la transmisión	Comprobar	X	
23	Comprobar el estado del conjunto del filtro	Comprobar	X	
24	Comprobar que las conexiones y conductos de admisión no presenten fugas	Comprobar	X	
25	Comprobar el nivel de refrigerante del motor	Comprobar	X	
26	Chequear fugas de aceite por empaques de carter, turbo, bomba de petróleo y otros.	Comprobar	X	
27	Verificar condición de tubos, fugas de gases.	Verificar	X	
28	Verificar condición de cables y conectores del alternador.	Verificar	X	
29	Verificar condición de la estructura del alternador	Verificar	X	
30	Verificar fugas de combustible en toda la línea. Condición de mangueras y tubos.	Verificar	X	
31	Verificar nivel de combustible.	Verificar	X	
32	Chequear porta-filtro de petróleo por fugas, golpes y/o roturas.	Comprobar	X	
33	Revisar el indicador de servicio del filtro de aire	Comprobar	X	
34	Chequear el nivel de aceite de transmisión con RPM mínimo del motor.	Comprobar	X	
TREN DE FUERZA				
35	Comprobar las tuercas de la rueda y los neumáticos	Comprobar	X	
36	Comprobación del nivel de aceite de transmisión	Comprobar	X	
37	Verificar si existe fugas de aceite en el sistema de transmisión.	Verificar	X	
38	verificar condición de estructura de convertidor.	Verificar	X	
39	Verificar condición de estructura de caja.	Verificar	X	
SISTEMA HIDRAULICO				
40	Compruebe el nivel de aceite hidráulico	Comprobar	X	
41	Verificar estado de los vástagos y cilindros de dirección.	Verificar	X	
42	Verificar estado del vástago y cilindro de volteo.	Verificar	X	
43	Verificar estado de los vástagos y cilindros de levante.	Verificar	X	
SISTEMA ELÉCTRICO				
44	Compruebe la parada de emergencia y sistema de parada	Inspección	X	
45	Comprobar los faros	Inspección	X	
46	Comprobación de las luces de alarma	Inspección	X	

Fuente: Elaboración Propia

c) Condiciones de Trabajo del equipo.

- El área de producción realizó el esfuerzo de mejorar el sistema de ventilación y vías para mejorar con el compromiso de mejorar la disponibilidad mecánica del equipo.
- La ventilación fue mejorada colocando un sistema de bombeo de aire forzado más cercano al punto. También cumpliendo con la norma peruana en el D.S. N°024-2016.
- Las vías con agua fueron mejorando en el plan de mantenimiento de vías.

d) Condiciones del taller

- El taller cuenta con un responsable semanal y ahora está más ordenado y limpio.
- Está en proceso el plan de reciclaje de desechos considerando los colores universales en mina.
- Las herramientas se encuentran inventariadas e inspeccionadas.
- Las reparaciones se realizan con mejor facilidad dentro del taller al tener mejores condiciones como iluminación y aire comprimido.
- El taller cuenta con mejor área de trabajo y las condiciones para realizar el mantenimiento han mejorado.

e) Cumplimiento del mantenimiento

Luego de las reuniones sostenidas con el área de operaciones y mantenimiento, se tuvo prioridad en realizar los mantenimientos preventivos con el fin de mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos LH307.

Disponibilidad del Equipo para Mantenimiento:

- El área de operaciones respetó el acuerdo de brindar los equipos para mantenimiento en la fecha de programación, cumpliendo con las horas solicitadas.
- El Gestor de equipos mejoró la comunicación con el área de Operaciones, acudiendo a la reunión semanal de todos los lunes 10:00am con los sustentos de los indicadores de disponibilidad mecánica semanal.
- La disponibilidad mecánica incrementó después de lograr los cambios arriba mencionados

Cumplimiento del Mantenimiento

- De acuerdo al compromiso asumido entre el área de operaciones y de mantenimiento, en los equipos LH307 si se están realizando el mantenimiento de acuerdo a las horas recomendadas por el fabricante.

- El personal de mantenimiento también está cumpliendo en realizar el mantenimiento correspondiente de los equipos LH307 dentro de las horas solicitadas por el área de mantenimiento.
- De acuerdo al compromiso sostenido entre ambas partes, el cumplimiento del mantenimiento fue incrementando considerablemente.

Cuadro N° 2. 21
Control Semanal del cumplimiento del Mantenimiento

Control semanal del cumplimiento del Mantenimiento												
Cliente		Unidad Minera							Unidad Minera		Chungar	
Ing. Responsable									Actualizado			
Semana	Equipo	Modelo	Serie	Mantto	Horas Solicitadas para Mantto	Fecha Programado	Fecha Realizado	Horometro	Horas desde Ultimo Mantto	Horas Reales en Mantto	Cumplimiento	%
Semana 1	Loader	LH307	L807D250	500	6	02/05/2017	02/05/2017	3573	125	5	83%	90%
	Loader	LH307	L807D252	250	4	03/05/2017	03/05/2017	3674	130	4	100%	
	Loader	LH307	L807D255	1000	8	04/05/2017	04/05/2017	4996	127	6	75%	
	Loader	LH307	L807D263	500	6	05/05/2017	05/05/2017	5174	126	6	100%	
Semana 2	Loader	LH307	L807D250	125	4	09/05/2017	09/05/2017	3698	125	4	100%	100%
	Loader	LH307	L807D252	125	4	10/05/2017	10/05/2017	3804	130	4	100%	
	Loader	LH307	L807D255	125	4	11/05/2017	11/05/2017	5121	125	4	100%	
	Loader	LH307	L807D263	750	4	12/05/2017	12/05/2017	5301	127	4	100%	
Semana 3	Loader	LH307	L807D250	750	4	16/05/2017	16/05/2017	3825	127	4	100%	97%
	Loader	LH307	L807D252	750	4	17/05/2017	17/05/2017	3929	125	4	100%	
	Loader	LH307	L807D255	1000	8	18/05/2017	18/05/2017	5246	125	7	88%	
	Loader	LH307	L807D263	1000	8	19/05/2017	19/05/2017	5426	125	8	100%	
Semana 3	Loader	LH307	L807D250	1000	8	23/05/2017						
	Loader	LH307	L807D252	1000	8	24/05/2017						
	Loader	LH307	L807D255	1250	4	25/05/2017						
	Loader	LH307	L807D263	1250	4	26/05/2017						

Fuente: Elaboración Propia

Planificación para la parada del equipo

- El planificador (Planner) de servicios es el encargado de planificar semanalmente el mantenimiento de los equipos y para programarlo, primero debe verificar el stock de los consumibles (filtros y lubricantes) para el mantenimiento respectivo.
- El planificador cumple con la programación semanal del mantenimiento.

Reportes del mantenimiento de los técnicos

- Los reportes de mantenimiento son acopiados por el supervisor de mantenimiento quien los revisa y emite la primera alerta de cualquier ocurrencia y/o eventualidad al Ingeniero de Equipos (gestor de equipos) y al planificador.
- Los reportes de mantenimiento e inspección diaria son procesados por el planificador y es el encargado de solicitar los repuestos y consumibles necesarios para el mantenimiento.

f) Historial de Mantenimiento

- El planificador es el encargado del llenado el historial de mantenimiento y responsable de llevar la descripción de cada eventualidad de cada uno de los equipos LH307.

- Actualmente se tiene historial de los mantenimientos realizados en los equipos sea por mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Cuadro N° 2. 22

Historial de mantenimiento por cada Equipo LH307

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO								
Equipo		Cargador Frontal Bajo Perfil		Serie				
Modelo		LH307		Actualizado				
Item	Tipo de Mantto	Clase de Mantto	Fecha	Hora de Inicio	Hora Término	Horas de Mantto	Horometro	Descripción
1	Preventivo	500	02/05/2017			0	3573	
2	Preventivo	250	03/05/2017			0	3674	
3	Preventivo	1000	04/05/2017			0	4996	
4	Preventivo	500	05/05/2017			0	5174	
5	Correctivo							

Fuente: Elaboración propia

g) Indicadores de Gestión (Performance)

- Los indicadores de gestión son llenados por el planificador.
- Después del plan de acciones ejecutadas en los equipos LH307 y en las condiciones de trabajo, los equipos iniciaron a tener un significativo incremento de la disponibilidad mecánica.

- Es la función del Ingeniero de Equipos (Gestor de Equipos) que pueda incrementar y mantener la estabilidad de los indicadores de gestión
- El gestor de equipos podrá tomar acción de los indicadores de gestión en cuanto tenga una tendencia a la desviación (Baja Disponibilidad mecánica)

h) Mejora de la logística

- El proceso logístico mejoró con la llegada del planificador de servicios, ya que fue la persona designada para procesar los repuestos con anticipación.
- La comunicación con el área de logística fue más fluida porque la comunicación es a través del planificador y el gestor de equipos
- El proceso de pedido de repuestos se agilizó teniendo claro el proceso de pedido de recursos y también porque se involucró a los técnicos y supervisores, quienes son la parte operativa.

i) Personal de servicios

Gestor de Equipos

- La gestión de equipos mejoró notablemente al tener mayor control de los documentos administrativos de los equipos LH307.
- La comunicación a 360° fue asertiva ya que ahora las decisiones en la gestión de equipos son más claras y firmes.
- El sistema máximo fue de mucha utilidad al gestor de equipos ya que tiene una herramienta que le permite entrelazar los trabajos realizados con los costos de mantenimiento.

Supervisor

- Tiene mayor tiempo para dedicarse estrictamente a las inspecciones diarias y en los mantenimientos preventivos programados.
- Mejoró la comunicación con el personal de servicios y el área de operaciones con respecto a la planificación de los mantenimientos y los tiempos para realizar el servicio de mantenimiento preventivo.

Personal Técnico

- Realiza el mantenimiento con mayor facilidad debido a que fue capacitado en mantenimiento preventivo de los equipos LH307.

- Se encuentra más motivado ya que los trabajos de mantenimiento preventivo lo realizan programado y las paradas por mantenimiento correctivo (Emergencia), bajaron considerablemente por las inspecciones diarias de los equipos.
- Es responsable del mantenimiento proactivo, ya que tomó compromiso de los indicadores de gestión (para lo cual fue capacitado).

j) Organigrama del personal de servicios.

- El personal de servicios trabaja más motivado con el ingreso del planificador ya que les facilita los recursos para realizar el mantenimiento.
- El gestor de equipos tiene más tiempo para realizar Su trabajo de gestión y puede tomar decisiones más asertivas para no desviar los índices de gestión de mantenimiento.
- El nuevo organigrama si contribuyó a la mejora de los indicadores de gestión debido a que se tiene mayor control con la parte documentaria de los equipos
- La planificación del mantenimiento preventivo por parte del planificador fue determinante para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos.

2.3 Definición de términos básicos

Cargador frontal de Bajo Perfil: Equipo mecánico de ingeniería capaz de recoger y botar material de acuerdo al volumen y capacidad diseñada para trabajar en minería subterránea.

Falla: Es la presencia de una avería o Interrupción de un trabajo continuo esperado de un equipo, sistema o componente.

Indicadores de gestión de equipos: Son los instrumentos matemáticos mediante el cual el gestor de equipos observa como fue el comportamiento de una flota de equipos y analiza sus resultados obtenidos diariamente y mensual.

Ley: Cantidad de metal contenida en una mena.

Lluvia Acida: Es el agua en forma de gotas que escurre desde el techo de la mina hacia el piso, estas gotas están mezcladas con el azufre formando el ácido de sulfúrico

Lubricación: Es la acción mediante el cual el personal técnico realiza el proceso untar con grasa las juntas, rotulas, rodamientos, chumaceras, etc. mediante una grasera manual o neumática que contiene grasa de acuerdo a la indicación del fabricante.

Mantenimiento: Acciones necesarias para que una maquina sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

Mantenimiento Preventivo: Es el tiempo utilizado por el personal técnico para realizar las actividades de inspección, lubricación, cambio de filtros, limpieza a un determinado equipo.

Mantenimiento Programado: Es el tiempo utilizado por el personal técnico para realizar mantenimientos preventivos en la fecha indicada, utilizando para ello un programa de cambio partes, ajustes, cambio de lubricantes, filtros, etc. Que se considere cambiar.

Mantenimiento Correctivo: Es el tiempo utilizado por el personal técnico para realizar las correcciones que necesite el equipo hasta dejarlo operativo.

M.S.N.M: Es la abreviación de Indicador de altura, metros sobre el nivel del mar.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Definición de las variables

3.1.1 Variable Independiente

a) La gestión de mantenimiento

3.1.2 Variable Dependiente

b) Disponibilidad Mecánica del equipo LH307

3.2 Operacionalización de Variables

Cuadro N° 3. 1
“GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y DISPONIBILIDAD MECÁNICA
PARA EL EQUIPO LH307 - CARGADOR FRONTAL DE BAJO PERFIL,
APLICADO EN MINERÍA SUBTERRÁNEA”

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente La Gestión de Mantenimiento y el desempeño profesional	Gestión de Equipos	El perfil profesional
		Control
		Planeamiento
		Logística
	El Desempeño Profesional	Aptitud
		Actitud
		Capacidad
		Trabajo en Equipo
Variable Dependiente Disponibilidad Mecánica	Indicadores Clase Mundial	Disponibilidad Mecánica
		MTBF
		MTTR
		Programa y cumplimiento del Mantenimiento
		Costos de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

Tomando en consideración la situación problemática identificada y el problema científico definido, se formuló la hipótesis de partida siguiente:

3.3.1 Hipótesis general

Si se realiza una mejora en la gestión de mantenimiento, se incrementará la disponibilidad mecánica de los equipos LH307 – cargador frontal de bajo Perfil aplicado en minería Subterránea.

3.3.2 Hipótesis Específicas

- a) Si se mejora la gestión de mantenimiento de acuerdo a la realidad de trabajo de los equipos LH307, se podrá incrementar la disponibilidad Mecánica.

- b) Si se disminuye el número de paradas por mantenimientos correctivos, se incrementará la disponibilidad mecánica de los equipos LH307.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Aplicativa

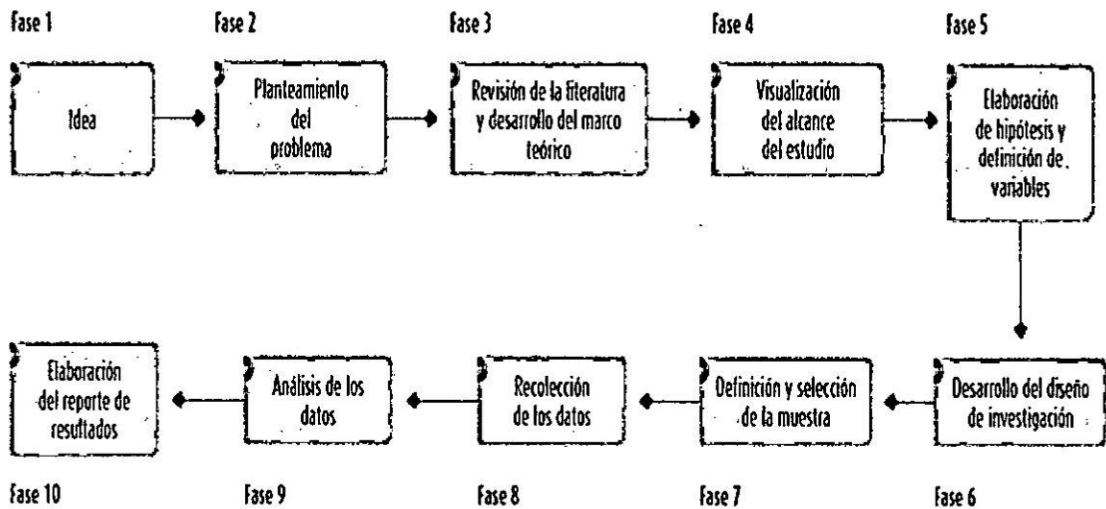
Hernández (2014) sostiene que, La gestación del diseño del estudio representa el punto donde se conectan las etapas conceptuales del proceso de investigación como el planteamiento del problema, el desarrollo de la perspectiva teórica y las hipótesis con las fases subsecuentes cuyo carácter es más operativo.

4.1.2 Cuantitativa

Hernández (2014) sostiene que, El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Para la presente investigación fue medido el indicador de disponibilidad mecánica en los equipos LH307 aplicado en minería subterránea, mediante los horómetros de trabajo y paradas de los equipos, dando a conocer la baja disponibilidad de los equipos LH307. La medición fue una realidad objetiva en el momento de la toma de datos para nuestro enfoque cuantitativo de la investigación.

Cuadro N° 4. 1
Proceso Cuantitativo



Fuente: Libro Metodología de la investigación, Roberto Hernández Sampieri

4.2 Diseño de la investigación

Es la estrategia que se plantea para recolectar la información requerida para la investigación.

4.2.1 Experimental

Consiste en aplicar un tratamiento en el caso para visualizar el efecto (Positivo o negativo).

"Causa" → "Efecto"
 V. Independiente V. Dependiente

Para nuestro estudio la variable independiente fue "La gestión de Equipos" el cual fue observado y analizado

para después brindar una serie de recomendaciones (tratamiento) para producir un *efecto positivo* en la variable dependiente que fue *el incremento* de “La Disponibilidad Mecánica” en los equipos LH307 aplicado en minería subterránea.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

La población de equipos LH307 en Perú son alrededor de 30 Unidades, trabajando en las diferentes Unidades Mineras del Perú

4.3.2 Muestra

La muestra considerada de interés para el presente trabajo plan de tesis fue la flota de equipos de 04 Unidades de la una contratista minera los cuales están laborando en la unidad de Producción Chungar, como lo indica el cuadro N°4.3.1 siguiente:

Cuadro N° 4. 2
MUESTRA DE POBLACIÓN DE EQUIPO LH307

Equipo	Marca	Modelo	Serie
Loader	Sandvik	LH307	L807D250
Loader	Sandvik	LH307	L807D252
Loader	Sandvik	LH307	L807D255
Loader	Sandvik	LH307	L807D263

Fuente: Sandvik del Perú

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Encuesta

La encuesta fue realizada a través de cuestionario de auditoría de mantenimiento el cual fue aplicado a Técnicos, Supervisores, Jefes y logística.

La encuesta fue probada mediante el coeficiente de CRONBACH.

4.4.2 Entrevista

Fue realizado al personal involucrado directamente con el mantenimiento:

- Técnicos
- Supervisores
- Jefes
- Logística

4.4.3 Análisis de contenidos.

El análisis de contenidos fue realizado mediante:

- Control de tiempos de trabajo del equipo LH307 en mina subterránea y control de paradas.
- Control de tiempos del equipo LH307 en mantenimientos preventivos, correctivos, realizados en el taller o en mina.
- Control del Cumplimiento del programa de mantenimiento.

- Control de los índices de clase mundial en la hoja de performance.
- Control del nuevo plan de mantenimiento.

4.5 Procedimiento de recolección de datos

4.5.1 Visita a mina

- Fue coordinado la visita en mina para conocer en campo la realidad de las condiciones de trabajo del equipo LH307.
- Las instalaciones del taller fueron auditadas con respecto a las condiciones del taller de mantenimiento donde se ejecutaba los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos LH307

4.5.2 Entrevista con el personal de mantenimiento

- Fue coordinado la entrevista con cada personal que era parte de la gestión de mantenimiento anterior de los equipos LH307 tales como:
- *El Ingeniero residente o gestor de equipos*, para conocer la gestión de equipos que llevaba y para conocer los puntos de mejora donde iniciar el cambio en la gestión.
- *El supervisor de mantenimiento*, para conocer sus roles y funciones con respecto al mantenimiento.

- *Personal Técnico de mantenimiento*, para conocer si el personal tenía las condiciones de trabajo, si estaba capacitado en el mantenimiento del equipo y si contaba con los recursos necesarios para realiza el mantenimiento en los equipos LH307.

4.5.3 Cuadro performance – Indicadores de Clase Mundial

- Controla los tiempos de trabajo y paradas por cada equipo, también para los tiempos en mantenimientos preventivos, correctivos, etc. Los cuales no eran controladas adecuadamente.
- Con la nueva gestión, el planificador de mantenimiento fue el encargado de actualizar hoja de performance donde se calcula los indicadores de gestión como la disponibilidad mecánica de los equipos LH307.

4.5.4 Cumplimiento del mantenimiento

- Con el nuevo planificador de mantenimiento se inició el control del cumplimiento del mantenimiento.
- El área de operaciones, tomó conciencia en la importancia del mantenimiento preventivo e inspecciones diarias de los equipos LH307.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

4.1.1 Fue utilizado el método estadístico del coeficiente de Cronbach para validar el instrumento de recolección de datos.

4.1.2 Con el coeficiente de Cronbach mediremos la confiabilidad de la escala medida.

4.1.3 Se implementó un cuestionario de auditoría de mantenimiento para el procesamiento estadístico y análisis de datos, aplicando la escala de Likert para el resultado de cada uno de los cuestionarios.

4.1.4 El cuestionario fue aplicado a:

- Técnicos de mantenimiento (04)
- Supervisor (02)
- Logístico (01)
- Cliente (02)
- Gestor de equipos (01)

Cuadro N° 4. 3
Cuestionario de auditoría de mantenimiento

Cuestionario de auditoría de mantenimiento						
N°	Preguntas Basadas en Mantenimiento del Equipo LH307 de acuerdo al Área de Influencia	Nunca	Pocas veces	A veces	Frecuentemente	Siempre
Administración (Planificador de Mantenimiento)		0	1	2	3	4
1	¿El planificador de mantenimiento, programa los mantenimientos adecuadamente?					
2	¿El planificador de mantenimiento brinda los recursos necesarios para realizar los mantenimiento correctamente?					
3	¿El planificador de mantenimiento procesa los pedido de repuestos a tiempo?					
4	¿El planificador de mantenimiento entrega la lista de actividades a realizar en cada mantenimiento?					
5	¿El planificador de mantenimiento esta comprometido con los indicadores de gestión?					
6	¿Existe una mejor comunicación en el área de mantenimiento?					
7	¿El planificador lleva el control del inventario de herramientas y repuestos?					
Mantenimiento		0	1	2	3	4
8	¿El nuevo plan de mantenimiento recomendado, es el adecuado para la condición de operación de los equipos LH307?					
9	¿El mantenimiento preventivo es cumplido de acuerdo al plan de mantenimiento recomendado?					
10	¿Las inspecciones diarias ayudan a tener menos paradas por correctivos?					
11	¿Los mantenimientos preventivos se cumplen de acuerdo a lo programado?					
12	¿El personal de mantenimiento se encuentra en la capacidad de realizar el mantenimiento preventivo de los equipos LH307?					
13	¿El personal de mantenimiento se encuentra comprometido con los indicadores de gestión de los equipos?					
14	¿El nuevo organigrama de mantenimiento estabilizará los indicadores de disponibilidad mecánica de los equipos LH307?					
Cliente		0	1	2	3	4
15	¿El diente brinda la disponibilidad del equipo LH307 para realizar el mantenimiento de acuerdo a la programación semanal?					
16	¿El operador del equipo está comprometido con el mantenimiento del equipo?					
17	¿Los operadores de los equipos esta capacitados para operar los equipos LH307?					
18	¿El diente tiene un mayor compromiso con los indicadores de gestión, después de realizar los cambios?					
19	¿El diente tiene mas tiempo disponible para trabajar con los equipos?					
20	¿El diente tiene mayor producción con un equipo confiable y de mayor disponibilidad mecánica?					

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4. 4

Coeficiente de Cronbach aplicado al cuestionario de auditoria de mantenimiento

COEFICIENTE DE CRONBACH																					
Entrevistado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total
E1	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	4	3	66
E2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	54
E3	3	4	3	3	4	2	2	2	3	4	3	2	3	4	3	3	3	4	3	3	61
E4	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	4	3	3	3	3	54
E5	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4	2	3	3	3	3	4	3	3	2	2	59
E6	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	56
E7	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	2	1	2	3	2	3	3	3	2	41
E8	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	72
E9	3	2	3	4	4	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	64
E10	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	69
Media	2.9	2.8	2.7	2.9	3.2	2.6	2.7	3.3	3	2.9	3	2.8	2.9	3	3	3.2	3.1	3.4	3.2	3	59.6
Varianza	0.29	0.56	0.61	0.89	0.56	0.24	1.01	0.61	0.4	0.69	0.2	0.16	0.69	0.4	0.2	0.56	0.09	0.24	0.36	0.4	72.64
Sum Varianza	9.16																				
Vk	72.64																				
Coeficiente Cronbach (α)	0.971																				

$$\alpha = \left[\frac{N}{N-1} \left(1 - \left(\frac{\sum Vi}{Vk} \right) \right) \right]$$

Fuente: Elaboración Propia

V. RESULTADOS

5.1 Nuevo plan de mantenimiento sugerido

Si cumple con las condiciones de trabajo de los equipos, debido a que se tiene mayor número de intervenciones en mantenimientos preventivos en los equipos LH307 aplicado en minería subterránea, Plan completo en el Anexo 01

Cuadro N° 5. 1
Programa de Mantenimiento Recomendado por Experiencia

TAREA DE MANTENIMIENTO	#Actividad	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO																
		50	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
INFORMACIÓN GENERAL																		
1	Limpeza general	Limpeza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Comprobar el sistema hidráulico de la transmisión, la cuchara y la dirección	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR																		
3	Comprobar el Sandvik FS1000 fire suppression System (Opcional)	Inspección			X		X		X		X		X		X		X	
4	Comprobar la articulación central visualmente	Inspección		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Cambiar los filtros de aire de gruesos y finos del sistema de aire acondicionado	Cambiar					X			X				X				X
6	Comprobar la articulación central con un medidor de cuadrante	Controlar					X			X				X				X
7	Drenar el agua del depósito de combustible	Drenar			X		X		X		X		X		X		X	
LUBRICACIÓN																		
8	Engrase los ejes de la transmisión y el cojinete del eje.	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Comprobar el sistema de lubricación central y llenar el depósito del lubricante.	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Engrase los extremos estacionarios de los Pines del boom de la cuchara	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Engrase de los pines estacionarios de la palanca de oscilación	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	Lubricar las conexiones de unión del asiento del operario, el freno y el pedal acelerador	Lubricar			X		X		X		X		X		X		X	
13	Lubricación de las bisagras de la puerta y la escotilla	Lubricar			X		X		X		X		X		X		X	
GRUPO DE ACCIONAMIENTO																		
14	Lavar el radiador	Limpeza			X		X		X		X		X		X		X	
15	Cambio de los filtros y el aceite del motor	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	Cambio de Filtro de aire Primario	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio de Filtro de aire Secundario				X		X		X		X		X		X		X	
17	Comprobar los soportes del motor	Inspección			X		X		X		X		X		X		X	
18	Comprobar el alternador	Inspección			X		X		X		X		X		X		X	
19	Cambiar filtro primario de combustible y Filtro Racor	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	Cambiar filtro secundario de combustible	Cambiar			X		X		X		X		X		X		X	
20	Comprobar las fijaciones del sistema de escape	Inspección					X		X		X		X		X		X	
21	Comprobar los conductos del sistema de refrigeración	Inspección					X		X		X		X		X		X	
22	Comprobar visualmente la cubierta del ventilador	Inspección					X		X		X		X		X		X	
23	Comprobar la holgura de Válvulas	Inspección							X		X		X		X		X	
24	Comprobar visualmente el purificador de gas de escape	Inspección							X		X		X		X		X	
25	Inspeccionar el sistema de refrigeración	Inspección							X		X		X		X		X	
26	Cambie las abrazaderas y las mangueras de goma de aire de carga / admisión	Cambiar																X

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Plan de inspección diaria

Fue muy determinante en la gestión de equipos ya que, con el presente programa de inspección diaria de los equipos, el personal técnico puede anticipar una parada por emergencia y convertirlo en una actividad adicional en el próximo mantenimiento preventivo.

Ver el programa de inspección diaria en el anexo 02.

Cuadro N° 5. 2
Programa de Inspección Diario Recomendado

PROGRAMA DE INSPECCIÓN DIARIO RECOMENDADO			
		Fecha	
Tarea de Mantenimiento	Actividad	Inspección Diaria	Observación
INFORMACIÓN GENERAL			
1	Comprobación del funcionamiento correcto de todos los controles	Comprobar	X
2	Comprobar el funcionamiento del freno de servicio y del de estacionamiento	Comprobar	X
3	Compruebe el funcionamiento del sistema de dirección de emergencia (opcional).	Comprobar	X
4	comprobar el funcionamiento de la bomba de liberación del freno	Comprobar	X
5	Comprobar el funcionamiento y el estado del Interruptor de interbloqueo de la puerta	Comprobar	X
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR			
6	Comprobar el extintor manual portátil	Comprobar	X
7	Comprobar el sistema de supresión de incendios Ansul (opcional)	Comprobar	X
8	Condición general de la estructura, choques y rajaduras resientes.	Comprobar	X
9	Chequear condición de la cuchara.	Comprobar	X
10	Verificar condición de llantas.	Verificar	X
LUBRICACIÓN			
11	Comprobación del llenado del sistema automático de lubricación central (opcional)	Lubricar	X
12	Engrasar los pasadores del amortiguador	Lubricar	X
13	Engrase los pasadores del cilindro de elevación, los pasadores del cilindro de inclinación y los	Lubricar	X
14	pasadores del brazo de elevación usando el colector de lubricación en el bastidor delantero.	Lubricar	X
15	Engrasar los pasadores de la articulación central	Lubricar	X
16	Engrasar los pasadores del cilindro de dirección	Lubricar	X
17	Engrasar el eje de oscilación	Lubricar	X
18	Engrasar los pasadores del cilindro eyector (opcional)	Lubricar	X
19	Engrasar la junta universal del eje de la transmisión en la articulación central	Lubricar	X
GRUPO DE ACCIONAMIENTO			
20	Comprobar el equipamiento adicional del motor	Comprobar	X
21	Comprobar el aceite del motor	Comprobar	X
22	Comprobar la correa de la transmisión	Comprobar	X
23	Comprobar el estado del conjunto del filtro	Comprobar	X
Comprobar que las conexiones y conductos de admisión no			...

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Toma de Datos de Performance

Para la toma de datos fue necesario elaborar una hoja Excel de control denominada Performance, mediante la cual se incluyen los horómetros de los equipos e indicadores de gestión como la disponibilidad mecánica que es de interés de la presente tesis.

La toma de datos fue realizada en el periodo enero 2017 y setiembre del 2017 en la cual fueron realizadas en 3 fases.

1ra Fase

Reconocimiento de Trabajo in situ de los equipos LH307 en Minería subterránea.

La primera fase fue realizada entre los meses Enero y Marzo'17, dentro de los cuales fueron analizados el trabajo del equipo en interior mina, la destreza del operador y la realización de la auditoria del mantenimiento de los equipos LH307.

2da Fase

Presentación de la auditoria de mantenimiento y levantamiento de observaciones técnicas mecánicas de los equipos de acuerdo a la evaluación realizada.

3ra Fase

Aplicación del nuevo plan de mantenimiento preventivo, recomendado para los equipos LH307 de acuerdo a las condiciones de trabajo de los equipos.

5.4 Resultado del equipo LH307 S/N L807D250

De acuerdo a los datos obtenidos, tenemos que el equipo LH307 S.N. L807D250 tiene muchas paradas por mantenimiento correctivos iniciales los cuales hicieron referencia a que necesitaban mayor mantenimiento debido a las condiciones severas de trabajo en interior mina.

Las paradas por mantenimiento correctivos, pasaron a ser mantenimientos preventivos y los tiempos de parada fueron más cortos ya que se mejoraba la logística y el tiempo de atención del personal de mantenimiento.

Cuadro N° 5. 3
Resultado del equipo LH307 S/N L807D250

Resumen de Performance Mensual																
	EQUIPO		Cargador Frontal Bajo Perfil					CLIENTE		Volcan Chungar						
	MARCA		Sandvik					UBICACION		Cerro de Pasco						
	MODELO		LH307					PERIODO		Enero - Setiembre'17						
	N°SERIE		L807D250					N°INTERNO		CF-01						
PERIODO 2017	HORAS - MOTOR DIESEL		TOTAL HORAS	HORAS - MANTENIMIENTO					INDICADORES							
	INICIO	FINAL	Total Horas	INSP.	MANTTO PREV.	MANTTO PROG.	MANTTO CTVD.	Repar Acci/ Otros	HRS STAND BY	HRS Totales	% D.M.	% UTIL.	N° Correctivos	MTBF	MTTR	
ENERO'17	250.00	660.30	405.80	47	14	0	11	0	267	744	90.39%	60.07%	4	101	18	
FEBRERO'17	660.30	1096.90	406.60	42	22	0	18	0	183	672	87.80%	67.88%	6	68	14	
MARZO'17	1066.90	1433.80	366.90	47	18	0	36	0	277	744	86.49%	66.12%	6	61	17	
ABRIL'17	1433.80	1746.60	312.80	40	12	0	125	0	230	720	75.42%	49.26%	8	39	22	
MAYO'17	1746.60	2098.70	352.10	43	30	0	94	0	225	744	77.62%	64.36%	9	39	19	
JUNIO'17	2098.70	2432.30	324.60	45	6	0	60	0	284	720	84.58%	60.94%	5	65	22	
JULIO'17	2432.30	2972.30	540.00	47	22	0	2	0	133	744	90.52%	80.29%	5	108	14	
AGOSTO'17	2972.30	3543.60	571.30	47	32	0	0	0	94	744	89.45%	86.06%	5	114	16	
SEPTIEMBRE'17	3543.60	4071.50	533.90	45	32	0	0	0	115	720	80.14%	82.22%	3	178	24	
TOTAL	250.00	4071.60	3814.00	401	188	0	346	0	1810	6562	85.82%	66.28%	61	86	18	

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Resultado del equipo LH307 S/N L807D252

De acuerdo a los datos obtenidos, tenemos que el equipo LH307 S.N. L807D252 tiene muchas paradas por mantenimiento correctivos iniciales los cuales hicieron referencia a que necesitaban mayor mantenimiento debido a las condiciones severas de trabajo en interior mina.

Las paradas por mantenimiento correctivos, pasaron a ser mantenimientos preventivos y los tiempos de parada fueron más cortos ya que se mejoraba la logística y el tiempo de atención del personal de mantenimiento.

Cuadro N° 5. 4
Resultado del equipo LH307 S/N L807D252

RESUMEN DE PERFORMANCE															
	EQUIPO			Cargador Frontal Bajo Perfil				CLIENTE			Volcan Chungar				
	MARCA			Sandvik				UBICACIÓN			Cerro de Pasco				
	MODELO			LH307				PERIODO			Enero - Setiembre'17				
	N° SERIE			L807D252				N° INTERNO			CF-03				
PERIODO 2017	HORAS - MOTOR DIESEL		TOTAL HORAS	HORAS - MANTENIMIENTO					INDICADORES						
	INICIO	FINAL	Total Horas	INSP.	MANTTO PREV.	MANTTO PROG.	MANTTO CTVO.	Repar Accl/ Otros	HRS STAND BY	HRS Totales	% D.M.	% UTIL.	N° Correctivos	MTBF	MTRR
ENERO'17	528.00	938.30	410.30	45	14	0	11	0	107	744	92.73%	83.43%	4	101	10
FEBRERO'17	938.30	1348.90	410.60	45	22	0	18	0	125	672	89.74%	76.27%	6	68	14
MARZO'17	1348.90	1765.20	416.30	45	18	0	36	0	122	744	87.57%	80.46%	8	61	17
ABRIL'17	1765.20	2071.90	306.70	45	12	0	70	0	266	720	81.58%	67.93%	8	39	12
MAYO'17	2071.90	2269.20	197.30	45	30	0	70	0	95	744	80.39%	42.34%	9	39	19
JUNIO'17	2269.20	2631.60	362.40	45	6	0	60	0	208	720	84.65%	67.04%	8	65	10
JULIO'17	2631.60	3264.60	633.00	45	22	0	2	0	58	744	88.92%	91.66%	6	108	8
AGOSTO'17	3264.60	3889.60	625.00	45	32	0	0	0	55	744	92.40%	91.71%	4	107	8
SETIEMBRE'17	3889.60	4437.90	548.30	45	32	0	0	0	112	720	92.70%	82.69%	4	110	8
TOTAL	528.00	4437.90	3909.90	405	188	0	267	0	1147	6552	87.85%	74.82%	57	78	12

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Resultado del equipo LH307 S/N L807D255

De acuerdo a los datos obtenidos, tenemos que el equipo LH307 S.N. L807D255 tiene muchas paradas por mantenimiento correctivos iniciales los cuales hicieron referencia a que necesitaban mayor mantenimiento debido a las condiciones severas de trabajo en interior mina.

Las paradas por mantenimiento correctivos, pasaron a ser mantenimientos preventivos y los tiempos de parada fueron más cortos ya que se mejoraba la logística y el tiempo de atención del personal de mantenimiento.

Cuadro N° 5.5
Resultado del equipo LH307 S/N L807D255

RESUMEN DE PERFORMANCE																
	EQUIPO			Cargador Frontal Bajo Perfil					CLIENTE			Volcan Chungar				
	MARCA			Sandvik					UBICACIÓN			Cerro de Pasco				
	MODELO			LH307					PERIODO			Enero - Setiembre'17				
	N° SERIE			L807D255					N° INTERNO			CF-03				
PERIODO 2017	HORAS - MOTOR DIESEL		TOTAL HORAS	HORAS - MANTENIMIENTO					INDICADORES							
	INICIO	FINAL	Total Horas	INSP.	MANTTO PREV.	MANTTO PROG.	MANTTO CTVD.	Repar Accl Otros	HRS STAND BY	HRS Totales	% D.M.	% UTIL.	N° Correctivos	MTBF	MTRR	
ENERO'17	528.00	838.30	410.30	45	14	0	11	0	107	744	82.73%	83.43%	4	101	10	
FEBRERO'17	838.30	1348.90	410.60	45	22	0	18	0	125	672	69.74%	76.27%	6	68	14	
MARZO'17	1348.90	1765.20	416.30	45	18	0	36	0	122	744	87.57%	80.45%	8	61	17	
ABRIL'17	1765.20	2071.80	306.70	45	12	0	70	0	266	720	81.58%	67.83%	8	39	12	
MAYO'17	2071.80	2269.20	197.30	45	30	0	70	0	85	744	60.39%	42.34%	9	39	19	
JUNIO'17	2269.20	2631.60	362.40	45	6	0	60	0	208	720	64.65%	67.04%	8	65	10	
JULIO'17	2631.60	3264.60	633.00	45	22	0	2	0	58	744	88.82%	91.66%	6	108	8	
AGOSTO'17	3264.60	3889.60	625.00	45	32	0	0	0	55	744	92.40%	91.71%	4	107	8	
SEPTIEMBRE'17	3889.60	4437.90	548.30	45	32	0	0	0	112	720	92.70%	82.69%	4	110	8	
TOTAL	628.00	4437.90	3909.80	406	188	0	267	0	1147	6652	87.86%	74.82%	67	78	12	

Fuente: Elaboración Propia

5.6 Resultado del equipo LH307 S/N L807D263

De acuerdo a los datos obtenidos, tenemos que el equipo LH307 S.N. L807D263 tiene muchas paradas por mantenimiento correctivos iniciales los cuales hicieron referencia a que necesitaban mayor mantenimiento debido a las condiciones severas de trabajo en interior mina.

Las paradas por mantenimiento correctivos, pasaron a ser mantenimientos preventivos y los tiempos de parada fueron más cortos ya que se mejoraba la logística y el tiempo de atención del personal de mantenimiento.

Cuadro N° 5. 6
Resultado del equipo LH307 S/N L807D263

RESUMEN DE PERFORMANCE																
	EQUIPO		Cargador Frontal Bajo Perfil					CLIENTE		Volcan Chungar						
	MARCA		Sandvik					UBICACIÓN		Cerro de Pasco						
	MODELO		LH307					PERIODO		Enero - Setiembre '17						
	N°SERIE		L807D263					N°INTERNO		CF-04						
PERIODO 2017	HORAS - MOTOR DIESEL		TOTAL HORAS	HORAS - MANTENIMIENTO					INDICADORES							
	INICIO	FINAL	Total Horas	INSP.	MANTTO PREV.	MANTTO PROG.	MANTTO CTVO.	Repar Acopl Otros	HRS STAND BY	HRS Totales	% D.M.	% UTIL	N° Correctivos	MTBF	MTTR	
ENERO'17	574.00	984.30	410.30	47	14	0	7	0	107	744	90.93%	60.62%	1	405	68	
FEBRERO'17	984.30	1394.90	410.60	28	22	0	18	0	125	672	89.88%	67.87%	6	68	11	
MARZO'17	1394.90	1811.20	416.30	47	18	0	36	0	122	744	86.48%	60.81%	21	19	5	
ABRIL'17	1811.20	1818.50	107.30	45	12	0	52	0	289	720	84.86%	61.03%	6	66	18	
MAYO'17	1818.50	2284.60	366.10	47	20	0	44	0	192	744	85.15%	60.67%	5	66	22	
JUNIO'17	2284.60	2644.70	360.10	45	6	0	50	0	160	720	85.97%	61.86%	8	43	13	
JULIO'17	2644.70	3277.70	633.00	47	30	0	0	0	58	744	89.72%	62.64%	4	126	19	
AGOSTO'17	3277.70	3802.70	625.00	47	30	0	0	0	55	744	89.72%	62.95%	6	93	13	
SETIEMBRE'17	3802.70	4451.00	548.30	45	30	0	0	0	112	720	90.14%	64.28%	6	69	12	
TOTAL	574.00	4451.00	3877.00	336	182	0	207	0	1219	6562	88.10%	67.00%	63	108	20	

Fuente: Elaboración Propia

5.7 El Costo de mantenimiento preventivo recomendado incrementa en un 30.52% con respecto al fabricante.

**Cuadro N° 5. 7
Costo de Mantenimiento Recomendado**

FILTROS			Frecuencia de mantenimiento en HORAS															
Descripción	Sistema	Cantidad	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
			\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$484.36	\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$306.82	\$166.40	\$1,004.61
LUBRICANTES			Frecuencia de mantenimiento en HORAS															
Descripción	Sistema	Cantidad	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
			\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$339.01	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$98.27	\$950.01
MANO DE OBRA			Frecuencia de mantenimiento en HORAS															
Hora Hombre Por Servicio	Sistema	Costo x Hora	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
		\$45.00	3	4	3	5	3	4	3	8	3	4	3	5	3	4	3	12
			\$135.00	\$180.00	\$135.00	\$225.00	\$135.00	\$180.00	\$135.00	\$360.00	\$135.00	\$180.00	\$135.00	\$225.00	\$135.00	\$180.00	\$135.00	\$540.00
COSTO TOTAL X MANTENIMIENTO			\$399.67	\$585.09	\$399.67	\$630.09	\$399.67	\$585.09	\$399.67	\$1,183.37	\$399.67	\$585.09	\$399.67	\$630.09	\$399.67	\$585.09	\$399.67	\$2,494.62
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN 2,000HRS. (RECOMENDADO)			\$10,475.89															

Fuente: Elaboración Propia

5.8 Análisis de Costos

Cuadro N° 5. 8

Análisis de costos con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado

Análisis de Operación con Mantenimiento Estándar		Análisis de Operación con Mantenimiento Recomendado	
Inversión Inicial del Equipo LH307	\$450,000.00	Inversión Inicial del Equipo LH307	\$450,000.00
Costo de Mantenimiento Fabricante en 2000 Hrs.	\$7,278.53	Total Mantenimiento Recomendado	\$10,475.89
Costo Total de Mantenimiento Fabricante en 12,000 Hrs.	\$43,671.18	Costo Total de Mantenimiento Recomendado en 12,000 Hrs	\$62,855.34
Costo adicional al Mantenimiento en (\$)	\$0.00	Costo adicional al Mantenimiento en (\$)	\$19,184.16
Costo Adicional al Mantenimiento	0.00%	Costo Adicional al Mantenimiento	30.52%
Vida Útil esperada Fabricante (10000Hrs. -12000Hrs.)		Vida Útil esperada con Recomendaciones (15,000Hrs. -18,000Hrs.)	
Tiempo adicional a la vida útil esperada en (%)	0.00%	Tiempo adicional a la vida útil esperada en (%)	41.67%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 5. 9

Análisis de disponibilidad mecánica con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado

Análisis de Operación de acuerdo a la disponibilidad Mecánica con Mantenimiento del Fabricante		Análisis de Operación de acuerdo a la disponibilidad Mecánica con mantenimiento Recomendado	
Horas Disponible para trabajar al mes	540	Horas Disponible para trabajar al mes	540
Promedio de Horas disponibles para trabajar al día	18	Promedio de Horas disponibles para trabajar al día	18
Horas parado por Mantenimiento (En 2 Manttos)	12.6	Horas parado por Mantenimiento (En 4 Manttos)	21
Horas de parada Por correctivos de mantenimiento preventivo	80	Horas de parada Por correctivos de mantenimiento preventivo	0
Horas Trabajadas al mes Incluido Mantenimientos	447.4	Horas Trabajadas al mes Incluido Mantenimientos	519
Disponibilidad Mecánica Promedio	83.72%	Disponibilidad Mecánica Promedio	91.34%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 5. 10

Análisis vida útil con Mantenimiento Estándar Vs. Recomendado

Análisis de Operación de acuerdo a la rentabilidad después de la Vida esperada	
Tiempo Disponible para trabajar expresado en Meses (En 12,000Hrs a Razón de 540Hrs)	22.22
Tiempo Disponible para trabajar expresado en Años (En 12,000Hrs a Razón de 12Meses)	1.85
Tiempo adicional del equipo para producir con respecto a la vida útil (En Meses)	0.00
Tarifa Alquiler Mensual	\$55.00
Ganancia adicional	\$0.00

Análisis de Operación de acuerdo a la rentabilidad después de la Vida esperada	
Tiempo Disponible para trabajar en Meses	33.33
Tiempo Disponible para trabajar al año	2.78
Tiempo adicional del equipo para producir con respecto a la vida útil (En Meses)	11.11
Tarifa Alquiler Mensual	\$55.00
Ganancia adicional esperada	\$330,000.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 5. 11

Costos de reparación Mantenimiento Estándar Vs Recomendado

Costos de Reparación Overhaul con mantenimiento Estándar	
Motor	\$25,000.00
Caja	\$14,000.00
Convertidor	\$9,000.00
Sistema Hidráulico	\$25,000.00
Sistema Eléctrico	\$12,000.00
Eje Delantero	\$14,000.00
Eje Posterior	\$16,000.00
Estructura	\$18,000.00
Mano de Obra	\$30,000.00
Total de Reparación Overhaul Mayor	\$163,000.00
Costo adicional a la reparación estándar	34.97%

Reparación Overhaul con mantenimiento recomendado	
Motor	\$18,000.00
Caja	\$8,000.00
Convertidor	\$6,000.00
Sistema Hidráulico	\$12,000.00
Sistema Eléctrico	\$8,000.00
Eje Delantero	\$11,000.00
Eje Posterior	\$13,000.00
Estructura	\$10,000.00
Mano de Obra	\$20,000.00
Total de Reparación Overhaul Estándar	\$106,000.00
Costo adicional a la reparación estándar	0.00%

Fuente: Elaboración Propia

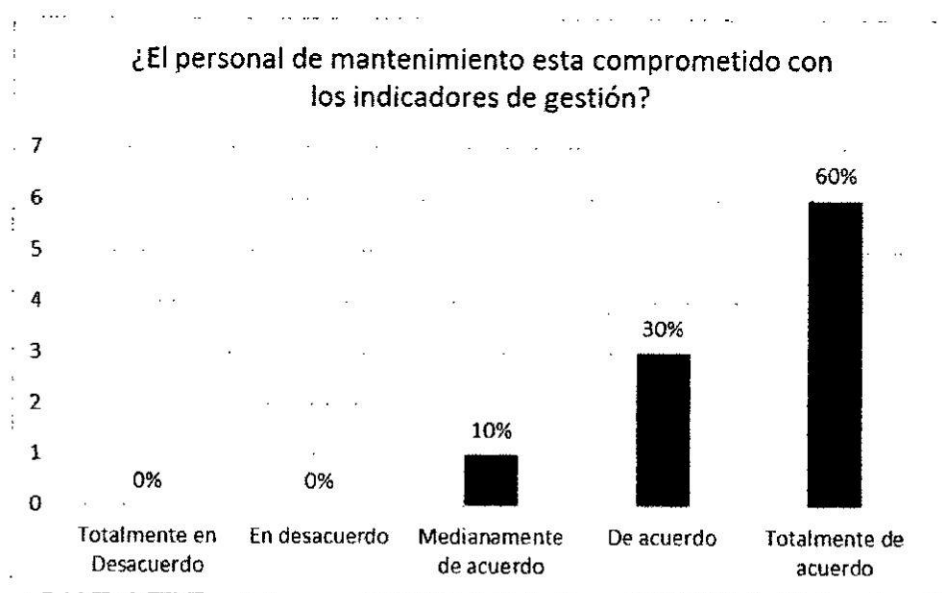
5.9 Resultado del cuestionario de la auditoría de mantenimiento

La auditoría de mantenimiento fue muy favorable de acuerdo al análisis estadístico de Cronbach, obteniendo como resultado el **0.97** que quiere decir que el instrumento de medición es confiable.

¿El personal de mantenimiento está comprometido con los indicadores de gestión?

- El 60% está totalmente de acuerdo
- El 30% está de acuerdo
- El 10% está medianamente de acuerdo
- El 0% está en desacuerdo
- El 0% está en totalmente en desacuerdo

Gráfico N° 5. 1
Resultado pregunta 1

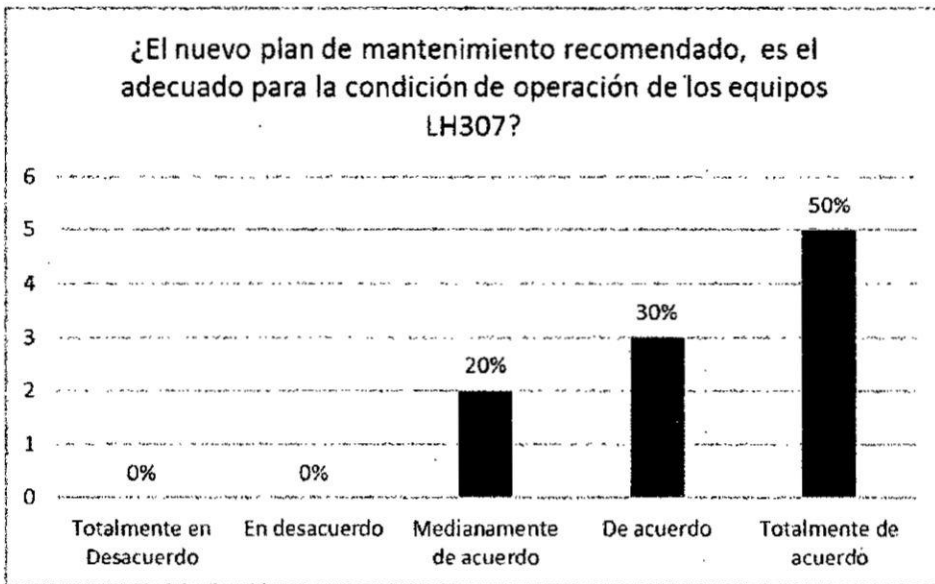


Fuente: Elaboración propia

¿El nuevo plan de mantenimiento recomendado, es el adecuado para la condición de operación de los equipos LH307?

- El 50% está totalmente de acuerdo
- El 30% está de acuerdo
- El 20% está medianamente de acuerdo
- El 0% está en desacuerdo
- El 0% está en totalmente en desacuerdo

Gráfico N° 5. 2
Resultado pregunta 2

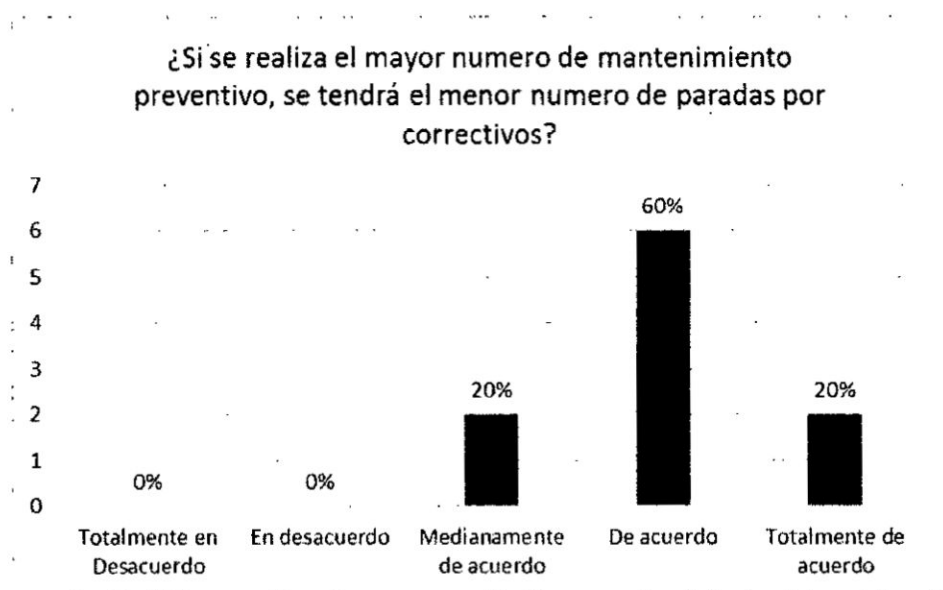


Fuente: Elaboración propia

¿Si se realiza el mayor número de mantenimiento preventivo, se tendrá el menor número de paradas por correctivos?

- El 20% está totalmente de acuerdo
- El 60% está de acuerdo
- El 20% está medianamente de acuerdo
- El 0% está en desacuerdo
- El 0% está en totalmente en desacuerdo

Gráfico N° 5. 3
Resultado pregunta 3

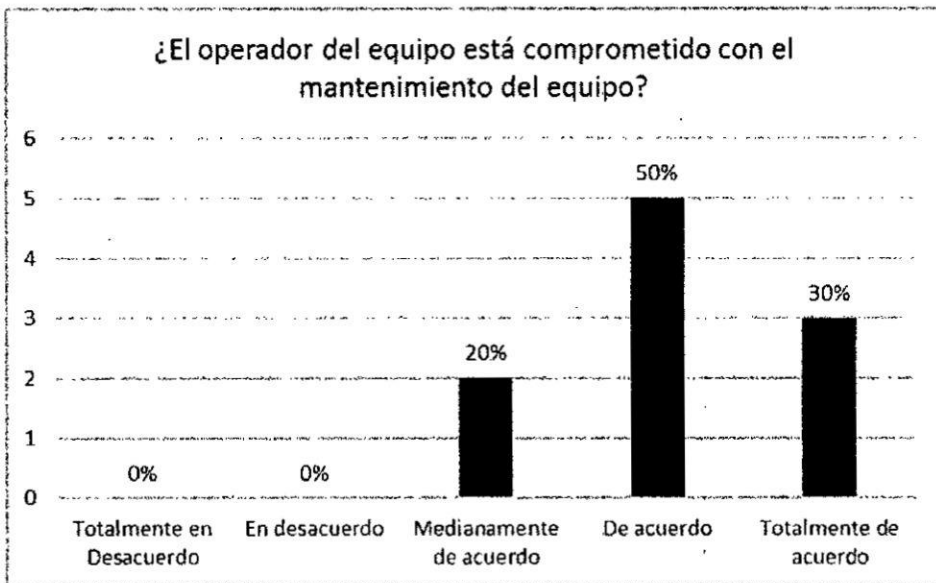


Fuente: Elaboración propia

¿El operador del equipo está comprometido con el mantenimiento del equipo?

- El 30% está totalmente de acuerdo
- El 50% está de acuerdo
- El 20% está medianamente de acuerdo
- El 0% está en desacuerdo
- El 0% está en totalmente en desacuerdo

Gráfico N° 5. 4
Resultado pregunta 4



Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de hipótesis con los resultados

6.1.1 La hipótesis general fue enunciada de la siguiente manera “*Si proponemos una mejora en el plan de mantenimiento, se incrementará la disponibilidad mecánica*”.

De acuerdo al cuestionario aplicado a las diferentes personas involucrados en el área de mantenimiento y del cliente, nos dieron como resultado que:

El 80% de los encuestados están de acuerdo que el nuevo plan de mantenimiento mejoró la disponibilidad mecánica del equipo LH307.

Con Nuestra propuesta de mejora del plan de mantenimiento, los equipos LH307 tienen mejor estado de conservación de los sistemas mecánicos y eléctricos debido a que las intervenciones de inspección y mantenimiento son más frecuentes.

El técnico especialista previene la parada de los equipos LH307 por mantenimiento correctivo y lo maneja como una actividad adicional en el mantenimiento preventivo programado.

Con esta nueva condición técnica de los equipos LH307 aplicado en minería subterránea, el cliente obtuvo mayor número de horas disponibles para trabajar y producir.

6.1.2 *"El equipo no tuvo buen mantenimiento, debido a que el anterior plan de mantenimiento no se ajustaba a la realidad de trabajo de los equipos LH307 – cargador frontal de bajo Perfil".*

De acuerdo al nuevo plan de mantenimiento sugerido, el equipo trabaja con mayor número de horas en interior mina debido a que las frecuentes paradas inesperadas por filtros obstruidos fueron superadas por tener mayor número de inspecciones y mantenimientos preventivos.

6.1.3 *"Si se realiza mayor cantidad de mantenimiento preventivo e inspecciones, entonces disminuirá el número de mantenimiento correctivo y se alargará la vida útil del equipo".*

A mayor cantidad de inspecciones y mantenimiento preventivo, los equipos tuvieron mayor cantidad de horas de trabajo sin que ocurra un fallo por lo tanto la disponibilidad mecánica de los equipos LH307 se incrementó.

La vida útil de los componentes del equipo también se alargará porque los sistemas trabajan con lubricantes y filtros más limpios sin que ingresen partículas contaminantes a cada sistema.

Si tenemos mayor número de lubricación (Engrase) en las juntas, bocinas, chumaceras, etc. Los Equipos tendrán mayor vida útil, también si se utiliza la grasa indicada por el fabricante.

6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

6.1.4 Los autores Portal Arribasplata y Salazar alza pablo cesar, en su tesis de *"Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (tpm) en la gestión de mantenimiento para*

incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa multi servicios PUNRE S.R.L., Cajamarca 2016”

Concluyeron en que, del diagnóstico realizado en la gestión de mantenimiento en los equipos de movimiento de tierra, no cumplía con el mantenimiento de los equipos el cual afectaba la disponibilidad mecánica de los equipos.

También los autores concluyen con realizar una propuesta de mejora para el mantenimiento con el fin de mejorar la gestión y disponibilidad mecánica de los equipos.

- 6.1.5 El autor García Esteban Eduardo Erickson de la tesis “Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo - Ayacucho de la UNCP”

Concluyó que con la mejora de la gestión de mantenimiento se logró el incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos. El autor también propone una mejora en la gestión de mantenimiento, el cual desarrolló un programa de control de mantenimiento.

VII. CONCLUSIONES

- a) La gestión de mantenimiento Si influye en la Disponibilidad Mecánica, porque depende de la buena o mala gestión de mantenimiento que se realice en los equipos LH307 para tener un buen o mal indicador de Disponibilidad de los equipos LH307, aplicado en minería subterránea.
- b) La gestión de mantenimiento anterior Se mejoró, aplicando la Mejora continua en los puntos analizado y mejorados.
- c) El nuevo plan de mantenimiento recomendado si se adapta a la realidad de trabajo de nuestras minas del Perú, teniendo como consecuencia el incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos LH307.
- d) Del nuevo plan de mantenimiento afirmamos que, si es posible disminuir el número de mantenimientos correctivos, realizando un mayor número de mantenimiento preventivo e inspecciones diarias.
- e) El costo de mantenimiento se incrementa con el nuevo plan de mantenimiento, no afectando a los costos operativos de los equipos LH307, porque debe considerarse que ahora se tiene mayores ventajas como: mejor disponibilidad mecánica, mayor confiabilidad, mayor utilización, mayor tiempo para producción, mayor vida útil, menos paradas por mantenimiento correctivo, menor costo por reparaciones correctivas, menor costo de reparación al final de la vida útil del equipo.

VIII. RECOMENDACIONES

- a) Realizar una auditoría de mantenimiento cada 4 meses para mantener y mejorar la gestión de mantenimiento alcanzada.
- b) Realizar capacitación permanente al personal técnico con respecto a la ejecución del nuevo plan de mantenimiento.
- c) Mantener la buena comunicación entre áreas de trabajo y cultivar la sinergia que existe para tener los equipos operativos y con alta disponibilidad mecánica.
- d) El planificador de mantenimiento debe tener toda la información al día como performance, historial de mantenimiento, cumplimiento del mantenimiento, etc. Para que el residente pueda tomar las acciones del caso de inmediato, antes de que afecte al indicador e disponibilidad mecánica.
- e) El cumplimiento del mantenimiento es fundamental para preservar el estado de los equipos LH307, para garantizar el incremento y estabilidad del indicador de disponibilidad mecánica.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Chau Lam, J. (2010). *Gestión del Mantenimiento de equipos en Proyecto de movimientos de tierra*, Lima: Tesis maestría. Universidad Nacional de Ingeniería.
- 2) Chiavenato, I. (2007). *Introducción a la Teoría general de la administración* (séptima edición). México: Mc Graw Hill.
- 3) Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos, el capital humano de las organizaciones* (octava edición). México: Mc Graw Hill.
- 4) Contreras Saavedra, P. (2017) *Control administrativo y mantenimiento de equipos en empresas de movimiento de tierra*, Lima: Tesis maestría. Universidad Cesar Vallejo.
- 5) Diario El Peruano (2016), D.S. 024-2016. *Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional*. Recuperado el 03 de enero del 2018, de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mine-decreto-supremo-n-024-2016-em-1409579-1/>
- 6) García Esparza, C. (2015) *Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de stc metro de la ciudad de México*, México. D.F.: Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- 7) García Esteban, E. (2017), *Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo – Ayacucho*. Huancayo: Tesis. Universidad Nacional del Centro.
- 8) Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista P. (2014) . *Metodología de la Investigación*. (sexta Edición): Mexico: Editorial Mc Graw Hill.

- 9) Huamán Garay, W. (2014). *Incremento de la disponibilidad de las máquinas de extracción subterránea; evaluando las tareas de proceso de mantenimiento de la compañía minera Milpo S.A.A. El Porvenir*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 10) Lourival Augusto, T., (2000) *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Recuperado el 05 de enero del 2018 de <https://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares>.
- 11) Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. Mexico: Alfaomega grupo editor
- 12) Normet (2017). Product. Variomec LF-090, Recuperado el 26 de Diciembre del 2017. de www.normet.com/product/variomec-lf-090-d
- 13) Palomares Quintanilla, E. (2015). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje del mineral, de la compañía minera Milpo, Unidad El Porvenir*. Tesis Maestría. Lima: Universidad Nacional del Ingeniería.
- 14) Ponce Orellana, D. (2016). *Gestión de mantenimiento para centrales hidroeléctricas: El caso de la central hidroeléctrica minas – San Francisco de la corporación eléctrica del Ecuador*. Ecuador: Tesis Maestría. Universidad del AZUAY.
- 15) Portal Arribasplata, E., Salazar Alza, P. (2016). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (tpm) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa multiservicios Punre S.R.L.* Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

- 16) Suarez Negrete, J.D. (2018) *Desarrollo de un sistema d gestión de mantenimiento para reducir la presencia sistemática de fallas y paras imprevistas en equipos y maquinarias en la empresa productos Avon Ecuador. Tesis Maestría: Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.*
- 17) Valdez García, J.(2017) *Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en Uchucchacua*, Tesis maestría. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 18) Vitutor (2015) , *Estadística y Probabilidad*, Recuperado 11 de enero del 2018 de <https://www.vitutor.com/estadistica.html>
- 19) Vizcaíno Cuzco, M.(2016) *Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de cuenca*. Tesis Maestría. Ecuador: Escuela superior politécnica de Chimborazo.
- 20) Volcan Compañía Minera (2001). *Operaciones, Unidades Mineras*. Recuperado el 19 de enero del 2018. de <http://www.volcan.com.pe/operaciones/unidades-mineras.php>

ANEXOS

Anexo 01: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO POR EXPERIENCIA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO POR EXPERIENCIA																		
TAREA DE MANTENIMIENTO	Actividad	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO																
		50	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
INFORMACIÓN GENERAL																		
1 Limpieza general	Limpieza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Comprobar el sistema hidráulico de la transmisión, la cuchara y la dirección	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR																		
3 Comprobar el Sandvik FS1000 fire suppression System (Opcional)	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
4 Comprobar la articulación central visualmente	Inspección		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5 Cambiar los filtros de aire de gruesos y finos del sistema de aire acondicionado	Cambiar					X				X				X				X
6 Comprobar la articulación central con un medidor de cuadrante	Controlar					X				X				X				X
7 Drenar el agua del depósito de combustible	Drenar			X		X		X		X		X		X		X		X
LUBRICACIÓN																		
8 Engrase los ejes de la transmisión y el cojinete del eje.	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9 Comprobar el sistema de lubricación central y llenar el depósito del lubricante.	Inspección	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10 Engrase los extremos estacionarios de los Pines del boom de la cuchara	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11 Engrase de los pines estacionarios de la palanca de oscilación	Lubricar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12 Lubricar las conexiones de unión del asiento del operario, el freno y el pedal acelerador	Lubricar			X		X		X		X		X		X		X		X
13 Lubricación de las bisagras de la puerta y la escotilla	Lubricar			X		X		X		X		X		X		X		X
GRUPO DE ACCIONAMIENTO																		
14 Lavar el radiador	Limpieza			X		X		X		X		X		X		X		X
15 Cambio de los filtros y el aceite del motor	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16 Cambio de Filtro de aire Primario	Cambiar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17 Cambio de Filtro de aire Secundario	Cambiar			X		X		X		X		X		X		X		X
18 Comprobar los soportes del motor	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
19 Comprobar el alternador	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
20 Cambiar filtro primario de combustible y Filtro Racor	Cambiar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21 Cambiar filtro secundario de combustible	Cambiar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22 Comprobar las fijaciones del sistema de escape	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
23 Comprobar los conductos del sistema de refrigeración	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
24 Comprobar visualmente la cubierta del ventilador	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
25 Comprobar la holgura de Válvulas	Inspección									X								X
26 Comprobar visualmente el purificador de gas de escape	Inspección									X								X
27 Inspeccionar el sistema de refrigeración	Inspección									X								X
28 Cambiar las abrazaderas y las mangueras de goma de aire de carga / admisión	Cambiar																	X
TREN DE FUERZA																		
29 Comprobar las presiones de los neumáticos	Inspección	X		X		X		X		X		X		X		X		X
30 Comprobar el nivel de aceite en los cubos planetarios y los diferenciales	Inspección			X		X		X		X		X		X		X		X
31 Cambiar el filtro del aceite de la transmisión	Cambiar					X				X				X				X
32 Comprobar los pares de apriete de los pernos de la brida del tren motor	Inspección					X				X				X				X
33 Comprobar visualmente las fijaciones del eje.	Inspección					X				X				X				X
34 Comprobar los aprietes del eje de oscilación	Inspección					X				X				X				X
35 Comprobar los aprietes de las tuercas de fijación del eje	Inspección					X				X				X				X
36 Cambiar el filtro y el aceite de la transmisión	Cambiar									X				X				X
37 Cambio del aceite de los cubos planetarios y diferenciales	Cambiar									X				X				X
38 Medir el desgaste de los revestimientos del freno	Inspección																	X
SISTEMA HIDRÁULICO																		
39 Sustituir el filtro de retorno de barrido del freno	Cambiar			X		X		X		X		X		X		X		X
40 Cambiar el filtro de aceite de retorno de la cuchara y el sistema hidráulico de dirección	Cambiar					X				X				X				X
41 Cambiar el elemento del filtro del respiradero para el depósito hidráulico	Cambiar					X				X				X				X
42 Cambiar el elemento del filtro de aceite de alta presión del sistema hidráulico del freno	Cambiar					X				X				X				X
43 Comprobación de la presión hidráulica del sistema piloto	Controlar									X				X				X
44 Comprobación de la presión del sistema de la dirección	Inspección									X				X				X
45 Compruebe la presión de la bomba de la cuchara	Controlar									X				X				X
46 Compruebe la presión de la bomba del ventilador	Controlar									X				X				X
47 Comprobar el acumulador de presión del sistema de frenada	Controlar									X				X				X
48 Comprobar el acumulador de presión del sistema piloto	Controlar									X				X				X
49 Comprobación de los acumuladores de suspensión del brazo (opcional)	Inspección									X				X				X
SISTEMA ELÉCTRICO																		
50 Comprobar las cajas de empalmes	Inspección	X		X		X		X		X		X		X		X		X
51 Comprobar los mazos de cables	Inspección	X		X		X		X		X		X		X		X		X
52 Comprobar las baterías	Inspección	X		X		X		X		X		X		X		X		X

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 02: PROGRAMA DE INSPECCIÓN DIARIO RECOMENDADO

PROGRAMA DE INSPECCIÓN DIARIO RECOMENDADO			
		Fecha	
Tarea de Mantenimiento	Actividad	Inspección Diaria	Observación
INFORMACIÓN GENERAL			
1	Comprobación del funcionamiento correcto de todos los controles	Comprobar	X
2	Comprobar el funcionamiento del freno de servicio y del de estacionamiento	Comprobar	X
3	Compruebe el funcionamiento del sistema de dirección de emergencia (opcional).	Comprobar	X
4	comprobar el funcionamiento de la bomba de liberación del freno	Comprobar	X
5	Comprobar el funcionamiento y el estado del Interruptor de interbloqueo de la puerta	Comprobar	X
ESTRUCTURA DEL BASTIDOR			
6	Comprobar el extintor manual portátil	Comprobar	X
7	Comprobar el sistema de supresión de incendios Ansul (opcional)	Comprobar	X
8	Condición general de la estructura, choques y rajaduras resistentes.	Comprobar	X
9	Chequear condición de la cuchara.	Comprobar	X
10	Verificar condición de llantas.	Verificar	X
LUBRICACIÓN			
11	Comprobación del llenado del sistema automático de lubricación central (opcional)	Lubricar	X
12	Engrasar los pasadores del amortiguador	Lubricar	X
13	Engrase los pasadores del cilindro de elevación, los pasadores del cilindro de inclinación y los	Lubricar	X
14	pasadores del brazo de elevación usando el colector de lubricación en el bastidor delantero.	Lubricar	X
15	Engrasar los pasadores de la articulación central	Lubricar	X
16	Engrasar los pasadores del cilindro de dirección	Lubricar	X
17	Engrasar el eje de oscilación	Lubricar	X
18	Engrasar los pasadores del cilindro eyector (opcional)	Lubricar	X
19	Engrasar la junta universal del eje de la transmisión en la articulación central	Lubricar	X
GRUPO DE ACCIONAMIENTO			
20	Comprobar el equipamiento adicional del motor	Comprobar	X
21	Comprobar el aceite del motor	Comprobar	X
22	Comprobar la correa de la transmisión	Comprobar	X
23	Comprobar el estado del conjunto del filtro	Comprobar	X
24	Comprobar que las conexiones y conductos de admisión no presenten fugas	Comprobar	X
25	Comprobar el nivel de refrigerante del motor	Comprobar	X
26	Chequear fugas de aceite por empaques de carter, turbo, bomba de petróleo y otros.	Comprobar	X
27	Verificar condición de tubos, fugas de gases,	Verificar	X
28	Verificar condición de cables y conectores del alternador.	Verificar	X
29	Verificar condición de la estructura del alternador	Verificar	X
30	Verificar fugas de combustible en toda la línea. Condición de mangueras y tubos.	Verificar	X
31	Verificar nivel de combustible.	Verificar	X
32	Chequear porta-filtro de petróleo por fugas, golpes y/o roturas.	Comprobar	X
33	Revisar el indicador de servicio del filtro de aire	Comprobar	X
34	Chequear el nivel de aceite de transmisión con RPM mínimo del motor.	Comprobar	X
TREN DE FUERZA			
35	Comprobar las tuercas de la rueda y los neumáticos	Comprobar	X
36	Comprobación del nivel de aceite de transmisión	Comprobar	X
37	Verificar si existe fugas de aceite en el sistema de transmisión.	Verificar	X
38	verificar condición de estructura de convertidor.	Verificar	X
39	Verificar condición de estructura de caja.	Verificar	X
SISTEMA HIDRAULICO			
40	Compruebe el nivel de aceite hidráulico	Comprobar	X
41	Verificar estado de los vástagos y cilindros de dirección.	Verificar	X
42	Verificar estado del vástago y cilindro de volteo.	Verificar	X
43	Verificar estado de los vástagos y cilindros de levante.	Verificar	X
SISTEMA ELÉCTRICO			
44	Compruebe la parada de emergencia y sistema de parada	Inspección	X
45	Comprobar los faros	Inspección	X
46	Comprobación de las luces de alarma	Inspección	X

Fuente: Elaboración Propia