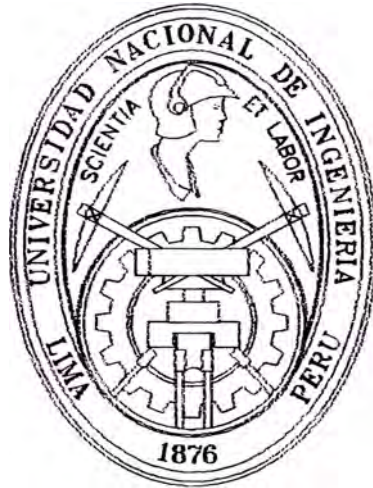


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS
EQUIPOS DE PERFORACION DE UNA MINA
SUBTERRANEA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

HERNAN ORLANDO CUPE FLORES

PROMOCION 2000-I

LIMA – PERU

2008

DEDICATORIA

*A Dios, a mis padres Epifanio y Justina,
por el esfuerzo y dedicación
incondicional, a mi Hijo Sebastián que
es el incentivo personal y mi esposa
Neissy por su amor y apoyo.*

INDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I.	4
INTRODUCCIÓN	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Objetivos	5
1.3. Alcances.....	6
1.4. Limitaciones.....	6
CAPITULO II.	7
CONCEPTOS Y DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	7
2.1 Métodos de Explotación	7
2.1.1 Método de corte y relleno ascendente.....	7
2.1.2 Método de minado por subniveles.....	8
2.2 Equipos de Perforación Subterránea	9
2.2.1 Jumbos frontonero	10
2.2.2 Jumbos de taladro largo (Long Hole)	10
2.2.3 Jumbos para sostenimiento de roca.....	11
2.3 Principales Componentes de un Jumbo	12
2.3.1 Perforadora	14

2.3.2	Brazo	14
2.3.3	Dispositivo de Avance	15
2.3.4	Sistema de Transmisión	15
2.3.5	Aceros de Perforación	16
CAPÍTULO III.		17
DIAGNOSTICO SITUACIONAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO		17
3.1	Propósito	18
3.2	Distribución del área de Mantenimiento	18
3.2.1	Personal de Equipos de Mantenimiento	19
3.3	Infraestructura del Mantenimiento	21
3.3.1	Taller de mantenimiento	21
3.3.2	Movilidad y comunicación	22
3.4	Servicio de Reparación por Empresa Especialista	22
3.5	Inventario de Equipos de Perforacion.....	23
3.6	Perfil de Evaluación de la Gestión de Mantenimiento.....	23
3.7	Condiciones de trabajo para los equipos de Perforación	26
3.8	Diagnostico de los Equipos	27
3.8.1	Fallas de los principales Sistemas	28
3.8.2	Fallas en las Perforadoras	31
3.8.3	Fallas de tipo operacional	33
3.9	Costos de Mantenimiento	34
3.10	Disponibilidad y Utilización	40
3.11	Perdidas de Producción	41

CAPÍTULO IV.	43
IMPLEMENTACION DEL AREA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACION.....	43
4.1 Aplicación de la nueva metodología.....	43
4.1.1 Criticidad de componentes	44
4.1.2 Mantenimiento Correctivo	46
4.1.2.1 Mantenimiento Correctivo No Programado.....	47
4.1.2.2 Mantenimiento Correctivo Programado.....	47
4.1.3 Mantenimiento Preventivo	47
4.1.4 Mantenimiento Predictivo	57
4.1.5 Mantenimiento Proactivo	59
4.1.6 Mantenimiento Productivo Total TPM	61
4.2 Indicadores de Mantenimiento	65
4.2.1 Índice de Disponibilidad	65
4.2.2 Frecuencia de Reparación (MTBS)	66
4.2.3 Duración de Reparación (MTTR).....	67
4.2.4 Utilización del Equipo	67
4.3 Plan de Couching	69
4.4 Normas Técnicas	70
 CAPÍTULO V.	 72
CONTROLES DE MANTENIMIENTO	72
5.1 Formatos de Control	72
5.1.1 Formato de Control - Operador	72

VI

5.1.2	Formato de Control - Mecánico y/o Electricista	73
5.1.3	Check list diario de revisión de equipo	74
5.1.4	Formato de Control – Supervisor.....	74
5.2	Alimentación de base de Datos	74
5.2.1	Reporte de Consumo de Materiales	75
5.2.2	Reporte de consumo de Lubricantes	75
5.3	Vida Útil de Componentes.....	77
CAPÍTULO VI.		78
EVALUACION DE COSTOS Y RESULTADOS ECONOMICOS		78
6.1	Resultados	78
6.1.1	Mantenimiento Correctivo	78
6.1.2	Mantenimiento Preventivo	79
6.1.3	Mantenimiento Predictivo.....	80
6.1.4	Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	81
6.2	Indicadores de Gestión	81
6.3	Resultados Económicos.....	83
CONCLUSIONES		85
BIBLIOGRAFÍA		88
ANEXOS		89

PROLOGO

En la actualidad las principales operaciones mineras en nuestro país han logrado grandes avances de la mano con la tecnología de los equipos mineros y nuestro país no ha sido la excepción.

En el mundo globalizado, la inestabilidad del precio de los metales obliga a las grandes, medianas y pequeñas empresas mineras desarrollar estrategias en busca de reducir sus costos y aumentar su productividad, disminuyendo al máximo sus gastos operativos sin ver afectado la calidad del producto, conservando el bienestar social y la preservación del medio ambiente.

A través del desarrollo de este informe de suficiencia queremos dejar explicaciones claras, tanto en conceptos fundamentales empleados, procedimientos y estrategias aplicadas desde una visión sistémica para el Servicio de Mantenimiento de los equipos de Perforación los llamados Jumbos, utilizados para la voladura primaria de un ciclo de minado subterráneo.

El trabajo se ha desarrollado en seis capítulos cuyos contenidos pasaremos a definir:

En el capítulo 1 se presenta la introducción indicando una breve reseña

Histórica de la evolución de la perforación, se señalan los objetivos: como el de optimizar la productividad y desempeño del mantenimiento de los equipos de perforación, se señalan los alcances y limitaciones que se tuvo para el análisis del estudio.

En el capítulo 2 se presenta la descripción del proceso productivo de la mina subterránea en estudio, el ciclo de minado y los diferentes métodos de explotación mecanizada con jumbos. A continuación se detalla la descripción de los diferentes equipos de perforación subterránea y su utilización como son los jumbos frontaneros, jumbos long hole y jumbos para sostenimiento de rocas, así como sus principales componentes.

En el capítulo 3 se menciona la ubicación y una breve reseña histórica de la mina en estudio, se da a conocer el diagnóstico situacional del área de mantenimiento, su propósito, se muestra la organización del área, su infraestructura, el servicio de reparación de terceros, el perfil de evaluación de la Gestión de mantenimiento, las condiciones extremas de trabajo de los equipos de perforación, y el diagnóstico de los equipos donde se mencionan las principales fallas por sistemas, al final se muestra la disponibilidad y utilización así como costos por mantenimiento y las pérdidas de producción.

En el capítulo 4 se detalla la implementación del área de servicio de mantenimiento de los equipos de perforación, la metodología del plan de mejoras empezando por los niveles de criticidad de los componentes del Jumbo, luego en los ámbitos de los

diferentes tipos de mantenimiento aplicados: correctivo, preventivo, predictivo, proactivo y TPM. Luego se mencionan los indicadores que se deben manejar como la Disponibilidad, Utilización, tiempo medio entre fallas MTBS y tiempo medio para reparar MTTR. También se habla de un plan de entrenamiento y las Normas Técnicas de referencia.

En el capítulo 5 se describe los controles, que se deben tener para un buen planeamiento de mantenimiento, se muestra los formatos de control la alimentación de datos los reportes de consumos de repuestos, materiales y accesorios de perforación.

En el capítulo 6 se muestra los resultados de mejora desde el punto de vista de mantenimiento preventivo sobre el correctivo, así como sobre la producción, también el resultado del predictivo y el TPM. Por último se ve los nuevos indicadores de gestión, y Resultados Económicos.

Y para finalizar se muestran las conclusiones finales añadiendo los anexos respectivos y glosario técnico para facilitar el uso del léxico.

El presente informe, da a conocer el plan de mejoras en las diferentes actividades de programación, control y evaluación de la gestión de mantenimiento, que permitirá garantizar la disponibilidad con calidad, productividad y bajos costos. Por lo tanto, el presente documento servirá, como una guía a los profesionales que deseen vincularse, al mantenimiento de los equipos de perforación de minería subterránea.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El desarrollo tecnológico en la perforación de roca ha experimentado un notable progreso en las últimas décadas.

Hace solo treinta años esta operación implicaba exclusivamente un trabajo de uso intensivo de mano de obra, en el cual el perforista solo disponía de maquinas manuales como la jackleg, stoper y jackhamer. Sin embargo, la necesidad de mejorar la productividad para compensar el incremento constante en los costos llevo al desarrollo de equipos mecanizados de perforación de rocas las llamadas jumbos, que en la actualidad permiten rendimientos diez veces mayores a los obtenidos con equipos manuales.

El avance tecnológico mas notable fue el desarrollo de los perforados hidráulicos a comienzos de los 70. Estos desplazaron rápidamente a las perforadoras neumáticas, hasta entonces montadas en equipos mecanizados, por las muchas ventajas que ofrecían: mayor velocidad de penetración, vida más larga para los aceros de perforación y menor consumo de energía.

A finales de los 90 se introdujo la automatización equipos RCS (Rig Control System), que dio un gran paso respecto a la capacidad de registro, facilidad de servicio y desempeño de perforación, así como la precisión de posicionamiento.

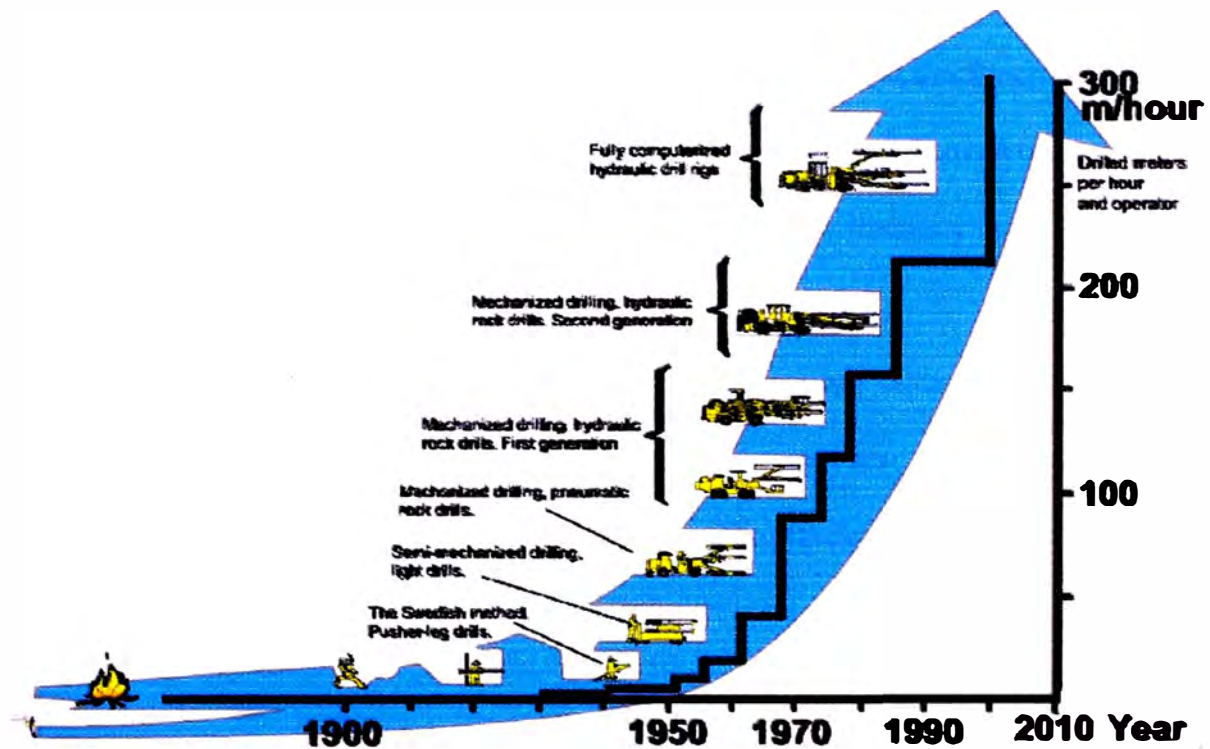


Gráfico 1.1. Desarrollo Tecnológico en la Perforación Subterránea

1.2 OBJETIVOS

Optimizar la productividad y desempeño del “mantenimiento de los equipos de perforación”, reducir costos, minimizando el tiempo improductivo por dejar de perforar y lograr la máxima confiabilidad y disponibilidad del equipo de producción de importancia fundamental.

Dar ha conocer el manejo de los equipos de perforación subterránea identificando los problemas mas comunes y diferencias significativas, en rendimientos, flexibilidad

para realizar diferentes operaciones, sobre todo en costos finales para una misma tarea.

1.3 ALCANCES

El alcance de este trabajo comprende a los equipos de perforación Electrohidráulicos de minería subterránea denominados jumbos, de las diferentes marcas que existen en el mercado, para la perforación de labores subterráneas de frentes y producción.

Con la aplicación de las mejores formuladas en el presente informe se beneficiara a las empresas mineras, que obtendrán mayores niveles de disponibilidad y confiabilidad, conservación e incremento de la vida útil de equipos, que les permite alcanzar mayor producción y alta rentabilidad.

1.4 LIMITACIONES

Para el direccionamiento del estudio solo se consideran los equipos de perforación de frentes y producción, más no los equipos de perforación para sostenimiento de roca, tampoco los equipos de perforación de chimenea “ Rais Boring ”, así como tampoco la perforación para muestreo “diamantina”

CAPITULO II

CONCEPTOS Y DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

El ciclo de explotación de la mina subterránea en estudio tiene un secuencia de minado primeramente de preparación de la labor previo desate, luego perforación con Jumbos, posteriormente se realiza el disparo o voladura, para luego previa ventilación empezar con la extracción del mineral con equipos LHD los llamados scooptram (Load, Haul, Dum: carga, transporte y descarga) y por ultimo se realiza el sostenimiento para empezar a perforar nuevamente. (Ver Grafico 2.1).

A continuación describimos los diferentes métodos de explotación de mineral mecanizados que se realiza en la mina en estudio:

2.1.1 Método de Corte y Relleno Ascendente

Este método consiste en la perforación del mineral en forma de corte horizontal luego el mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, posteriormente el volumen extraído es rellenado con material estéril para el soporte de las cajas y nuevamente alcanzar altura para empezar la perforación, este método tiene alta selectividad, baja productividad y su costo es alto.

2.1.2 Método de Minado por Subniveles

Este método es llamado también “ Sublevel stoping ”, consiste en dejar cámaras vacías después de la extracción del mineral, permite explotar mineral con mayor productividad y mayor volumen, ha un bajo costo operativo. (Ver Gráfico 2.2). Para este método de explotación se necesita contar con equipos de perforación Long Hole (Taladros largos) los cuales deben poseer altos rendimientos de perforación para obtener la producción deseada.

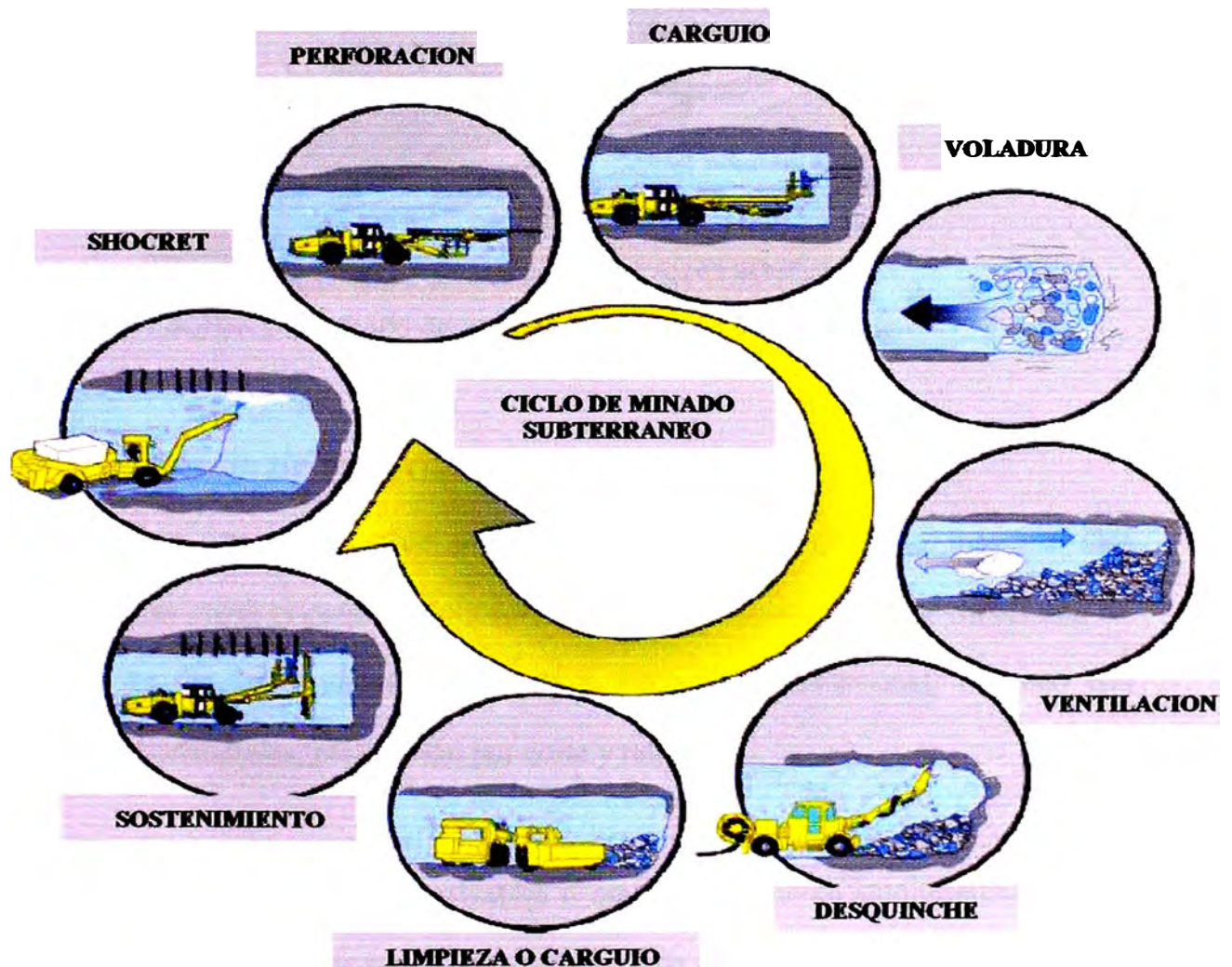


Gráfico 2.1 Ciclo de Minado en Minería Subterránea

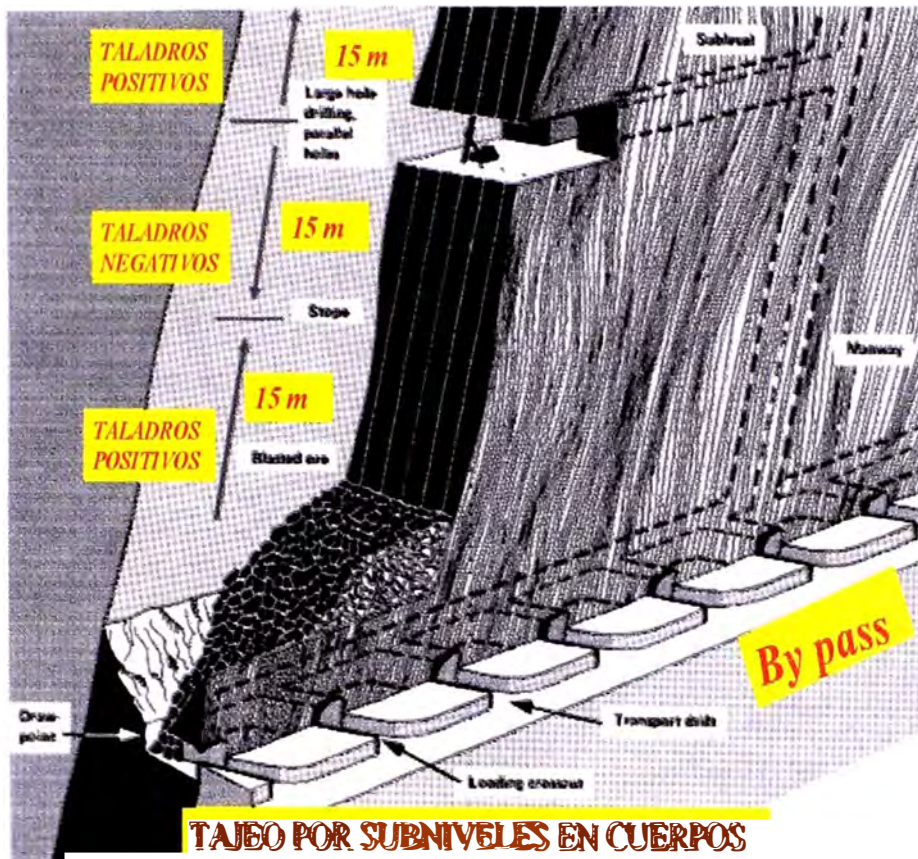


Grafico 2.2 Método de explotación por Sublevel Stopping

2.2 EQUIPOS DE PERFORACION SUBTERRANEA

Los Jumbos son unidades de perforación mecanizadas con uno más martillos perforadores cuyas principales aplicaciones en labores subterráneas se encuentran en: avance de túneles y galerías, bulonaje y perforación transversal, banqueo con barrenos horizontales, perforación por corte y relleno.

Estas maquinas pueden ser remolcables o mas habitualmente autopropulsadas. Las fuentes de energía pueden ser: diesel, eléctrica o de aire comprimido

Para un mejor conocimiento de los diferentes jumbos que se utilizan en socavón los clasificaremos en los diferentes tipos de acuerdo al tipo de trabajo que realizan:

2.2.1 Jumbo Frontonero

Son utilizados en la perforación de frentes, galerías, preparación de tajeos de producción, su perforación es normalmente horizontal, y utilizan barrenos enteros de 12 a 16 pies. (Ver Grafico 2.3).

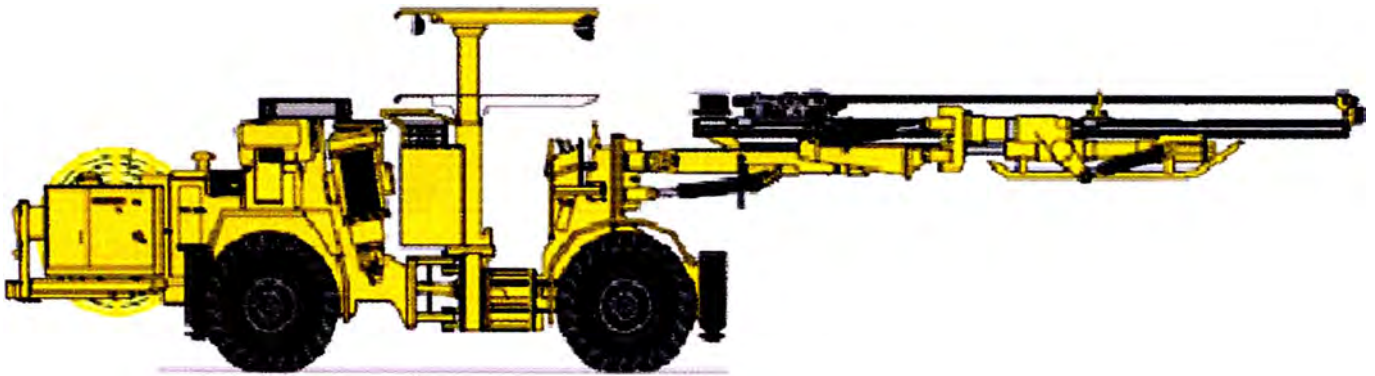


Grafico 2.3 Jumbo Frontonero Boomer 281

2.2.2 Jumbo de Taladro Largo (Long Hole)

Son utilizados exclusivamente para la perforación de tajeos de producción es decir la perforación de taladros largos de 20 a 25 mts esto en forma vertical y en abanico para mineral en cuerpos mineralizados con esto se puede romper grandes volúmenes de mineral.

Estos equipos pueden ser autopropulsados es decir poseen un motor diesel (ver Grafico 2.4) o remolcados el cual necesitan un equipo scooptram para ser trasladados, esta particularidad tienen los Jumbos Raptor que tienen un diseño especial para que puedan ser izados por las chimeneas y poder trabajar en los

tajeos cautivos es decir no pueden retirarse hasta el termino del tajeo. (Ver grafico 2.5)

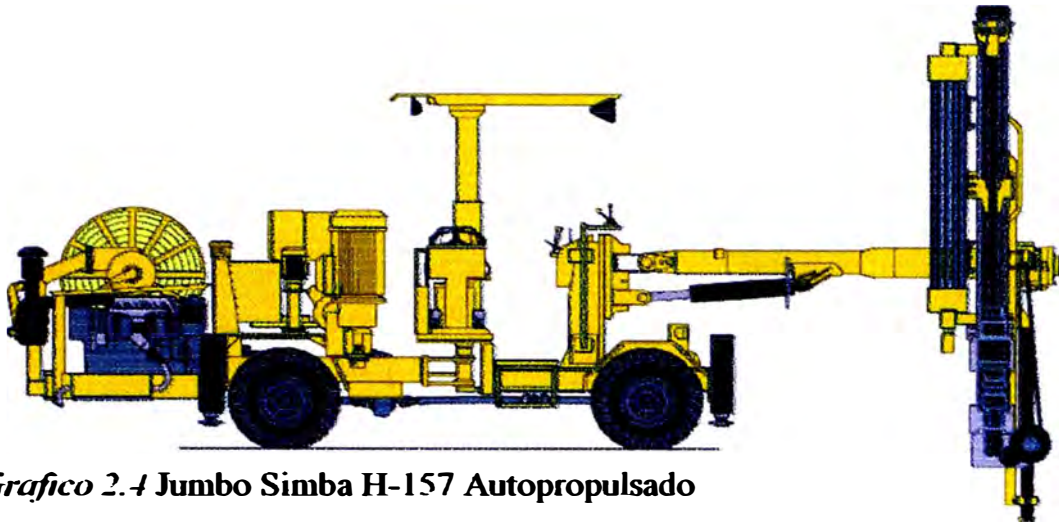


Grafico 2.4 Jumbo Simba H-157 Autopulsado

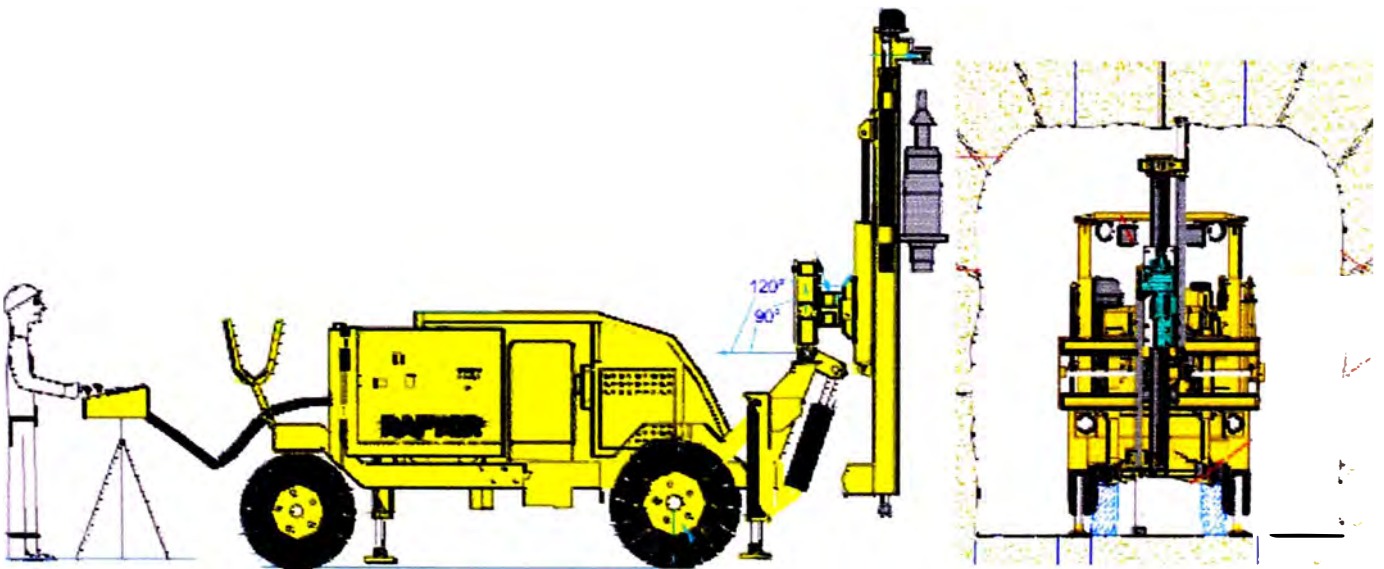


Grafico 2.5 Jumbo Raptor Remolcado

2.2.3 Jumbo para Sostenimiento de Roca

Este tipo de jumbos se utilizan en la perforación e instalación de pernos y spliset para el soporte de rocas en tajeos donde la roca es inestable. (Ver Grafico 2.6).

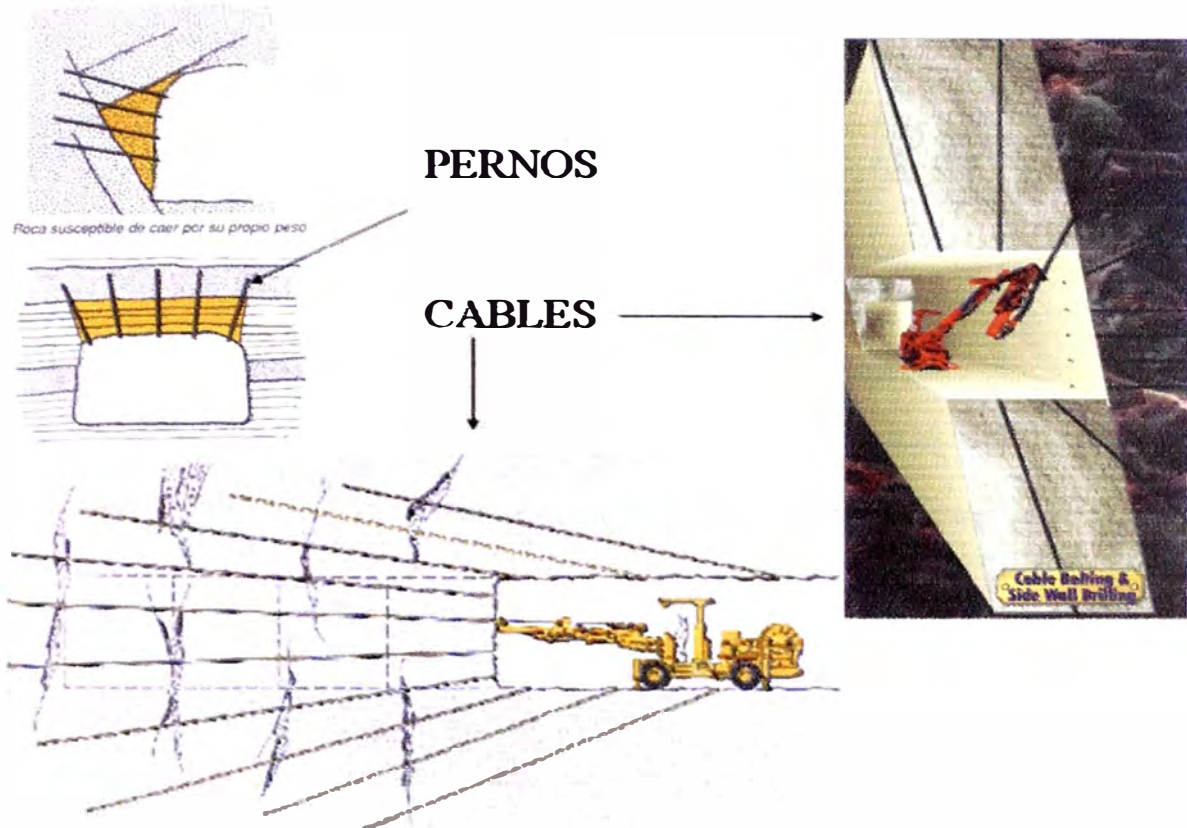


Grafico 2.6 Jumbo para Sostenimiento de Roca

2.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN JUMBO

En el Grafico 2.7 podremos apreciar las principales partes de un Jumbo Hidráulico también se muestra en la Grafica 2.8 su principio de funcionamiento.

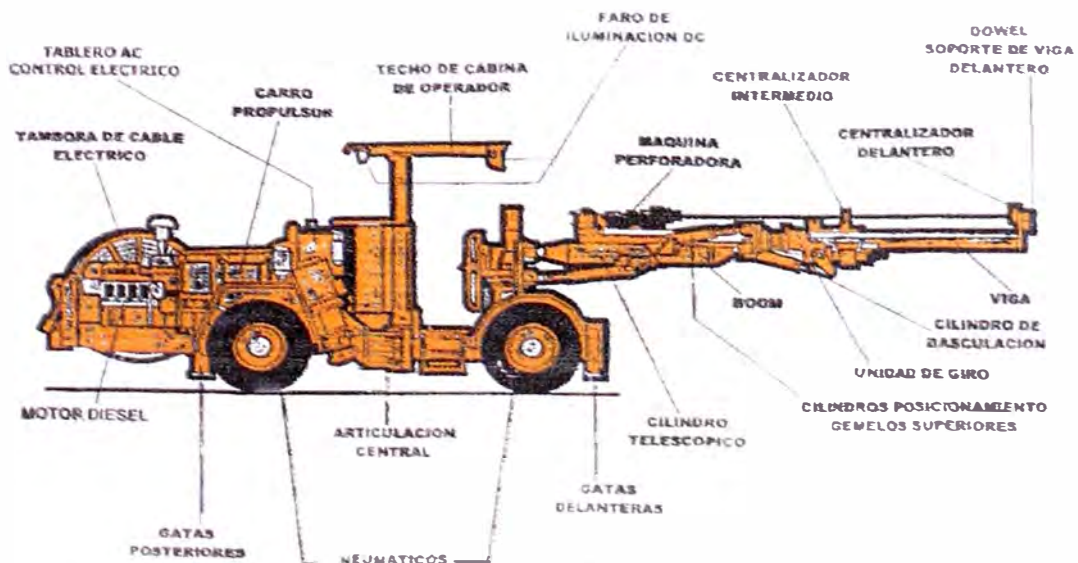


Grafico 2.7 Principales componentes de un Jumbo

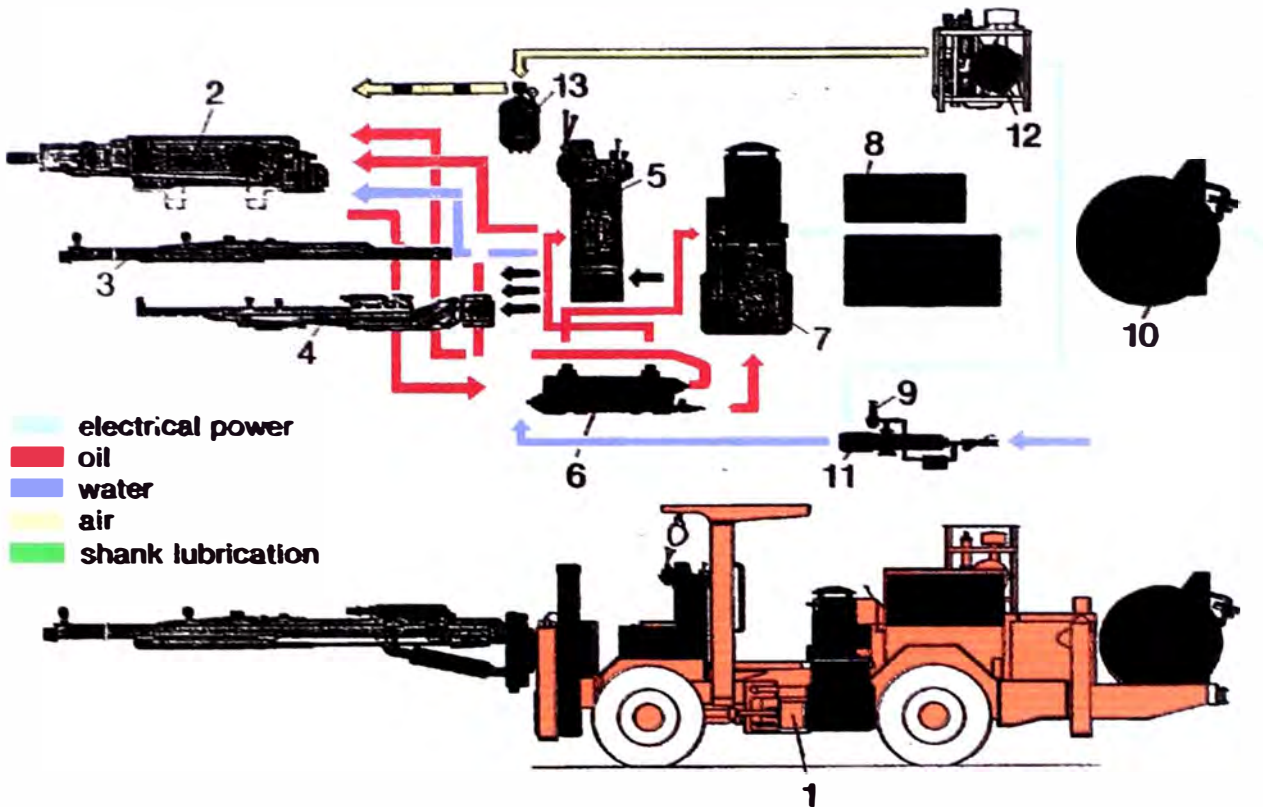


Grafico 2.8. Principios de Funcionamiento de un Jumbo

Los principales componentes del Jumbo Hidráulico son:

1. Carro (Carrier)
2. Perforadora Hidráulica
3. Viga de avance con parada y retorno automáticos.
4. Brazo con paralelismo automático.
5. Panel de Control conteniendo las válvulas para perforación y funciones automáticas.
6. Enfriador de aceite.
7. Paquete de poder Hidráulico, con el motor eléctrico acoplado a una doble o triple bomba hidráulica, alimentadas de aceite desde el tanque hidráulico. Las

bombas hidráulicas proveen la energía hidráulica necesaria para el movimiento del brazo, percusión de la perforadora, rotación y avance.

8. Caja eléctrica conteniendo el interruptor principal, el arrancador y el equipo de protección.
9. Válvula reductora de la presión de agua.
10. Tambor del cable eléctrico.
11. Bomba de agua.
12. Compresor.
13. Lubricador del aire.

2.3.1 Perforadora

Las perforadoras Hidráulicas son rotopercutivas es decir se basan en la combinación de las siguientes acciones: **Percusión**, impactos producidos por el golpeteo del pistón que originan ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje. **Rotación**, con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones. **Empuje**, para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce una energía sobre la columna de perforación. **Barrido**, el fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del barrero.

2.3.2 Brazo

Los brazos de los jumbos modernos están accionados hidráulicamente pueden clasificarse en los siguientes grupos: de giro en la base, en línea o de tipo trípode, estos últimos tienen la ventaja de permitir alcanzar una gran precisión

en el paralelismo de los barrenos que se perforan perpendicularmente al frente, el número y dimensión de los brazos está en función del avance requerido, la sección del túnel y el control de la perforación.

2.3.3 Dispositivo de Avance

Las deslizaderas o dispositivos de avance pueden ser de dos tipos: de cadena, el cual posee un motor neumático o hidráulico que a través de un piñón arrastra la mesa de la perforadora sobre la deslizadera.

Deslizadera de cable consta de un perfil hueco de extrusión sobre el que se desliza la perforadora. Un pistón se desplaza en su interior unido por ambos extremos a un cable que sale por los extremos a través de unos cierres.

2.3.4 Sistema de Transmisión

Los Jumbos autopropulsados poseen un motor diesel que mediante un sistema hidrostática de Bomba y motor hidráulico y a través de un sistema cardánico llega a los mandos finales para transmitir el torque a las ruedas para el desplazamiento.

En el caso de los Jumbos remolcados no tienen motor diesel, su unidad de potencia principal es un motor Eléctrico, que por medio de motores hidráulicos en las ruedas permiten desplazarse distancias cortas solamente para el posicionamiento de la perforación, para el traslado a otras labores tiene que ser remolcado con un equipo scooptram.

2.3.5 Aceros de Perforación

Existen diversas combinaciones de accesorios, para realizar un trabajo de perforación específico, los factores que se consideran son: diámetro de las barras y longitudes, estructura, resistencia y abrasividad de las rocas, tamaño y potencia de la perforadora. La columna de perforación esta constituida generalmente los siguientes elementos: Adaptadores de Culata (1), barras de extensión (2), y brocas. Ver Grafico 2.9.

Los requisitos generales que deben reunir los aceros usados como herramientas de perforación de roca son: Alta resistencia a la fatiga, alta resistencia a la flexión y alta resistencia al desgaste en las roscas y culatas.

• COLUMNA SP T38 + BROCA HD

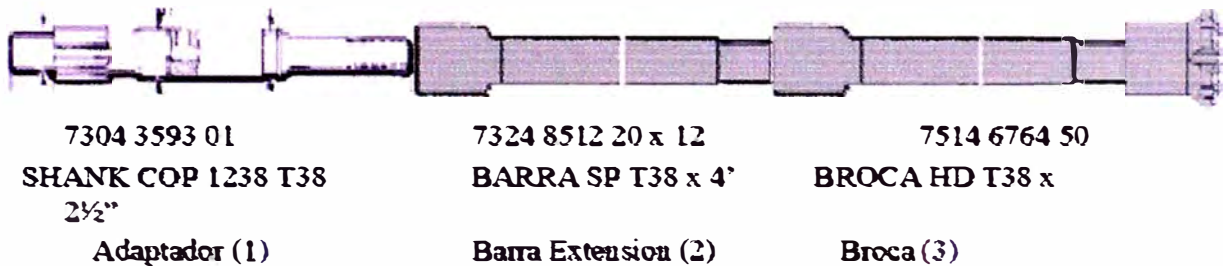


Grafico 2.9 Columna de Aceros de Perforación

CAPITULO III

DIAGNOSTICO SITUACIONAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO

La unidad minera en estudio se encuentra ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochiri, departamento de Lima, a una altura promedio de 4250 m.s.n.m. La producción de la Mina es de zinc, plomo, plata y cantidades menores de cobre, sus inicios data de la época colonial. Desde entonces ha pasado por diferentes empresas concesionarias, una de ellas fue la Empresa Estatal Centromin Perú la cual desarrollo una mina convencional y semi mecanizada incrementando la producción hasta 64,000 Tn/mes.

En la actualidad forma parte de un grupo transnacional, el cual implemento modernas tecnologías, métodos operacionales y un sistema de seguridad NOSA con un programa de control ambiental basado en la norma internacional (ISO 14001) logrando convertirla en una Mina totalmente mecanizada incrementando la producción a 110,000 Tn/mes. Para hacer referencia en nuestro análisis de estudio la llamaremos Empresa Minera.

En el Anexo N°1 se muestra la distribución de los diferentes Niveles de Extracción con los que cuenta la Unidad Minera para tener una mejor panorama.

Comenzaremos nuestro diagnóstico mencionando como se manejaba el área de mantenimiento de los equipos de perforación 02 años atrás, antes de la nueva gestión actual.

3.1 PROPÓSITO

El propósito fundamental es identificar como está organizado el área de mantenimiento con respecto a los equipos de perforación, y los procesos involucrados; con el fin de proponer mejoras de cambio y una nueva gestión eficiente y eficaz desde un enfoque técnico económico además de tener una visión sistémica que involucra responsabilidad social, Medio ambiente, Seguridad y Calidad.

Para el diagnóstico se toma como información la data de los memos de mantenimiento registrados, políticas institucionales, documentos de programas, bases de datos e indicadores.

3.2 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento para el cumplimiento de sus funciones principales como administración de energía, mantenimiento de equipos mina (scooptrams y jumbos), mantenimiento y operación de compresoras y subestaciones e instalaciones eléctricas en general, cuenta una estructura funcional y adopta un organigrama, que comprende dos sub-áreas simétricas, mecánica y eléctrica, con sus respectivos líderes y personal técnico, en quienes descansa la responsabilidad del área Ver Grafico 3.1.

Este organigrama también incluye a la supervisión y personal de las dos empresas de servicios, tanto de los equipos de acarreo y equipos de Perforación y convencionales, con cantidades que tienden a incrementarse por la diseminación de los tajos de producción, para incrementar la producción a un promedio de 120, ton/mes el cual era el objetivo para el año siguiente.

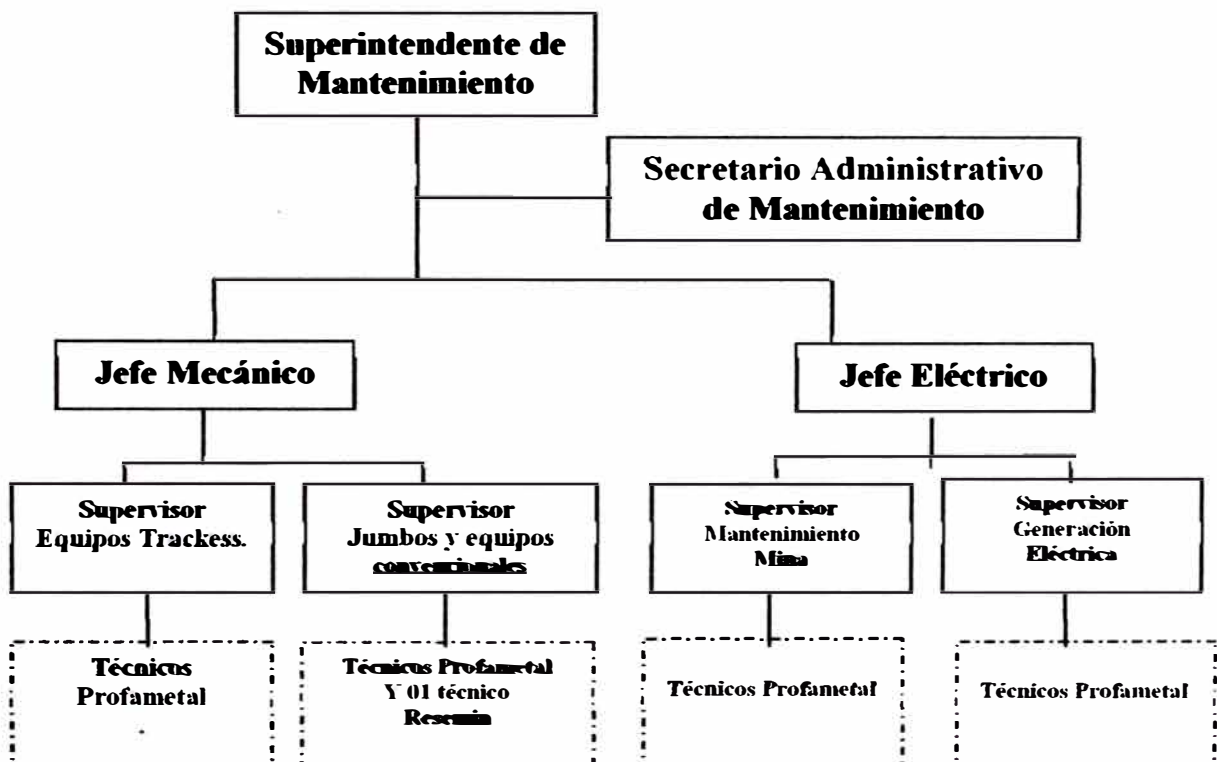


Grafico 3.1 Organigrama Resumido del área de Mantenimiento

3.2.1 Personal de Equipo de Mantenimiento

El personal de mantenimiento encargado de los equipos de perforación para cumplir con sus funciones estaba formado de la siguiente manera:

- 01 Jefe supervisor de Equipos
- 01 Mecánico de reparación de Componentes
- 01 Mecánico para la sección I (Zona alta de la Mina)

- 01 Mecánico para la sección II (Zona intermedia de la Mina)
- 01 Mecánico para la sección IV (Zona Baja de la Mina)
- 01 Mecánico para la sección V (Zona Baja de la Mina)
- 02 Mecánicos de reparación de maquinas neumáticas manuales.
(jackles y Stoper).

Como se muestra el área de mantenimiento de jumbos cuenta con 08 técnicos incluida la supervisión. En la tabla 3.1 se detalla los sueldos, jornales y la tarifa hora – hombre que es de US \$ 11 Hora-hombre.

Ítem	Personal	Cant	Sueldo Mensual	Jornal Horario	Tarifa Horas	Tarifa Horas
	(Jornada 12 hrs.)		S/.	S/. Hrs.	S/ Hr.	US\$/Hr
1	Jefe de perforación	1	2500	10.42	35.42	11.06
2	Mecánico de Componentes E.E. Resemin	1	2400	10	34	10.62
3	Mecánico de Gdía	4	2300	9.58	35.57	11.11
4	Mecánico de maquinas convencionales	2	2100	8.75	29.75	9.29
	Total de trabajadores excluidas la supervisión	8	2325	9.69	33.68	11

Tabla 3.1 Personal del Área de mantenimiento de equipos de perforación.

La tarifa de mantenimiento que se muestra en la tabla 3.2 incluye factores que se aplican al costo de mano de obra directa, como supervisor y administración 33% beneficios sociales 25%, implementos de seguridad 26%, movilidad y transportes 35%, refrigerios 30% seguros y riesgos 60%, instrumentaciones 80% del promedio salarial, con una tasa de cambio de 3,2 S/. /US \$ para los cálculos de costo.

Descripción	Asig.	Valor	3.2	Tarifa
	%	S/.	US \$	US \$ / Hr.
Salario Básico	100 %	72	22.5	2.81
Beneficios Sociales	25 %	18	5.63	0.70
Implementos de Seguridad	26 %	18.72	5.85	0.73
Supervisión y Administración	38 %	27.36	8.55	1.07
Movilización y Transporte	35 %	25.2	7.88	0.99
Refrigerios	30 %	21.6	6.75	0.84
Seguros alto riesgo	60 %	43.2	13.5	1.69
Instrumentaciones	80 %	57.6	18	2.25
Costo indirecto mano de obra	204 %	283,68	88.65	11.00

Tabla 3.2 Tarifa de Mano de Obra Mantenimiento.

3.3 INFRAESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

A raíz de la falta de un taller de reparaciones tanto para los equipos de carguio, como para los Equipos de Perforación la Empresa Minera implemento Talleres de Mantenimiento en Interior Mina en 03 Niveles principales de la Mina para de esta manera poder realizar un mejor mantenimiento del Equipo.

3.3.1 Taller de Mantenimiento

Los talleres en interior mina cuentan cada uno con lo siguiente una sección de Lavado con rampa para inspección , una sección de lubricación y área para los trabajos preventivos y correctivos, un detalle importante que se observa en este tipo de talleres es que no cuentan con un sistema de ventilación que pueda extraer el monóxido de los equipos como consecuencia no se puede realizar una buen trabajo de inspección y mantenimiento por la

contaminación del ambiente. En el caso de las Perforadoras Hidráulicas no se cuenta con un banco de pruebas hidráulicas, ni las herramientas especiales para la reparación de estos.

3.3.2 Movilidad y Comunicación

La demora en la respuesta de reparación a las constantes paradas en los equipos es también una deficiencia grande puesto que el personal de Mantenimiento no cuenta con una movilidad propia para el transporte de materiales y equipos, sabiendo además que las labores donde trabaja el Jumbo son alejadas y muchas de ellas mantienen a los Equipos cautivos, sobre todo los Jumbos Raptor que trabajan en Subniveles.

3.4 SERVICIO DE REPARACIÓN POR EMPRESA ESPECIALISTA

La reparación de perforadoras componente principal del Jumbo la realiza un personal destacado en la Unidad de la E.E RESEMIN, quien tiene la obligación de brindar la asistencia técnica para mantener los equipos, pero muchas veces esta no se cumple por la falta de compromiso y la tendencia a vender sus repuestos mas que la responsabilidad por los Equipos, por otra parte a falta de Personal calificado se envía los componentes para reparación a los Talleres en Lima de Empresas Especialistas como Atlas Copco o Sandvick, el resultado de esto es que el equipo queda parado hasta que se termine el servicio de Reparación. Aquí definitivamente entra a tallar la parte logística de la Empresa, que muchas veces por demasiado tramite hace que este servicio involucre mucho tiempo a parte del costo de transporte y envío de los repuestos.

3.5 INVENTARIO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN

La distribución de equipos considerados en el estudio se muestra en la Tabla 3.3 como se puede apreciar claramente el 100% de la flota de Jumbos son equipos electro hidráulicos de los cuales el 50% son jumbos autopropulsados y el resto son remolcables es decir para su transporte a otra labor es necesario remolcarlos con equipos LHD.

Nº	MONBRE	MARCA	MODELO	SERIE	AÑO	HRS ACUMULADAS TOTAL OPERACIÓN
1	JUMBO AUTO.	ATLAS COPCO	SIMBA H157	AV097A139/8991	1998	16600
2	JUMBO AUTO.	ATLAS COPCO	SIMBA H157	AV097A199/8990	1998	9650
3	JUMBO AUTO.	TAMROCK	QUASIMBA		1997	12000
4	JUMBO AUTO.	ATLAS COPCO	BOOMER 126XN	7295086	1999	8000
5	JUMBO REMOL.	RESEMIN	RAPTOR	JMC 002	2002	9000
6	JUMBO REMOL.	RESEMIN	RAPTOR JUNIOR	JMC 113	2004	6500
7	JUMBO REMOL.	RESEMIN	RAPTOR MINI	JMC 120	2005	3500
8	JUMBO REMOL.	RESEMIN	RAPTOR MINI	JMC 121	2005	4600

Tabla 3.3 Inventario de Equipos de Perforación.

3.6 PERFIL DE EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Primeramente debemos señalar, que la gestión de mantenimiento mina paso de gestionar una mina convencional, y semi mecanizada es decir con equipos neumáticos, (palas cabo, winchas de arrastre neumáticas, etc.) a una mina totalmente

mecanizada, por exigencias de la producción en el cual el diagnóstico situacional de la conducción del mantenimiento determinó el siguiente perfil de gestión

- Falta de liderazgo en la ejecución de los servicios programados de mantenimiento de los equipos de perforación, dejando esta función al supervisor del área, el cual no cuenta con un apoyo técnico especialista de personal, ni material para ejecutar las tareas de mantenimiento.
- El área de mantenimiento no cuenta con un departamento de planeamiento, el control de horas acumulados de los equipos y cambio de componentes lo registra cada supervisor y el historial de equipo se registra informalmente.
- Existe una mala distribución de personal de mecánico para el mantenimiento de Jumbos, dicho personal no cumple con cubrir los turnos de trabajo para atender las reparaciones de los equipos para conocimiento solo trabajan 1er turno y el 2do turno lo cubre el mecánico de Equipos LHD.
- Por la falta de planeamiento solo existe en su mayor parte mantenimiento correctivo y el preventivo se cumple solo en un 40% ya que esta decisión muchas veces se deja a operaciones mina, el que actúa en función a sus metas de producción, dejando y postergando los servicios de mantenimiento programados, esto se refleja en los altos costos por reparaciones y paradas de equipo.
- El servicio técnico especializado lo da la empresa RESEMIN S.A con 01 personal mecánico destacado el cual no tiene responsabilidad con toda la flota de jumbos y solo se encarga en realizar reparaciones mayores y cambio de

componentes principales, muchas veces de montos elevados, por falta de supervisión especializada.

- El personal mecánico que brinda servicio de mantenimiento no cuenta con una capacitación adecuada, es decir no son especialistas en equipos de perforación muchos de ellos son mecánicos de equipos LHD.
- No existe una política de capacitación en cuanto a los operadores de los equipos, muchos de las fallas y reparaciones mecánicas se debe a una mala operación del equipo. Falta de conocimiento de tareas básicas de mantenimiento para un buen mantenimiento y cuidado del equipo.
- Existe mucha demora en el apoyo logístico de suministro de materiales y/o repuestos, entrega de repuestos fuera del tiempo programado. Los materiales, componentes y repuestos muchas veces son de baja calidad, en función a precios y no a la fiabilidad que asegure una determinada vida útil.
- No hay indicadores de gestión más que la disponibilidad que se considera debe ser mayor o igual al 85%, en la mayoría de los casos es menor por la frecuencia de los correctivos.
- El personal no esta involucrado con la gestión de seguridad y medio ambiente, centrándose mas en la operación del día a día y no el los análisis de actitudes y condiciones sub estándares como potenciales de accidentes.
- Se logro la certificación NOSA cuatro estrellas en el periodo 2003-2004 con el objetivo de lograr ventajas en la venta de sus productos, por exigencia de las competencias internacionales por los altos precios.

3.7 CONDICIONES DE TRABAJO PARA LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

La mina en estudio tiene una particularidad especial puesto que posee diferentes climas, desde el Nivel 3800 m.n.s.m que es el nivel mas bajo donde la temperatura llega a 40°C hasta el Nivel mas Alto 4980 m.n.s.m donde la Temperatura llega a – 15°C bajo cero, muchas de estas condiciones hacen que los equipos estén expuestos a las máximas exigencias. Por otro lado por su antigüedad de explotación su diseño de minado esta basado para una minería convencional, es decir explotación con equipos manuales neumáticas y semi- mecanizados, recién cuando empieza con la empresa privada se rediseña un nuevo planeamiento de minado para la explotación mecanizada. Cabe señalar que la mina en estudio es una mina netamente de recuperación de Mineral diseminado, es decir se explotan tajeos de mineral ya trabajos para recuperar el mineral sobrante, pero a gran volumen, esto se realiza con la perforación de taladros largos.

Es por estas circunstancias que la mina se caracteriza por

- No existe un buen diseño de acceso a las galerías de explotación, (camino y campos), por lo que muchas veces se improvisa los requerimientos para los equipos de perforación baja tensión de energía 440v, baja presión de agua para el barrido, además de alta contaminación a no tener pozos de filtrado de agua, presión de aire muy baja para el barrido de detritus en la perforación negativa.

- Las gradientes de las vías de acceso están sobre el 15% sobre exigen al motor, sistema de transmisión y llantas mantenimientos, en el nivel superior de ranjo de temperaturas y desgaste prematuros.
- Los labores en interior mina son de ventilación deficiente, se mantiene un ambiente contaminados, manejando la visibilidad, condición insegura y saturación prematura de los filtros de aire, por la recirculación de los gases de escape de los equipos de acarreo que realizan la limpieza.
- Debido a la mala ventilación de las labores se generan altas temperaturas de hasta 30 a 40 °C, el cual hace que el rendimiento del operador y el mecánico disminuya, así como se exige al máximo el equipo.
- Existen zonas en donde la Temperatura del ambiente llega a -20°C bajo cero donde es necesario purgar toda la línea de barrido de agua para evitar congelamiento, en el caso del motor diesel es necesario usar éter para el arranque con esto se daña los componentes como las culatas y cilindros.
- Por la naturaleza del ambiente de trabajo de los jumbos, es bastante húmedo con bastante fluctuaciones de agua de alto grado se corrosión así como la contaminación de material abrasivo que se adhiere al equipo, dificultando las tareas de mantenimiento, todo esto hace que la vida útil de componentes del equipo disminuya considerablemente.

3.8 DIAGNOSTICO DE LOS EQUIPOS

Para mostrar la situación de los equipos antes de la nueva gestión, y analizar los tipos de fallas en los diferentes sistemas su incidencia en los costos de mantenimiento y producción detallamos los siguientes cuadros de Pareto y cuadros estadísticos, esta

data fue tomada de los reportes de mantenimiento, (Ver Anexo 4) rellenos por los técnicos de mantenimiento en las actividades de su quehacer diario, esto es trabajos en su mayoría correctivos y preventivos, indicando fecha, equipo, horometro, horas de parada mecánica, horas de parada operativa por falta de operador o servicios de agua, electricidad, aire, traslado, instalaciones de labor, etc. que paralizan el equipo estando disponible .

Además se registran datos de materiales y repuestos utilizados en las diferentes reparaciones cabe resaltar que esta data no esta completa al 100% pues muchas veces no se registraron las reparaciones por lo que se tuvo que realizar aproximaciones de costo.

3.8.1 Fallas de los principales Sistemas

A continuación mostramos las fallas mas frecuentes de un Jumbo autopropulsado Simba H-157 en un mes dado Noviembre 05 esto del reporte diario Anexo 2. Ver Tabla 3.4 y Grafico 3.2 :

Fallas Mecánicas	Por Sistema	Hrs. Parada	%
Soldadura de protector	Chasis	3,00	3,66
No tiene fuerza motor diesel	Motor Diesel	4,00	4,88
Manguera Hidráulica	Manguera Hidráulica	8,60	10,50
No hay lubricación	Compresora	2,00	8,06
Reparación de compresora	Compresora	4,60	
Perforadora	Perforadora	24,50	32,36
Perno de Brida	Perforadora	2,00	
Cambio de rodamiento de cadena	Sistema de Avance	4,50	14,90
Cambio de sproket de cadena	Sistema de Avance	4,50	
Rotura de cadena	Sistema de Avance	2,20	
Rotura de cadena	Sistema de Avance	1,00	
Cambio de cable cola	Sistema Eléctrico	5,00	9,77
Cambio de contactor	Sistema Eléctrico	1,00	
Empalme de cable cola	Sistema Eléctrico	1,00	
Reparación de tablero Eléctrico	Sistema Eléctrico	1,00	
Ajuste de Mordaza	Sistema Hidráulico	0,50	15,87
Cambio de Válvula doble check	Sistema Hidráulico	2,00	
Fuga de Aceite	Sistema Hidráulico	3,00	
Fuga por block de Mandos	Sistema Hidráulico	3,50	
Mordaza	Sistema Hidráulico	4,00	
	TOTAL	81,90	100,00

Tabla 3.4 Fallas por Sistemas Jumbo Simba H-157 Noviembre 05

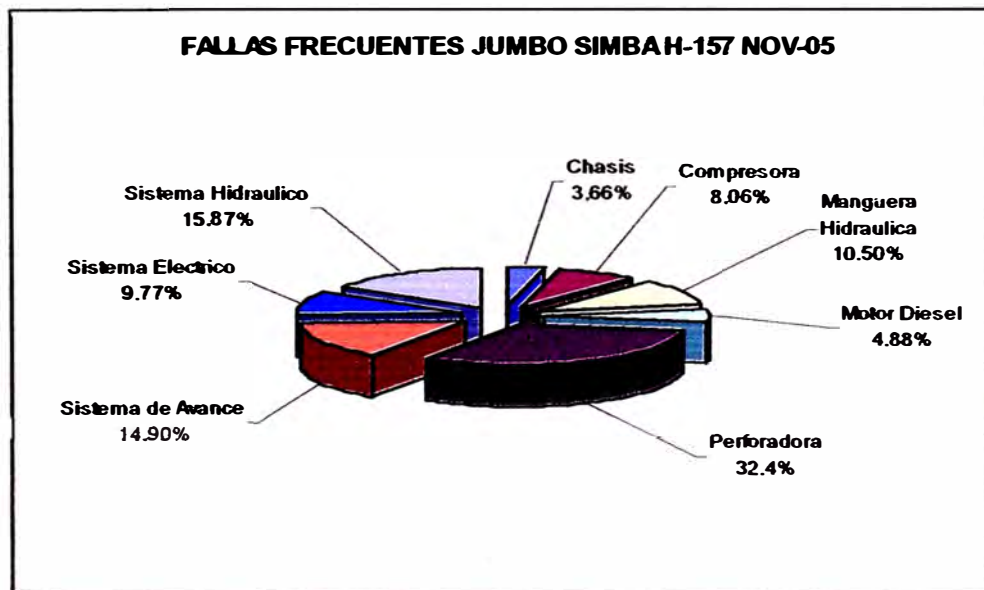


Grafico 3.2 Porcentaje de Fallas por Sistemas Jumbo Simba H-157

Podemos observar que la Perforadora Hidráulica es el componente que sufre la mayor cantidad de horas de parada (32,4 %) como se sabe en este tipo de equipos es el componente que genera la energía de impacto para la perforación y esta es bastante exigida en la perforación de taladros largos.

El sistema hidráulico (15,87 %) es el segundo sistema de mayor cantidad de reparaciones por cuanto el equipo es netamente electro hidráulico y hay constantes fallas en las válvulas, bombas y cilindros hidráulicos.

En tercer lugar esta la frecuencia de fallas del Sistema de avance (14,9 %) aquí se consideran los rodamientos de cilindros, la cadena, las deslizaderas, los sprocket de avance y los elementos templadores. Estos son bastantes exigidos sobretodos en la perforación de taladros negativos.

El otro rubro de importancia es el sistema eléctrico (10,50 %) esto principalmente por el ambiente húmedo al que esta expuesto el equipo se sabe que el Jumbo trabaja con un sistema de barrido de agua para el detritus, esto genera frecuentes fallas de contactores, relay, cableado eléctrico, etc.

Las mangueras hidráulicas (10,50 %) es también una frecuencia de fallas importante esto principalmente por rotura debido a rozamiento o duración, para esto es necesario utilizar mangueras de alta presión hidráulica.

En la compresora (8,06 %) aquí esta incluido el sistema de lubricación la bomba y accesorios que constantemente se revisa para una buena lubricación de la perforadora. En el motor diesel (4,88 %) la frecuencia de fallas es baja

ya que el equipo utiliza este sistema solo para el traslado y posicionamiento. Y por ultimo el chasis (3,66 %) las fallas comunes son : reparaciones de soldadura de pines y bocinas de las articulaciones del brazo.

Para un Jumbo remolcado, en este caso los llamados Raptor la frecuencia de fallas están casi en la misma proporción por sistemas, con la diferencia notable que ya no existe el sistema de motor diesel. Lo que se genera en este tipo de equipo es un incremento de fallas en la parte eléctrica al ser este netamente electro hidráulico. (Ver Grafico 3.3)

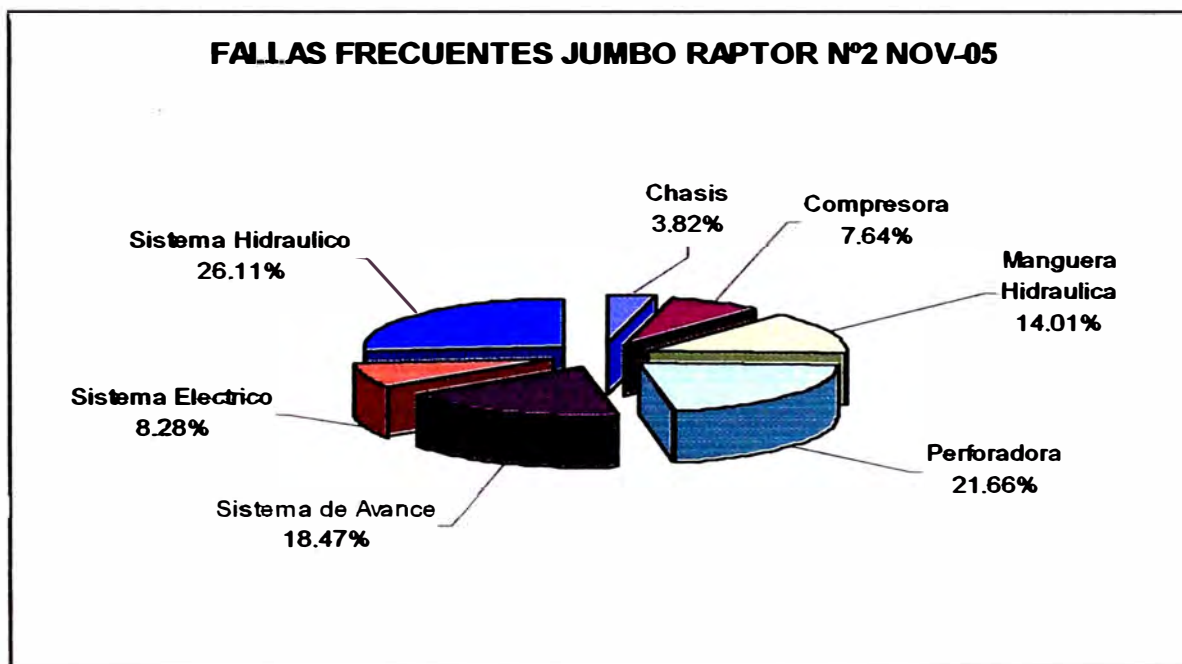


Grafico 3.3 Porcentaje de Fallas por Sistemas Jumbo Remolcado Raptor

3.8.2 Fallas en las Perforadoras

Las perforadoras hidráulicas que utilizan la flota de jumbos en estudio se muestran en la Tabla 3.5 estas tienen características técnicas especiales que se

muestran en el Anexo 3. A continuación se detallan las fallas mas frecuentes de los componentes principales como son :

- El cabezal o cuerpo delantero constantemente sufre fuga de agua por desgaste de los sellos o desgaste de la bocina de fricción.
- La caja de engranajes que transfiere la rotación sufre roturas por una mala calibración, desgaste del rodamiento o la falta de engrase.
- Los acumuladores al sufrir descarga de presión de Nitrógeno (120 bar.) ocasionan que se produzca excesiva vibración ocasionando roturas de mangueras y que se aflojen los pernos laterales.
- El pistón de percusión es el elemento de mayor costo en la perforadora, la rotura de este es básicamente por un mal ajuste de los pernos laterales, o un excesivo desgaste, así como un desgaste de las bocinas de alineamiento, este componente al romperse raya las paredes internas de la perforadora reduciendo su vida útil.
- El casquillo de buje de rotación es otro componente que se tiene que revisar periódicamente su rotura puede romper el pistón.
- Los pernos lateral y central sufren roturas por un mal ajuste para esto se tiene que utilizar un torquímetro.

En el anexo N°3 se muestran detalles con fotografías de las fallas mas comunes que se presentan en estos componentes.

Nº	Marca	Potencia (Kw)	Modelo	Nº Serie	Año	Hrs. Acumuladas Percusión	Equipo
1	ATLAS COPCO	10	COP 1032	AVO 05D824B	2004	6.444	RAPTOR MIN N°1
2	ATLAS COPCO	10	COP 1032	AVO 05D825B	2003	8.580	RAPTOR MIN N°2
3	ATLAS COPCO	12	COP 1238	AVO 04D126	2002	10.930	BOOMER
4	MONTABERT	12	HC-50	170752	2005	620	RAPTOR JUNIOR
5	MONTABERT	12	HC-50	170836	2005	941	RAPTOR N°2
6	ATLAS COPCO	12	COP 1238	AVO 03D055	2002	10.420	SIMBA N°1
7	ATLAS COPCO	12	COP 1238	AVO 03D054	2003	8.690	QUASIMBA
8	ATLAS COPCO	12	COP 1238	AVO 04D056	2003	9.320	SIMBA N°2

Tabla 3.5 Inventario de Perforadoras Hidráulicas.

3.8.3 Fallas de Tipo Operacional

Las fallas de tipo operacional involucran directamente a los operadores, estos no están capacitados para el óptimo funcionamiento del Equipo ya que hay constantes paradas por :

- Mala maniobra al momento de perforar malogrando componentes del equipo (choque del brazo, rotura de vástagos de cilindro por excesivo peso, etc.).
- Recalentamiento excesivo de la perforadora al tratar de recuperar la columna de barras esto trae como resultado deterioro de componentes del sistema hidráulico.

Falta de conocimiento del mantenimiento del equipo en cuanto a sus rutinas básicas para mantenerlo.

3.9 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Se ha realizado un análisis de costos separado por sistemas principales del equipo, en base a los reportes registrados de un mes en la cual se ha separado la flota en equipos autopropulsados y los remolcados, estos costos se han hecho tomando como datos el costo anual registrado en el Anexo N°4, en el cual se muestran los costos separados por los siguientes rubros : Repuestos, Mano de Obra y consumibles (Filtros, llantas, cable cola, petróleo, aceites y grasas), estos datos nos servirán para realizar la comparación con los resultados de una nueva gestión.

En la tabla 3.6. y el Grafico 3.4 se muestra los costos de mantenimiento por sistemas principales de la flota de Jumbos autopropulsados este análisis se realiza para un mes del año, aquí se puede mostrar claramente que el costo por mantenimiento correctivo son altos (U\$) 37997,9 en total y el costo por mantenimiento preventivo es bajo (U\$) 946,3 esto nos muestra claramente que prácticamente no hay preventivo y que solo se repara cuando la maquina se malogra es decir solo se actúa como bomberos apagando el fuego, y no eliminando la raíz del problema, esto definitivamente involucra que los costos cada vez aumenten.

De la misma manera en la Tabla 3.7 y Grafico 3.6 se muestra los costos de mantenimiento involucrados por la flota de Jumbos remolcados, estos costos son lógicamente menores en comparación con los anteriores, el motivo es que como ya

se explico anteriormente estos equipos no poseen un sistema de tracción diesel ni tampoco un brazo de posicionamiento, por lo tanto se genera un costo por mantenimiento correctivo de (US\$) 22183,90 y por mantenimiento Preventivo de (US\$) 584,00 .

Tabla 3.6 Costos de mantenimiento y Perdidas de Produccion Nov-05

COSTOS DE MANTENIMIENTO JUMBOS AUTOPROPULSADOS NOV-05											
Nº	SISTEMAS	TIEMPO REPAR.	TIEMPO Progr. MATTO.	MANO DE OBRA	MATER. REPTOS.	CONSUMIBLES	COSTO MANTTO		RENDIMIENTO	PERDIDAS PRODUCCION	
		(Hrs.)	(Hrs.)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	CORRECTIVO	PREVENTIVO	(Mts./Hr)	(US\$/TON.)	
							(US\$)	MAN. OBRA			
1	CHASIS	12		132	1324,87		1456,87		14	8300	
2	COMPRESORA	26,4		290	2914,71		3205,11		14	13860	
3	MANG. HIDRAULICA	34,4		378	3797,96		4176,36	480,30	14	18060	
4	MOT. DIESEL	16		176	1786,49		1942,49	REPUESTOS	14	8400	
5	PERFORADORA	72		792	7949,22		8741,22		14	37800	
6	SIST. AVANCE	42		462	4637,04		5099,04		14	22050	
7	SIST. ELECTRICO	36		396	3974,61		4370,61		14	18900	
8	SIST. HIDRAULICO	52		572	5741,10		6313,10	466,00	14	27300	
TOTAL		290,6	10,7	3198,6	32108,0	1748,8	37051,6	946,3	14,0	152670,0	
TOTAL (US\$)							37997,9				

Grafico 3.4 Costos (US\$) de Mantenimiento Jumbos Autopropulsados por Sistemas Nov-05

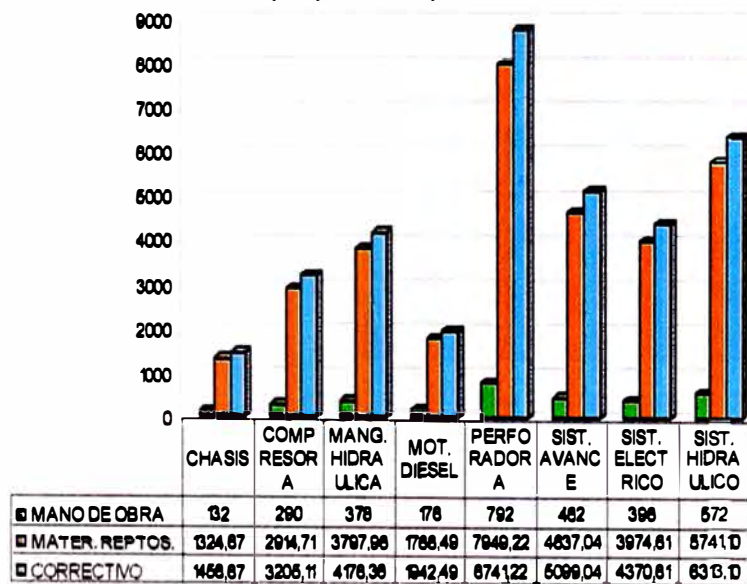


Grafico 3.5 Costos de Mantenimiento y Perdidas de Produccion Jumbos Autopropulsados Nov -05

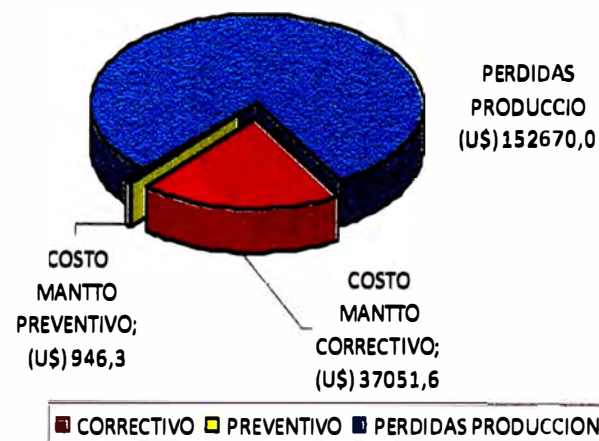


Tabla 3.7 Costos de mantenimiento y Perdidas de Produccion Nov-05

COSTOS DE MANTENIMIENTO JUMBOS REMOLCADOS NOV-05										
N°	SISTEMAS	TIEMPO DE REPARACION (Hrs.)	TIEMPO DE PROGR. (Hrs.)	MANO DE OBRA (US\$)	MATERIALES REPUESTOS (US\$)	CONSUMIBLES (US\$)	COSTO MANTENIMIENTO		RENDIMIENTO (Mts./Hr)	PERDIDAS (US\$/TON.)
							CORRECTIVO (US\$)	PREVENTIVO MAN. OBRA		
1	CHASIS	12		132	841,41		973,41		12	5400
2	COMPRESORA	20		220	1402,35		1622,35		12	9000
3	MANG. HIDRAULICA	44		484	3085,17		3589,17	347,00	12	19800
4	PERFORADORA	82		882	4347,28		5029,28	REPUESTOS	12	27900
5	SIST. AVANCE	48		528	3385,64		3893,64		12	21600
8	SIST. ELECTRICO	28		288	1823,05		2109,05		12	11700
7	SIST. HIDRAULICO	51	12	561	3575,99		4136,99	237,00	12	22950
	TOTAL	283		2893	18440,90	850,00	22183,90	584,00	12	118350
TOTAL (US\$)							22767,9			

Grafico 3.6 Costos (US\$) de Mantenimiento Jumbos Remolcados por Sistemas Nov-05

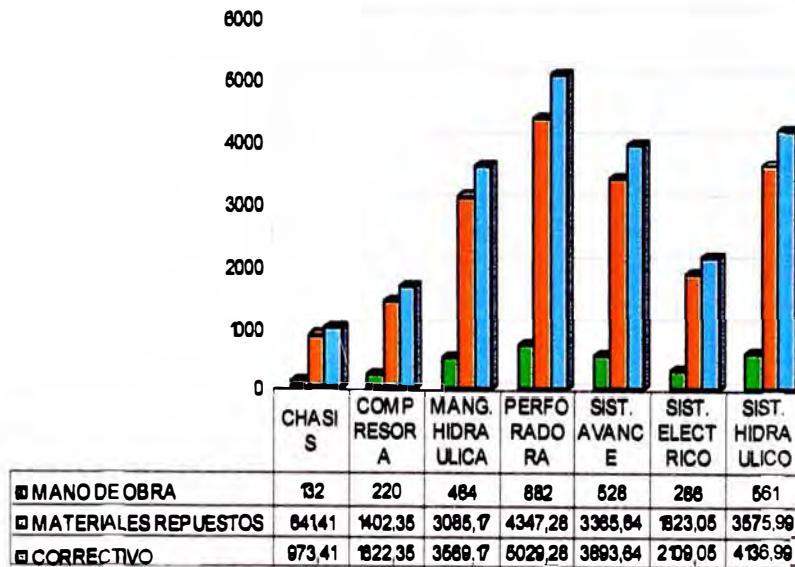
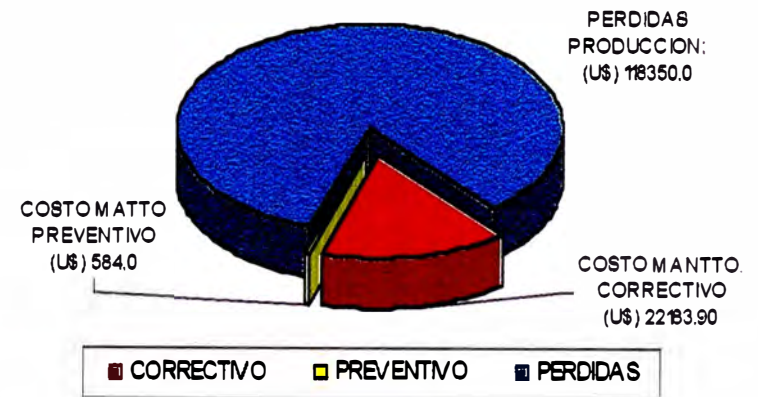


Grafico 3.7 Costos de Mantenimiento y Perdidas de Produccion Jumbos Remolcados Nov -05



En base a este análisis se muestra los costos por mantenimiento durante el año 2005 de toda la flota en el cual se muestran los costos por repuestos, mano de obra y consumibles. (Ver Grafico 3.8)

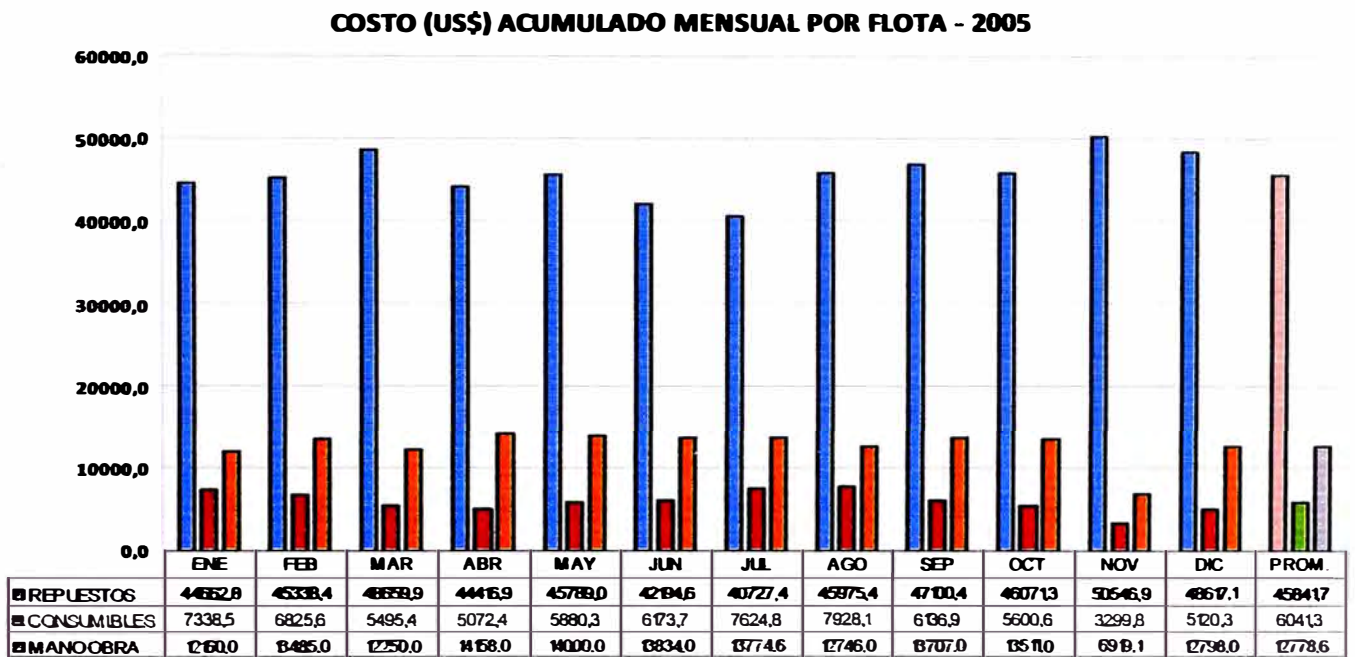


Grafico 3.8. Costos de Mantenimiento por Rubro

Del Anexo N°4 y del análisis anterior por flota mostrados podemos realizar un resumen de los costos involucrados por tipo de mantenimiento Correctivo y Preventivo (Ver Grafico 3.9) aquí podemos ver que el costo por correctivo van en crecimiento y el costo por mantenimiento preventivo es mínimo.

COSTO (US\$) DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO POR FLOTA - 2005

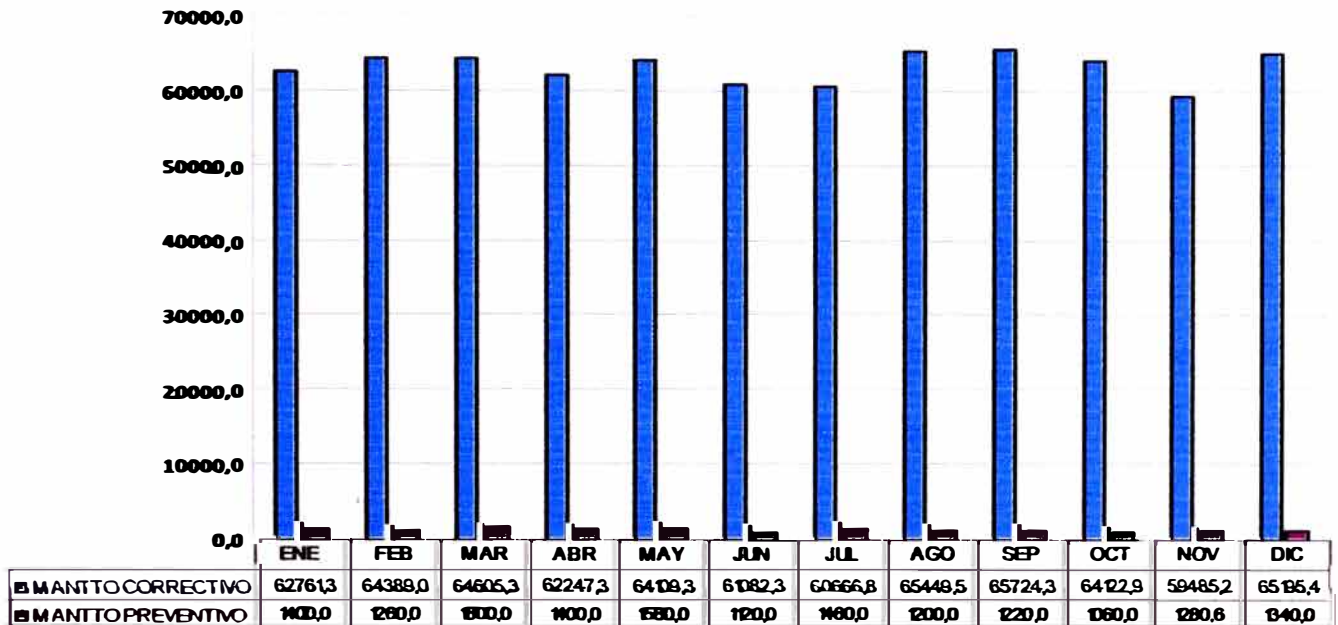


Grafico 3.9. Costos de Mantenimiento Preventivo y Correctivo por Mes 2005

De los costos por mantenimiento involucrados se muestran también lo que se gasta en mantenimiento promedio por un equipo Jumbo autopropulsado y remolcado (Ver Tabla 3.8), esto nos va a servir para analizar otras propuestas de servicio de mantenimiento en el cual se puedan bajar dichos costos.

JUMBOS	COSTO (US\$)	COSTO	COSTO
AUTOPROPULSADO	TOTAL	ANUAL (US\$)	PROMEDIO
	4 JUMBOS / AÑO		MENSUAL/JUMBO
REPUESTOS	343405,5	85851,4	7154,3
CONSUMIBLES	44667,4	11166,9	930,6
MANO DE OBRA	77947,1	19486,8	1623,9
		COSTO (US\$) / JUMBO	9708,7
JUMBOS	COSTO (US\$)	COSTO	COSTO
REMOLCADO	TOTAL	ANUAL (US\$)	PROMEDIO
	4 JUMBOS / AÑO		MENSUAL/JUMBO
REPUESTOS	206694,6	51673,7	4306,1
CONSUMIBLES	27828,6	6957,2	579,8
MANO DE OBRA	75395,6	18848,9	1570,7
		COSTO (US\$) / JUMBO	6456,6

Tabla 3.8 Costo Promedio por Jumbo Long Hole

3.10 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN

Analizando los **índices** de Gestión que resultan de los datos registrados en el periodo 2005 vemos en el Grafico 3.10 que la disponibilidad está por debajo de lo programado un promedio de 80,7 % esto debido al exceso de horas de parada, la utilización en un 60 % promedio muy por debajo del programado que es el 80% esto principalmente debido a que el equipo en las horas disponibles no es utilizado eficientemente esto depende de un buen planeamiento por parte de operaciones mina operativas, (falta de operador, falta de condiciones de la labor, falta de servicios, etc).

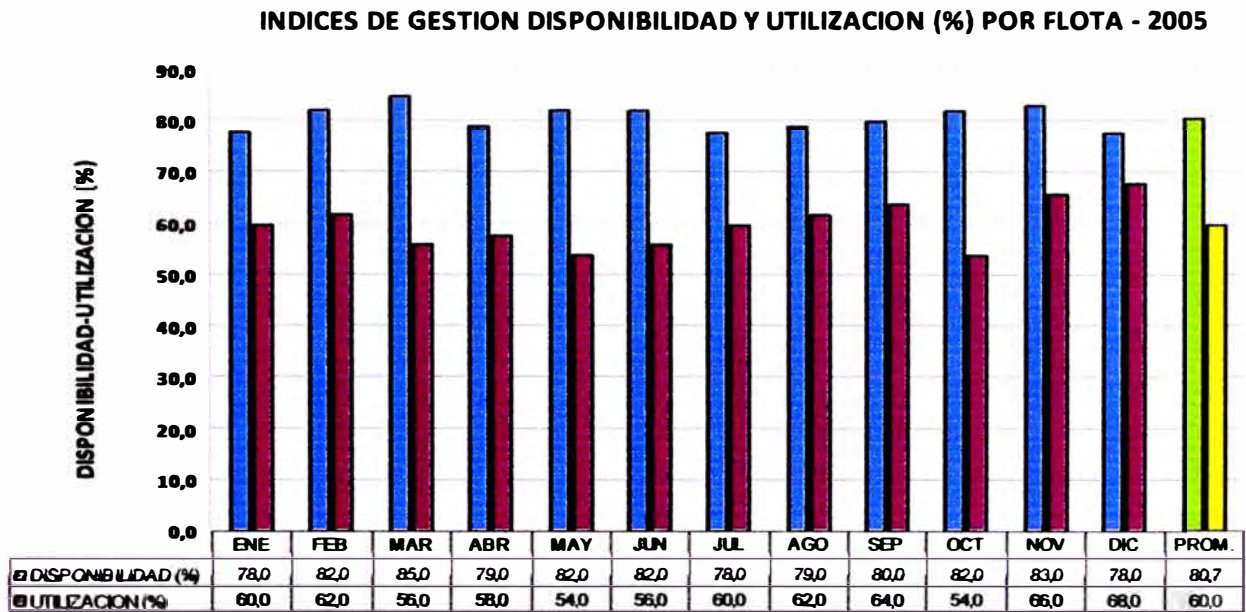


Grafico 3.10. Disponibilidad y Utilización de la Flota 2005

3.11 PERDIDAS DE PRODUCCIÓN

Las pérdidas de producción generalmente no se registran por no haber claridad en el cálculo de ellas, sin embargo estos son costos ocultos que se reflejan en las toneladas dejadas de producir por dejar de perforar, es decir cuando hay constantes paradas de equipo por fallas tanto mecánicas como operativas. En las Tablas 3.6 y 3.7 se muestra el cálculo de estas pérdidas de Tonelaje dejado de producir por no perforar (aproximadamente es 2,5 Ton x metro) esto multiplicado por el rendimiento y el costo de tonelada de mineral que es de 15 US\$/Ton nos da el costo real de la pérdida en Dólares esto se muestra en las Gráficas 3.5 y 3.7.

En base a esto se realiza el cálculo de pérdidas en producción o lucro cesante por mes durante todo el año por dejar de perforar.

Para tener una visión mas clara de los gastos incurridos frente a los costos de mantenimiento de las perdidas ocultas se muestra el grafico 3.11.

**COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PREVENTIVO Y PERDIDAS DE PRODUCCION
2005 (US\$)**

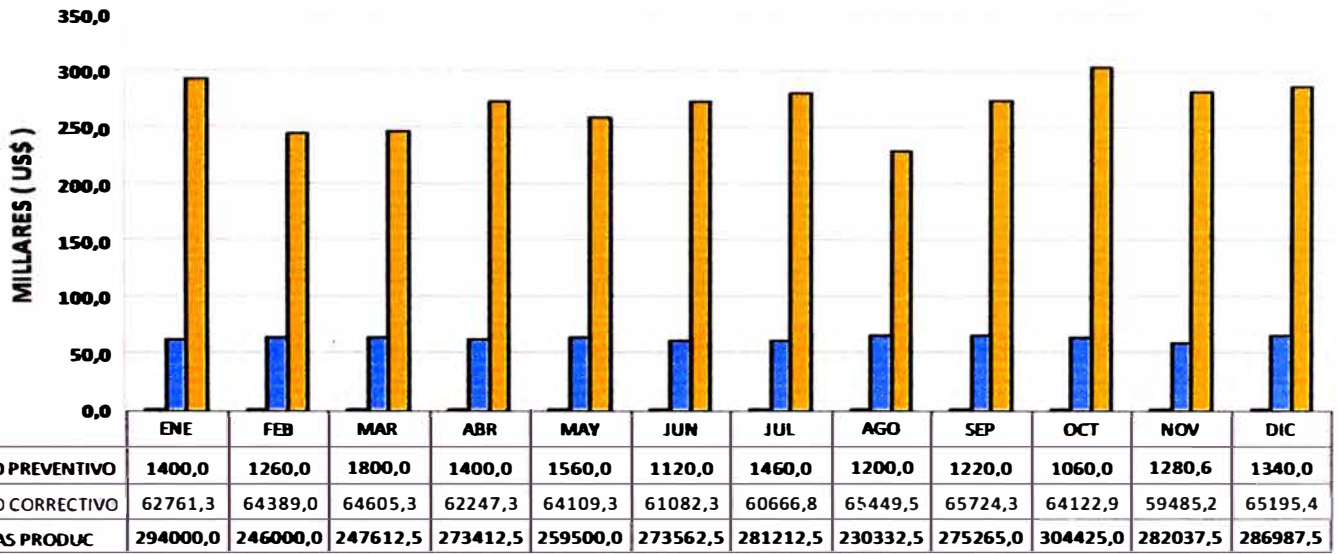


Grafico 3.11 Perdidas de Producción y Costo de Mantenimiento

CAPITULO IV

IMPLEMENTACION DEL AREA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACION

A raíz de las constantes pérdidas de producción por la frecuencia de paradas de los Equipos y los altos costos por mantenimiento que estos generan a la Empresa Minera esta decide realizar un contrato por Servicio de Mantenimiento a todo costo con un tercero en este caso una Empresa Especialista en este Rubro, que en adelante llamaremos E.E , esto con el objetivo principal de reducir los altos costos por mantenimiento e incrementar la productividad, ya que en los años siguientes se planeo incrementar la producción a 120 ton/mes. Los detalles Generales del Contrato se describen en el Anexo N°6 a continuación detallamos como se implanto el nuevo sistema de mantenimiento.

4.1 APLICACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA

Con la anterior Gestión la empresa recurría constantemente al mantenimiento correctivo, ya que el mantenimiento preventivo no se llevaba con regularidad, debido a la falta de personal especializado, equipos y a una verdadera planificación del área , con la nueva E.E se implanta un sistema de Mantenimiento Planificado que se realiza en periodos establecidos sobre los equipos y sus componentes, para realizar estas acciones se debe contar con datos estadísticos, registro de fallas, historial de equipos,

evaluación de los Índices de mantenimiento, calculo de parámetros empleando modelos matemáticos y análisis de costos. El objetivo principal de esto es reducir al máximo el mantenimiento correctivo, para esto se piensa en los tipos de mantenimiento como son el mantenimiento Preventivo, Correctivo Programado, Predictivo y el TPM tipos de mantenimiento que se tienen que llevar a cabo, teniendo presente siempre que la política de trabajo de la Empresa, involucra la producción, el mantenimiento y la seguridad.

4.1.1 Criticidad de Componentes

Para implementar el plan de mejora primeramente se realizo un análisis de criticidad de los equipos por componentes ya que todos los Jumbos son equipos de alta prioridad en el ciclo de minado, se realizo un seguimiento a cada Equipo clasificando las fallas mas frecuentes de acuerdo a datos estadísticos, y se clasifíco por nivel de criticidad: A, B y C. Siendo A muy critico, B medio critico y C menos Critico. Según estos niveles se les prestaran mayor atención a las fallas mas criticas, sin descuidar a estas últimas.

- **Nivel de criticidad A**

Son absolutamente necesarios para garantizar la continuidad de los trabajos. Son componentes que no deben fallar para no paralizar el proceso de producción. Por ejemplo tenemos la Perforadora Hidráulica, La bomba Hidráulica, el Sistema eléctrico.

- **Nivel de criticidad B**

No dejan de ser necesarios pero algunos de ellos pueden ser reemplazados cubiertos temporalmente mientras se aplica el mantenimiento correctivo. En este nivel medio crítico se encuentra el sistema de Avance de perforación, el sistema de lubricación , sistema de movimiento de brazo o corredera en los Raptor.

- **Nivel de criticidad C**

No son esenciales porque son reemplazables, en este nivel menos crítico se encuentran algunas válvulas hidráulicas, los neumáticos, luces de trabajo, sellos de agua de la perforadora.

En la Tabla 4.1 se muestra la identificación de los diferentes sistemas y su nivel de criticidad.

Tabla 4.1 Nivel de Criticidad Por Sistemas y componentes del Jumbo

N°	SISTEMA	CRITICIDAD
1	Perforadora Hidráulica	A
2	Sistema de Perforación DCS12	A
3	Sistema Hidráulico	A
4	Sistema de Transmisión Hidrostático	A
5	Motor Diesel	A
6	Circuito de Barrido de Agua	A
7	Circuito de Barrido de Aire	B
8	Brazo o Boom	B
9	Corredera de Desplazamiento	A
10	Unidades de Rotación del Brazo	A
11	Sistema de Frenos	A
12	Chasis	C
13	Sistema de Avance	B
14	Tambora de Enrollamiento de Cable	C
15	Sistema de Arranque	B
16	Sistema de Parada de Emergencia	A
17	Chasis	C
18	Sistema de Lubricación	B
19	Mando a Distancia MR12	B
20	Sistema Eléctrico	A
21	Neumáticos	C
22	Sensor de Temperatura	B
23	Sensor de Nivel de Aceite	B

4.1.2 Mantenimiento Correctivo

Son aquellos trabajos que son reportados por el operador , después que el equipo ha sufrido una avería es decir recuperar el estado operativo de la máquina o equipo cuando ya ha ocurrido la falla.

Estas medidas correctivas pueden ser afectadas a solicitud del departamento operativo, por el coordinador de la zona o por el inspector responsable, se esta pensando minimizar este tipo de mantenimiento al máximo con las

inspecciones rutinarias y de esta manera no afectar demasiado el costo del “lucro cesante”. Existen dos tipos de mantenimiento correctivo que se manejan.

4.1.2.1 Mantenimiento Correctivo No Programado

Cuando el problema en el equipo se ha presentado, o se desconoce las causas para intervenir.

4.1.2.2 Mantenimiento Correctivo Programado

Cuando se requiere intervenir un equipo, ante la inminencia de que se produzca una falla, para la cual se estima los recursos que se utilizaran, el proceso de ejecución es similar al del mantenimiento Preventivo.

4.1.3 Mantenimiento Preventivo

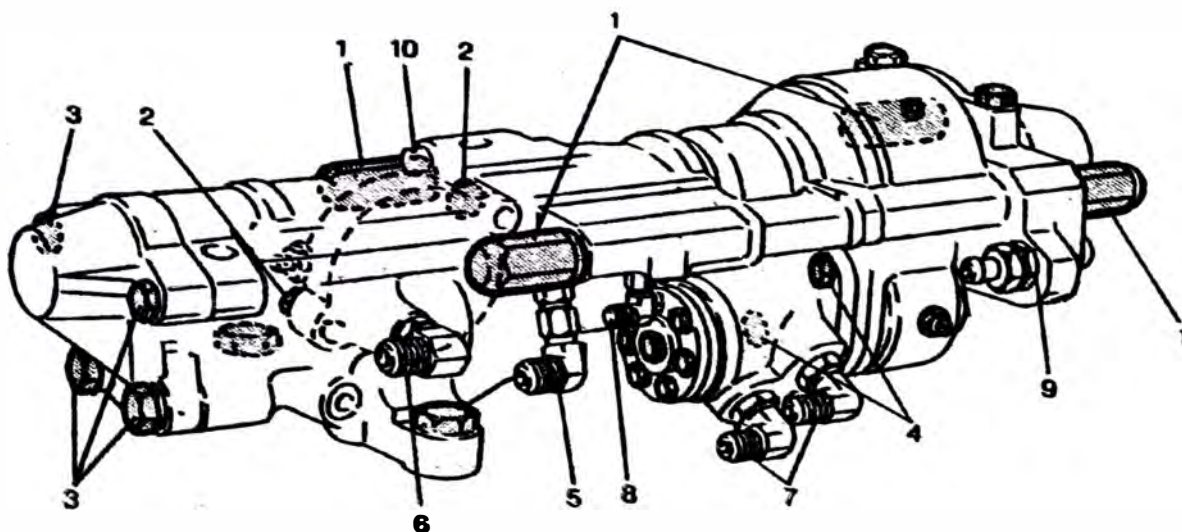
Este tipo de mantenimiento surge por necesidad de minimizar el correctivo y sus complicaciones, se pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y renovación de elementos dañados, si a la primera y segunda no se realizan, la tercera es inevitable.

Básicamente consiste en programar revisiones, en base al conocimiento, experiencia e históricos de los equipos, que ayudará en gran medida a controlarlos, mediante acciones necesarias, lubricación y limpieza fundamentalmente. Su cuidado periódico demanda un estudio óptimo de conservación para una aplicación eficaz de calidad y a la mejora continua.

Una reducción del correctivo representa reducción de costos de producción y aumento de disponibilidad, esto posibilita planear las tareas de mantenimiento y previsión de recambios. Representa una inversión inicial en Taller y mano de obra que deben ser técnicos especializados. Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin las mejoras sustanciales en la disponibilidad. Los trabajos rutinarios al prolongarse generan falta de motivación en el personal, debiendo crearse sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo de satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios es indispensable para su éxito.

Para adoptar el criterio preventivo, es necesario entender el funcionamiento de los sistemas a cabalidad, para aplicar las medidas preventivas, antes que ocurra la falla, por ejemplo si se tratase de una perforadora hidráulica, como se indica en el Gráfico 4.1. Es necesario conocer los pares de apriete que deben tener los pernos que unen las diferentes partes de la perforadora, así como los límites de desgaste permisible de los principales componentes

Grafico 4.2



<i>Núm. en la Fig.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cant.</i>	<i>Par de apriete</i>	
			<i>Nm</i>	<i>Kgm</i>
1	Tuerca del perno lateral	4	300	30
2	Tornillo del acumulador	2	220	22
3	Tornillo del cuerpo trasero	4	220	22
4	Tuerca del motor hidráulico	2	110	11
5	Boquilla de entrada del mecanismo de percusión	1	180	18
6	Boquilla de salida del mecanismo de percusión	1	180	18
7	Boquilla del motor hidráulico	2	180	18
8	Boquilla del aire de lubricación	1	120	12
9	Boquilla del barrido	1	300	30
10	Tapón regulador	1	50	5

Grafico 4.1 Pares de Apriete Perforadora COP 1032

Limites del desgaste

1. Diámetro máx. : 46 mm
2. Desgaste máx. : 1 mm
3. La mitad de la anchura del flanco.

4. Daños por corrosión o grietas o similares
5. Sustituir las juntas si los labios están dañados o desgastados
6. Desgaste máx.: 1 mm
7. Examinar la superficie de percusión. Pulido máx.: 0.5 mm
8. Sustituir el adaptador de culata si la rosca esta inutilizable por el desgaste, o si la superficie de percusión esta aplastada o astillada.

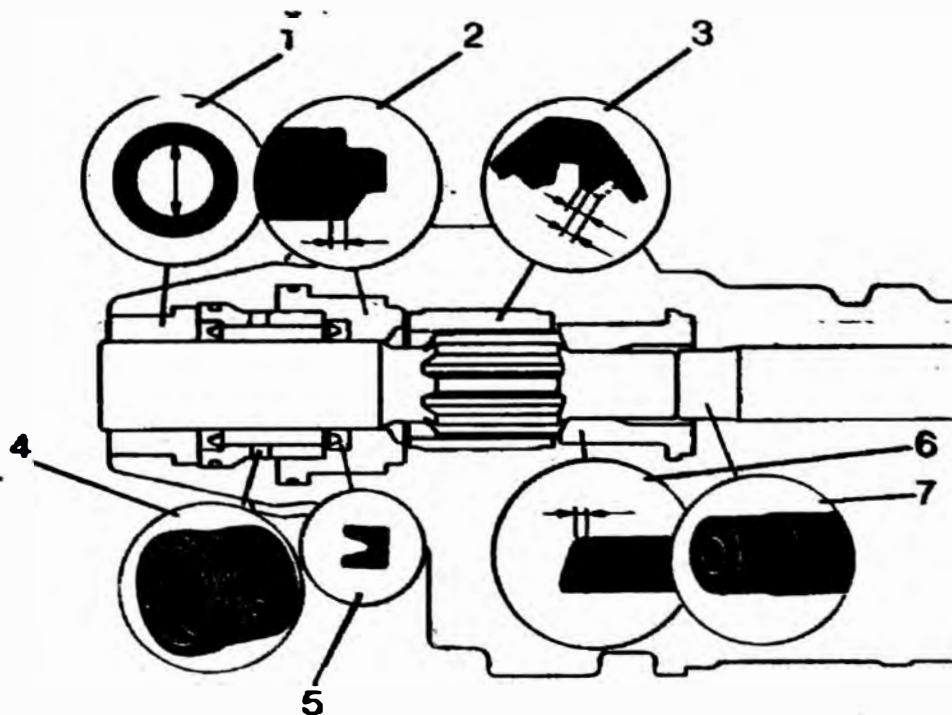


Grafico 4.2 Limites de Desgaste de Componentes Perforadora COP 1032

Estas informaciones ayudarán a confeccionar una cartilla de Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se detallarán las tareas que deberán atenderse, de acuerdo a las frecuencias de intervención recomendadas por los fabricantes de equipos como de lubricantes y componentes, que constituyen el sistema, además de experiencias propias ganadas en ellos.

Antes de realizar nuestras cartillas de mantenimiento primeramente definiremos algunos términos que se deben tener en cuenta para determinar la frecuencia el mantenimiento Preventivo de un Jumbo.

- **Contador** : Es un valor que debe cuantificar el trabajo del equipo, en el caso de un Jumbo tenemos 03 tipos de contadores : Horas de trabajo de Motor diesel, Horas de trabajo del Motor Eléctrico y Horas de Percusión de la Perforadora, los cuales se registran en cada equipo en los horómetros.
- **Frecuencia** : Se determina la frecuencia de mantenimiento para cada componente principal del equipo, según las recomendaciones de los fabricantes y/o la experiencia del pool de técnicos mecánicos.
- **Intervalos de Mantenimiento** : Los intervalos se deben llevar a cabo, por vencimiento del contador (horas trabajadas, horas de percusión), que son determinados por la frecuencia o ciclos de intervención.

En el Grafico 4.3 se muestra la distribución, de los servicios programados con la frecuencia de 250 horas, dentro de un espectro de 1,000 horas, a partir del cual será repetitivo hasta el cumplimiento de su vida útil, que dependerá del tipo de equipo, por ejemplo, para los Jumbos se estima en 12,000 horas y para los Perforadoras hidráulicas 10,000 horas de percusión.

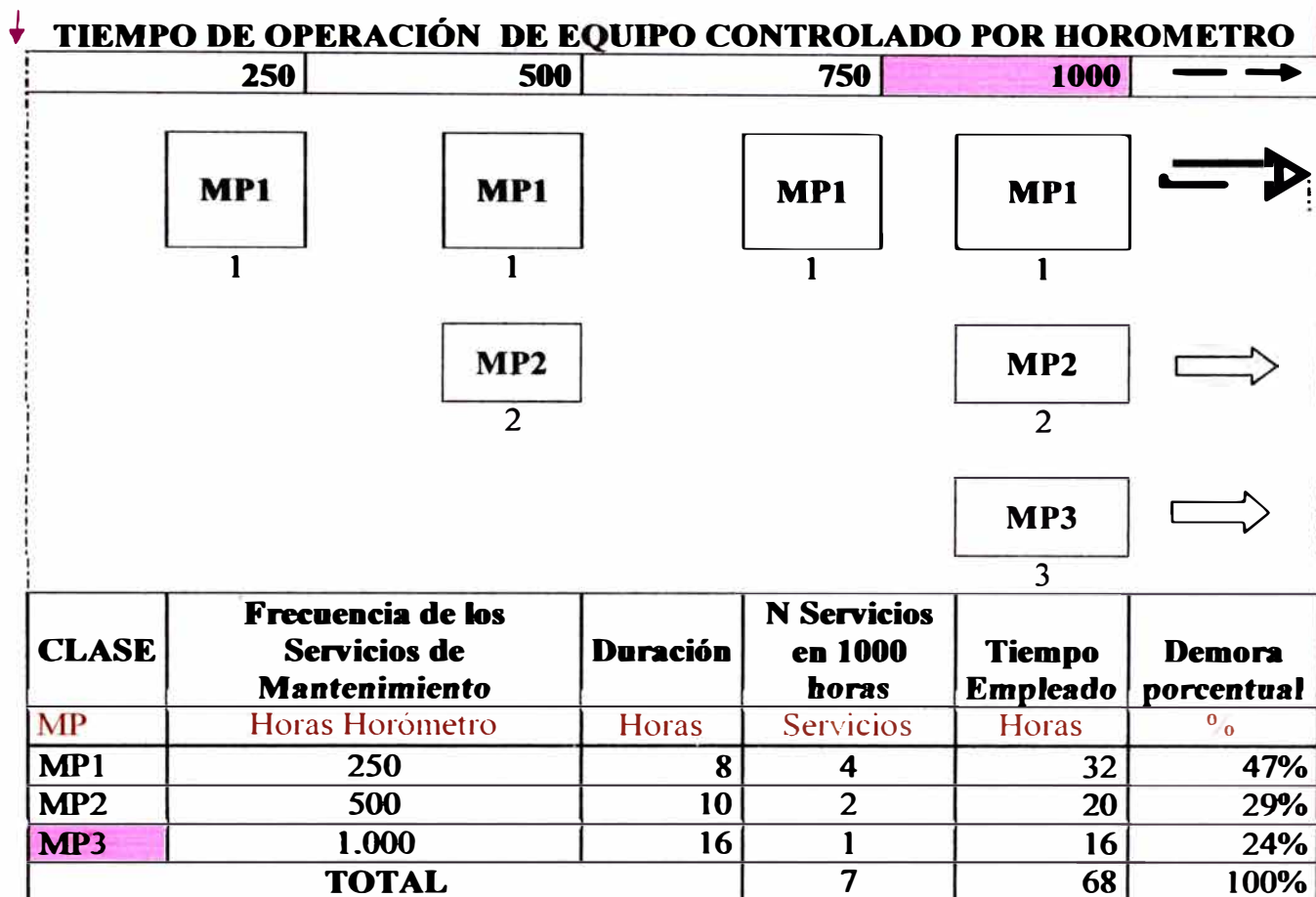


Grafico 4.3 Frecuencia de Servicios de 250 Hhrs

Cada Servicio se desarrolla mediante una cartilla, donde se indican las tareas programadas básicas a ejecutarse en el equipo programado para garantizar su operación confiable, tal como se muestran en el Gráfico 4.4 para los mantenimientos de Tipo 250, 500 y 1000 hrs. En la realización de las labores del mantenimiento Preventivo, es necesario la asignación de recursos, como son: mano de obra, repuestos y materiales, herramientas e información de tareas o instrucciones previamente determinadas como tareas en la perforadora, sistema hidráulico, eléctrico, frenos, etc.

CARTILLA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO JUMBO

EQUIPO :		CODIGO :			FECHA :
NRO DE O/T :		FECHA :			SUPERVISOR :
HOR. INGRESO :		HOR. SALIDA :			TECN. MECANICO :
HOROMETRO ELECTRICO:		PERCUSION:			DIESEL :
Nº	DESCRIPCION	TIPO MANTENIMIENTO			OBSERV.
		250	500	1000	
	GENERAL	()	()	()	
1	Lavado de equipo	X	X	X	
2	Engrase pines y bocinas	X	X	X	
3	Inspección y ajuste pernos	X	X	X	
4	Pernos y tuercas en general	X	X	X	
5	Inspección y ajuste conexiones	X	X	X	
6	Inspección de mangueras	X	X	X	
	Mordaza bull 120				
7	Inspección cilindros	X	X	X	
8	Jaw		X	X	
	Viga				
9	Cambio holder			X	
10	Cambiar slide bar		X	X	
11	Cambiar roller chain		X	X	
12	Inspeccionar presión motor hidráulico		X	X	
13	Cambio chain tensionar		X	X	
14	Holder delantero		X	X	
15	Roller grande			X	
16	Chequear fuga cylinder stinger	X	X	X	
	Sistema de tracción				
17	Inspeccionar motor hidráulico		X	X	
18	Verificar presiones bomba hidrostática			X	
19	Nv. DE ACEITE DEL DIFERENCIAL		X	X	
20	Cambio de filtros de succión			X	
21	Verificar presiones neumáticos		X	X	
	Sistema freno de parqueo				
22	Verificar funcionamiento freno de parqueo	X	X	X	
23	Verificar precarga acumuladores		X	X	
24	Verificar push botón parqueo	X	X	X	
	Brazo				
25	Chequeo block válvulas		X	X	
26	Cilindro telescopio			X	
27	Chequear unidad de rotación		X	X	
	Sistema hidráulico				
28	Purgar depósito de aceite hidráulico	X	X	X	

29	Verificar presiones bomba hidráulica	X	X	X		
30	Cambiar filtro hidráulico de retorno			X		
31	Cambio de aceite hidráulico			X		
32	Verificar presión percusión, rotación, avance	X	X	X		
Sistema de lubricación						
33	Cambio filtros de compresor	X	X	X		
34	Chequear bomba de lubricación		X	X		
35	Cambio de aceite de compresora			X		
Sistema aire y agua						
36	Chequear bomba de agua		X	X		
37	Limpiar tamir y regular pressure switch	X	X	X		
Sistema eléctrico						
38	Inspección y limpieza del tablero principal	X	X	X		
39	Inspeccionar sistema falla tierra (bigi)	X	X	X		
40	Inspeccionar cable cola y chupones	X	X	X		
41	Sensor de protección (nv y temp.)	X	X	X		
Motor diesel						
42	Cambio aceite de motor	X	X	X		
43	Filtro de aceite de motor	X	X	X		
44	Filtro de admisión de aire primario	X	X	X		
45	Filtro de admisión de aire secundario	X	X	X		
46	Limpiar bomba de cebado de combustible		X	X		
47	Filtro de combustible					
48	Presión de aceite	X	X	X		
49	Calibración válvulas de admisión y escape			X		
50	Verificar compresión de los cilindros			X		
51	Limpiar tanque combustible		X	X		
52	MATERIALES Y REPUESTOS UTILIZADOS					
	Nº PARTE	DESCRIPCION			CANTID.	COSTO
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES						
TECNICO RESPONSABLE			FIRMA		FECHA	
SUPERVISOR			FIRMA		FECHA	

Grafico 4.4 Cartilla de mantenimiento Preventivo de Jumbo Simba H-157

Las perforadoras Hidráulicas como el componente principal y de mayor costo en los Jumbos tienen una programación de inspecciones y reparaciones que

muchas veces no coincide con la parada programada del Equipo, para dicho componente se maneja otro tipo de cartillas de inspección y mantenimiento de acuerdo a las horas acumuladas de Percusión por recomendación del fabricante se realizan dos tipos de Mantenimiento de cada 250 hrs y 500 hrs (Ver Grafico 4.5).

CARTILLA DE MANTENIMIENTO PERFORADORA						
DESCRIPCION :		PERFORADORA HIDRAULICA		MARCA :		
Nº INTERNO :				MODELO :		
Nº SERIE :		NAC 01906A		FECHA		
EQUIPO	INGRESO		SALIDA		ACUM. HRS.	OBSERVACIONES
	FECHA	HOROM.	FECHA	HOR.		
HISTORIAL DE COMPONENTE						
INGRESO			SALIDA			
MANTENIMIENTO DE PERFORADORA COP 1238 ME 250 () 500 () HRS.						
Nº PARTE	DESCRIPCION	CAMBIO		CANT	OBSERVACIONES	
		SI	NO			
0665-1000-12	sello chico de agua					
0667-3194-00	sello grande de agua					
3115-1436-00	bocina de bronce de cabezal					
3115-1434-00	anillo de tope					
3115-1629-00	manguera de barrido					
3115-0285-00	perno lateral					
3115-1457-00	perno central					
0509-0223-00	rodamiento grande caja					
3115-1582-00	driver pieza arrastre					
3115-1881-00	bocina de caja					
0509-0221-00	rodamiento chico caja					
0666-7188-01	reten grande caja engranaje					
3115-2200-00	casquillo de buje					
3115-1353-00	damping piston					
3115-1880-90	sello de cuerpo intermedio					
3115-1822-00	diafragma acumulador					
3115-0262-00	válvula acumulador					

3115-0970-00	sellos pistón medianos				
3115-9150-91	kits oring de perforadora				
3115-1671-00	guía de pistón delant.				
3115-0288-00	pistón				
3115-1672-00	guía de pistón poster.				
3115-0844-00	sellos pistón chicos				
3115-1763-82	acumulador				
3115-0274-00	engranaje de caja				
	Mecanismo de Percusión Testado				
	Mecanismo de Rotación Testado				
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES					
TECNICO RESPONSABLE SUPERVISOR		FIRMA FIRMA		FECHA FECHA	

Grafico 4.5 Cartilla de mantenimiento Preventivo de Perforadora Hidráulica

Dentro de estos recursos se esta implementando el uso de PETS (Procedimiento escrito de trabajo seguro), para efectuar los trabajos de mantenimiento, en el que se señalan los pasos ha seguir con el fin de no cometer actos inseguros en la ejecución de los trabajos. Esto es exigido por el departamento de Seguridad de la Empresa Minera para cumplir con la Gestión de Seguridad NOSA cinco estrellas.

En el Anexo 5 se adjunta dos PETS para la realización de trabajos Preventivos.

Todos estos servicios programados se realizan de acuerdo a una programación en función al avance de los horómetros de cada equipo y a la frecuencia establecida. Como resultado final se emite un documento del área

para el departamento de Mina en la cual se muestra la programación de mantenimiento de los equipos, esta programación es mensual. En el Gráfico 4.6 se muestra un ejemplo de una programación del mantenimiento preventivo de los Jumbos.

PROGRAMA DE MANTTO. PREVENTIVO DE EQUIPOS JUMBO PARA EL MES DE SETIEMBRE 2005									
N°	N° INT	PROXIMO MANTENIMIENTO							
		TIPO	DUR HRS	HORO M.	SECC	1RA SEMANA	2DA SEMANA	3RA SEMANA	4TA SEMANA
1	S01	250	8	6789.6	V	5-sep-05			
2	S02	500	10	4569.8	V		12-sep-05		
3	B01	1000	12	3456	II			20-sep-05	
4	Q01	500	10	10103	I			18-sep-05	
5	R02	250	8	6578	I		10-sep-05		
6	RJ1	250	8	8679	II	7-sep-05			
7	RMO 1	1000	12	3540	IV				25-sep-05
8	RMO 2	500	10	54390	IV				27-sep-05

Grafico 4.6 Programación de Mantenimiento Preventivo Setiembre 2005

4.1.4 Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes que se produzca y trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas utilizando herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. Durante los años 60 se inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos.

La intervención en el equipo o cambio de un elemento, obliga a dominar el proceso y a tener datos técnicos, mediante un método científico de trabajo riguroso y objetivo, denominada técnicas de Monitoreo de Condición. La implantación de esta técnica requiere de una inversión inicial importante en equipos con un costo elevado y destinar personal con conocimiento técnico elevado para realizar lectura periódica de datos e interpretarlos. Por todo ello, la implementación de este sistema se justifica en equipos, donde las paradas intempestivas e innecesarias ocasionen grandes costos. Las técnicas de Monitoreo de Condición se clasifican de acuerdo al Gráfico 4.7

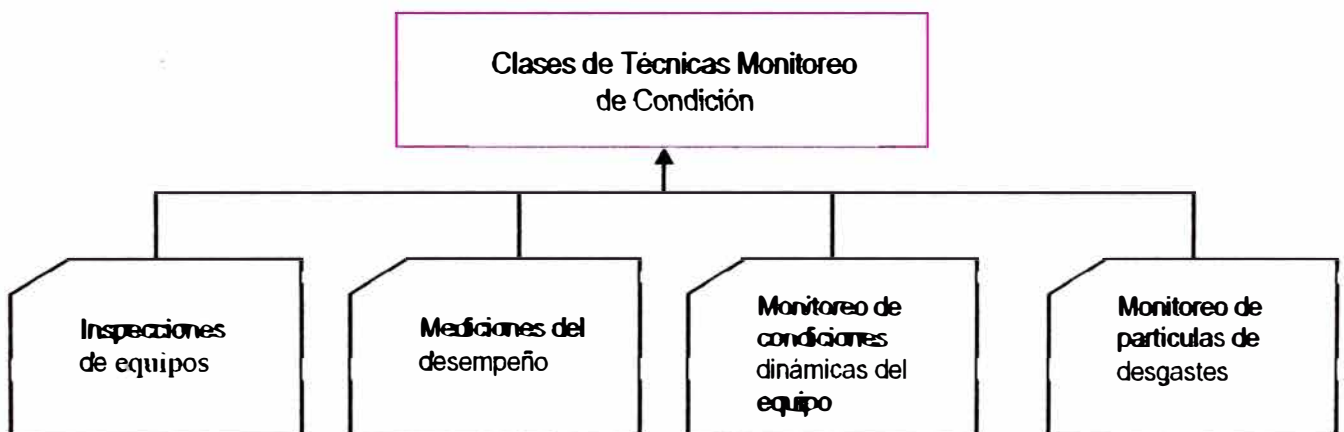


Gráfico 4.7 Clases de Técnicas de Monitoreo

Las herramientas que utiliza el Monitoreo de Condición se selecciona por su capacidad de identificar las causas de falla.

El análisis del mantenimiento Predictivo se realiza mediante el historial de los valores registrados en una frecuencia determinada, se debe de graficar el comportamiento del parámetro en el tiempo, es necesario establecer los

límites máximos de los rangos de control del parámetro o de la variable, lo cual nos permitirá detectar cuando la curva de comportamiento de la variable De la variable a ingresado a los niveles de alerta o acción.

Los principales parámetros que se miden en los Jumbos son :

- Temperatura (° C), Pirometro de rayos infrarrojos.
- Velocidad de Giro (RPM), Tacómetro infrarrojo
- Caudal (gal /min), Caudalimetro Digital
- Análisis de aceite, (Proveedor Shell)
- Vibración (mm/s) Vibrometro

4.1.5 Mantenimiento Proactivo

Hacer Mantenimiento Proactivo es detectar y corregir causas de las fallas y observar tendencias de desgaste en la degradación de equipos, a diferencia de las técnicas del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, no logran eliminar la causa, debido a que no cuestionan el porqué ocurren dichas fallas, lo solucionan y luego de un tiempo, de nuevo aparece. Un plan de Mantenimiento Proactivo es más económico, que el mantenimiento tradicional, porque consiste en observar y reaccionar a lo observado, con mantenimientos de calidad sin postergar lo necesario.

Una acción proactiva es dar un salto de gestión, se muestra en Gráfico 4.8, para cambiar del estado Malo a Excelente.

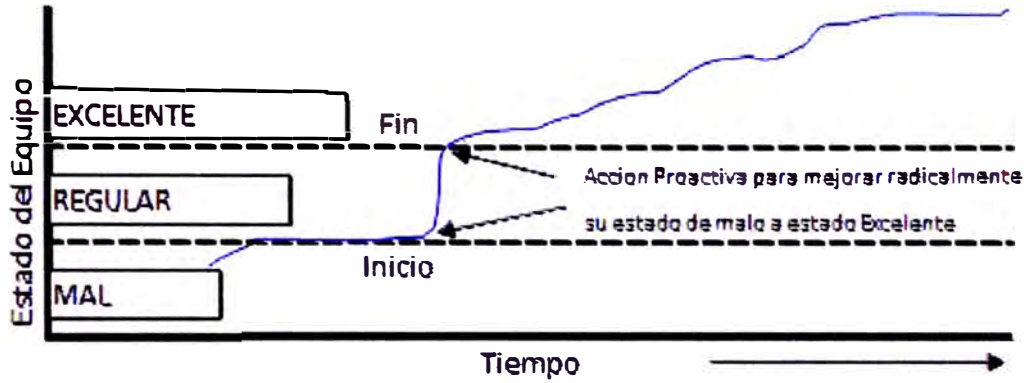


Gráfico 4.8 Mantenimiento Proactivo

Es la modificación del estado del equipo, por la búsqueda y conocimiento real de causas del problema de indisponibilidad y falta de fiabilidad, para resolverlos de raíz y pasar a la condición favorable y deseada de disponibilidad y fiabilidad. El proceso de la aplicación del mantenimiento proactivo se manifiesta en siete actividades principales, ver Gráfico 4.9

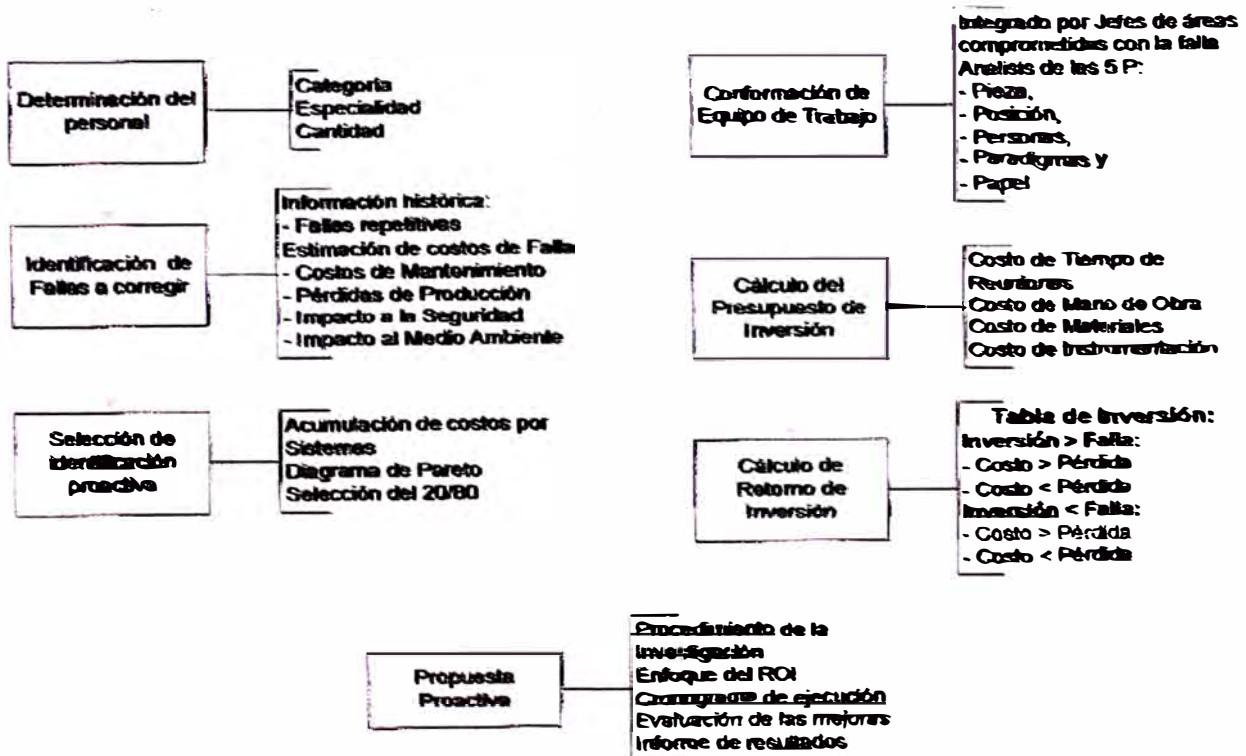


Gráfico 4.9, Proceso de ejecución del mantenimiento Proactivo

4.1.6 Mantenimiento Productivo Total TPM

El Mantenimiento Productivo Total tiene el objetivo de maximizar la efectividad del equipo a través de un Sistema Total de Mantenimiento Preventivo que cubra toda la vida útil del mismo.

El sistema involucra a cada uno en todos los departamentos y en todos los niveles, y motiva al personal para el mantenimiento de los equipos.

Los Cinco Elementos Claves del TPM

- Involucrar a los operarios en el Mantenimiento diario del equipo
- Mejorar la eficiencia y efectividad del mantenimiento.
- Capacitar a todo el personal que trabaja con los equipos
- Mejorar la Eficiencia Global del equipo, eliminando las causas principales de pérdida.
- Garantizar la buena administración y el Mantenimiento Preventivo.

Involucrar a los operarios en el Mantenimiento diario del equipo.

Puesto que los operadores están más familiarizados con el comportamiento diario y las condiciones del equipo, es más fácil que ellos detecten los problemas antes que se afecte la eficiencia del mismo. Así mismo, ellos pueden cumplir con tareas básicas:

Inspección

Ajuste

Lubricación y engrase

Limpieza

Mejorar la eficiencia y efectividad del Mantenimiento

Eficiencia: Qué tan sencillo y económico

Efectividad: Que tan bien se está haciendo el trabajo

En TPM coordina y enfoca todas las actividades de mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, planeación y programación del mantenimiento, sistemas computarizados, etc. Hacia la meta común de mejorar la eficiencia.

Capacitar a todo el personal que trabaja con equipos

La capacitación técnica en nuevas habilidades es necesaria en cualquier departamento. Los operadores deben ser capacitados en las habilidades básicas que se requieren para hacer las tareas correctamente y con seguridad.

La capacitación para el personal de mantenimiento debe mejorar sus habilidades y conocimientos sobre el equipo al cual prestan el servicio.

Dado que el TPM es un proceso de mejoramiento continuo, la capacitación debe entenderse también como un proceso continuo.

Administración inicial de los equipos y prevención del mantenimiento

Cuando se van a comprar equipos, o se están diseñando, los requisitos de mantenimiento son una consideración importante.

Los operarios y el personal de mantenimiento pueden contribuir mucho a la selección de un equipo nuevo. Los operarios sugieren puntos que hacen un equipo más fácil de operar, inspeccionar o limpiar. El personal de mantenimiento puede sugerir formas que faciliten la lubricación, inspección y reparación de equipos.

En base a los conceptos anteriormente mencionados se creo una cartilla de TPM, en el cual se registran todas las operaciones diarias de todos los equipos. Para esto se maneja el Formato que mostramos en el Grafico 4.10 y 4.11

EMPRESA MINERA			HOJA DE CONTROL DE EQUIPO - JUMBO			TPM		CONTRATA			
Nº EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	MODELO	ING. DE GUARDIA	OPERADOR			FECHA			NIVEL	LABOR
							Día	Mes	Año		
	OROSIL						7 am. - 3 pm.				
	HIDRAULICO						3 pm. - 11 pm.				
							11 pm. - 7 am.				
CODIGO	TIEMPO		Nº SECCION	Nº TALLAZO	CANT. BARRAS	METROS PERFORADOS	OBSERVACIONES	DETALLE DE ACTIVIDADES			
	INICIO	TERMINO									
								HORAS DE PRODUCCION			
								101 PERFORACION DE MINERAL			
								102 PERFORACION EN DESMUNTE			
								HORAS DISPONIBLES			
								201 INGRESO - SALIDA	208 FALTA DE VENTILACION		
								202 TRASLADO AL EQUIPO	209 FALTA DE OPERADOR		
								203 Mpl	210 FALTA DE SERVICIOS (Energia, Aire, Agua)		
								204 TRASLADO DE EQUIPO	211 ACCIDENTE DE TRABAJO		
								205 APOYO EN SERVICIOS MINEROS	206 TRABAJOS VARIOS		
								207 REFRIGERIO			
								HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION			
								301 INSPECCION DE EQUIPO	303 MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
								302 MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO											
OPERATIVO		<input type="checkbox"/>	LUGAR _____								
NO OPERATIVO		<input type="checkbox"/>	DESCRIPCION _____								
ABASTECIMIENTO (GALONES)								OBSERVACIONES			
ACEITE DE MOTOR	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		_____				
ACEITE HIDRAULICO	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		_____				
ACEITE DE TRANSMISION	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		_____				
COMBUSTIBLE	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		_____				
Firma del Operador						Vº del Ing. De Guardia					

Grafico 4.10 Formato de TPM Equipo de Perforación Jumbo

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EQUIPO JUMBO**

CHECK LIST
ELEMENTO 2, 18
REFERENCIA 2, 18/2

TPM

INDICACIONES: Es deber y responsabilidad de todo operador inspeccionar su EQUIPO y su AMBIENTE DE TRABAJO. El cumplimiento del CHECK LIST del procedimiento de Mant. (Lubricación, limpieza y otros), al inicio y término de guardia.

CHECK LIST (Antes de arrancar el equipo)

	B	M	OBSERVACIONES
1. Extintor de incendio			
2. Aceite / Agua / Batería			
3. Protección (partes móviles)			
4. Llantas / Llantia de repuesto			
5. Fugas de aceite			
6. Pinos y seguros			
7. Bloqueo			
8. Encendido			
9. Freno de servicio			
10. Dirección			
11. Freno de estacionamiento			
12. Alarma de retroceso			

Mpi (Mantenimiento Preventivo Inicial)	S/N	OBSERVACIONES
1. Nivel de aceite hidráulico		
2. Estado del centralizador		
3. Gomas y resado final		
4. Pernos del martillo (ajustes), tirantes y soportes		
5. Barras torcidas y shank		
6. Tensión de cadena de avance y guías de perforación		
7. Condición de cable eléctrico		
8. Condición de panel de control eléctrico		

VERIFICAR (En funcionamiento)

1. Lubricación del martillo		
2. Percusión (escape del aire de percusión)		
3. Rotación (Parte delantera del martillo y retorno, mangueras de rotación)		
4. Avance (Retorno motor de avance)		
5. Fugas de agua, aire y aceite hidráulico		

Mpf (Mantenimiento Preventivo Final)

1. Obtener el equipo en un lugar adecuada sin humedad ni calda de bancos		
2. Presionar el botón de parada y apagar el botón del interruptor del motor		
3. Apagar las luces y el interruptor de llave		
4. Limpiar las partes sucias y verificar el estacionamiento correcto		
5. Revisar y reportar el nivel de aceite que ha dejado el equipo		
6. Reportar en el formato TPM cualquier falta que se detecta.		

OBSERVACIONES		

Grafico 4.11 Formato de TPM Equipo de Perforación Jumbo

4.2 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

El desempeño de una empresa debe medirse en términos de resultados. Los resultados se expresan en índices de Gestión. Los índices de gestión son una unidad de medida que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de interés, en otras palabras, es la relación entre las metas, los objetivos y los resultados.

Al evaluar los resultados del desempeño no solo se esta comprobando lo que ocurrió durante la semana sino que también sirve para proponer cambios y mejoras en el sistema.

En la anterior Gestión solo se media la gestión de mantenimiento con los índices de disponibilidad mayor igual a 85% y los costos involucrados, pero esto no te indica efectividad de la Gestión por cuanto este concepto engloba la eficiencia y eficacia que permiten ver el comportamiento operacional de los equipos, calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento, a través de indicadores como el MTBS y MTTR y fiabilidad.

4.2.1 Índice de Disponibilidad

Son indicadores que miden la contribución del Team de Mantenimiento al plan de metas de producción, determinando el rendimiento como organización y si estas son subestándar. Mide la fracción de tiempo en estado disponible, en relación al tiempo total programado, para ingresar a operación, en nuestro caso se toma referencia un mínimo de 85% y se calcula de la siguiente forma

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{Horas programadas} - \text{Horas de Reparación}}{\text{Horas programadas}}$$

¿Cuál es el problema de este indicador?



Sin embargo la disponibilidad es influenciada por:

- Frecuencia de reparación
- Duración de la reparación
- Utilización

Que son parámetros que debe medir la disponibilidad, con ello establecer el Benchmarks y los respectivos indicadores a continuación se detallan estos parámetros.

4.2.2 Frecuencia de Reparación (MTBS)

Tiempo promedio entre detenciones (ya no sólo considerar reparaciones), en ella se mide indirectamente la confiabilidad, un eficiente uso de recursos, la calidad de la reparación y la efectividad del mantenimiento, según el Benchmarks MTBS= 60-80 horas/mes. Es decir mide la frecuencia de los eventos de interrupciones del servicio del equipo.

$$\text{MTBS (Hr)} = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Nº detenciones en el periodo}}$$

No es Nº de orden de trabajo, ya que en una detención puede haber varias O/T

4.2.3 Duración de la Reparación (MTTR)

Tiempo promedio para la reparación, en ella se mide indirectamente la eficiencia del mantenimiento, es decir la mantenibilidad del equipo.

Mide la duración promedio de eventos de interrupción del servicio de la maquina, según el Benchmarks debe estar comprendido de 3 á 6 horas/mes.

$$\text{MTTR (Hr)} = \frac{\text{Suma de Horas totales de Reparación (Down)}}{\text{Nº detenciones en el periodo}}$$

No es Nº de orden de trabajo, ya que en una detención puede haber varias O/T

4.2.4 Utilización del equipo

El factor de utilización se utiliza para ver el adecuado uso de los activos, mide el porcentaje de tiempo trabajado por el equipo. El Benchmark del factor de utilización para nuestra realidad es 80% donde:

Horas de operación: Tiempo que la máquina esta operando en la función productiva.

Horas disponibles: Tiempo que la máquina es capaz de funcionar en operación

$$\text{FU} = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas Disponibles}}$$

OTRA FORMA DE INDICE DE DISPONIBILIDAD

$$\text{Disponibilidad Forma General} = \frac{\text{Horas Operación} + (\text{Horas de Stanby})}{\text{Horas Operación} + (\text{Horas de Stanby}) + \text{Horas down}}$$

Dividiendo entre el *Nº de detenciones* en ambos miembros.

$$\text{Disponibilidad Forma General} = \frac{\text{Horas Operación}}{\text{Horas Operación} + \text{Horas paradas down}}$$

Índice de % Disponibilidad = $\frac{\text{MTBS}}{\text{MTBS} + \text{MTTR}}$

Esta fórmula nos permite dos posibilidades, trabajar sobre el tiempo o sobre la calidad del servicio.

El numerador nos permite identificar la confiabilidad y la efectividad de las reparaciones, mientras que la parte del MTTR del denominador esta referido a la Mantenibilidad y eficiencia de la reparación.

Effect of MTBS on Availability for various MTTR

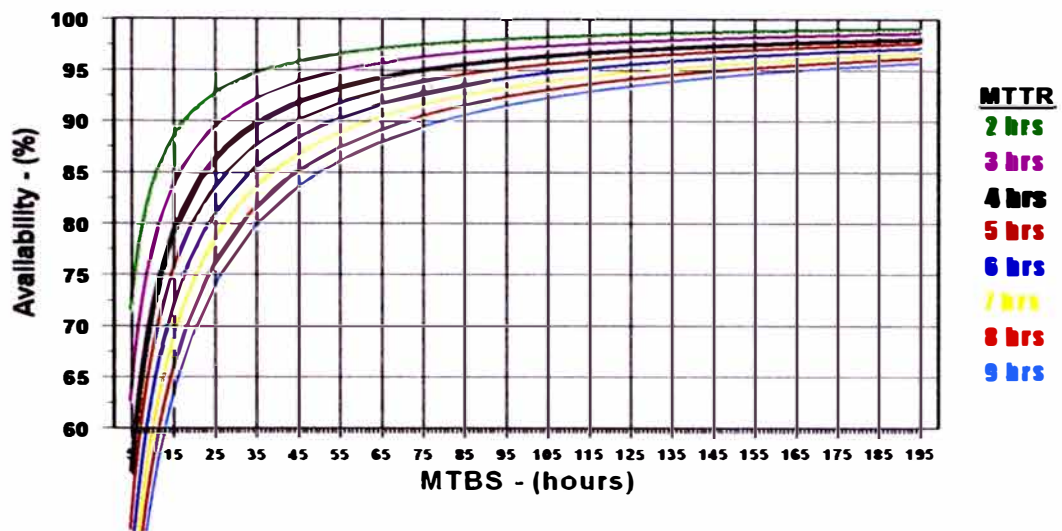


Grafico 4.12 Efecto del MTBS sobre por varios MTTR

MTBS vs. MTTR for various Availabilities

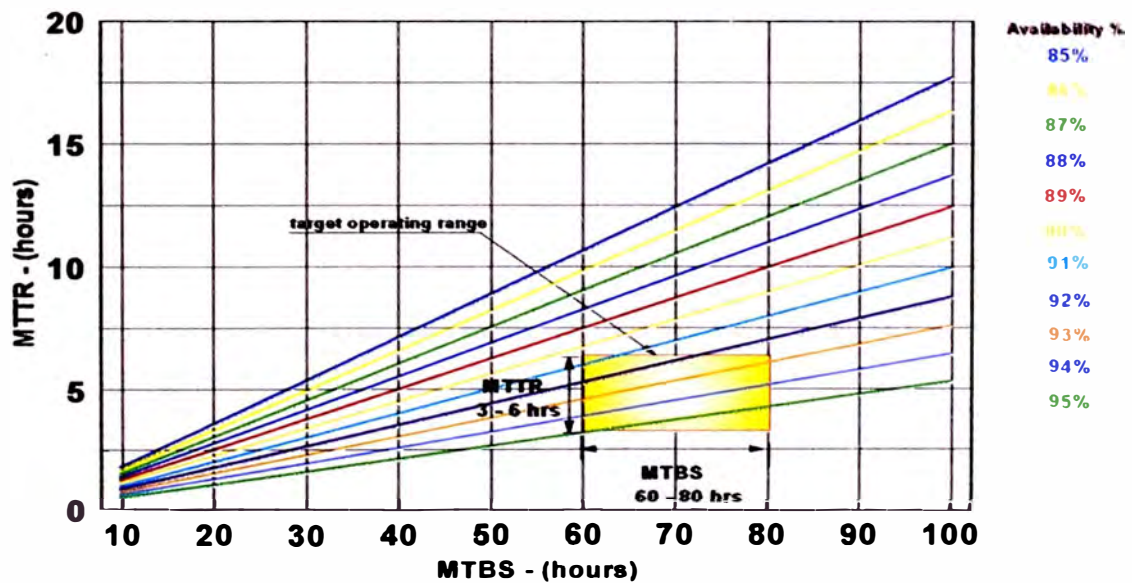


Grafico 4.13 MTBS vs. MTTR para varias disponibilidades

4.3 PLAN DE COUCHING

Para la implementación de mejoras sustantivas en la gestión de mantenimiento se debe partir de planes de capacitación en tres niveles: Gerencial, supervisión y técnicos.

En los tres niveles se debe dar énfasis al compromiso de asumir un enfoque sistemático, correspondiente al pensamiento holístico, a diferencia del pensamiento reduccionista, que no ayuda con eficacia. El plan de entrenamiento debe orientar al personal en general al paradigma “Yo gano, tú ganas”, base del pensamiento sistemático y aplicación de empatías y logro de sinergia de los equipos de trabajo, que serán los ejes para la programación de cursos, en forma permanente.

4.4 NORMAS TÉCNICAS

El uso de normas técnicas es poco usual en la gestión de mantenimiento, no obstante es de rutina la aplicación de técnicas y procedimiento, en las reparaciones de sistemas que componen a los equipos, para resolver problemas. Una de las limitaciones tal vez sea que los equipos que han sido diseñados en fábricas especializadas, no traen más informaciones que sus Números de Partes, más no hay planos ni detalles técnicos, tal que los recambios se hacen con repuestos originales, los que a su vez constituyen una alternativa simple, pero no la más económica si es que no se ha previsto oportunamente los repuestos. Sin embargo, por la gestión de mantenimiento una actividad que tiene que ver con la parte técnica de los equipos, se debe aplicar la utilización de Normas Técnicas, para comprobar la fiabilidad de los repuestos y saber de que material o tecnología se está aplicando y con ello analizar los costos para resultados más eficaces.

En el Grafico 4.14 se resumen las Normas Internacionales que vienen ser reguladas por organismos centrales como ISO, IEC y ANSI, para diferentes aplicaciones de

ingeniería. Se incluye también las Normas nacionales y los de otros países que han desarrollado normas propias como complemento de las americanas.

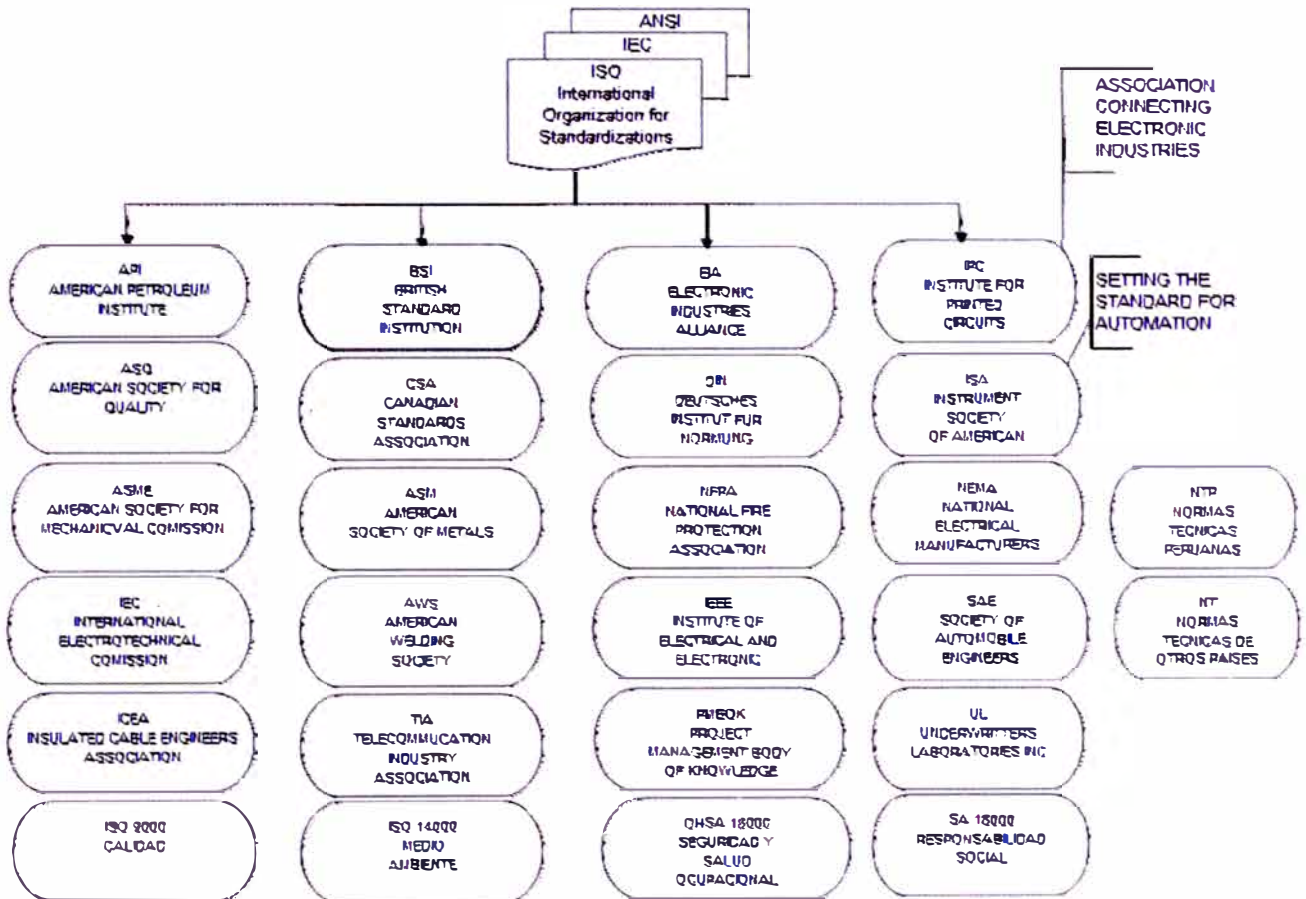


Grafico 4.14 Normas Técnicas Internacionales

CAPITULO V

CONTROLES DE MANTENIMIENTO

5.1 FORMATOS DE CONTROL

A continuación se muestran los principales formatos de control que se manejan en nuestro nuevo plan de mejoras de mantenimiento.

5.1.1 Formato de Control - Operador

Es el reporte que el operador entrega diariamente al finalizar cada guardia o jornada de trabajo aquí se registra datos importantes como:

Horometro del Equipo Inicial y final

Información de Producción Metros perforados

Cantidad de combustible y aceite abastecidos

Las horas de parada operativa y horas de paradas mecánicas los cuales tiene códigos determinados.

Además de estos datos siguiendo los conceptos del TPM se incluye en estas cartillas la rutina del Mantenimiento preventivo inicial antes de empezar a operar el equipo con código API y el mantenimiento preventivo final de código MPG los mismos que se registran en este reporte. Esta rutina esta mostrada en el Grafico 5.1

EMPRESA MINERA			TPM			CONTRATA				
HOJA DE CONTROL DE EQUIPO - JUMBO										
N° EQUIPO	TIPO DE EQUIPO		MODELO	ING. DE GUARDIA	OPERADOR		FECHA			
	OPEREL	HIIDRAULICO			Dia	Mes	Año	7 am. - 3 pm.	NIVEL	
CODIGO	TIEMPO		N° SECCION	N° TALADRO	CAANT. BARRAS	METROS PERFORADOS	OBSERVACIONES	DETALLE DE ACTIVIDADES		
	INICIO	TERMINO						LABOR	SECCION	
								HORAS DE PRODUCCION		
								101 PERFORACION DE MINERAL		
								102 PERFORACION EN DESMONTE		
								HORAS DISPONIBLES		
								201 INGRESO - SALIDA	208 FALTA DE VENTILACION	
								202 TRASLADO AL EQUIPO	209 FALTA DE OPERADOR	
								203 MRL	210 FALTA DE SERVICIOS (Energia, Aire, Agua)	
								204 TRASLADO DE EQUIPO	211 ACCIDENTE DE TRABAJO	
								205 APOYO EN SERVICIOS MINEROS		
								206 TRABAJOS VARIOS		
								207 REFRIGERIO		
								HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION		
								301 INSPECCION DE EQUIPO	303 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
								302 MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
CONDICIONES EN QUE SE OSEA EL EQUIPO										
OPERATIVO			<input type="checkbox"/>	LUGAR						
NO OPERATIVO			<input type="checkbox"/>	DESCRIPCION						
ABASTECIMIENTO (GALONES)								OBSERVACIONES		
ACEITE DE MOTOR										
ACEITE HIDRAULICO										
ACEITE DE TRANSMISION										
COMBUSTIBLE										
				Firma del Operador:				N° 89 Ing. De Guardia		

Grafico 5.1 Formato de Control - Operador

5.1.2 Formato de Control - Mecánico y/o Electricista

En el se especifica claramente lo siguiente:

- El equipo intervenido
- Horómetros del Equipo Percusión, Eléctrico y Diesel
- La hora de Inicio (de la intervención)
- La hora de finalización (de la intervención).
- Inspecciones efectuadas.
- Repuestos y materiales usados.

En el Anexo N°2 se muestra la hoja de control de Mecánico-Electricista

5.1.3 Check list diario de Revisión de Equipo

En el se señalan la inspección de rutina del mecánico y/o electricista en los equipos de acuerdo a una cartilla de inspección el cual se entrega al final de cada Guardia, y esta es revisada por el Supervisor Mecánico, este formato se muestra en el anexo N°2.

5.1.4 Formato de Control – Supervisor

El reporte del supervisor se utiliza como una verificación de las actividades realizadas por los operadores, técnicos mecánicos y/o electricistas, de este reporte se obtendrá un resumen diario del cual se podrá conocer los siguientes datos:

Estado de horómetros

La horas trabajadas del equipo

Las horas efectivas de trabajo del personal

El consumo diario de combustibles y lubricantes

Las actividades realizadas

En el Anexo N°2 se muestra la hoja de control del Supervisor.

5.2 ALIMENTACIÓN DE BASE DE DATOS

Toda esta información se pasa en forma ordenada a una base de datos, que luego a través de un programa se puede obtener, el historial de equipos, consumo de materiales, repuestos, actividades realizadas por el personal, trabajos pendientes, etc. Esta base de datos es fundamental para la realización de la programación del

mantenimiento preventivo, los reportes mensuales de consumos de materiales, repuestos, lubricantes, trabajos de reparación mayor, etc.

5.2.1 Reporte de Consumo de Materiales

Una vez registrada la información anterior se puede procesar y determinar una serie de reportes como son:

- Reporte de lubricantes por equipo
- Reporte de repuestos por equipo
- Reporte de consumo de cable cola
- Reporte de Aceros de perforación por equipo, etc

5.2.2 Reporte de consumo de Lubricantes

En reporte que se muestra a continuación es del informe mensual que se presenta al departamento general de mantenimiento Mina, aquí de detalla el consumo de aceite hidráulico por equipo. (Ver Grafico 5.2 y Tabla 5.1)

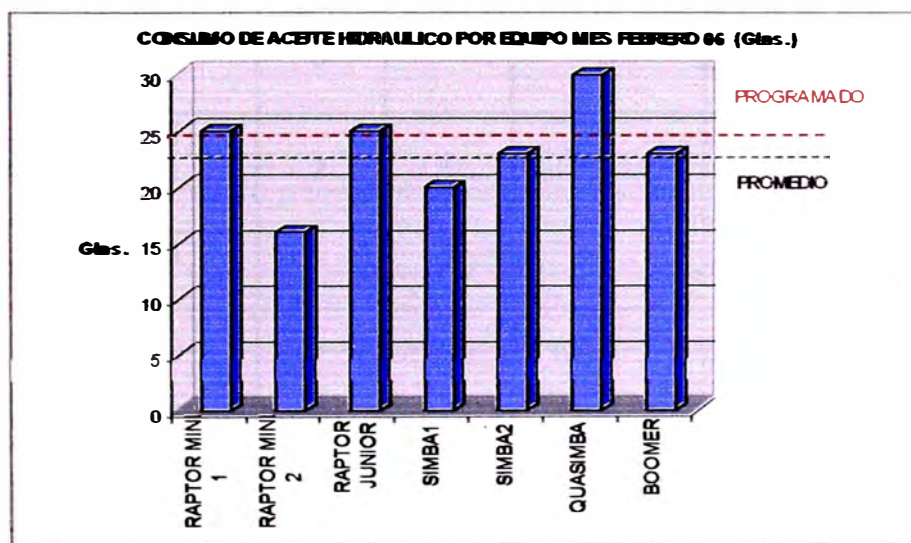


Grafico 5.2 Consumo de Aceite Hidráulico por Equipo Mes Febrero 06

Tabla 5.1 Consumo de Aceite Hidráulico por Equipo Mes Febrero 06

FECHA	CONSUMO POR EQUIPO (Glns.)							TELLUS 68	
	RAPTOR MINI 1	RAPTOR MINI 2	RAPTOR JUNIOR	SIMBA 1	SIMBA 2	QUASIMBA	BOOMER	INGRESO GLNS.	SALIDA GLNS.
1-feb-06								55	0
2-feb-06	3		5		3		4		15
3-feb-06				3		3			6
1° SEM.	3	0	5	3	3	3	4	34	21
4-feb-06									0
5-feb-06				3		3			6
6-feb-06	3				3				6
7-feb-06		2					3		5
8-feb-06						3			3
9-feb-06	3		3						6
10-feb-06				3					3
2° SEM.	6	2	3	6	3	6	3	5	29
11-feb-06								55	0
12-feb-06					5		3		8
13-feb-06									0
14-feb-06	3					5			8
15-feb-06				4			3		7
16-feb-06		3	5			4			12
17-feb-06					4	4			8
3° SEM.	3	3	5	4	9	13	6	17	43
18-feb-06									0
19-feb-06	5			4			5	55	14
20-feb-06			4		5				9
21-feb-06		5							5
22-feb-06	5			3		5			13
23-feb-06							5		5
24-feb-06			5			3			8
4° SEM.	10	5	9	7	5	8	10	27	45
25-feb-06		3							3
26-feb-06	3	3	3		3				12
27-feb-06									0
28-feb-06									0
5° SEMANA	3	6	3	0	3	0	0	12	15
PROM/SEM	6,25	4	6,25	5	5,75	7,5	5,75	PROMEDIO	
TOTAL	25	16	25	20	23	30	23	23,1	16,5
PROGRAM.	25	25	25	25	25	25	25	25	
PROM. MENSUAL POR EQUIPO (GL)				23,1					

5.3 VIDA ÚTIL DE COMPONENTES

Un dato referencial para un buen control del mantenimiento Preventivo es conocer la Vida Útil de cada componente y que tiempo de Vida lleva, claro esto va a depender mucho de las especificaciones técnicas del fabricante, condiciones de trabajo y del mantenimiento, en el siguiente cuadro se muestra este tipo de registro de un Jumbo Simba y un Jumbo Raptor. (Ver Tabla 5.2)

Tabla 5.2 Vida Útil de Componentes principales del Jumbo

TIEMPOS DE OPERACIÓN DE COMPONENTES MAYORES 31 JULIO 2006

Equipo	Componente	Fecha Último Cambio	Horom. Último Cambio	Horom. Actual	Horas Acum.	Estándar Vida Horas	Saldo Horas Rep.	Días Para Cambio	Proyección Fecha Camb.
SIMBA Nº 2	Motor Diesel	13-jun-06	0	1092	1092	8000	6908	691	21-jun-09
	Motor Eléctrico	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
	Bomba Hidráulica	12-dic-06	1583	4548	2965	4000	1035	104	12-nov-07
	Bomba De Rotación	13-jun-06	0	4548	4548	4000	-548	-55	6-jun-07
	Motor De Avance	13-sep-06	683	4548	3865	3000	-865	-87	5-may-07
	Bomba Hidrostática	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
	Motor Hidrostático	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
	Viga Long Hole	13-jun-06	0	4548	4548	8000	3452	345	10-jul-08
	Brazo But4	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
	Bomba De Agua	10-abr-07	2664	4548	1884	2000	116	12	12-ago-07
	Compresor	28-mar-07	2277	4548	2271	2000	-271	-27	4-jul-07
	Ejes Diferenciales	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
	Tambora	13-jun-06	0	4548	4548	12000	7452	745	14-ago-09
RAPTOR JUNIOR	Motor Eléctrico	10-sep-04	0	10419	10419	9000	-1419	-95	27-abr-07
	Bomba Hidráulica	21-jun-07	10037	10419	382	4000	3618	241	28-mar-08
	Bomba De Rotación	15-jun-05	2658	10419	7761	4000	-3761	-251	22-nov-06
	Motor De Avance	2-dic-06	7473	10419	2946	3000	54	4	4-ago-07
	Motor De Transmisión	20-sep-06	6816	10419	3603	3000	-603	-40	21-jun-07
	Motor De Corredera	12-may-06	5404	10419	5015	5000	-15	-1	30-jul-07
	Unidad De Rotación	10-may-06	5384	10419	5035	5000	-35	-2	29-jul-07
	Viga Long Hole	6-jul-07	10254	10419	165	8000	7835	522	3-ene-09
	Bomba De Agua	6-oct-06	6874	10419	3545	2000	-1545	-103	19-abr-07
	Compresor	12-ago-06	6324	10419	4095	2000	-2095	-140	13-mar-07
	Ejes Diferenciales	10-sep-04	0	10419	10419	10000	-419	-28	3-jul-07

CAPITULO VI

EVALUACION DE COSTOS Y RESULTADOS ECONOMICOS

6.1 RESULTADOS

Al término del siguiente año se hizo una evaluación de los costos incurridos en el área de Mantenimiento de los Equipos de Perforación, sobre todo en el objetivo principal bajar el costo del mantenimiento Correctivo con la mejora del plan de mantenimiento, a continuación se detalla los respectivos cuadros e indicadores de gestión.

6.1.1 Mantenimiento Correctivo

De los costos analizados de la flota de Jumbos tanto para los Jumbos autopropulsados como los remolcados registrados en el anexo 4 se observa que los costos de mantenimiento en el 2005 correctivo han llegado a un nivel de US\$ 759,5838.2 el costo por mantenimiento Preventivo es mínimo US\$ 759,838.2 por lo que casi nunca se realizaba, las horas de parada suman 6612,2 horas, con una pérdidas de producción de US\$ 3'254,347.5 que son los valores que nos servirán de referencia para las comparaciones con la siguiente etapa.

Del Anexo 3 de los costos Anuales podemos sacar el gráfico 6.1 se observa la curva de pérdida de producción casi constante y los costos del mantenimiento correctivo muy grande en comparación con en Preventivo.

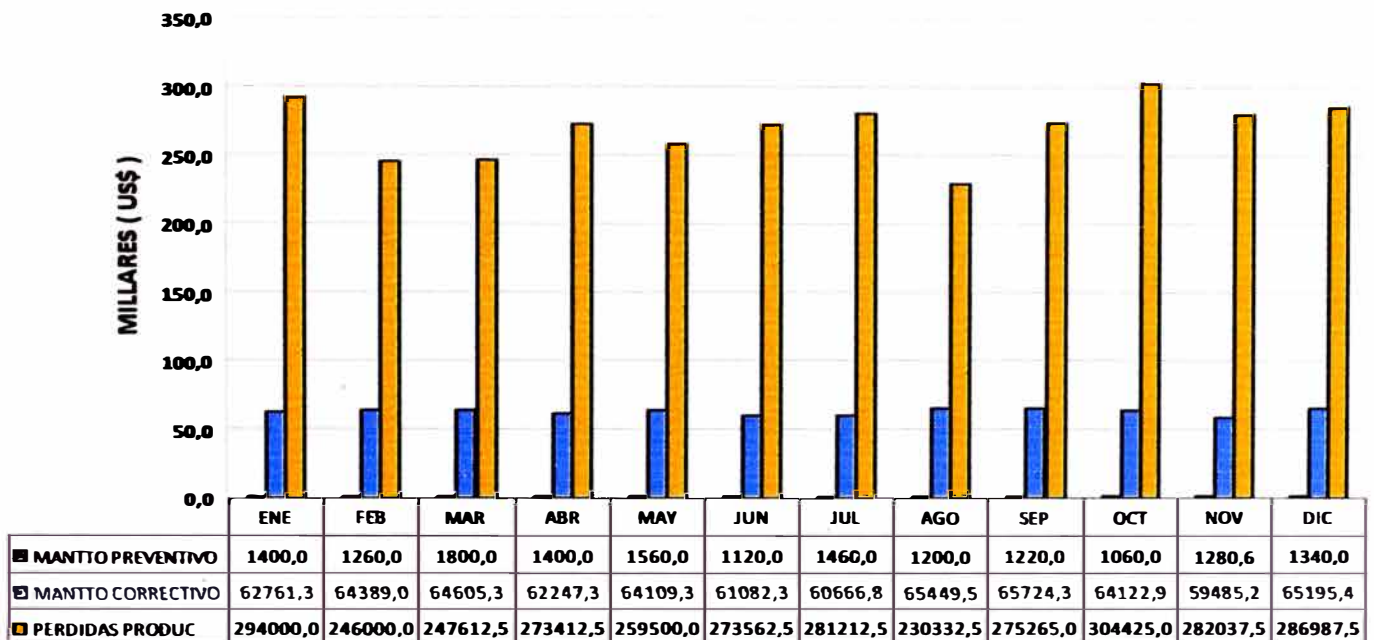


Gráfico 6.1 Costos de Mantenimiento Correctivo y Pérdidas de Producción
2005 (US\$)

6.1.2 Mantenimiento preventivo

El siguiente año se introdujo un plan mantenimiento preventivo agresivo, obteniendo los resultados indicados en el gráfico 6.2 con la misma flota de equipos, el costo de mantenimiento correctivo bajó US\$ 133,527 menos, el costo de mantenimiento preventivo alcanzó a US\$ 51,460 con un costo total de mantenimiento de US\$ 677,761.2 y las pérdidas de producción de US\$ 2'365,770 con una reducción de US\$ 888,577.5 resultado que superan al período anterior.

En el gráfico también se observa que la curva de mantenimiento correctivo tiende a descender, para Luego mantenerse, el costo de mantenimiento preventivo, en los primeros meses es mayor y luego tiende a descender y la suma total de mantenimiento se sitúa en un nivel inferior de US\$ 98,177.6 que se logra como ahorro y la curva de pérdidas de producción tiende a descender a un nivel de US\$ 888,577.5 de ahorro.

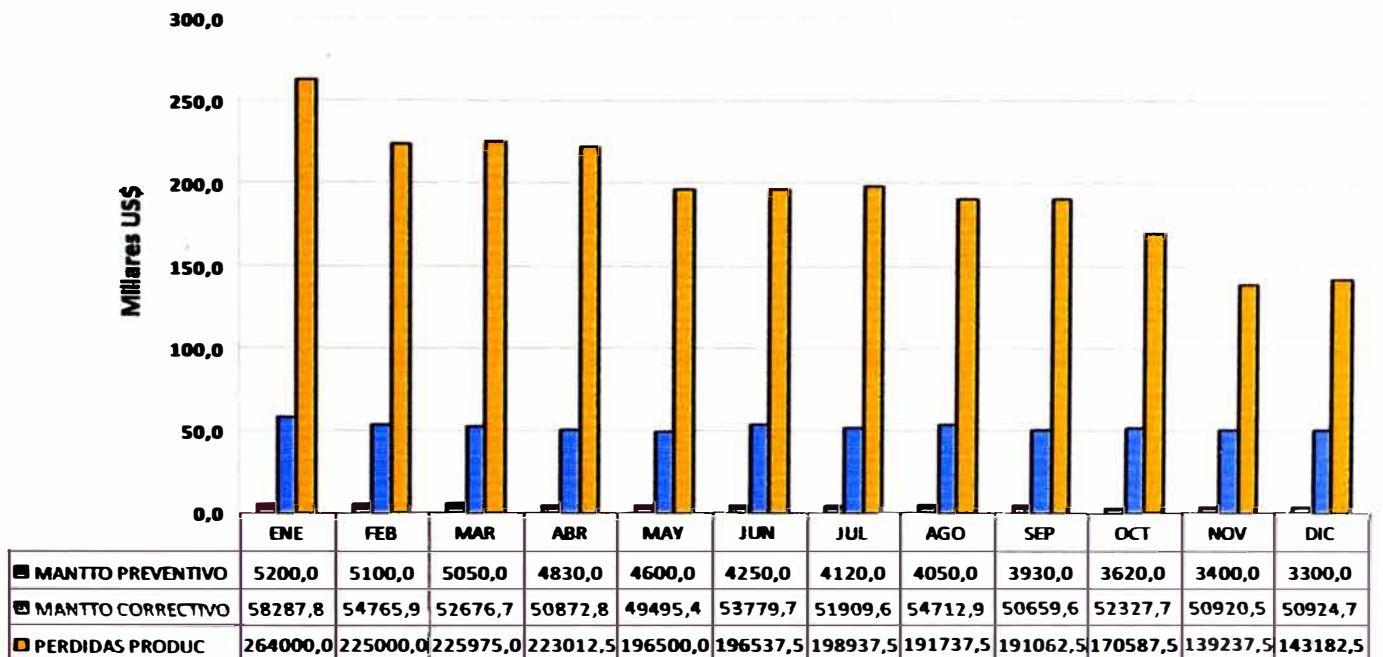


Gráfico 6.2 Costos de Mantenimiento Preventivo y Perdidas de Producción de la flota 2006 (US\$)

6.1.3 Mantenimiento Predictivo

Los resultados del predictivo se esta dando en los siguientes aspectos:

- El análisis de aceite para alargar la frecuencia de cambio de los aceites tanto de motor diesel, aceite hidráulico y aceite de transmisión, esto se

esta realizando con el Proveedor de aceites Shell, el cual realiza los análisis en sus laboratorios y emite un reportes de las muestras enviadas, donde nos indican los parámetros evaluados como grado de viscosidad y los contenidos de p.p.m de metales, para programar cambios en los componentes.

- El uso de herramientas como el pirometro infrarrojo para detectar fallas por exceso de temperatura, en las perforadoras hidráulicas y válvulas hidráulicas principales, así también como el caudalímetro para medir la caída de caudal en las bombas y motores hidráulicos.
- El uso de tacómetro digital para medir y regular las R.P.M del motor de rotación en las perforadoras hidráulicas.

6.1.4 Mantenimiento Productivo Total TPM

En cuanto al TPM implantado se generalizo a nivel de toda la Mina dando resultados en la obtención de operadores mantenedores, de esta manera se a ayuda a conservar mejor el equipo y a reducir los tiempos de parada, esto se da como resultado maximizar la efectividad del equipo.

6.2 INDICADORES DE GESTIÓN

Los nuevos indicadores de Gestión demuestran que la disponibilidad en promedio ha subido a 87% superando el programado y la utilización a 70%

Esta última no está superando el programado de 80% debido que todavía hay exceso de demoras operativas, también se ha implantado el control de índices de

confiabilidad y mantenibilidad para ver la calidad de trabajo de la E.E pero todavía no se llegan a los estándares según benchmarks (Capítulo IV) los resultados en los Gráficos 6.4 y 6.5.

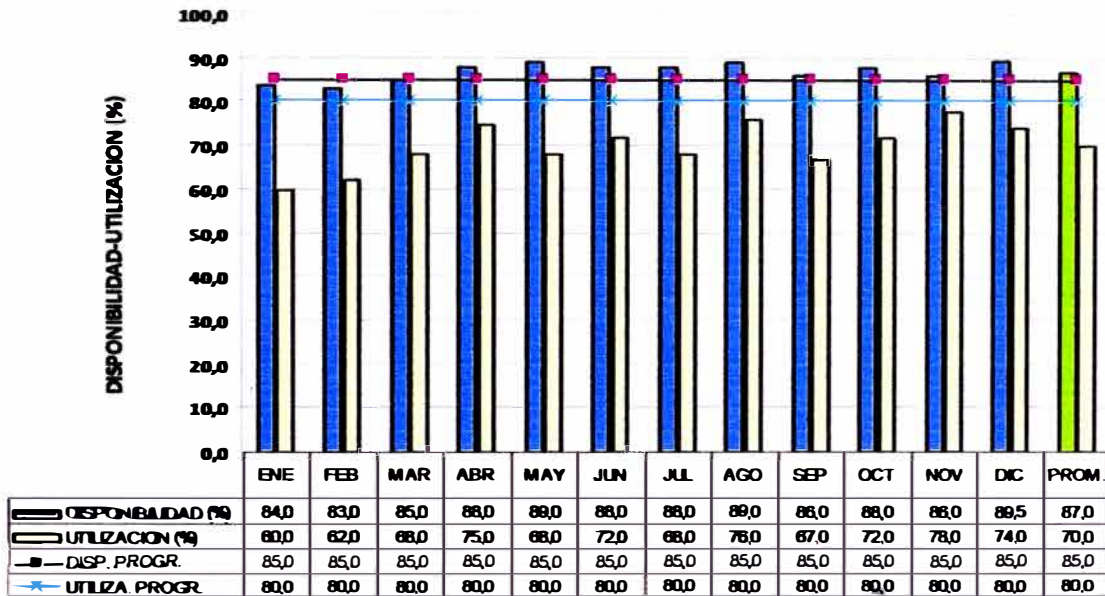


Gráfico 6.3 Disponibilidad y Utilización de la Flota de Jumbos por Mes 2006

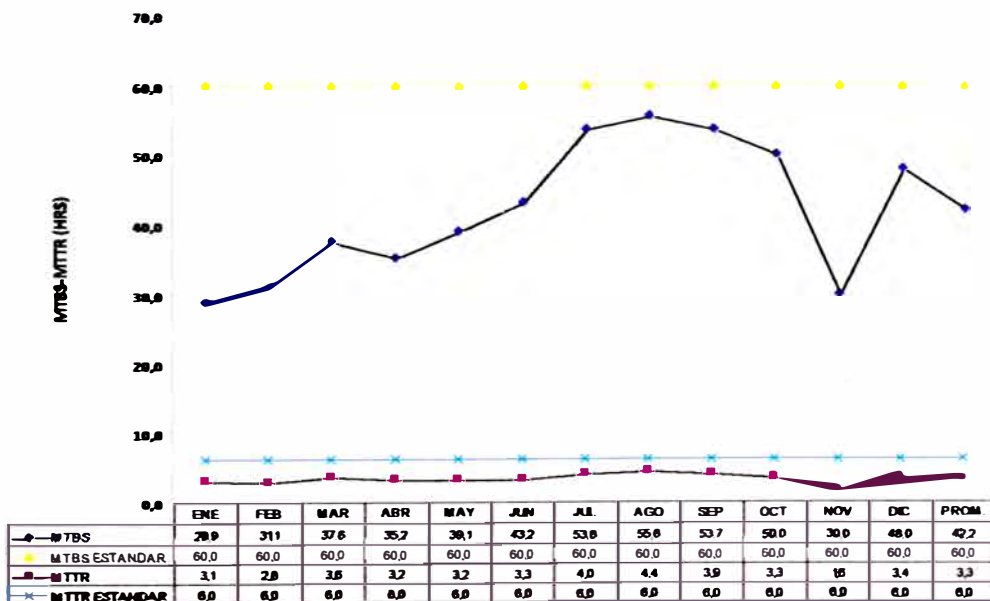


Gráfico 6.4 Indicadores MTBS y MTTR de la Flota de Jumbos Autopropulsados por Mes - 2006

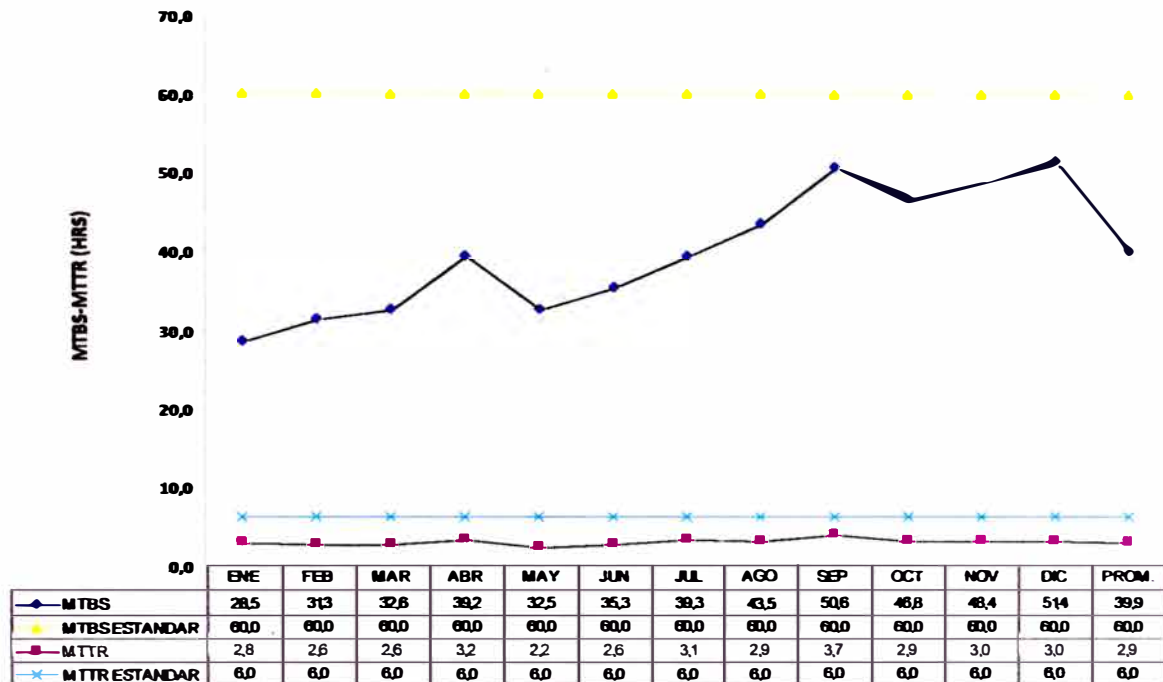


Grafico 6.5 Indicadores MTBS y MTTR de la Flota de Jumbos Remolcados por Mes -2006

6.3 RESULTADOS ECONÓMICOS

Lo más relevante de los gráficos 6.1 y 6.2 se ha elaborado un cuadro resumen, gráfico 6.6, y 6.7 donde se tiene un ahorro en mantenimiento de US\$ 98,177.6 por aplicar el mantenimiento preventivo: y una recuperación de US\$ 888,577.5 en producción, o dejado de perder.

Hay que destacar que este último valor no es percibido por la gente de operaciones, debido a que no se registran oficialmente, en todo caso la consideran, como pérdida aparente, pero que se produce por parada de equipos, lo que generalmente se oculta para evitarse problemas.

Periodo	Costos de Mantenimiento (US\$)			Perdidas Producción (US\$)
	Correctivo	Preventivo	Total	
2005	759838,2	16100,6	775938,8	3254347,5
2006	626311,2	51450,0	677761,2	2365770,0
AHORRO			98.177,6	
RECUPERACION DE PERDIDAS EN PRODUCCION				888.577,5

Grafico 6.6 Cuadro de Comparación de Costos y Ahorro (US\$).

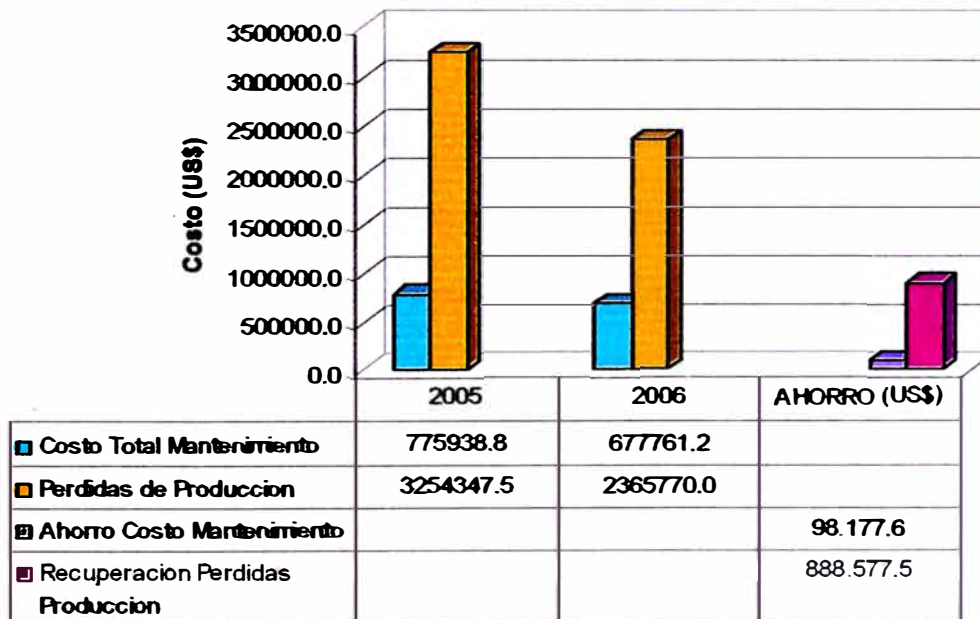


Grafico 6.7 Comparación de Costos y Ahorro (US\$).

CONCLUSIONES

- 1.** Con el presente estudio se demuestra que con la implantación del nuevo programa de mantenimiento en base a los conceptos del Preventivo, Predictivo y Mantenimiento Total se logra una repercusión positiva en el balance económico del cliente en este caso la Empresa Minera.
- 2.** El servicio de una Empresa Especialista en el Rubro de mantenimiento de los Jumbos es una buena alternativa para cualquier mina subterránea que desea reducir costos operativos de perforación, ya que la experiencia de su gente especializada permite generar cambios con resultados exitosos.
- 3.** La Empresa Minera en base ha estos resultados para el siguiente año pretende reducir mas sus costos operativos de perforación es por eso que se pretende realizar un contrato por metro perforadora donde la Empresa Especialista asuma el costo de operador, el costo de voladura y mantenimiento, esto es la tendencia actual. Para conocimiento en el Perú son pocas empresas que brindan este tipo de servicio de Perforación de Taladros largos en Minería Subterránea, mencionamos a las mas conocidas Atlas Copco Perú, RESEMIN S.A, Boar Long Year.

debajo del estándar que es 60 hrs para este tipo de equipos y el MTTR de 3.1 hrs también debajo del estándar que debe ser 6 hrs.

7. Se debe entender que la Empresa Especialista al ser un socio Estratégico que a través de una solida Relación Contractual en base a un mejoramiento continuo es en la actualidad una de las mejores opciones para solucionar los problemas técnicos, logísticos, operativos y comerciales. Claro esta que esto va de la mano con una buena gestión de contratos de parte del cliente que en este caso es la Empresa minera, juntos alcanzan el objetivo final que es la reducción de los costos de Producción.

4. Una de los resultados mas exitosos fue la capacitación del personal operador Jumbero, en las rutinas de mantenimiento desde el enfoque de TPM esto trajo como resultados que se implantar a todo nivel en al Empresa Minera.

5. En cuanto a los índices de Gestión se observa que el promedio de la disponibilidad de los equipos ha subido un 7.4% en comparación con la anterior gestión el cual tenia un promedio de 80,7, al finalizar el termino del siguiente año es de 87% por encima de lo establecido en el contrato 85%. En cuanto a la Utilización se ha incrementado en un 16,7% de 60 a 70% pero todavía no se llega al estándar que debe ser 80%, esto principalmente por las paradas operativas del planeamiento mina es decir el equipo no es utilizado correctamente cuando esta disponible por falta de área de perforación, servicios, marcado de malla de perforación, etc.

6. Con la Nueva Gestión se implanto nuevos índices de Gestión para medir la confiabilidad del equipo, el uso eficiente de recursos, y la calidad de reparación el MTBS, y la Eficiencia de mantenimiento el MTTR, esto todavía esta en proceso de mejora por algunas dificultades en la Gerencia de la Empresa Minera, como el paradigma de ahorrar por costo y no por calidad en cuanto a los repuestos, falta de una política de repotenciación y reemplazo de equipos.

Pero sin embargo se ha calculado estos índices y se muestran en los Gráficos 6.4 y 6.5 donde se muestra que el MTBS esta en un promedio de 41 hrs por

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Perforación y Voladura de Rocas Edición 2003.
Autor : Carlos López Jimeno, Emilio López Jimeno Madrid-España.
- Explotación Subterránea Métodos y Casos prácticos Edición 1999.
Autor : Facultad de Ingeniería de Minas Universidad del Altiplano Puno- Perú.
- Manual Técnico de mantenimiento Jumbo Modelo Simba H-157 2003.
Autor : Atlas Copco
- Construction & Mining and Construction
[http:// www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com)
- Exposición 2006 Gestión de mantenimiento de Equipo Caterpillar : Alianza y Desarrollo del Cliente.
Autor : Ferreyros Lima-Perú.
- Informe de Suficiencia “Plan de Mejoras en el mantenimiento de Equipos de Carguío y Acarreo de bajo perfil utilizado en minas subterráneas” 2007.
Autor : Ing. Francisco Regis Inchicaque Oncoy Lima-Perú.
- XV Simposium de Ingeniería de Minas-SIMIN 2007 “ Minería de Excelencia hacia el Bicentenario.
Autor : Atlas Copco Santiago- Chile 2007.
- Informe de Suficiencia “Análisis Sistemático para el desarrollo del mantenimiento Proactivo en equipos de bajo Perfil en Minas Subterráneas”.
Autor : Ing. Miguel Ángel Herrera Quispe Lima- Perú 2005

ANEXOS

GLOSARIO TECNICO

- **Bulonaje** : Anclaje metálico para refuerzo de la roca.
- **Banqueo**: Unidad básica de explotación en forma de un gran escalón constituido por un plano vertical o frente, un plano horizontal, o plataforma de trabajo.
- **Frente**: Superficie libre en una voladura.
- **Galería**: Excavación subterránea lineal, generalmente en minería.
- **Tajeo**: Área donde se realiza la perforación.
- **Spliset**: Anclaje metálico para refuerzo de roca.
- **Detritus**: Partículas o esquirlas de roca procedentes de la perforación de un barreno.
- **Barreno**: Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo.
- **Diamantina**: Equipos de perforación para sacar testigos de muestra mineral.
- **Rais Boring**: Equipos de perforación para realizar chimeneas de comunicación entre niveles de explotación en socavón
- **Fiabilidad**: “La probabilidad de buen funcionamiento de algo” extendiéndolo a mantenimiento, la fiabilidad de un repuesto o componente de un equipo, es la

probabilidad de que funcione correctamente, bajo condiciones de diseño y por un tiempo determinado vida útil, es la capacidad de permanecer continuamente en condiciones operativas. Es sinónimo de calidad, por satisfacer requisitos de normas técnicas, que garanticen una alta disponibilidad de equipos en estado confiable, con probabilidades de alargar la vida útil, con menos costo de mantenimiento.

- **Confiabilidad:** Se define como la capacidad de un equipo para realizar su función sin fallas, durante un tiempo dado y para las condiciones de operación, que ha sido diseñado. En la práctica confiabilidad, relaciona disponibilidad, rendimiento vida del equipo, condiciones operativas, carga de trabajo y medición de indicadores. El desempeño de la confiabilidad se expresa mediante el tiempo medio entre fallas (MTBF).
- **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de recuperar su estado operativo mediante una reparación en el equipo, en un cierto tiempo, considerando al personal, como capital humano, quienes utilizaran procedimientos y recursos de las instalaciones para su ejecución. Representa la cantidad de esfuerzo requerido, para volver a funcionar normalmente y restituir su condición operativa.
El desempeño de la mantenibilidad se expresa como promedio aritmético de que tan rápido es reparado y se visualiza más fácil que un valor de probabilidad a través del tiempo medio de reparación (MTTR).
- **Benchmarks:** Son estándar, medidas, indicadores claves de gestión, que identifican la mejor forma de una operación o función dentro de una operación. Usadas para medir el rendimiento relativo externo o para monitorear el proceso hacia metas internas específicas. En mantenimiento son : disponibilidad, utilización, MTTR, MTBS, etc.

ANEXO N°1

DISTRIBUCION DE NIVELES DE EXTRACCION DE LA MINA Y EQUIPOS DE PERFORACION JUMBOS



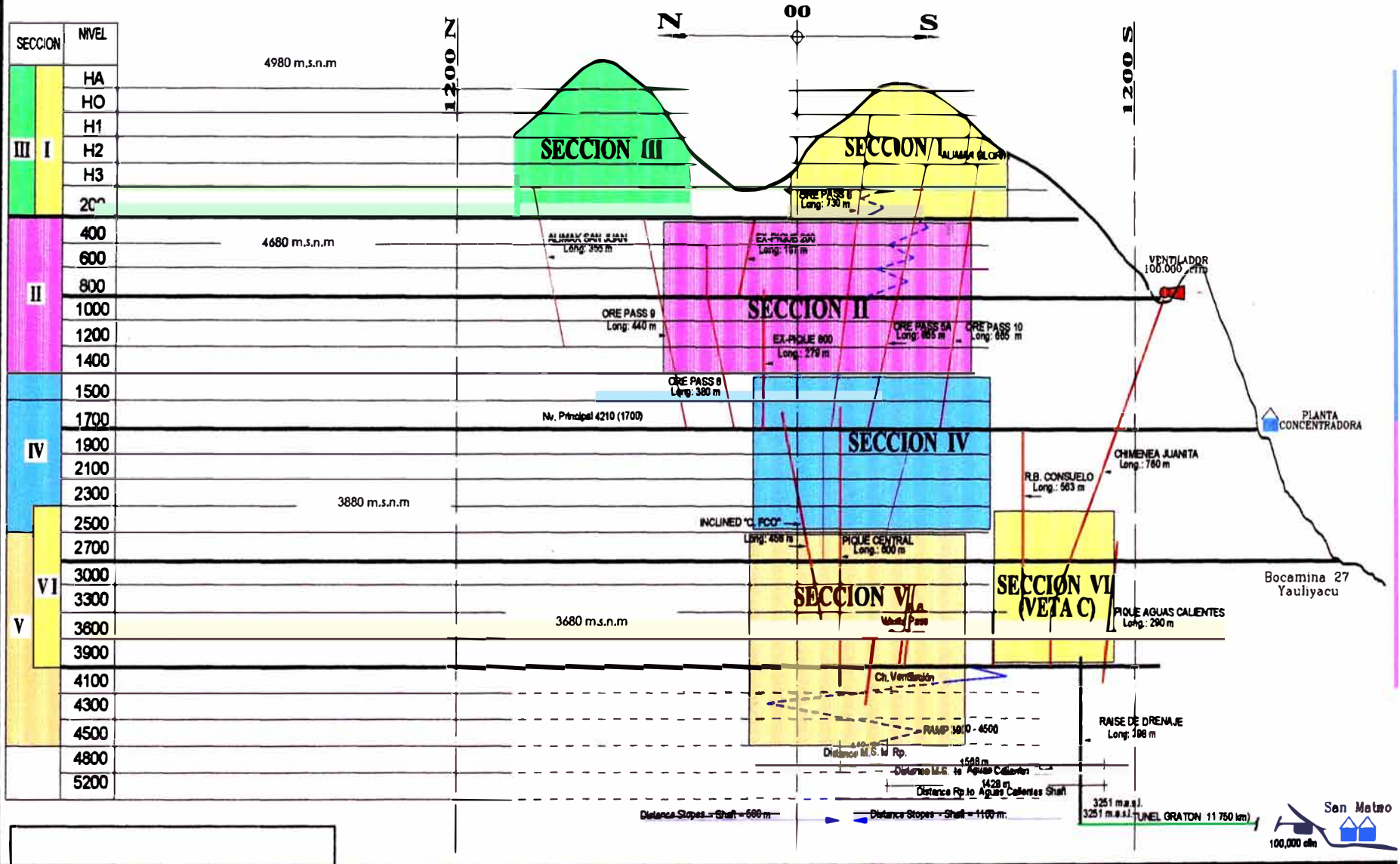
JUMBO SIMBA H-157 EN PLENA PERFORACION



JUMBO RAPTOR REMOLCADO DE FABRICACION

RESEMIN

DISTRIBUCION DE NIVELES DE EXTRACCION DE LA EMPRESA MINERA



ANEXO N°2

FORMATO DE REPORTES DE MANTENIMIENTO JUMBOS

CHECK LIS DIARIO DE JUMBO SIMBA Y RAPTOR

CHECK LIST DIARIO

EQUIPO:				FECHA: / /			
MECANICO-ELECT:				UBICACIÓN:			
OPERADOR:				GUARDIA:	D	N	
PRESIONES			ABASTECIMIENTO		SE AGREGA	HOROMETRO	LEYENDA
PRESIONES	ALTA	BAJA	COMBUSTIBLE:			MOTOR D2:	I INSPECCION
PERCUSION:			ACEITE HIDRAULICO:			PERCUSION:	A: AJUSTE
AVANCE:			ACEITE LUBRICACION:			MOTOR	E: ENGRASE
ROTACION:	RPM		Nº TANQUE HIDRAUL:			ELECTRICO:	F: FUGAS
DESCRIPCION			I	A	E	F	OBSERVACIONES
PERFORADORA							
LUBRICACION - GUIDE							
CAJA DE ENGRANAJES							
TIRANTES - PERNOS							
ALINEAMIENTO							
MOTOR ROTACION							
VIGA							
MORDAZA							
LABIOS DE MORDAZA							
END PLATE							
LAINAS DE VIGA							
MESA COP - CHAIN BRACKET							
SOPORTE DE MESA COP (HOLDER)							
SOPORTE DE MANGUERAS							
ABRAZADERA DE PISTON DE APOYO							
SOPORTE - MOTOR DE AVANCE							
CADENA DE AVANCE							
TEMPLADOR DE CADENA							
RODAMIENTO INTERMEDIO							
RODAMIENTO DELANTERO							
GARRA DE PISTON DE APOYO							
SOPORTE DE VIGA							
SOPORTE DE CILINDRO EXT. VIGA							
OTROS							
DESPLAZAMIENTO - BRAZO							
UNIDAD DE ROTACION							
BOOM - TELESCOPICO							
CORREDERA LATERAL							
MOTOR HIDR. - CADENA							

CHECK LIST DIARIO

EQUIPO:				FECHA: / /			
MECANICO-ELECT:				UBICACIÓN:			
OPERADOR:				GUARDIA:	D	H	
PRESIONES			ABASTECIMIENTO	SE AGREGA	HOROMETRO	LEYENDA	
PRESIONES	ALTA	BAJA	COMBUSTIBLE:		MOTOR D2:	I: INSPECCION	
PERCUSION:			ACEITE HIDRAULICO:		PERCUSION:	A: AJUSTE	
AVANCE:			ACEITE LUBRICACION:		MOTOR	E: ENGRASE	
ROTACION:	RPM		Nv TANQUE HIDRAUL:		ELECTRICO:	F: FUGAS	
DESCRIPCION			I	A	E	F	OBSERVACIONES
CILINDROS - VALVULAS - BOMBA							
BOMBA DE ROTACION							
BOMBA A10V071							
BOMBA HIDROSTATICA							
C. DE APOYO SUPERIOR							
C. DE APOYO INFERIOR							
C. EXT. DE VIGA							
C. DE VASCULACION							
C. GEMELOS DELANTEROS							
C. DE LEVANTE							
C. DE DIRECCION							
C. GATAS							
C. GUARDACABEZA							
C. DE MORDAZA							
V. DOBLE CHECK							
V. DIRECCIONALES							
V. DE POSICIONAMIENTO DEL BRAZO							
V. DE PERFORACION							
V. DE POSICIONAMIENTO DEL EQUIPO							
OTROS							
TRANSMISION - CARRIER							
FRENOS							
NEUMATICOS							
MOTOR HIDRAULICO							
DIFERENCIAL - TORQUE HUB							
CAJA REDUCTORA - ACOUPLE							
CRUCETAS - CARDAN							
ESTRUCTURA							
BASE DE GATAS							

CHECK LIST DIARIO

EQUIPO:				FECHA: / /			
MECANICO-ELECT:				UBICACIÓN:			
OPERADOR:				GUARDIA:	D	N	
PRE SIONES			ABASTECIMIENTO	SE AGREGA	HOROMETRO	LEYENDA	
PRESIONES	ALTA	BAJA	COMBUSTIBLE:		MOTOR D2:	I INSPECCION	
PERCUSION:			ACEITE HIDRAULICO:		PERCUSION:	A. AJUSTE	
AVANCE:			ACEITE LUBRICACION:		MOTOR	E. ENGRASE	
ROTACION:	RPM		Nv TANQUE HIDRAUL:		ELECTRICO:	F. FUGAS	
DESCRIPCION			I	A	E	F	OBSERVACIONES
LUBRICACION							
COMPRESOR - FILTRO							
NIVEL DE ACEITE							
ECL - RELE CICLICO							
SISTEMA ELECTRICO							
TAMBORA - PORTACABLE							
TABLERO PRINCIPAL							
PANEL DE CONTROL							
CABLE COLA - CHUPONES							
FAROS - INDICADORES PILOTOS							
ELECTROVALVULAS							
BATERIA							
ARRANCADOR - ALTERNADOR							
MOTOR ELECTRICO							
REFLECTOR							
MOTOR DIESEL							
NIVEL DE ACEITE							
FAJAS							
NIVEL COMBUSTIBLE							
FILTRO DE ADMISION							
OTROS							
CIRCULINA							
CLAXON							
DESFOGUE D/ENFRADOR DE ACEITE							
PURGAR TAMIZ DE AIRE - AGUA							
ALARMA DE RETROCESO							
OBSERVACIONES:							
_____			_____			_____	
SUPERVISOR			MECANICO			OPERADOR	

ANEXO N°3

**CARACTERISTICAS TECNICAS Y FALLAS PRINCIPALES EN
PERFORADORAS HIDRAULICAS**

Características

Peso y dimensiones

Peso	96 kg	(211 lbs)
Longitud	808 mm	
Anchura (con conexiones)	260 mm	
Altura total	225 mm	
Altura sobre el centro de la barrena	80 mm	

Prestaciones

Velocidad de percusión	40–60 Hz (2400–3600 impactos/min)
Par máximo continuo	140 Nm (104 pies.lbs)
Par máximo momentáneo	245 Nm (182 pies.lbs)
Velocidad de rotación	0–5 rev/s (300 rev/min)
Potencia de impacto	7,5 kW

Motor de rotación

Tipo	Danfoss (OMP 80)
Máx. presión cont. de funcionamiento	70 bares (1015 lbs/pulg ²)
Par máximo continuo	68 Nm (50 pies.lbs)
Velocidad de rotación	0–10,8 rev/s

Dimensiones de las mangueras mm (pulg)

1. Aire de lubricación	6,3	(1/4)
2. Motor de rotación (dos)	12,5	(1/2)
– Conexión superior del motor:		
rotación en sentido del reloj		
– Conexión inferior del motor:		
rotación en sentido contrario al reloj		
3. Entrada al mecanismo de percusión	12,5	(1/2)
4. Retorno del mecanismo de percusión	19	(3/4)
5. Agente de barrido	20	(3/4)

Presiones de funcionamiento bares (lbs/pulg²)

Mecanismo de percusión	150–240	(2175–3480)
– longitud de carrera en posición 1, presión máx.	240	(3480)*
– longitud de carrera en posición 2, presión máx.	200	(2900)*
– longitud de carrera en posición 3, presión máx.	180	(2610)*
Rotación máx. continua	70	(1015)
Agente de barrido máx.	14	(203)
Aire de lubricación máx.	2	(29)
Presión de recarga del acumulador	110	(1595)

* prevista como pérdida de presión en la perforadora a 7,5 kW de potencia de impacto

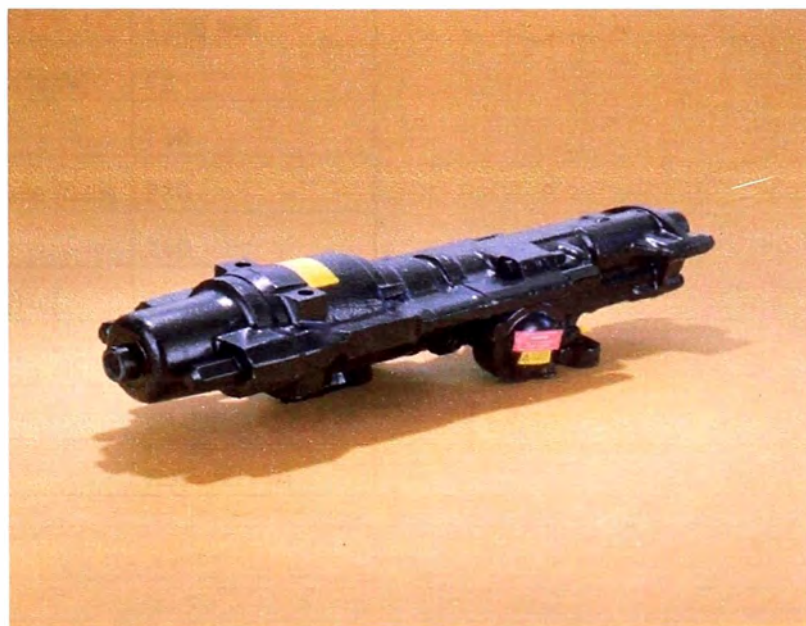
Consumo de agente de barrido

Agua a 6 bares (87 lbs/pulg ²)	0,6 l/s
Aire de lubricación a 2 bares (29 lbs/pulg ²)	1,5 l/s

Varillaje Sandvik Coromant

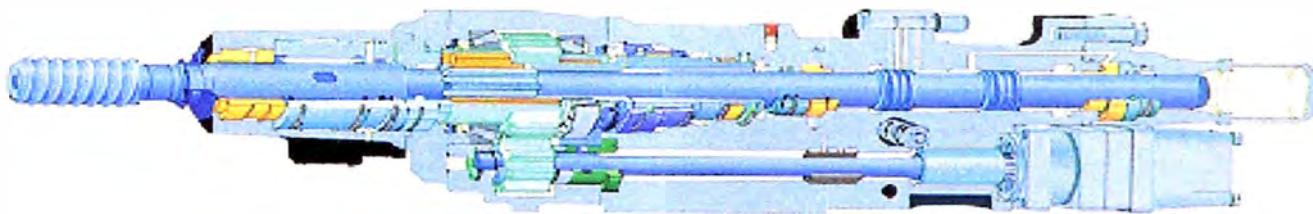
Adaptador de culata	R 32
Barra para perforación horizontal	R 32L, R 32SL
– diámetro	25 o 28 mm
Bocas	35–45 mm
Bocas escariadoras	76 mm

PERFORADORA HIDRAULICA COP 1032





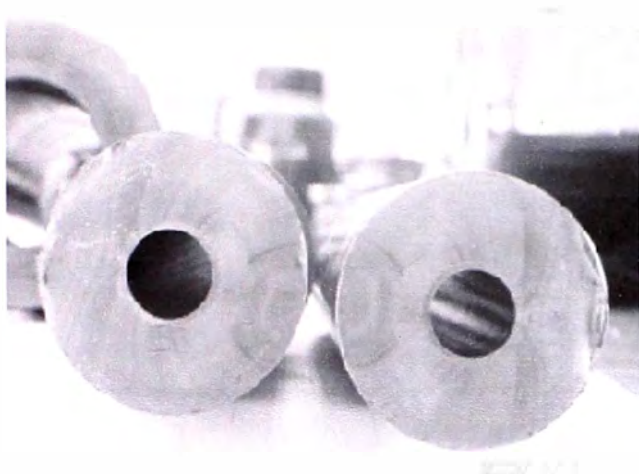
PERFORADORA HIDRAULICA COP 1238 ME



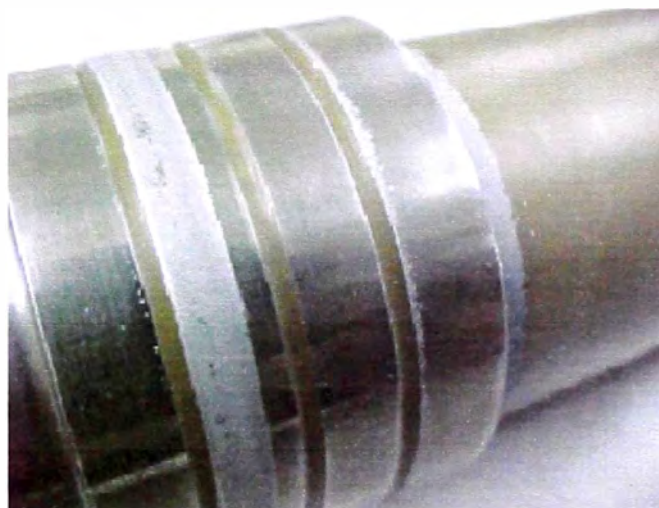
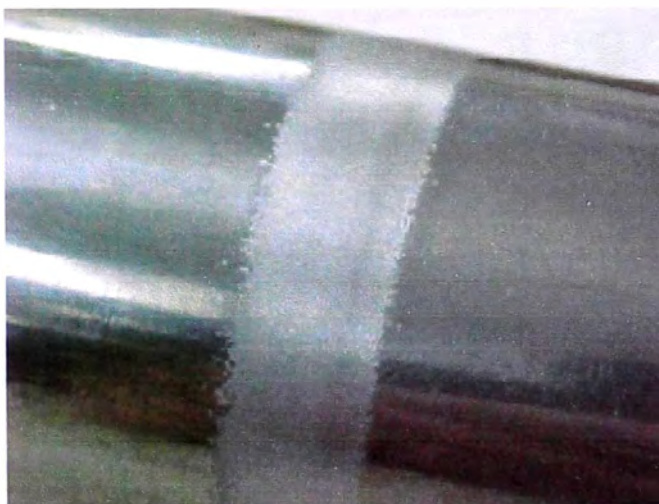
CARACTERISTICAS TECNICAS COP 1238 ME

COP Rock Drill	1238 ME
Impact power, max [kW]	12
Weight, [kg]	150
Max impact pressure [bar]	230
Impact energy, [J]	240
Impact frequency [Hz]	50
Damper, type	Hydraulic single
Hole range [mm]	33-76
Shank adapter (s)	R32, R/T38

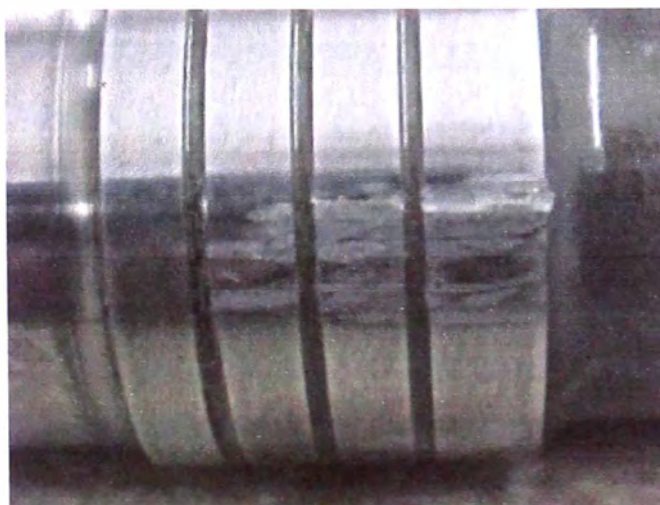
FALLAS EN LOS COMPONENTES DE LA PERFORADORA HIDRAULICA



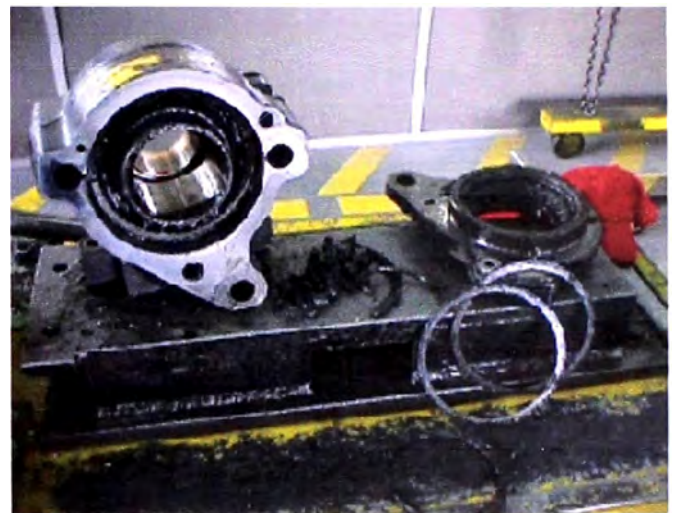
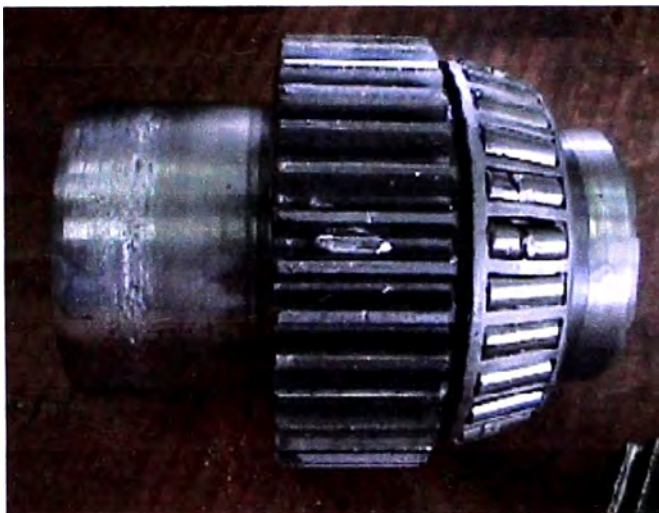
ROTURA DE PISTON HIDRAULICO



DESGASTE DE PISTON POR CAVITACION



RAYADURA DE PISTON POR DESALINEAMIENTO DE BOCINAS Y ROTURA POR RECOSTAMIENTO



DESGASTE DE RODAMIENTO DE CAJA DE ENGRANAJE



ROTURA DE PISTON DE AMORTIGUACION



ROTURA DE PERNO LATERAL

ANEXO Nº 4

**CUADROS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO POR MES DE LA
FLOTA DE JUMBOS**

CUADRO DE COSTO POR MANTENIMIENTO MENSUAL FLOTA JUMBOS 2005

COSTO MENSUAL REAL POR EQUIPO DE FLOTA DE JUMBOS (US\$)

EQUIPO	DESCRIPCION	2005												TOTAL	PROM.
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
JUMBOS AUTOPROPULSADOS	SIMBA H157 N°1	REPUESTOS	7850,0	9340,0	8980,0	8790,0	7430,0	9550,0	8740,0	9653,0	6110,0	10016,0	9150,0	103439,0	8619,9
		CONSUMIBLES	2263,7	578,7	678,7	578,7	973,0	578,7	588,7	733,7	568,7	630,0	638,4	11219,7	935,0
		MANO DE OBRA	1600,0	1750,0	1220,0	1864,0	1800,0	1980,0	1560,0	1800,0	1600,0	1064,8	1550,0	19548,8	1629,1
	SIMBA H157 N°2	REPUESTOS	6019,0	5230,0	7442,0	5150,5	7062,3	4544,2	6962,2	3009,4	7766,8	5968,4	7265,4	72856,4	6071,4
		CONSUMIBLES	657,3	2365,0	578,7	523,5	578,7	1094,4	2489,7	578,7	613,4	537,9	578,7	11253,9	937,8
		MANO DE OBRA	1450,0	1765,0	1850,0	1854,0	1600,0	1564,0	1546,0	1500,0	1980,0	974,8	1450,0	19203,8	1600,3
	BOOMER	REPUESTOS	6488,2	5654,3	7853,9	7200,3	6740,3	3985,0	7637,6	7852,0	8143,8	8087,4	7542,9	82486,1	6873,8
		CONSUMIBLES	578,7	565,9	2482,5	619,6	934,7	578,7	733,7	2398,5	769,0	545,0	578,7	11363,3	946,9
		MANO DE OBRA	1700,0	1800,0	1570,0	1730,0	1850,0	1550,0	1590,0	1720,0	1841,0	794,8	1450,0	19539,8	1628,3
QUASAR	REPUESTOS	7870,4	6562,0	7821,0	7016,7	6582,7	7570,3	5561,7	8738,9	7578,4	8034,2	7234,7	84624,0	7052,0	
	CONSUMIBLES	993,5	547,9	546,7	2355,7	565,7	495,5	569,8	657,0	2421,8	499,9	548,6	10830,5	902,5	
	MANO DE OBRA	1450,0	1740,0	1740,0	1740,0	1800,0	1690,0	1740,0	1800,0	1800,0	844,8	1680,0	19654,8	1637,9	
JUMBOS REMOLCADOS	RAPTOR JUNIOR	REPUESTOS	4352,8	5210,0	3800,7	3971,7	4900,8	4200,2	3976,7	3760,9	4278,9	5008,6	4190,9	51979,3	4331,6
		CONSUMIBLES	227,0	227,0	327,0	227,0	1912,0	832,0	237,0	382,0	217,0	220,0	286,7	5321,3	443,4
		MANO DE OBRA	1450,0	1450,0	1700,0	1800,0	1800,0	1550,0	1620,0	1830,0	1580,0	900,0	1648,0	18878,0	1573,2
	RAPTOR MINI N°1	REPUESTOS	3983,8	4213,9	3990,9	3200,0	3657,0	4232,7	4700,0	3987,3	3841,0	3798,0	4598,2	48600,8	4050,1
		CONSUMIBLES	225,8	314,6	284,7	232,7	275,8	2134,9	256,7	256,7	329,4	327,0	1908,7	7480,6	623,4
		MANO DE OBRA	1450,0	1550,0	1550,0	1550,0	1550,0	1730,0	1770,0	1657,0	1610,0	1000,0	1770,0	18987,6	1582,3
	RAPTOR MINI N°2	REPUESTOS	4390,8	4761,9	4111,5	3965,8	4539,0	3824,7	3743,0	5026,8	4358,9	4600,9	4396,3	51706,6	4308,9
		CONSUMIBLES	2046,8	242,5	267,3	278,4	342,1	228,4	954,3	294,7	351,8	220,0	257,8	7407,9	617,3
		MANO DE OBRA	1560,0	1750,0	1320,0	1860,0	1800,0	1790,0	1460,0	1700,0	1600,0	680,0	1800,0	19080,0	1590,0
	RAPTOR N°2	REPUESTOS	3707,8	4366,3	4659,9	5121,9	4876,9	4287,5	4654,2	5072,1	3993,5	5033,4	4238,7	54407,9	4534,0
		CONSUMIBLES	345,7	1984,0	329,8	256,8	298,3	231,1	2098,2	835,6	329,5	320,0	322,7	7618,8	634,9
		MANO DE OBRA	1500,0	1680,0	1300,0	1760,0	1800,0	1980,0	1460,0	1700,0	1500,0	660,0	1450,0	18450,0	1537,5
TOTAL JUMBOS	REPUESTOS	44662,8	45338,4	48659,9	44416,9	45789,0	42194,6	45975,4	47100,4	46071,3	50546,9	48617,1	550100,1	45841,7	
	CONSUMIBLES	7338,5	6825,6	5495,4	5072,4	5880,3	6173,7	7928,1	6136,9	5600,6	3299,8	5120,3	72496,0	6041,3	
	MANO OBRA	12160,0	13485,0	12250,0	14158,0	14000,0	13834,0	12746,0	13707,0	13511,0	6919,1	12798,0	153342,7	12778,6	

CUADRO DE RESUMEN DE COSTOS POR TIPO DE MANTENIMIENTO (US\$), HRS DE PARADA Y INDICES DE DISPONIBILIDAD

2005														
Costo Total US\$	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROM.	
MANTTO CORRECTIVO	62761,3	64389,0	64605,3	62247,3	64109,3	61082,3	65449,5	65724,3	64122,9	59485,2	65195,4	759838,2	63319,	
MANTTO PREVENTIVO	1400,0	1260,0	1800,0	1400,0	1560,0	1120,0	1200,0	1220,0	1060,0	1280,6	1340,0	16100,6	1341,7	
Hrs. Parada Mecanica Jumbos Autopropulsados	320,0	280,0	301,5	336,5	280,0	332,5	268,5	318,6	360,0	301,5	310,5	3718,1	309,8	
Hrs. Parada Mecanica Jumbos Remolcados	280,0	220,0	198,5	215,0	250,0	220,0	198,6	240,0	256,5	275,0	275,5	2894,1	241,2	
PERDIDAS PRODUC US\$	294000,0	246000,0	247612,5	273412,5	259500,0	273562,5	230332,5	275265,0	304425,0	282037,5	286987,5	3254347,5	271195,	
Disponibilidad Prom. (%)	78,0	82,0	85,0	79,0	82,0	82,0	79,0	80,0	82,0	83,0	78,0		80,7	
Disponibilidad Progra. (%)	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0		85,0	
Utilizacion Prom. (%)	60,0	62,0	56,0	58,0	54,0	56,0	62,0	64,0	54,0	66,0	68,0		60,0	
utilizacion Progra. (%)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0		80,0	

CUADRO DE COSTO POR MANTENIMIENTO MENSUAL FLOTA JUMBOS 2006

COSTO MENSUAL REAL POR EQUIPO FLOTA JUMBOS 2006 (US\$)

EQUIPO	DESCRIPCION	2006												TOTAL	PRO	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
JUMBOS AUTOPROPULSADOS	SIMBA H 157 - N° 1	REPTOS Y PERSONAL	6577.5	5940.9	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	77444.6	6453
		CONSUMIBLES	2263.7	1200.0	1320.0	578.7	600.0	578.7	2408.7	588.7	600.0	300.0	430.0	450.0	11318.5	943
		SERVICIOS	1600.0	1200.0	1980.0	1864.0		680.0			1800.0			860.0	9984.0	1426
	SIMBA H 157 - N° 2	REPTOS Y PERSONAL	6577.5	5940.9	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	77444.6	6453
		CONSUMIBLES	680.0	2365.0	578.7	523.5	578.7	600.0	657.9	2489.7	578.7	613.4	537.9	578.7	10782.2	898
		SERVICIOS		1765.0		820.0		1564.0	1670.0			490.0	974.8		7283.8	1214
	BOOMER	REPTOS Y PERSONAL	6577.5	5940.9	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	77444.6	6453
		CONSUMIBLES	800.0	655.9	2282.5	619.6	648.0	578.7	578.3	733.7	2398.5	769.0	545.0	578.7	11187.9	932
		SERVICIOS	1700.0		1570.0		600.0	550.0		1100.0		1841.0	794.8		8155.8	1165
	QUASAR	REPTOS Y PERSONAL	6577.5	5940.9	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	6577.5	6365.3	6577.5	6365.3	6577.5	77444.6	6453
		CONSUMIBLES	993.5	547.9	546.7	2355.7	565.7	495.5	628.4	569.8	657.0	2421.8	499.9	548.6	10830.5	902
		SERVICIOS	1450.0	1120.0		1740.0		1690.0		1740.0			844.8		8584.8	1430
JUMBOS REMOLCADOS	RAPTOR JUNIOR	REPTOS Y PERSONAL	4878.7	4406.5	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	57442.6	4786
		CONSUMIBLES	500.0	532.0	327.0	227.0	1912.0	832.0	227.0	237.0	382.0	217.0	1920.0	286.7	7599.4	633
		SERVICIOS	1450.0	1450.0			650.0			400.0	980.0		900.0	1648.0	7478.0	1068
	RAPTOR MINI N° 1	REPTOS Y PERSONAL	4878.7	4406.5	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	57442.6	4786
		CONSUMIBLES	534.0	434.0	284.7	232.7	275.8	2134.9		256.7	256.7	329.4	327.0	1908.7	6974.6	634
		SERVICIOS	1450.0	1550.0	800.0					1770.0		860.0	1000.0		7430.0	1238
	RAPTOR MINI N° 2	REPTOS Y PERSONAL	4878.7	4406.5	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	57442.6	4786
		CONSUMIBLES	2046.8	242.5	267.3	278.4	342.1	228.4	1923.8	954.3	294.7	351.8	220.0	257.8	7407.9	617
		SERVICIOS	1560.0	1750.0		1860.0						1600.0		560.0	7330.0	1466
	RAPTOR N° 2	REPTOS Y PERSONAL	4878.7	4406.5	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	4878.7	4721.3	4878.7	4721.3	4878.7	57442.6	4786
		CONSUMIBLES	635.0	1984.0	645.0	256.8	298.3	231.1	267.1	1980.0	835.6	329.5	320.0	322.7	8105.1	675
		SERVICIOS		1680.0	1300.0		1800.0		460.0		1460.0		660.0	400.0	7760.0	1108
TOTAL JUMBOS	REPTOS Y PERSONAL	45824.8	41389.6	45824.8	44346.4	45824.8	44346.4	45824.8	45824.8	44346.4	45824.8	44346.4	45824.8	539548.8	4496	
	CONSUMIBLES	8453.0	7961.3	6251.9	5072.4	5220.6	5679.3	6691.2	7809.9	6003.2	5331.9	4799.8	4931.9	74206.1	6183	
	SERVICIOS	9210.0	10515.0	5650.0	6284.0	3050.0	4484.0	2130.0	5010.0	4240.0	4791.0	5174.3	3468.0	64006.3	5333	

CUADRO DE RESUMEN DE COSTOS POR TIPO DE MANTENIMIENTO (US\$), HRS DE PARADA Y INDICES DE DISPONIBILIDAD MTBS Y MTTR DE LA FLOTA DE JUMBOS 2006

2006														
Costo Total US\$	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROG
MANTTO CORRECTIVO	58287,8	54765,9	52676,7	50872,8	49495,4	50259,7	50526,0	54594,7	50659,6	52327,7	50920,5	50924,7	626311,2	5219
MANTTO PREVENTIVO	5200,0	5100,0	5050,0	4830,0	4600,0	4250,0	4120,0	4050,0	3930,0	3620,0	3400,0	3300,0	51450,0	428
Hrs. Parada Jumbos Autopropulsados	280,0	240,0	250,0	240,5	220,0	202,5	198,5	210,5	195,5	180,5	146,5	138,5	2503,0	208
Hrs. Parada Jumbos Remolcados	260,0	220,0	210,5	215,0	180,0	200,5	210,5	180,5	196,5	168,5	138,5	156,6	2337,1	194
PERDIDAS PRODUC US\$	264000,0	225000,0	225975,0	223012,5	196500,0	196537,5	198937,5	191737,5	191062,5	170587,5	139237,5	143182,5	2365770,0	1971
DISPONIBILIDAD (%)	84,0	83,0	85,0	88,0	89,0	88,0	88,0	89,0	86,0	88,0	86,0	89,5		87,
DISP. PROGR. (%)	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0		85,
UTILIZACION (%)	60,0	62,0	68,0	75,0	68,0	72,0	68,0	76,0	67,0	72,0	78,0	74,0		70,
UTILIZA. PROGR. (%)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0		80,
Horas de Operación Autopropulsados	2600,0	2640,0	2630,0	2639,5	2660,0	2677,5	2681,5	2669,5	2684,5	2699,5	2732,0	2741,5	32055,5	267
Horas de Parada	280,0	240,0	250,0	240,5	220,0	202,5	198,5	210,5	195,5	180,5	148,0	138,5	2504,5	208
Cantidad de Paradas	90,0	85,0	70,0	75,0	68,0	62,0	50,0	48,0	50,0	54,0	91,0	41,0	784,0	65,
Horas de Operación Remolcados	2620,0	2660,0	2669,5	2665,0	2700,0	2679,5	2669,5	2699,5	2683,5	2711,5	2712,0	2723,4	32193,4	268,
Horas de Parada	260,0	220,0	210,5	215,0	180,0	200,5	210,5	180,5	196,5	168,5	168,0	156,6	2366,6	197
Cantidad de Paradas	92,0	85,0	82,0	68,0	83,0	76,0	68,0	62,0	53,0	58,0	56,0	53,0	836,0	69,
MTBS Jumbos Autoprop.	28,9	31,1	37,6	35,2	39,1	43,2	53,6	55,6	53,7	50,0	30,0	48,0		42,
MTBS ESTANDAR	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0		60,
MTTR Jumbos Autoprop.	3,1	2,8	3,6	3,2	3,2	3,3	4,0	4,4	3,9	3,3	1,6	3,4		3,
MTTR ESTANDAR	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0		6,
MTBS Jumbos Remolca.	28,5	31,3	32,6	39,2	32,5	35,3	39,3	43,5	50,6	46,8	48,4	51,4		39,
MTTR Jumbos Remolca.	2,8	2,6	2,6	3,2	2,2	2,6	3,1	2,9	3,7	2,9	3,0	3,0		2,

ANEXO N° 5

**HOJA MODELO PARA PROCEDIMIENTO ESCRITO DE
TRABAJO SEGURO (PETS) PARA MANTENIMIENTO**

		PROCEDIMIENTO Nro	
		Área :	Departamento :
		Sección :	
(Título del procedimiento)		Aprobado	Revisado
OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Normar..... 		
ALCANCE (quienes deben cumplir)	<ul style="list-style-type: none"> • Todo el personal de la sección (Ejemplo)..... 		
RESPONSABLES	<ul style="list-style-type: none"> • El profesional, empleado u obrero responsable de ejecutar el procedimiento, ejemplo - El perforista 		
PROCEDIMIENTOS	<ol style="list-style-type: none"> Definición de términos. Equipos necesarios de protección personal. Herramientas requeridas. Equipos necesarios para labor. Recepción de la orden. Procedimientos al ingresar al lugar de operaciones. Procedimientos al iniciar la labor. Procedimientos durante la labor. Procedimientos al terminar la labor. Otros. 		
ENTRENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar y Fecha. • Fecha propuesta para la capacitación del ejecutor(es) del procedimiento. • Entrenador(es). • Número de horas de capacitación necesaria. 		
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	
Fecha...../...../.....	Fecha...../...../.....	Fecha...../...../.....	

ANEXO Nº 6

CONTRATO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

OBJETO DEL CONTRATO

Por el presente, LA EMPRESA contrata los servicios de LA LOCADORA para que ésta realice lo siguiente:

- a) Realizar el mantenimiento preventivo, correctivo y overhaul de componentes (*) a través de un grupo de mecánicos especializados en Jumbos. La planilla de personal asignado será de 15 mecánicos, quienes trabajarán en todas las guardias.
- b) Proveer la totalidad de los repuestos para cumplir lo anterior.
(*) Un listado de componentes de alto costo y de un bajo consumo no está incluido en las tarifas. Ver – Reposición de Componentes-

TARIFAS

Por el servicio indicado en la cláusula anterior :

Equipo	Tarifa fija / mes US\$
Unitaria	
Simba H157 N°1	6,365.3
Simba H157 N°2	6,365.3
Boomer H126XN	6,365.3
Quasimba	6,365.3
Raptor Mini N°1	4,721.3
Raptor Mini N°2	4,721.3
Raptor Junior	4,721.3
Raptor N°2	4,721.3
TOTAL	44,346.4/mes

Precios indicados no incluyen IGV

No se incluye en la tarifa los insumos consumibles:

- Llantas y accesorios de perforación.
- Lubricantes, grasas y combustibles
- Cable eléctrico externo de alimentación.

DISPONIBILIDAD MECANICA Y PENALIDADES

LA LOCADORA debe garantizar una disponibilidad mecánica no menor del 85%, caso contrario la tarifa será penalizada en forma proporcional.

Esta Hoja de cálculo se llevará para cada equipo.

La penalidad se aplicará mediante una tarifa penalizada individual para cada equipo, de la siguiente forma: (Regla de tres simple) :

$$\begin{array}{l} 85\% \quad - \quad \text{Tarifa Pactada según contrato} \\ DM\% \quad - \quad \text{Tarifa Penalizada} \end{array}$$

Donde DM es la disponibilidad mecánica encontrada inferior a 85%.

REPOSICIÓN DE COMPONENTES

LA EMPRESA deberá asumir mediante PEYUS el costo de reposición u overhaul de algunos componentes tomando en cuenta la vida útil de los mismos. Algunos de ellos - de hecho ya -se establece que serán asumidos por LA EMPRESA. Ver anexo 1.

COMPONENTES EN STAND BY

LA LOCADORA pondrá a su costo para stand by un lote de componentes, los cuales serán montados en los equipos de LA EMPRESA mientras se realiza la reparación o el overhaul de los mismos. Estos componentes son :

- 1 Perforadora COP1238
- 1 Viga Long Hole
- 1 Bomba de percusión
- 1 Mordaza Hidráulica
- 1 Compresor

Queda establecido que el uso de estos componentes no generará una renta de alquiler mientras sea LA LOCADORA quien se encuentre realizando la reparación o el overhaul del componente reemplazado.

ANEXO 01

REPOSICIÓN DE COMPONENTES QUE SERÁ ASUMIDA POR LA EMPRESA

1.- SIMBAS 1 y 2	N° Parte	Horas	Aprox.	
- Perforadora COP1238ME Bomba de Percusión	8311-1238-41	6,000	3 años	Horómetro
- Turning Device Bomba de Percusión	3128-3001-67	6,000	3 años	Horómetro
- Telescope Set Bomba de Percusión	3128-3039-24	6,000	3 años	Horómetro
- Rotation Unit Bomba de Percusión	3128-3001-68	6,000	3 años	Horómetro
- Boom Bomba de Percusión	3128-3008-79	10,000	5 años	Horómetro
- Eje Diferencial Delantero Motor Diesel	5112-3120-18	5,000	7 años	Horómetro
- Eje Diferencial Trasero Motor Diesel	5112-3004-75	5,000	7 años	Horómetro

- Bomba Hidrostática	5112-2877-40	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Hidrostático	5112-2877-41	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Diesel	5112-3036-00	5,000	7 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Reconst. de Articulación central	---	3,000	3 años	Horómetro
Motor Diesel				

2.- BOOMER H126XN

- Perforadora COP1238ME	8311-1238-41	6,000	3 años	Horómetro
Bomba de Percusión				
- Rotation Unit	3128-2099-00	10,000	5 años	Horómetro
Bomba de Percusión				
- Eje Diferencial Delantero	5112-2760-80	5,000	7 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Eje Diferencial Trasero	5112-2761-80	5,000	7 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Bomba Hidrostática	5112-2563-80	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Hidrostático	5112-2564-80	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Diesel	5112-2559-80	5,000	7 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Reconst. de Articulación central	---	3,000	3 años	Horómetro
Motor Diesel				

3.- QUASIMBA

- Perforadora COP1238ME	8311-1238-41	6,000	3 años	Horómetro
Bomba de Percusión				
- Rotary Actuator	635-0007	10,000	5 años	Horómetro
Bomba de Percusión				
- Rotary Actuator	635-0008	10,000	5 años	Horómetro
Bomba de Percusión				
- Bomba Hidrostática	832-0639	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Hidrostático	776-0547	4,000	5 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Motor Diesel	119-5651	5,000	7 años	Horómetro
Motor Diesel				
- Reconst. de Articulación central	---	3,000	3 años	Horómetro
Motor Diesel				

4.- RAPTORS 1 y 2

- Perforadora COP1238ME	8311-1238-41	6,000	3 años	Horómetro
Bomba de Percusión				

NOTA :

1. La reposición de estos componentes u "overhauls " - en caso sea posible - al término de su vida útil, serán asumidas por LA EMPRESA.
2. Las reparaciones menores como cambios de sellos y rodamientos, serán asumidas por LA LOCADORA.
3. LA LOCADORA asumirá los overhauls de las perforadoras hasta el término de su vida útil, momento en que toca su reposición por parte de LA EMPRESA.
4. El overhaul del resto de componentes no precisados en este anexo, inclusive su reposición, cuando tenga que hacerse, también su costo será asumido por LA LOCADORA.