

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“MANTENIMIENTO APLICADO A EQUIPO PESADO DE BAJO
PERFIL – MINA ANIMÓN”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

IVÁN ELVIS VILLENA VILLENA.

PROMOCIÓN 2005-I

LIMA PERÚ

2009

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
2.1	Inventario de equipos trackless mina Animón.....	12
3.1	Tabla de reportes diarios por guardias.....	38
3.2	Tabla de reporte de DM por día.....	41
3.3	Resumen mensual por equipos de DM y UE.....	42
3.4	Tabla de resumen anual 2008 por equipos de DM.....	43
3.5	Tabla de resumen de fallas por sistema en la flota Jumbos 2008.....	44
3.6	Fallas en el sistema de perforación de la flota Jumbos 2008.....	46
3.7	Fallas en el sistema hidráulico de la flota Jumbos 2008.....	50
3.8	Fallas en el sistema eléctrico de la flota Jumbos 2008.....	53
3.9	Fallas en el motor diesel de la flota Jumbos 2008.....	57
3.10	Resumen anual 2008 del MTTR.....	63
3.11	Resumen anual 2008 del MTBR.....	64
3.12	Resumen anual 2008 del MTBF.....	65
3.13	Programa semanal de mantenimiento preventivo.....	66
3.14	Tipos de mantenimientos preventivos.....	67
3.15	Precisión y cumplimiento de mantenimiento.....	67
3.16	Cuadro de CM y PM de la flota trackless 2008.....	69
3.17	Costos operativos de mantenimiento de Enero 2008.....	70
3.18	Horas de operación de los equipos trackless 2008.....	71
3.19	Costo unitario operativo horario de la flota trackless 2008.....	72

Tabla	Pág.
3.20 Costo unitario de tenencia de equipos trackless 2008	73
3.21 Cantidad de pernos inyectados por los Empemadores 2008	74
3.22 Costos de tenencia de los Empemadores 2008	75
3.23 Costos por perno inyectado por Empemadores 2008	75
3.24 Costo unitario de producción de mineral 2008	76
4.1 Objetivos del planeamiento estratégico – Volcan	78
4.2 Tablero de mando de indicadores de la flota trackless 2008	78
4.3 Indicadores de la flota trackless en el 2008	79
4.4 Cronograma de overhaul equipos trackless 2009	86
4.5 Presupuestos equipos trackless 2009	87
4.6 Costos de tenencia de equipos trackless versus alquiler	91
4.7 Costos por pernos inyectados de empemadores alquilados	93
4.8 CPI en Empemadores de compañía 2008	94
4.9 Beneficios obtenidos por los Scaler	96
4.10 Beneficio obtenido por el CUT-01	97
4.11 Comparativo de la mano de obra en la flota Utilitarios	99
4.12 Comparativo de costos de repuestos de la flota Utilitarios	101
4.13 Comparativo de costos de servicios de reparación de la flota trackless	102
5.1 Beneficios del plan reducción de costos	107
5.2 Costo unitario de producción 2009	107
5.3 Costo unitario de producción 2008-2009	108
5.4 Costo unitario operativo horario del 2008-2009	109
5.5 Disponibilidad mecánica de la flota trackless 2008-2009	110
5.6 Presupuesto para la implementación del plan de reducción de costos	113
5.7 Comparativo de costos reales versus presupuestados	114

LISTA DE GRÁFICOS

Figura		Pág.
1.1	Plano de ubicación de la U. E. A. Chungar, Mina Animón	04
1.2	Diagrama de influencias de indicadores de gestión en Chungar	08
2.1	Foto de un jumbo en proceso de perforación	13
2.2	Foto de un dumper EJC 20	14
2.3	Foto de un scooptram en proceso de carguio de mineral	15
2.4	Foto de un Scaler en proceso de desate de rocas	15
2.5	Foto de un utilitario plataforma	16
2.6	Foto del camión abastecedor de combustible MINCA	17
2.7	Foto de un emperador en trabajos de sostenimiento	18
2.8	Diagrama del proceso P.D.C.A. aplicado a la flota trackless	23
2.9	Distribución de módulos en el SAP en la Cia. Minera Volcan	29
3.1	Gráfico de fallas por sistemas en la flota Jumbos	45
3.2	Gráfico de fallas en el sistema de perforación de la flota Jumbos	46
3.3	Gráfico de fallas en el sistema hidráulico de la flota Jumbos	51
3.4	Gráfico de fallas en el sistema eléctrico de la flota Jumbos	54
3.5	Gráfico de fallas en el motor diesel de la flota Jumbos	57
3.6	Imagen de una OT ingresada al SAP	60
3.7	Lista de operaciones de una OT ingresada al SAP	61
3.8	Lista de materiales de una OT ingresada al SAP	62
3.9	MTRR, MTBR Y MTBF extraída del SAP	62

Figura		Pág.
3.10	Gráfico anual de PM y CM del 2008.....	69
4.1	Gráfico comparativo de presupuestos trackless 2009.....	88
5.1	Costo de repuestos y reparaciones en los trackless 2009.....	105
5.2	Grafico del costo de producción 2008-2009.....	108
5.3	Grafico del costo operativo horario del 2008-2009.....	109
5.4	Grafico de disponibilidad mecánica del 2008-2009.....	110
5.5	Curva S del proyecto.....	112

ÍNDICE

	Pág
PRÓLOGO	01
 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.	
1.1 Ubicación geográfica	04
1.2 Antecedentes	05
1.3 Descripción del problema	06
1.4 Limitaciones	07
1.5 Justificación del tema	07
1.6 Objetivos	08
1.7 Panorama de la minería en el Perú	09
 CAPÍTULO 2: CONSIDERACIONES TEÓRICAS PARA EL MANTENIMIENTO.	
2.1 EQUIPO PESADO DE BAJO PERFIL (TRACKLESS)	11
2.1.1 Jumbo	12
2.1.2 Dumper	13
2.1.3 Scooptram	14
2.1.4 Utilitarios	15
2.1.5 Empernador	18

	Pág.
2.2 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	19
2.2.1 Tipos de mantenimiento.....	19
2.2.1.1 Mantenimiento correctivo.....	19
2.2.1.2 Mantenimiento preventivo.....	20
2.2.1.3 Mantenimiento predictivo.....	20
2.2.2 Desempeño del mantenimiento.....	21
2.2.3 Implementación del plan estratégico de mantenimiento.....	22
2.2.4 Análisis de la situación.....	22
2.2.5 El plan de mantenimiento.....	22
2.2.6 El tablero de mando.....	24
2.2.7 Ratios de mantenimiento.....	26
2.2.8 Control del mantenimiento.....	26
2.3 PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP)	27
2.3.1 Sistema, Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos (SAP).....	29
2.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	30
2.4.1 Disponibilidad mecánica (DM).....	30
2.4.2 Tiempo medio por reparación (MTTR).....	31
2.4.3 Tiempo medio entre reparación (MTBR).....	32
2.4.4 Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	32
2.4.5 Cumplimiento de mantenimiento (CM).....	33
2.4.6 Precisión de mantenimiento (PM).....	33

	Pág.
2.5 INDICADORES DE OPERACIÓN	34
2.5.1 Costo unitario operativo horario (CO).....	34
2.5.2 Costo unitario de tenencia (CT)	35
2.5.3 Costo por perno inyectado (CPI).....	36
2.5.4 Costo unitario de producción (CP).....	36

CAPÍTULO 3: INDICADORES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.

3.1 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	37
3.1.1 Indicadores de disponibilidad y utilización de los equipos	38
3.1.1.1 Cálculo de la disponibilidad mecánica (DM).....	38
3.1.1.2 Cálculo de la utilización efectiva (UE)	40
3.1.1.3 Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva por día.....	41
3.1.1.4 Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva por mes.....	42
3.1.1.5 Disponibilidad Mecánica anual.....	43
3.1.1.6 Evaluación de fallas en la flota trackless	44
3.1.2 Indicadores de confiabilidad.....	60
3.1.2.1 Cálculo del MTTR, MTBR y MTBF	60
3.1.2.2 Resumen MTTR anual	63
3.1.2.3 Resumen MTBR anual	64
3.1.2.4 Resumen MTBF anual	65
3.1.3 Indicadores de ejecución de mantenimiento preventivos	66
3.1.3.1 Cálculo del cumplimiento de mantenimiento (CM).....	67
3.1.3.2 Cálculo de la precisión de mantenimiento (PM).....	68
3.1.3.3 Resumen anual PM y CM.....	69

	Pág.
3.2 INDICADORES DE OPERACIÓN.....	70
3.2.1 Cálculo del costo unitario operativo horario (CO).....	70
3.2.2 Cálculo del costo unitario de tenencia (CT).....	73
3.2.3 Cálculo del costo por perno inyectado (CPI).....	74
3.2.4 Cálculo del costo unitario de producción (CP).....	76

CAPÍTULO 4: PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS.

4.1 EVALUACIÓN DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS EQUIPOS	77
4.1.1 Evaluación de la flota trackless empleando indicadores.....	77
4.1.2 Evaluación de los tiempos de vida de los equipos	86
4.2 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE TENENCIA VERSUS ALQUILER.....	90
4.2.1 Evaluación de los costos de tenencia versus los costos de alquiler en Dumper, Scooptrams diesel y Jumbos.....	90
4.2.2 Evaluación de los costos de pernos inyectados (CPI) de los emperadores de compañía versus alquiler	92
4.2.3 Evaluación de los beneficios de los equipos Utilitarios.....	95
4.3 EVALUACIÓN DEL COSTO DE REPUESTOS Y SERVICIOS DE REPARACIÓN.....	100
4.3.1 Evaluación de costos de repuestos.....	100
4.3.2 Evaluación de costos por servicios de reparación.....	102

CAPÍTULO 5: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS.

5.1	EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	104
5.1.1	Beneficios en reducción de costos de repuestos y servicios de reparación.....	104
5.1.2	Beneficios en reducción costos de mano de obra.....	106
5.1.3	Beneficios en incremento de producción.....	106
5.1.4	Beneficio total del plan de reducción de costos.....	107
5.1.5	Evaluación del costo unitario de producción (CP).....	107
5.1.6	Evaluación del costo unitario operativo horario (CO).....	109
5.1.7	Evaluación de la disponibilidad mecánica (DM).....	110
5.2	EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	111
	CONCLUSIONES.....	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	117
	ANEXOS.....	118

PRÓLOGO

El presente informe denominado *“Mantenimiento aplicado a equipo pesado de bajo perfil – mina Animón”* fue elaborado con la finalidad de reducir costos en el área de mantenimiento y es uno de los muchos análisis que se realizó a las diversas flotas de equipos de la mina Animón, pero dada la complejidad de todo el proyecto, centraremos nuestro análisis en la flota de equipos pesados de bajo perfil. El desarrollo del informe consta de 5 capítulos descritos a continuación:

En el **Capítulo 1** abarcara la introducción del informe, en donde se detallará la ubicación de la mina Animón en donde se desarrolla las labores de los equipos pesados de bajo perfil denominados trackless, se indicaran además los antecedentes, la descripción del problema, las limitaciones, la justificación y objetivos del informe a realizar; al culminar resaltaremos el panorama minero en el Perú y los beneficios obtenidos por la Compañía Minera Volcan S.A.A.

En el **Capítulo 2** describiremos a las flotas de equipos trackless y su importancia en las labores de la minería subterránea, se definirán los conceptos de mantenimiento indicando las consideraciones y herramientas empleadas en la administración de las flotas, definiremos los sistemas informáticos denominados “Planeación de recursos de la empresa (ERP)” y la aplicación del software “Sistema, Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos (SAP)” en todas las unidades de la compañía minera Volcan. Otro punto importante será las

definiciones de los indicadores de mantenimiento y operación los cuales serán una útil herramienta para el análisis de los capítulos posteriores.

En el **Capítulo 3** mostraremos el procedimiento de cálculo de los indicadores de mantenimiento y operación, mostrando su incidencia en la administración y mantenimiento de los equipos trackless. El cálculo de los indicadores de mantenimiento estará dividido en los indicadores de operatividad, de confiabilidad y de ejecución de mantenimientos preventivos. Por otro lado se calcularán los indicadores de operación enfocados al ámbito económico y definidos según los requerimientos del área de Planeamiento costos de la mina Animón. Se mostrara con valores reales las tendencias de los indicadores aplicados a la flota trackless.

En el **Capítulo 4** nos centraremos en el plan de reducción de costos que se dividirá en 03 partes: la evaluación del estado y condición de los equipos, la evaluación de los costos de alquiler versus los costos de tenencia, y la evaluación de los costos de repuestos y servicios de reparación. Se planteará el análisis para cada punto incluido en el plan y al concluir cada análisis se plantearán las alternativas de solución.

En el **Capítulo 5** analizaremos el proyecto de implementación del plan de reducción de costos, el análisis se dividirá en los beneficios y los costos de la implementación. El análisis de los beneficios obtenidos abarcará la reducción de costos de repuestos, servicios de reparación y mano de obra, incluyendo el incremento de producción y reducción de accidentes. El análisis de los costos de implementación abarcará al presupuesto, cronograma y los costos reales del proyecto.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El presente informe denominado *“Mantenimiento aplicado a equipo pesado de bajo perfil – mina Animón”* se desarrolla en la Empresa Administradora Chungar S.A.C. - mina Animón, la cual se dedica a la explotación y extracción de minerales polimetálicos tales como Zinc, Cobre, Plomo y Plata.

En la actualidad el área de Mantenimiento de la empresa se encarga de fiscalizar a las empresas Sandvik y Megacaucho, las cuales están a cargo del mantenimiento de los equipos pesados de bajo perfil (equipos trackless), en conjunto se busca mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota, mostrando propuestas económicas para mantener los costos unitarios de los equipos dentro de lo presupuestado. La reducción de costos en la mina es crítica como consecuencia de la crisis financiera mundial que ha afectado las cotizaciones de los precios de los minerales, como consecuencia se han reducido las inversiones en el sector minero. La principal motivación para realizar este trabajo de investigación para la evaluación de los equipos trackless se da con la finalidad de elaborar un plan de reducción de costos, para ello se deben definir indicadores de mantenimiento y operación que se emplearán en el análisis; en base a los indicadores se determinarán objetivos del área de mantenimiento, con lo cual se busca un mayor ingreso en utilidades para la empresa.

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La mina Animón es propiedad de la Empresa Administradora Chungar S.A.C., la cual es subsidiaria de la Compañía Minera Volcan S.A.A. y esta ubicada en el distrito de Huayllay del departamento de Cerro de Pasco a una altura de 4,600 m.s.n.m., en las coordenadas U.T.M.: N-8'780,728 y E-344654, geomorfológicamente dentro de la superficie puna en un ambiente glaciar, la zona presenta un clima frío y seco típico de puna, la vegetación son pastos conocido como "ichus". En esta zona se presentan temperaturas máximas absolutas menores a 18 °C, las temperaturas medias anuales son de 10 °C, la diferencia de temperatura es bien marcada por las intensas heladas. Se cuenta con recursos hídricos que favorecen a la generación de energía eléctrica y a la explotación minera.

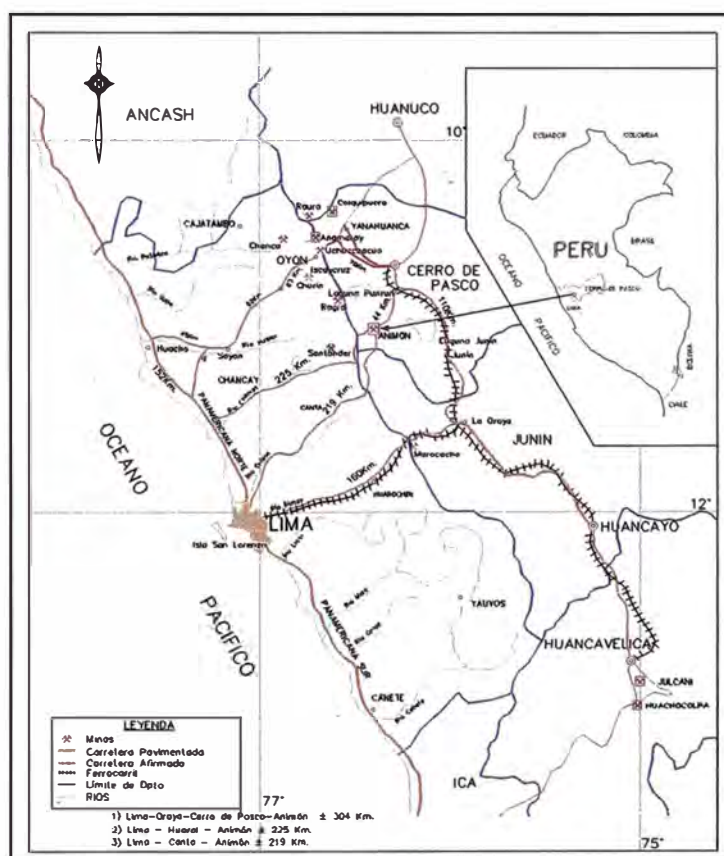


Figura 1.1
Plano de ubicación de la U. E. A. Chungar, mina Animón [6].

1.2 ANTECEDENTES.

Con la finalidad de aumentar la producción de mineral extraído, la Empresa Administradora Chungar bajo la administración de la Compañía Minera Volcan S.A.A. optan en el año 2000 por comprar una flota de equipos pesados de bajo perfil (equipos trackless), en ese entonces se adquirieron Jumbos, Scooptrams y Dumper; luego de la implementación de la flota trackless se aumento la extracción de mineral de 400 TM/DIA a 2,600 TM/DIA, con ello se incremento la utilidad de la empresa y conforme avanzaron en las labores en interior mina se logro incrementar las flotas de equipos Empernadores y Utilitarios; en paralelo también se alquilaron equipos trackless, con lo cual en la actualidad se explotan 4,000 TM/DIA y se esta proyectando a explotar 5,500 TM/DIA para el año 2010.

La administración de la flota trackless estuvo a cargo de personal de mantenimiento de la compañía, pero la falta de experiencia, mala gestión de repuestos y personal no calificado para la atención de los equipos, trajo como consecuencia la parada prolongada de los equipos, ocasionando la baja **disponibilidad mecánica (DM)** de los equipos ($DM < 70 \%$). Al evaluar la Gerencia Volcan estos aspectos, optan en el 2004 por tercerizar el mantenimiento de los equipos trackless y le otorgan la concesión a la empresa Sandvik (fabricante de los equipos de la marca Tamrock) para la administración y mantenimiento de los equipos, con esta acción se logra incrementar la disponibilidad mecánica ($DM > 85 \%$).

En la actualidad el área de Mantenimiento de la empresa se encarga de fiscalizar la administración de la empresa Sandvik en la flota trackless, en conjunto se busca mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos

para cumplir con los requerimientos del área de Operaciones mina, que es el usuario de los equipos.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Como consecuencia de la crisis económica mundial, muchas empresas mineras han optado por la reducción de los costos operativos, a través de la reducción del personal tanto de la compañía como de las empresas contratadas para la extracción del mineral, así también se han paralizado varios proyectos de inversión como el de repotenciación de los equipos trackless, se han reducido los presupuestos para el año 2009 de todas las áreas de la mina, todo esto trae como consecuencia que la Empresa Administradora Chungar tenga que evaluar económicamente los equipos de la flota trackless para identificar aquellos equipos que pueden continuar en la operación todo el año 2009 sin ningún inconveniente y también identificar los equipos que se darán de baja como obsoletos para futuras renovaciones de la flota.

Durante la transición de la minería convencional a minería mecanizada (empleo de los equipos trackless) se vio en la necesidad de contar con indicadores de mantenimiento y operación, que puedan ayudar a la toma de decisiones con relación a las operaciones y mantenimiento de los equipos trackless, estos indicadores se definirán en los capítulos posteriores.

1.4 LIMITACIONES.

El informe esta centrado en la evaluación de los equipos trackless de compañía de la mina Animón, en base al análisis que se realice se buscará reformular los contratos de alquiler en base a indicadores de mantenimiento y operación estipulados como objetivos del área de Mantenimiento. Se tendrá como lineamientos del informe, los objetivos y metas del área de Planeamiento de mantenimiento Chungar, y se coordinara con las áreas de Mantenimiento, Operaciones mina y la Superintendencia general las acciones a tomar, buscando la mejora económica para la administración de la flota.

Se abarcarán 26 equipos trackless de compañía dispuestos en 06 flotas:

- * Scooptrams eléctricos.
- * Scooptrams diesel.
- * Dumper.
- * Jumbos.
- * Empemadores
- * Utilitarios

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA:

La finalidad del informe es presentar un "*plan de reducción de costos*" a nivel de la flota trackless, para ello se deben definir indicadores de mantenimiento y operación, que se emplearán para el análisis. Además se determinaran los objetivos de mantenimiento en base a los indicadores de mantenimiento y operación, para ello se tomara como referencia el plan estratégico de mantenimiento de la Compañía Minera Volcan S.A.A. del año 2009.

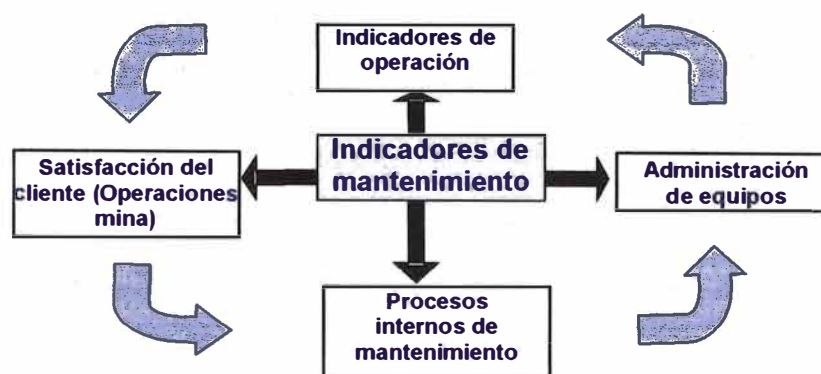


Figura 1.2
Diagrama de influencias de indicadores de gestión en Chungar¹.

El *plan de reducción de costos* comprenderá lo siguiente:

- Evaluación de estado y condición de equipos.
- Evaluación de costos de alquiler versus costos de tenencia de equipos.
- Evaluación de costos de repuestos y servicios de reparación.

1.6 OBJETIVOS:

1.6.1 Objetivo general:

- Elaborar un *plan de reducción de costos* en base a los indicadores de mantenimiento y operación aplicados a la flota de equipos pesados de bajo perfil de la mina Animón.

1.6.2 Objetivos específicos:

- Identificar y definir los indicadores de mantenimiento, para la gestión del área de mantenimiento.

¹ U.E.A. CHUNGAR. "Archivos del área de mantenimiento", 2008-2009 [6].

- Mostrar con valores reales las tendencias de los indicadores de mantenimiento, y como influyen en la toma de decisiones para el alcance de los objetivos del área de mantenimiento, dando a conocer que los indicadores de mantenimiento definidos para los equipos son parámetros que miden la administración del área de mantenimiento.
- Comprender y aplicar los conceptos de mantenimiento a los equipos de minería para realizar un mejor uso de los recursos empleados en el mantenimiento de los equipos.

1.7 PANORAMA DE LA MINERÍA EN EL PERÚ:

El Perú es un país minero cuyos mayores ingresos por exportaciones los basa en la explotación de los recursos minerales cuya exportación equivale al 59.5% en el Perú, *anexo B*.

A nivel de Latinoamérica el Perú ocupa el primer lugar en la producción de Plata, Zinc, Estaño, Bismuto, Teluro, Plomo, Oro e Indio; a nivel mundial ocupamos el primer lugar en producción de Plata y Bismuto, y el segundo lugar en producción de Zinc, *anexo A*.

Durante el 2008, debido a la profundización de la crisis internacional y su impacto sobre la demanda mundial de materias primas, las cotizaciones de los principales metales básicos se vienen corrigiendo a la baja desde el mes de julio de 2008, registrando caídas históricas que no se veían en décadas, así tenemos que las cotizaciones de los metales cayeron durante el 2008 de la siguiente manera: PLOMO -56.6%, COBRE -54.2%, ZINC - 47.4%, PLATA -31.8%, ESTAÑO -30.3% y el Oro -5.5 %. La disminución de precios obedeció a las expectativas de menor demanda mundial, en particular del

sector automotriz y construcción de los Estados Unidos, Europa y Japón, y al aumento de los inventarios en las bolsas de los metales.

La inversión en minería alcanzó en el 2008, según cifras preliminares estimadas por el MEM, la cifra de US\$ 1,704 millones, lo que significa 7.57% más que el año anterior que fue de US\$ 1,542 millones.

El departamento de Pasco presenta grandes reservas de Plomo y Zinc, ocupando el primer lugar en reservas probadas del Perú de estos minerales, las reservas probadas de Zinc en el Departamento de Pasco asciende a 3,393'684 TM finas y las reservas probadas de Plomo ascienden a 1,735'684 TM finas, *anexo F*.

Beneficios de la Compañía Minera Volcan S.A.A. en el 2008²:

La Compañía minera Compañía Minera Volcan S.A.A. es el primer productor de Plomo y Plata en Perú, además es el segundo mayor productor de Zinc en el Perú, como se detalla a continuación:

- * **ZINC (Zn):** en el 2008 obtuvo el 2do lugar con 17.5% en explotación de Zinc en el Perú, se exportó 279,726 TM finas, equivalentes a US\$ 366.75 millones, *anexo C*.
- * **PLOMO (Pb):** en el 2008 obtuvo el 1er lugar con 26.4 % en explotación de Plomo en el Perú, se exportó 117,260 TM finas, equivalentes a US\$ 272.71 millones, *anexo D*.
- * **PLATA (Ag):** en el 2008 obtuvo el 1er lugar con 14.6% en explotación de Plata en el Perú, Volcan exportó 17,357 Onzas finas, equivalente a US\$ 86.87 millones, *anexo E*.

² MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008" http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

CAPÍTULO 2

CONSIDERACIONES TEÓRICAS PARA EL MANTENIMIENTO

En el presente capítulo se mostraran los conceptos básicos de mantenimiento aplicados a los equipos pesados de bajo perfil denominados equipos trackless, así como también los indicadores de mantenimiento y operación para la administración de la flota trackless, y el empleo de software “Sistema, Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos (SAP)”.

Al emplear los equipos trackless en minería subterránea, denominamos a la extracción: “*minería mecanizada*”, a comparación de la minería convencional donde solo se usan locomotoras y winches de arrastre para la extracción de mineral. La minería mecanizada produce un incremento sustancial en la extracción del mineral.

2.1 EQUIPO PESADO DE BAJO PERFIL (TRACKLESS).

El ciclo de minado de los equipos de bajo perfil es:

- Perforación de los frentes de trabajo.
- Acarreo de mineral.
- Traslado de mineral
- Desatado de rocas y trabajos de instalaciones mina.
- Sostenimiento de los frentes de trabajo.

A continuación se muestra el inventario de los equipos trackless que trabajan en la mina Animón:

EQUIPO		MODELO	FABRICANTE	SERIE N°	CAPACIDAD	AÑO
TIPO	CODIGO					
SCOOP ELECTRICO	SCO-01	EJC 61E	TAMROCK	2979	1.5 yd 3	1997
	SCO-05	EJC 61E	TAMROCK	3057	1.5 yd 3	1997
	SCO-06	EJC 100E	TAMROCK	0172	0.7 yd3	2001
	SCO-12	TORO 151E	TAMROCK	T21EL080	2.2 yd3	2003
	SCO-13	TORO 151E	TAMROCK	T21EL080	2.2 yd3	2003
	SCO-14	EJC 145E	TAMROCK	3556	3.5 yd3	2003
	SCO-15	EJC 145E	TAMROCK	3557	3.5 yd3	2003
	SCO-16	EJC 145E	TAMROCK	3558	3.5 yd3	2003
	SCO-19	EST-2D	ATLAS COPCO	AVO.04X078	3.5 yd3	2004
SCOOP DIESEL	SCO-11	EJC 145D	TAMROCK	3468	3.5 yd3	2002
	SCO-17	TORO 151D	TAMROCK	T4151452	2.2 yd3	2004
	SCO-18	TORO 151D	TAMROCK	T4151456	2.2 yd3	2004
DUMPER	DUM-2	EJC 20	TAMROCK	3117	20 TM	2000
	DUM-3	EJC 415	TAMROCK	3218	15 TM	1999
	DUM-4	EJC 417	TAMROCK	3708	17 TM	2004
	DUM-5	EJC 417	TAMROCK	3710	17 TM	2004
	DUM-7	MT 416	ATLAS COPCO	DB06P0329	16 TM	2003
JUMBO	JUM-1	QUASAR 1FP	TAMROCK	L04 D3068		1999
	JUM-3	QUASAR 1FP	TAMROCK	L04 D3511		2003
	JUM-4	QUASAR 1FP	TAMROCK	L04 D3551		2003
EMPERNADOR	JUM-2	AXERA D05-126	TAMROCK	L04 D3390		2002
	JUM-5	QUASAR 1FP	TAMROCK	L04 D3556		2004
UTILITARIO	SCA-01	RL 852 TSL-B 2.6	PAUS	852.107.227		2007
	SCA-02	RL 852 TSL-B 2.6	PAUS	852.107.228		2007
	CUT-01	RL 852 TSL-B 2.3	PAUS	852.107.159		2007
	CAD-01	MINCA 18A	PAUS	107,153		2007

Tabla 2.1 Inventario de equipos trackless mina Animón [6].

Las flotas equipos trackless se clasifican en:

2.1.1 Jumbo hidráulico.

Equipo cuya función es la perforación para la preparación de la mallas de voladura de los frentes de explotación en interior mina. Las mallas de voladura son diseños empleados por los ingenieros de minas para romper la roca de manera eficiente originando una alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y

desplazamiento. La perforación se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción trituran la roca. Los jumbos utilizan vigas de perforación equipados con taladros para perforar agujeros en frentes de mineral y desmonte, luego de concluido la labor de perforación se insertan explosivos en los agujeros realizados. La producción de mineral y el avance de las labores de desarrollo y preparación dependen de la eficiencia de la perforación.



Figura 2.1 Foto de un jumbo en proceso de perforación [11].

2.1.2 Dumper.

Equipo pesado de bajo perfil parecido a un camión, destinado a trasladar el mineral desde las zonas de explotación a las zonas de carguío de mineral y/o zonas de izaje; el equipo esta preparado especialmente para trabajar labores en interior mina.

Los camiones de transporte Dumper son probados en las aplicaciones subterráneas mas fuertes ofreciendo la tracción en las cuatro ruedas,

con la articulación centralizada que facilita el manejo, cuentan con un grado óptimo de maniobrabilidad.



Figura 2.2 Foto de un dumper EJC 20 [8].

2.1.3 Scooptram.

Equipo destinado al carguio de mineral desde las labores de explotación a los dumper, cámaras de carguio y tolvas para izaje; equipo provisto de una cuchara en la parte delantera parecido a un cargador frontal pero de bajo perfil, tiene fácil maniobrabilidad y esta diseñado sobre todo para realizar trabajos en mina subsuelo o en zonas confinadas.

El Scooptram esta diseñado para levantar cargas pesadas. Los scooptrams son de gran utilidad en labores de subsuelo, debido al tamaño limitado de las labores, y debido a la posición del asiento del operario, puede viajar en marcha adelante así como en un marcha reversa. Se clasifican en: Scooptram electrico (operado a través de un motor electrico) y Scooptram diesel (operado a través de un motor diesel)



Figura 2.3 Foto de un scooptram en proceso de carguío de mineral [9].

2.1.3 Utilitarios.

Equipos de apoyo para el desarrollo de labores en interior mina, entre los cuales tenemos:

➤ **Scaler.**

Equipo cuya función principal es el desate de las rocas sueltas de los frentes de trabajo en interior mina, este proceso se realiza después de la limpieza del frente de trabajo que es ejecutado por los scooptrams.



Figura 2.4 Foto de un Scaler en proceso de desate de rocas [13].

Los Scaler son equipos robustos diseñados para trabajos en minería subterránea, la justificación de la adquisición de dichos equipos es para evitar accidentes del personal durante el proceso de desate de rocas; antes de la llegada de los Scaler, el desate de rocas era realizado de manera artesanal realizado por un personal empleando un barreno o barretilla, este procedimiento era muy deficiente por lo que ocurrían frecuentemente accidentes en algunos casos fatales. Con la implementación de los Scaler se reducen drásticamente los accidentes por concepto de desate de rocas.

➤ **Utilitario plataforma.**

Equipo cuya función principal es el facilitar las instalaciones y trabajos en altura en interior mina. Equipo muy versátil provisto de una canastilla para realizar instalaciones eléctricas, de tuberías de aire y lodo, etc.



Figura 2.5 Foto de un utilitario plataforma [13].

Su adquisición se justifica debido a que agiliza los trabajos de instalaciones para el desarrollo de las labores de profundización de la mina. Además reduce el riesgo de accidentes por caída de personal en trabajos de alturas superiores a 1.8 m según esta estipulado en el reglamento minero DS-046-2001.

➤ **Camión abastecedor de combustible.**

Equipo cuya función principal es el abastecimiento de combustible diesel a los equipos trackless que trabajan en interior mina.

Su adquisición se justifica en reducción del tiempo muerto de los equipos trackless, debido a que ya no tienen que salir a superficie para abastecerse de combustible en el grifo, esto genera 02 horas de incremento en producción por cada equipo diesel.



Figura 2.6 Foto del camión abastecedor de combustible [14].

2.1.4 Empernadores.

Equipo cuya función principal es la inyección de pernos hydrabolt empleados en el sostenimiento de los frentes de trabajo en mina.



Figura 2.7 Foto de un emperrador en trabajos de sostenimiento [8].

Los emperradores son provistos de 02 vigas:

- *Viga de perforación:* esta viga es similar a la empleada en los jumbos hidráulicos, se emplean taladros para la preparación de agujeros en las paredes laterales de los frentes de voladura.
- *Viga de inyección:* esta viga tiene como finalidad inyectar pernos hydrabolt en los agujeros realizados con la viga de perforación previa instalación de la malla metálica empleada en el sostenimiento, la viga cuenta con una bomba de inyección de alta presión de agua, el cual luego de la inyección de los pernos, se procede al inflado con agua a presión.

2.2 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO.

Realizar mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia, un buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

2.2.1 Tipos de Mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento se clasifican en:

2.2.1.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

Sus características son:

- Basado en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conlleva a discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

2.2.1.2 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas, y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continúa. Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Se debe implementar una política de mantenimiento preventivo eficaz, es decir, no se puede hacer el preventivo sin un servicio de métodos que cuantificará el costo directo del mantenimiento, que a su vez nos permita:

- El control de la documentación técnica.
- Preparar intervenciones preventivas.
- Acordar con producción paradas programadas.

2.2.1.3 Mantenimiento Predictivo.

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en que periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así

poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Las ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que sistema es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Mejora las labores del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.

2.2.2 Desempeño del mantenimiento.

El desempeño del mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa.

El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, sino también debe evaluar los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una buena administración del área de mantenimiento.

2.2.3 Implementación del plan estratégico de mantenimiento.

Se tiene como primera fase definir un plan estratégico de mantenimiento. Este plan debe establecer la descripción de las diferentes etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la administración del área de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa.

2.2.4 Análisis de la situación

Para la elaboración del plan es necesario realizar un análisis de la situación de la empresa y de su entorno, las características de funcionamiento y los recursos con que cuenta. En esta etapa descubrimos qué es lo que realmente estamos haciendo, y cómo lo estamos desarrollando. Nos interesa conocer cuáles son las instalaciones de la empresa, sus características particulares, el estado de situación del almacén de repuestos y sus recursos, como así también los recursos humanos.

2.2.5 El plan de mantenimiento.

Para realizar el plan es conveniente aplicar el método por fases denominado P.D.C.A. que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales. El proceso denominado P.D.C.A. significa:

- P = Plan = Planificar
- D = Do = Ejecutar
- C = Check = Controlar
- A = Act = Actuar

Administración de flota trackless

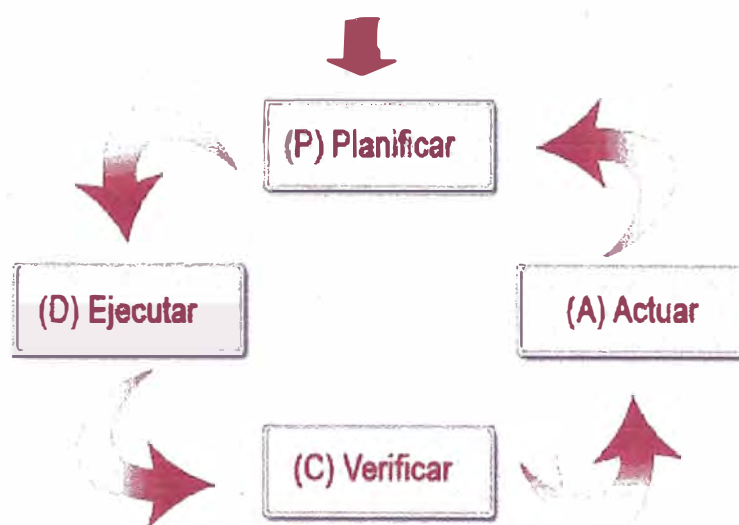


Figura 2.8 Diagrama del proceso P.D.C.A. aplicado a la flota trackless³.

En base a este proceso se desarrolla el plan directriz de actuación, que consta de las siguientes etapas:

- **Planificar:** en base a la situación actual y los recursos de que se disponen, debemos definir los objetivos que queremos cumplir con la administración del mantenimiento y realizar el plan de mantenimiento, fijar los objetivos, e ir avanzando y asegurando cada uno de ellos, cuanto más concreto sea el objetivo a cumplir, será más fácil alcanzarlo.
- **Ejecutar:** una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, debemos administrar los recursos disponibles para lograrlos.

³ U.E.A. CHUNGAR. "Archivos del área de mantenimiento", 2008-2009 [6].

- **Controlar:** es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.
- **Actuar:** si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

2.2.6 El tablero de mando.

El tablero de mando es la exposición dinámica del diagnóstico del servicio de mantenimiento, es un conjunto de informaciones seleccionadas y ordenadas que caracterizan el estado y evolución del servicio de mantenimiento, su función es informar a la dirección, a través de ratios, la marcha de la administración, el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos, tácticos y operativos.

Para la elaboración de un tablero de a bordo es necesario cumplir con los peldaños que a continuación proponemos:

- Conocer y entender cuál es la principal actividad, comprender la visión, la misión, la estrategia, los recursos humanos, técnicos, financieros, e infraestructura.
- Detectar las áreas importantes donde se realizará el diagnóstico y reconocer las áreas de éxito, aquellas que crean ventajas competitivas, y áreas de riesgo que son aquellas en las que se encuentran las debilidades.
- Definir los factores de éxito de cada área de diagnóstico.
- Definir los indicadores que representan los factores de éxito.

- Definir las relaciones entre datos que provienen de la información básica, capaces de generar los indicadores del tablero.
- Determinar los límites dentro del cual debe encontrarse el valor de un indicador para ser considerado una fortaleza o una debilidad.
- Establecer la dirección y sentido de las tendencias de los indicadores.
- Presentar gráficos y cuadros que muestren la información de manera que su lectura resulte rápida y de comprensión directa.
- Establecer los medios de validación de la información básica primaria.

De su análisis se podría deducir:

- * Si el trayecto en general de la misión se mantiene dentro de un rumbo prefijado.
- * Si los resultados de las tácticas implementadas son los esperados o se han salido fuera de tolerancia.
- * Qué objetivos deberían ser revisados o cambiados.
- * Quién o quiénes han tenido un desempeño por encima o por debajo de lo previsto.

Logrado el primer objetivo del control de gestión que consiste en definir la información, será necesario asegurar el mantenimiento y validación permanente de esa información. Para esto el control de gestión debe procederse a convertir ese cúmulo de información simple en información secundaria, más pulida, más apropiada para la toma de decisiones tanto tácticas como estratégicas.

2.2.6. Ratios de mantenimiento.

Un ratio es un indicador del tablero de a bordo formado por la relación de dos dimensiones cuantificadas que pueden ser de naturalezas diferentes.

Ejemplo = Gasto Total de Mantenimiento / Unidades de Producción.

El indicador permite la comparación de datos externos o internos.

2.2.7. Control del mantenimiento.

Se define como el conjunto de indicadores que señalan oportunamente la necesidad de ajustar la acción a través de decisiones extraordinarias o ajustar los planes vigentes.

Los objetivos del control del mantenimiento son:

- Garantizar que las acciones y decisiones correspondan a los objetivos de mantenimiento y no a intereses sectoriales o personales.
- Proporcionar una rápida visión de conjunto integral.
- Verificar el cumplimiento de los objetivos planificados.
- Ayudar a la toma de decisiones de acción y replanteamiento.
- Utilización eficiente de recursos.
- Encaminar los esfuerzos en forma coherente en dirección a los objetivos de la organización.
- Mejorar los sistemas de comunicación.
- Coordinación eficiente de tareas y procedimientos.
- Promover el estilo de dirección participativo.

Los factores que inciden en un sistema de control del mantenimiento están ligados al ritmo del cambio e innovaciones, al tiempo que es necesario para conocer la reacción ante una determinada acción y a la variedad y cantidad de centros de responsabilidad.

Los ámbitos de aplicación de control son los centros de costos, los de beneficios y aquellos en que por el tipo de empresa, sean relevantes.

En estos sistemas es importante, la eficacia del sistema de contabilidad como instrumento de dirección, la subsistencia de incentivos como base motivacional, la identificación de puntos clave de control, la selección de indicadores adecuados, la definición de parámetros de comparación y la asignación de atributos para cada indicador.

2.3 PLANEACION DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP).

Una empresa cuenta con diferentes recursos: humanos, tecnológicos, materiales, financieros e información. A medida que las empresas crecen, el proceso de control de dichos recursos se hace complicado. Ante esta circunstancia, la tecnología de la información ofrece como solución la implementación de los ERP (Enterprise Resource Planning o Planeación de Recursos de la Empresa). Un ERP es un sistema de información integral que incorpora los procesos operativos y de negocio. El propósito fundamental de un ERP es otorgar apoyo a los clientes del negocio, tiempos rápidos de respuesta a sus problemas así como un eficiente manejo de información que permita la toma oportuna de decisiones y disminución de los costos totales de operación.

Hay tres características que distinguen a un ERP y eso es que son sistemas integrales, modulares y adaptables:

- **Integrales**, porque permiten controlar los diferentes procesos de la compañía entendiendo que todos los departamentos de una empresa se relacionan entre sí, es decir, que el resultado de un proceso es punto de inicio del siguiente. Por ejemplo, en una compañía, el que un cliente haga un pedido representa que se cree una orden de venta que desencadena el proceso de producción, de control de inventarios, de planeación de distribución del producto, cobranza, y por supuesto sus respectivos movimientos contables. Si la empresa no usa un ERP, necesitará tener varios programas que controlen todos los procesos mencionados, con la desventaja de que al no estar integrados, la información se duplica, crece el margen de contaminación en la información (sobre todo por errores de captura) y se crea un escenario favorable para malversaciones. Con un ERP, el operador simplemente captura el pedido y el sistema se encarga de todo lo demás, por lo que la información no se manipula y se encuentra protegida.
- **Modulares**. Los ERP entienden que una empresa es un conjunto de departamentos que se encuentran interrelacionados por la información que comparten y que se genera a partir de sus procesos. Una ventaja de los ERP, tanto económica como técnicamente es que la funcionalidad se encuentra dividida en módulos, los cuales pueden instalarse de acuerdo con los requerimientos del cliente. Ejemplo: Ventas, Materiales, Finanzas, Control de Almacén, etc.
- **Adaptables**. Los ERP están creados para adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa. Esto se logra por medio de la configuración o parametrización de los procesos de acuerdo con las salidas que se necesiten de cada uno. Por ejemplo, para controlar inventarios, es posible que una empresa necesite manejar la partición de lotes pero otra empresa no.

Los fabricantes de ERP deben enfrentar dos desafíos: adaptar técnicamente su producto para poder ejecutarse en cualquier plataforma existente en el mercado y garantizar que el ERP se adecuará funcionalmente a los procesos del negocio, cualquiera que sea el giro de la empresa. Esto último se logra ya sea mediante la configuración de los módulos estándar (ventas, inventarios, tesorería) y la implementación de módulos especializados (mantenimiento, operaciones mina, planta concentradora, etc.)

2.3.1 SISTEMAS, APLICACIONES Y PRODUCTOS EN PROCESAMIENTO DE DATOS (SAP).

Es un ERP, la sigla SAP significa: SISTEMAS, APLICACIONES Y PRODUCTOS EN PROCESAMIENTO DE DATOS, creada en 1972 en Alemania. El SAP fue implementado en la Compañía Minera Volcan S.A.A. en abril del 2006.



Figura 2.9 Distribución de módulos en el SAP de la Cia. Minera Volcan.

El SAP se encuentra organizado en módulos, estos módulos agrupan las funciones de una determinada área. Al área de mantenimiento le corresponde el modulo PM, y esta muy relacionado con los grupos de Logística y Recursos humanos.

2.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento, siempre con la mirada puesta en lo que se desea alcanzar con el mantenimiento industrial, son las siguientes:

- * Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- * Claros de entender y calcular.
- * Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué.

Es por ello que los índices deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su incidencia en la producción. Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico y determinar valores que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna. Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

Los indicadores de mantenimiento aplicados a la flota trackless son:

2.4.1 Disponibilidad mecánica (DM)

Es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. Por supuesto que no están comprendidos en el tiempo de paradas aquellas que se producen por problemas de huelgas, o suspensión de la producción por caída en la demanda.

$$DM = \frac{(H_{programadas} - \sum (HM_{prev} + H_{reparaciones}))}{H_{programadas}}$$

Donde:

Hprogramadas = horas programadas de operación.

HMprev = horas por mantenimientos preventivos e inspecciones.

Hreparaciones = horas de paradas por fallas y trabajos correctivos.

El índice de disponibilidad (o performance) es de gran importancia para el control del mantenimiento, pues a través de éste, puede ser hecho un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables. Toda disponibilidad mecánica debe ser mayor al 85 %, o en su caso puede ser determinada por cada jefatura de acuerdo a las propias condiciones de la operación.

2.4.2 Tiempo medio por reparación (MTTR)

Relación del tiempo total de las intervenciones al equipo (HTM) entre el número total de atenciones (NTM) realizadas en el periodo observado, para el cálculo de este indicador se incluyen los intervenciones preventivas, los correctivos programados y las fallas intempestivas de los equipos.

$$MTTR = \frac{\sum HTM}{NTM}$$

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación. El MTTR mide el tiempo promedio en que el personal de mantenimiento demora en poner operativo un equipo luego de una intervención.

2.4.3 Tiempo medio entre reparación (MTBR)

Relación entre el tiempo total de operación (HROP) antes que se produzca una atención del equipo que pueda producir una parada del equipo entre el número total de intervenciones al equipo (NTM) en el periodo observado.

$$MTBR = \frac{\sum HROP}{NTM}$$

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo entre reparación es significativo con relación al tiempo de operación. El MTBR mide el tiempo promedio entre cada intervención realizada por el personal de mantenimiento.

2.4.4 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Relación entre el producto del número de ítems (NOIT) por sus tiempos de operación antes de producirse una falla imprevista (HROF) entre el número total de fallas detectadas (NTF) en el periodo observado.

$$MTBF = \frac{\sum NOIT * HROF}{NTF}$$

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla. El MTBF mide el tiempo promedio entre la ocurrencia de una falla del equipo.

2.4.5 Cumplimiento de mantenimiento (CM).

Es un indicador que mide el porcentaje de los mantenimientos preventivos realizados que se cumplen dentro del tiempo definido en el programa de mantenimiento preventivo.

$$CM = \frac{\text{Cantidad PREV. Realizados}}{\text{Cantidad PREV. Programados}} \times 100\%$$

Donde:

PREV = órdenes de mantenimiento preventivas.

Este indicador mide la eficiencia del personal destinado al cumplimiento de las órdenes de trabajo preventivas.

2.4.6 Precisión de mantenimiento (PM).

Se define como el porcentaje de los mantenimientos preventivos programados que se cumplen dentro de los plazos definidos por el fabricante ($\pm 20\%$ horómetro programado) y referido en el programa de mantenimientos preventivos.

$$PM = \frac{\text{Cantidad PREV. Realizados } (\pm 20\% \text{ del horómetro programado})}{\text{Cantidad PREV. Programados}} \times 100\%$$

Este indicador mide el grado de eficacia en la atención de los mantenimientos preventivos en los equipos trackless.

2.5 INDICADORES DE OPERACIÓN.

Se emplean para mostrar los costos referidos a mantenimiento comparado con otro parámetro de producción, de manera que se pueda cuantificar económicamente si se cumplen con los objetivos propuestos por las diversas áreas de la mina. A continuación se detallan los indicadores económicos:

2.5.1 Costo unitario operativo horario (CO).

Son los costos de mantenimiento más los de operación dividida entre las horas trabajadas de cada equipo.

Los costos operativos de mantenimiento abarcan los siguientes rubros:

- **Petróleo:** corresponde a los costos petróleo Diesel D2 empleado empleados en los equipos con motor diesel.
- **Lubricantes:** corresponde a los costos aceites de motor (15W40), aceites de transmisión (80W90) y el aceite hidráulico (DTE-26), todos los aceite empleados son Mobil Delvac.
- **Filtros:** corresponde a los costos de los diferentes filtros tales como filtros de admisión, de aceite y de combustible de los motores diesel; también filtro de transmisión e hidráulicos.
- **Repuestos:** representa el costo del consumo de repuestos y reparaciones menores de componentes.
- **Mano de obra:** representa los costos de mano de obra de todo el personal involucrado en el mantenimiento de los equipos Trackless,

están incluido personal de compañía y las contratas responsables del mantenimiento.

A continuación mostramos la formula para calcular el costo unitario operativo de mantenimiento:

$$CO = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra)}}{HT}$$

Donde HT son las horas trabajadas por el equipo.

2.5.2 Costo unitario de tenencia (CT).

El cálculo del costo unitario de tenencia se define como el costo que le cuesta a empresa para mantener operativo al equipo, para este caso se agrega los costos de **depreciación** de los equipos en el periodo de análisis. Este indicador es de gran ayuda a la hora de elegir si adquirir un equipo nuevo o mantener un equipo de la flota, o si es más factible alquilar un equipo. El Costo de tenencia se define como:

$$CT = \frac{\text{Costo (petroleo+ lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra + DEPRECIACION)}}{HT}$$

La depreciación de un equipo equivale al 20 % anual del costo del equipo nuevo o repotenciado.

2.5.3 Costo por perno inyectado (CPI).

Se define el costo por perno inyectado al costo referido a la cantidad de pernos inyectados por los equipos empemadores en un periodo de tiempo comparado con los costos de tenencia.

Para calcular este indicador, es necesario manejar datos históricos de pernos hydrabolt inyectados. Los empemadores trabajan a cargo del área de Geomecanica que están encargados del sostenimiento de las labores de interior mina.

Para el cálculo del CPI se emplea los costos de tenencia de los empemadores es decir:

$$CPI = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra + DEPRECIACION)}}{\# \text{pernos inyectados}}$$

2.5.4 Costo unitario de producción (CP).

Son los costos de mantenimiento más los de operación dividida entre las toneladas de mineral acarreadas de mina, es un indicador global de la flota trackless que implica el costo horario de la flota trackless por cada TM de mineral extraída de mina.

$$CP = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra)}}{\# \text{Toneladas extraidas de mina}}$$

El costo unitario de producción es un indicador global que mide los costos de mantenimiento en relación a la cantidad de mineral extraído de interior mina.

CAPÍTULO 3

INDICADORES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

En la actualidad la toma de decisiones respecto al desempeño del área de mantenimiento, constituye indiscutiblemente un aspecto de primer orden a resolver, ya que mediante la garantía del mismo se propicia, no solo la adecuada evaluación y control del mantenimiento con vistas a lograr su mejoramiento continuado, sino, además, el logro de una mayor disponibilidad de las capacidades productivas instaladas en la entidad bajo estudio; ya que en la práctica el proceso decisional en esta área se dificulta por el hecho de disponerse de una amplia gama de indicadores propuestos al respecto sin una definición clara del grado de importancia de cada uno de ellos a la hora de valorar la influencia de la actividad de mantenimiento en la meta de la organización.


3.1 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.

Dentro de la aplicación, ejecución, y control de un sistema de mantenimiento existen diferentes etapas, que las mismas pueden ser medidas a través de la citación de diferentes índices (intervención, defectos, fuerzas de trabajo) que en su determinación van a permitir analizar el desenvolvimiento del sistema aplicado. Apoyándose en la información que brindan estos índices como medios de control, se puede determinar la calidad del mantenimiento efectuado y así poder corregir las deficiencias en el sistema.

3.1.1 Indicadores de disponibilidad y utilización de los equipos.

Entre estos indicadores tenemos a la disponibilidad mecánica (DM) y utilización efectiva (UE), para calcularlos debemos conocer lo siguiente:

- **Los reportes diarios**, muestran los trabajos realizados en los diferentes tipos de mantenimiento que generan una parada del equipo. Estas paradas pueden ser ocasionadas por inspecciones mecánicas, mantenimientos preventivos, fallas mecánicas, fallas eléctricas, fallas neumáticas, accidentes y otros.

 EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.
REPORTE DIARIO FLOTA TRACKLES

Turno	CODIGO	HD	IM	MP	FM	FE	FN	ACC.	OTROS	T.P.R.	H	HF	HT	DM	UE	ESTADO	DESCRIPCION Y CONDICION
Noche	SCOE-14-E	11.25	0.5			0.25				0.25	4896.1	4977.0	10.9	84%	87%	OPERATIVO	SE REALIZO REFUERZO DE UN TRAMO DEL CABLE DE ALIMENTACION DE TAMBORA (21:30 - 21:45)
Día	SCOE-14-E	10	0.5			1.5				2	4977.0	4977.7	0.7	82%	7%	OPERATIVO	SE EMPALMA EL CABLE ELÉCTRICO SECCIONADO DE LA TAMBORA / SE REALIZAN PRUEBAS DE OPERACIÓN (10:30 - 12:00)
Noche	SCOE-14-E	10.5	0.5			1				1.5	4977.7	4984.9	7.2	88%	88%	OPERATIVO	SE REALIZA UN EMPALME EN EL CABLE DE TAMBORA POR DEBILITAMIENTO DEL AISLAMIENTO EXTERNO (20:00 - 21:00)
Día	SCOE-14-E	11.5	0.5							0.5	4984.9	4987.8	2.9	88%	26%	OPERATIVO	

HD = HORAS DISPONIBLES
MP = MANTENIMIENTO PREVENTIVO
FN = FALLAS NEUMATICAS

HT = HORAS TRABAJADAS
FM = FALLAS MECANICAS
DM = DISPONIBILIDAD MECANICA

IM = INSPECCION MECANICA
FE = FALLAS ELECTRICAS
UE = UTILIZACION EFECTIVA

Tabla 3.1 Tabla de reportes diarios por guardias [6].

Estos reportes diarios son recopilados en 02 guardias (noche y día).

- La guardia noche abarca de 16:00 horas del día anterior a la 4:00 horas del día analizado.
- La guardia día abarca de las 4:00 a 16:00 horas del día analizado.

3.1.1.1 Cálculo de la disponibilidad mecánica (DM)

Consideraremos un equipo en dos guardias, entonces de la *tabla 3.1* tomamos el día 01/07/2008, las guardias día y noche.

Donde:

$$DM = \frac{(H_{programadas} - \sum (HM_{prev} + H_{reparaciones}))}{H_{programadas}}$$

Entonces tenemos que para el 01/07/2008:

SCOE-14 (scooptram eléctrico):

*** Guardia de noche:**

Parada: SE REALIZO REFUERZO DE UN TRAMO DEL CABLE DE ALIMENTACION DE TAMBORA (21:30 - 21:45)

- Horómetro Inicial (HI) = 4966.1
- Horómetro Final (HF) = 4977.0
- Horas trabajadas (HT) = HF – HI = 10.9 hrs.
- Inspección Mecánica (IM) = 0.5 hrs.
- Parada por falla eléctrica (FE) = 0.25 hrs.

*** Guardia de día:**

Parada: SE EMPALMA EL CABLE ELÉCTRICO SECCIONADO DE LA TAMBORA, SE REALIZAN PRUEBAS DE OPERACIÓN (10:30 - 12:00)

- Horómetro Inicial (HI) = 4977.0
- Horómetro Final (HF) = 4977.7
- Horas trabajadas (HT) = HF – HI = 0.7 hrs.
- Inspección Mecánica (IM) = 0.5 hrs.
- Parada por falla eléctrica (FE) = 1.5 hrs.

Entonces tenemos que la DM para el día 01/07/2008 es:

$$DM = \frac{(24 - 0.25 - 0.5 - 1.5 - 0.5)}{24}$$

$$DM = \frac{(24 - 2.75)}{24} \times 100\%$$

$$DM = 88.5\%$$

El día 01/07/08, el SCO-14 tiene una disponibilidad de 88.5%.

3.1.1.2 Cálculo de la utilización efectiva (UE):

La utilización efectiva (UE) es un parámetro que nos indica el porcentaje del tiempo utilizado por el equipo en el tiempo disponible del equipo en el periodo de análisis.

$$UE = \frac{HT}{HD}$$

Donde:

HT = Horas Trabajadas

HD = Horas Disponibles

Del ejemplo anterior para el cálculo de la disponibilidad tenemos:

$$HT = 10.9 + 0.7 = 11.6 \text{ Horas.}$$

También:

$$HD = (\text{Horas programadas} - IM - MP - FM - FE - FN)$$

$$HD = 24 - 0.5 - 0.5 - 0.25 - 1.5 = 21.25$$

Entonces tenemos que la UE para el día 01/07/2008 es:

$$UE = \frac{11.6}{21.25} \times 100\%$$

$$UE = 54.6\%$$

El día 01/07/08, el SCO-14 tiene una utilización de 54.6%.

3.1.1.3 Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva por día.

Del reporte diario se utilizan los valores de horas disponibles (HD), horas trabajadas (HT) y tiempo de paradas por reparación (TPR) con dichos valores se calcula las disponibilidad mecánica (DM) y utilización efectiva (UE). Entonces tenemos que para el día 01/07/08 tenemos los siguientes valores conforme al cálculo mostrado en los puntos anteriores:


 EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S. A. C.						
FECHA		01-07-08				
CLASE	CODIGO	HD	HT	T.P.R.	D.M.	U.E.
DUMPER						
	DUMPER 3	23	15.7	1	98%	88%
	DUMPER 4	23	21.7	1	98%	94%
	DUMPER 5	23	13	1	98%	57%
	DUMPER 7	23	12.3	1	98%	53%
JUMBO						
	JUMA-01-E	23	2.8	1	96%	12%
	JUMA-03-E	19.5	7.7	4.5	81%	39%
	JUMA-04-E	22	6	2	92%	27%
EMPERNADORES						
	JUMA-02-E	0	0	24	0%	
	JUMA-05-E	13.25	9.7	10.75	55%	80%
SCOOP DIESEL						
	SCOD-11-D	20.5	19.7	3.5	85%	98%
	SCOD-17-D	15	14.8	9	83%	98%
	SCOD-18-D	0	0	24	0%	
SCOOP ELECTRICO						
	SCOE-01-E	23	0	1	98%	0%
	SCOE-05-E	0	0	24		
	SCOE-08-E	20.75	2.1	3.25	88%	11%
	SCOE-12-E	23	11.8	1	96%	51%
	SCOE-13-E	23	7	1	96%	30%
	SCOE-14-E	21.25	11.8	2.75	88%	55%
	SCOE-15-E	23	1.1	1	96%	5%
	SCOE-16-E	21	20.4	3	88%	97%
	SCOE-19-E	23	0	1	96%	0%
UTILITARIOS						
	CAD 01	23	6.9	1	98%	30%
	CUT 01	22.5	21.7	1.5	94%	97%
	SCALER 01	0	0	24	0%	
	SCALER 02	0	0	24	0%	
Total general		428.75	205.8	171.25	74%	49%

Tabla 3.2 Tabla de reporte de DM por día [6].

3.1.1.4 Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva por mes.

Los reportes diarios nos proporcionan datos de disponibilidad mecánica acumulada al día en el cual se cierra el reporte diario, brindando una información al final del mes a través de un resumen por equipos al mes teniendo información de las horas disponibles del equipo, horas trabajadas, horas de parada del equipo por reparaciones, la disponibilidad mecánica total y la utilización efectiva total.


		EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.										
		RESUMEN POR EQUIPOS - JULIO 2008										31 DIAS
CLASE	CODIGO	HD	HT	IM	MP	FM	FE	FN	ACC.	OTRQS	DM	UE
DUMPER												
	DUMPER 3	406.0	308.9	16.5	26.5	293.0	0.5	1.5			55%	76%
	DUMPER 4	658.8	536.2	28.0	34.0	13.5	7.3	2.5			89%	81%
	DUMPER 5	659.8	561.8	26.5	28.0	27.5	2.3				89%	85%
	DUMPER 7	666.3	382.5	29.0	18.3	21.5	9.0				90%	57%
	Total DUMPER	2390.75	1789.4	100	106.75	355.5	19	4			80%	75%
JUMBO												
	JUMA-01-E	695.8	216.7	30.5		13.8	4.0				94%	31%
	JUMA-03-E	644.0	251.7	26.5	33.5	27.0	10.0			3	87%	40%
	JUMA-04-E	664.8	281.6	28.5	23.0	16.4	7.8	3.5			89%	42%
	Total JUMBO	2004.57	754	85.5	56.5	57.1	21.83	3.5		3	90%	38%
EMPERNADORES												
	JUMA-02-E	433.1	167.2	12.0	1.5	290.4	6.0	1.0			58%	39%
	JUMA-05-E	468.8	266.7	18.5	28.5	214.8	12.5				63%	57%
	Total EMPERNADO R	901.91	433.9	30.5	31	505.17	18.5	1			61%	48%
SCOOP DIESEL												
	SCOD-11-D	621.5	379.4	25.0	22.5	5.0	5.8		64.25		92%	61%
	SCOD-17-D	640.3	455.6	26.5	23.0	51.3	3.0				86%	71%
	SCOD-18-D	351.5	278.4	14.0	18.0	351.0	9.5				47%	79%
	Total SCOOP DIESEL	1613.25	1113.4	65.5	63.5	407.25	18.25		64.25		75%	70%
SCOOP ELECTRICO												
	SCOE-01-E	713.0	1.2	31.0							96%	0%
	SCOE-05-E	0.0	0.0							744		
	SCOE-06-E	693.0	99.6	30.5		9.0	11.5				93%	14%
	SCOE-12-E	348.0	78.6	15.5	4.0	15.0	1.5			360	91%	23%
	SCOE-13-E	483.8	73.5	20.5	4.0	232.8	3.0				65%	15%
	SCOE-14-E	547.5	227.9	22.0	4.0	155.0	15.5				74%	42%
	SCOE-15-E	651.5	378.8	28.5	14.0	21.0	27.5	1.5			88%	58%
	SCOE-16-E	657.5	387.1	29.5	17.0	13.5	22.5	4.0			88%	59%
	SCOE-19-E	694.0	60.1	31.0		13.5	5.5				93%	9%
	Total SCOOP ELECT.	4788.25	1306.8	208.5	43	459.75	87	5.5		1104	86%	27%
UTILITARIOS												
	CAD 01	692.0	261.1	30.0	22.0						93%	38%
	CUT 01	668.0	532.5	28.0	44.0	3.3	0.8				90%	80%
	SCALER 01	201.0	140.3	7.5	12.0	522.0	1.5				27%	70%
	SCALER 02	0.0	0.0			744.0					0%	
	Total UTILITARIOS	1561	933.9	65.5	78	1269.3	2.25				52%	62%
Total general		13662.9	6644.7	570.5	412.5	3201.8	167.08	14	64.25	1107	76%	49%

Tabla 3.3 Resumen mensual por equipos de DM y UE [6].

3.1.1.5 Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva anual:

Los cuadros históricos son elaborados en base al acumulado de los reportes diarios, semanales y mensuales. A continuación se muestra un cuadro histórico:

		EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.												
		RESUMEN POR ANUAL DISPONIBILIDAD MECANICA 2008												
		Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08	PROMEDIO ANUAL
DUMPER														
DUMPER 3		87%	87%	89%	91%	88%	87%	55%	78%			88%	88%	83%
DUMPER 4		91%	92%	92%	82%	86%	89%	89%	86%	90%	93%	87%	89%	89%
DUMPER 5		90%	85%	78%	91%	90%	90%	89%	90%	92%	90%	89%	84%	88%
DUMPER 7		88%	91%	89%	82%	85%	87%	90%	47%	88%	83%			83%
Total DUMPER		84%	89%	87%	89%	87%	89%	80%	75%	90%	92%	88%	86%	86%
JUMBO														
JUMA-01-E		87%	89%	91%	91%	91%	86%	94%	91%	89%	79%	87%	91%	89%
JUMA-03-E		90%	91%	89%	89%	87%	86%	87%	85%	2%	0%	53%	95%	71%
JUMA-04-E		88%	86%	78%	84%	88%	87%	88%	91%	89%	83%	90%	70%	84%
Total JUMBO		81%	89%	86%	87%	88%	86%	90%	88%	60%	57%	77%	85%	81%
EMPERNADOR														
JUMA-02-E		74%	56%	74%	73%	70%	6%	58%	79%	83%	69%	60%	87%	69%
JUMA-05-E			21%	89%	85%		88%	63%	82%	70%		89%	79%	69%
Total EMPERNADOR		74%	39%	71%	69%	70%	46%	61%	80%	77%	69%	85%	63%	70%
SCOOP DIESEL														
SCOD-11-D		73%	76%	92%	97%			92%	89%	92%	88%	82%	92%	87%
SCOD-17-D		86%	80%	93%	63%	91%	90%	86%	81%	86%	73%	88%	91%	84%
SCOD-18-D		87%	64%	86%	86%	71%	23%	47%	55%	90%	86%	95%	79%	72%
Total SCOOP DIESEL		82%	74%	90%	82%	81%	56%	75%	75%	89%	82%	88%	87%	80%
SCOOP ELECTRICO														
SCOE-01-E		93%	91%	90%	96%	95%	96%	96%	95%	96%	96%	96%	96%	95%
SCOE-05-E		96%	96%											86%
SCOE-06-E		95%	93%	97%	97%	95%	85%	93%	74%	89%	96%	96%	95%	92%
SCOE-12-E		88%	90%	89%	94%	87%	95%	91%	94%					90%
SCOE-13-E		84%	86%	93%	92%	94%	92%	85%	89%	94%	87%	93%	96%	89%
SCOE-14-E		89%	88%	88%	90%	85%	84%	74%	88%	89%	90%	87%	82%	87%
SCOE-15-E		92%	89%	93%	95%	93%	92%	88%	89%	92%	72%	79%	91%	89%
SCOE-16-E		50%	77%	91%	93%	82%	87%	88%	93%	90%	91%	90%	92%	85%
SCOE-18-E		91%	18%			97%	95%	93%		92%	88%	96%	96%	85%
Total SCOOP ELECT		86%	81%	92%	94%	91%	89%	88%	88%	92%	88%	91%	84%	86%
UTILITARIOS														
CAD-01		83%	85%	94%	94%	94%	94%	93%	78%	81%		90%	93%	91%
CUT-01		90%	92%	93%	94%	93%	93%	90%	88%	84%	91%	47%	74%	86%
SCALER 01		88%	83%	81%	68%	82%	18%	27%	70%	1%	0%		35%	50%
SCALER 02		83%	34%	55%	85%	82%	8%	0%	54%	88%	82%	55%	84%	90%
Total SCALER		89%	76%	81%	65%	88%	53%	52%	72%	63%	61%	64%	72%	71%
Total FLOTA		85%	78%	86%	87%	87%	76%	76%	81%	80%	79%	84%	86%	82%

Tabla 3.4 Tabla de resumen anual 2008 por equipos de DM [6].

De la tabla 3.4, se observa que la DM de la flota trackless fluctúa entre 76% y 87 % durante el periodo 2008.

Se tiene que las Flotas de Utilitarios (DM = 71%), Empernadores (DM = 70%), Scoop Diesel (DM = 80%) y Jumbos (DM = 81%), tienen baja disponibilidad mecánica durante el periodo 2008 y están por debajo de los objetivos del mantenimiento corporativo

VOLCAN, en cuyo plan estratégico determina que la DM deberá ser mayor a 85 % (DM > 85%). Se analizara esto índice en el siguiente capítulo.

3.1.1.6 Evaluación de fallas en la flota trackless.

En este punto analizaremos las fallas mas frecuentes de la flota Jumbos ocurridas durante el periodo 2008, solo analizaremos esta flota por presentar sistemas mas complejos en relación a las demás flotas.

ITEM	SISTEMA - COMPONENTE	JUM-01	JUM-03	JUM-04	TOTAL FLOTA JUMBOS	% DE FALLAS
1	PERFORACION	59	57	49	165	28.6%
2	HIDRAULICO	45	43	44	132	22.9%
3	ELECTRICO	37	35	28	100	17.4%
4	MOTOR DIESEL	15	20	16	51	8.9%
5	ESTRUCTURAL	8	7	9	24	4.2%
6	LLANTA	7	8	6	21	3.6%
7	TRANSMISION	5	6	5	16	2.8%
8	HIDROSTATICO	7	3	4	14	2.4%
9	DIRECCION	6	4	3	13	2.3%
10	MOTOR ELECTRICO	2	4	5	11	1.9%
11	COMPRESOR	3	2	3	8	1.4%
12	SISTEMA AGUA	3	3	2	8	1.4%
13	LUBRICACION	3	1	3	7	1.2%
14	FRENOS	3	2	1	6	1.0%
Total de fallas		203	195	178	576	100%

Tabla 3.5 Tabla de resumen de fallas por sistema en la flota Jumbos 2008 [6].

Aplicando la herramienta de la calidad denominada diagrama de Pareto, según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causa resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema. Entonces como primer punto analizaremos la ocurrencia de falla por sistemas y/o componentes; del historial de los reportes diarios extraemos el

historial anual de fallas en la flota Jumbos por sistemas como se muestra en la *tabla 3.5*.

Luego de encontrar la incidencia de fallas por sistema, procedemos a graficar el diagrama de Pareto para la ocurrencia de fallas por sistema como se muestra a continuación:

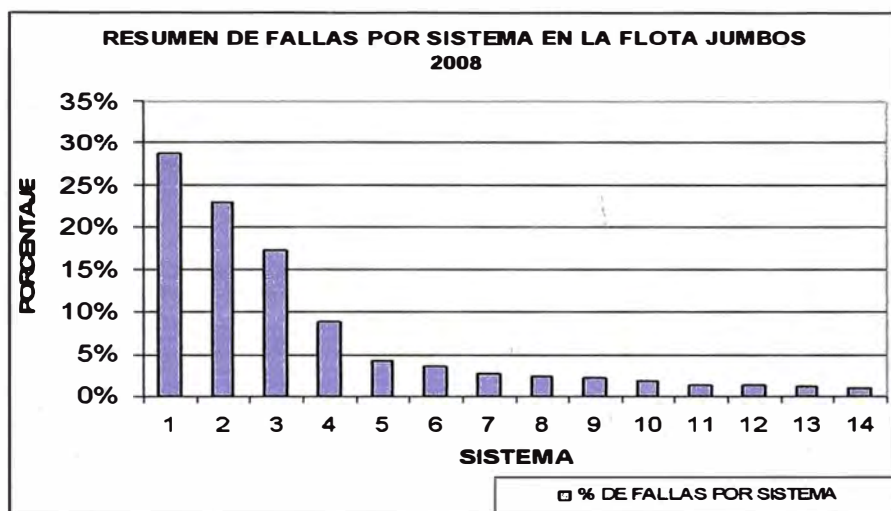


Figura 3.1 Gráfico de fallas por sistemas en la flota Jumbos [6].

El análisis de fallas muestra que los sistemas que muestran una mayor frecuencia de fallas durante el 2008 son:

- * Sistema de perforación (1) : con 28.6 % de las fallas.
- * Sistema hidráulico (2) : con 22.9 % de las fallas.
- * Sistema eléctrico (3) : con 17.4 % de las fallas.
- * Motor diesel (4) : con 8.9 % de las fallas.

Entonces procederemos analizar la ocurrencia de fallas en los 04 sistemas que presentan mayor incidencia de fallas (los 04 sistemas seleccionados representan el 28.6 % del total y agrupan el 78 % de la frecuencia de fallas en la flota Jumbos).

A) Análisis de fallas en el sistema de perforación:

Tenemos que el sistema de perforación agrupa el 28.6% de la fallas producidas en la flota Jumbos. Para analizar las causas que producen las fallas en este sistema, aplicaremos el análisis del diagrama de Pareto, de donde obtenemos el siguiente cuadro:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

RESUMEN DE FALLAS EN EL SISTEMA DE PERFORACION EN LA FLOTA JUMBOS 2008

ITEM	CAUSA	JUM-01	JUM-03	JUM-04	TOTAL FLOTA JUMBOS	% DE FALLAS
1	FALLA DE MANGUERA	18	13	15	46	27.9%
2	SOLTURA O ROTURA DE PERNOS	9	13	8	30	18.2%
3	DESGASTE	7	10	9	26	15.8%
4	FUGA DE ACEITE	8	6	6	20	12.1%
5	FALLA SIST. AVANCE/RETORNO	4	4	3	11	6.7%
6	PERFORADORA	3	5	2	10	6.1%
7	FUGA DE AGUA	1	2	1	4	2.4%
8	PROBLEMAS EN LA VIGA	3	1	2	6	3.6%
9	FALTA LUBRICACION	2	1	1	4	2.4%
10	PERCUSION	2	1	1	4	2.4%
11	FALLA DE ACUMULADOR	1	1	1	3	1.8%
12	ACCIDENTE	1			1	0.6%
Total de fallas		59	57	49	165	100%

Tabla 3.6 Fallas en el sistema de perforación de la flota Jumbos 2008 [6].

Luego procedemos a realizar el diagrama de Pareto:

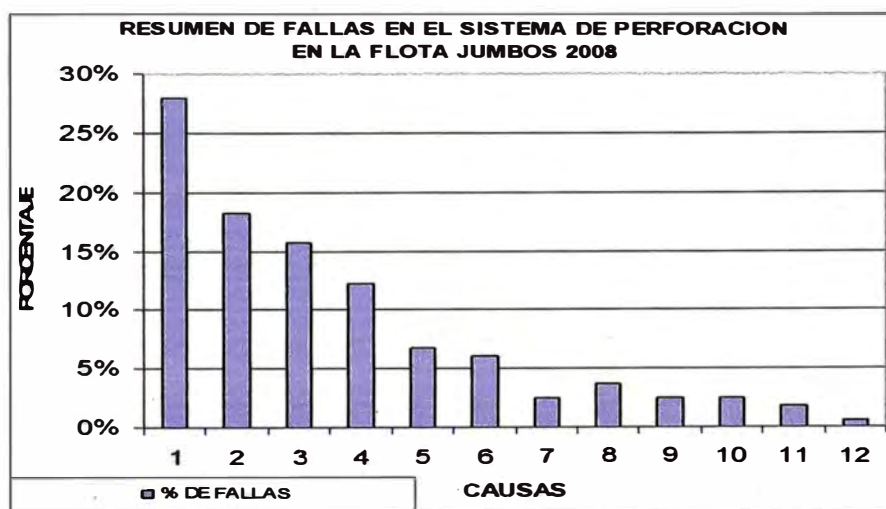


Figura 3.2 Gráfico de fallas en el sistema de perforación de la flota Jumbos [6].

Tenemos que para el sistema de perforación la mayor ocurrencia de fallas se debe a las siguientes causas:

Falla de manguera (1): esta causa tiene una recurrencia de falla de 27.9 % en el sistema de perforación. La falla de las mangueras del sistema de perforación son debido a las altas presiones de percusión que bordean los [2,200 – 2,800] PSI, para este caso por cuestiones de emergencia operativa se cambian mangueras de alta presión de características **M2SN** (presión máx. = 2,500 PSI), para los cuales de acuerdo a las condiciones de operación es recomendable usar siempre las mangueras de extrema presión del tipo **R12** (presión máx. = 5,000 PSI), esta acción se debe a que para la compra de mangueras de extrema presión se debe programar el cambio con una semana de anticipación, en los casos de rotura, fisura o excesiva fuga de aceite se opta por usar mangueras de alta presión por contarse con stock en la mina y a diferencia de la de extrema presión que tiene un proceso mas riguroso del prensado, la de alta presión de puede prensar con un prensa hidráulica manual con la que se cuenta en la unidad minera, aunque no es lo mas recomendable, otro punto importante es la instalación de los protectores de las mangueras para evitar el desgaste excesivo.

Realizando un comparación de precios tenemos los siguiente:

Extrema presión 3/4" tipo **R12** (Precio = 25.14 US \$/m)

↓ Alta presión 3/4" tipo **M2SN** (Precio = 13.36 US \$/m)

Cabe resaltar que los tiempos de vida de una manguera de alta presión es inferior a las 250 horas de operación comparada con la de extrema presión que dura más de 500 horas de operación, si calculamos los costos de repuestos son similares en un lapso de 500 horas de operación, con la única diferencia que en ese lapso de tiempo, una manguera de alta presión se habrá cambiado 02 a mas veces por sobrepresión a comparación de 01 solo cambio de la manguera de extrema presión por este concepto, es decir existe un menor lucro cesante empleando mangueras de extrema presión.

Para reducir esta falla se remienda llevar un control de las mangueras, además programar el cambio general de mangueras a las 500 horas de operación según recomienda el fabricante, además se recomienda el cambio programado de los protectores de mangueras (cover).

Soltura o rotura de pernos (2): esta causa tiene una recurrencia de falla de 18.2% en el sistema de perforación. La principal causa de la soltura o rotura de pernos se debe al trabajo de percusión de la perforadora, que produce altos niveles de vibración en las juntas y acoplamientos, produciendo la soltura y en algunos casos la rotura de los elementos de sujeción.

Para reducir esta falla se recomienda realizar inspecciones diarias y contar con un programa de reajuste de pernos empleando un torquimetro para este trabajo.

- **Desgaste (3):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 15.8% en el sistema de perforación. Uno de los factores que influencia en el desgaste son los consumibles de perforación como son el shank, centralizadores y barras de perforación, los cuales se cambian entre [125 – 500] horas dependiendo del tipo de roca a perforar y de la calidad del material, estos consumibles se fatigan hasta llegar a la rotura ocasionando la parada del equipo; otros repuestos que presentan desgaste son los sellos de agua (200 horas de vida útil).

Para reducir esta falla se recomienda un estudio de elementos consumibles de operación y la calidad de los materiales a emplear con relación a la dureza de las rocas a perforar, elaborar un programa de inspección y control de los elementos consumibles de perforación.

Fuga de aceite (4): esta causa tiene una recurrencia de falla de 12.1% en el sistema de perforación. Las causas por la cual se presenta la fuga de aceite son diversas de las cuales podemos indicar: el desaflojado de las conexiones y uniones hidráulicas como consecuencia de las altas vibraciones de la percusión, el desgaste de las mangueras como consecuencia

del roce de la roca contra la manguera, el mal ajuste y falta de hermeticidad de las uniones hidráulicas.

Para reducir esta falla se recomienda elaborar un programa de inspecciones y controlar las fugas, además se recomienda el cambio de mangueras de perforación a las 500 horas y la instalación de los cover a todas las mangueras de perforación.

B) Análisis de fallas en el sistema hidráulico:

Tenemos que el sistema hidráulico agrupa el 22.9% de la fallas producidas en la flota Jumbos. Para analizar las causas que producen las fallas en este sistema, aplicaremos el análisis del diagrama de Pareto, de donde obtenemos el siguiente cuadro:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.
RESUMEN DE FALLAS EN EL SISTEMA HIDRAULICO EN LA FLOTA JUMBOS 2008

ITEM	CAUSA	JUM-01	JUM-03	JUM-04	TOTAL FLOTA JUMBOS	% DE FALLAS
1	FALLA DE MANGUERA	28	23	25	76	57.6%
2	FUGA DE ACEITE	7	3	7	17	12.9%
3	DESGASTE	4	7	5	16	12.1%
4	FALLA DE LAS GATAS HYD.	2	2	1	5	3.8%
5	FALLA DE CILINDROS HYD.	1	3	3	7	5.3%
6	FALLA DE BOMBA HIDRAULICA	2	3	1	6	4.5%
7	FALTA DE LUBRICACION	1		1	2	1.5%
8	SOLTURA		1	1	2	1.5%
9	ACCIDENTE		1		1	0.8%
Total de fallas			43			100%

Tabla 3.7 Fallas en el sistema hidráulico de la flota Jumbos 2008.

Luego procedemos a realizar el diagrama de Pareto:

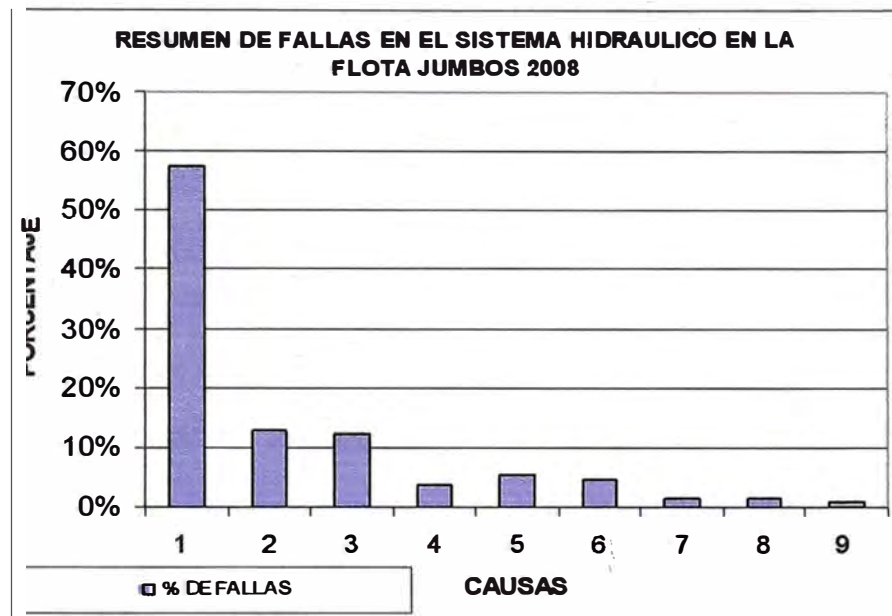


Figura 3.3 Gráfico de fallas en el sistema hidráulico de la flota Jumbos [6].

Tenemos que para el sistema hidráulico la mayor ocurrencia de fallas se debe a las siguientes causas:

- ➔ **Falla de manguera (1):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 57.6% en el sistema hidráulico. Como se explico en el análisis de fallas del sistema de perforación, la principal causa de falla es el mal uso de las mangueras, se usan de alta presión que soporta 2,500 PSI cuando lo recomendable es la de extrema presión que soporta 5,000 PSI, además debemos tener en cuenta que el sistema hidráulico y de perforación trabajan con un presión de 2,500 PSI en promedio. El desgaste y las fallas de las mangueras es el problema mas critico en los equipos Jumbos. Tomar en cuenta las consideraciones de análisis de fallas en el sistema hidráulico.

Para reducir esta falla se recomienda un programa de inspecciones de mangueras, además solo emplear mangueras de extrema presión para los sistemas hidráulicos.

Fuga de aceite (2): esta causa tiene una recurrencia de falla de 12.9% en el sistema hidráulico. Las causas de presentarse fuga de aceite son diversas de las cuales podemos indicar: el desaflojado de las conexiones y uniones hidráulicas como consecuencia de la alta maniobrabilidad de los de los componentes hidráulicos para facilitar el proceso de perforación, el desgaste de las mangueras como consecuencia del roce de la roca contra la manguera, el mal ajuste y falta de hermeticidad de las uniones hidráulicas.

Para reducir esta falla se recomienda contar con un programa de inspecciones de los componentes hidráulicos y evaluación de los tiempos de vida útil de los mismos.

- ✦ **Desgaste (3):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 12.1% en el sistema hidráulico. La mayor causa de desgaste en los componentes hidráulicos es la contaminación del aceite hidráulico (Mobil DTE-26), esto produce un desgaste prematuro de los componentes, es por tal razón que se deben cumplir con las recomendaciones del fabricante para el cambio del aceite y filtros hidráulicos al cumplir con las 1,000 horas de operación.

Para reducir esta falla se recomienda el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, además de mantener un control de componentes con sus respectivos tiempos de vida y reducir las fugas de aceite para evitar la contaminación del mismo.

C) Análisis de fallas en el sistema eléctrico:

Tenemos que el sistema eléctrico agrupa el 17.4% de las fallas producidas en la flota Jumbos. Para analizar las causas que producen las fallas en este sistema, aplicaremos el análisis del diagrama de Pareto, de donde obtenemos el siguiente cuadro:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

RESUMEN DE FALLAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA FLOTA JUMBOS 2008

ITEM	CAUSA	JUM-01	JUM-03	JUM-04	TOTAL FLOTA JUMBOS	% DE FALLAS
1	DESGASTE	10	9	5	24	24.0%
2	FALLA LINEA DE ALIMENTACION	5	5	10	20	20.0%
3	FALLA DE LA ILUMINACION	3	4	6	13	13.0%
4	FALLA DEL CABLE TAMBORA	4	4	3	11	11.0%
6	FALLA DEL TABLERO ELECTRICO	3	3	1	7	7.0%
7	FALSO CONTACTO	3	2	1	6	6.0%
5	CORTOCIRCUITO	3	2		5	5.0%
7	FALLA DEL SIST. DE ENROLLAMIENTO	1	2	1	4	4.0%
8	INDUCCION	2	1	1	4	4.0%
8	FALLA DEL MOTOR ELECTRICO	1	2		3	3.0%
9	FALLA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD	1	1		2	2.0%
10	ACCIDENTE	1			1	1.0%
Total de fallas		37	36	28	100	100%

Tabla 3.8 Fallas en el sistema eléctrico de la flota Jumbos 2008.

Luego procedemos a realizar el diagrama de Pareto:

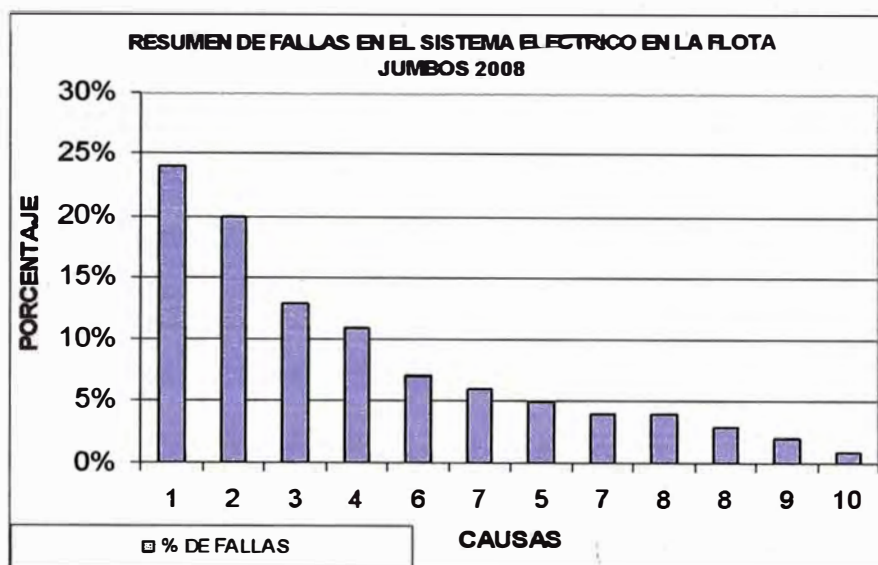


Figura 3.4 Gráfico de fallas en el sistema eléctrico de la flota Jumbos [6].

Tenemos que para el sistema eléctrico la mayor ocurrencia de fallas se debe a las siguientes causas:

- ➔ **Desgaste (1):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 24.0 % en el sistema eléctrico. El principal problema de falla de los componentes eléctricos es por sobrecarga de energía y por no contar con un sistema de protección contra la sobrecarga en los circuitos eléctricos y electrónicos, también por motivo de las oscilaciones de energía, además otro factor relevante es la falla de componentes electrónicos y eléctricos por humedad, los problemas de falso contacto también afectan a los circuito electrónicos y eléctricos, los cortocircuitos también afectan a las fuentes como es el caso de los transformadores. La alimentación es a 440 V pero los circuitos trabajan en su mayoría a 24 V.

Para reducir esta falla se recomienda un estudio por parte de un especialista para instalación de un sistema de protección a los circuitos de perforación, mando y alimentación que estén sin protección.

- ✦ **Falla línea de alimentación (2):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 20.0 % en el sistema eléctrico. Este problema es producto de la mala operación de los equipos que trae como consecuencia el aplastamiento y desgaste del aislamiento del cable de alimentación, a su vez también se presentan problemas con el desgaste de los conectores de alimentación (chupones), debido a que los Jumbos trabajan en diferentes frentes de trabajo, la alimentación de energía es 440V.

Para reducir esta falla se recomienda una capacitación a los operadores de los equipos Jumbos, Empernadores y Scooptrams eléctricos sobre la correcta operación de estos equipos y los cuidados que deben tener para evitar el daño del cable de alimentación.

- ✦ **Falla de la iluminación (3):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 13.0 % en el sistema eléctrico. Este problema esta referido a los faros de alumbrado y perforación quemados durante operación, la principal razón es la sobre tensión producto de una mala regulación de los transformadores que alimentan 24 V, los faros pueden soportar hasta 28 V, otro

factor es la humedad, las oscilaciones de voltaje y la mala fijación de los faros en su base lo que ocasiona que se quemee el filamento.

Para reducir esta falla se recomienda la verificación del ajuste de los faros, evitando la soltura, además verificar la tensión de alimentación de los faros.

➔ **Falla del cable tambora (4):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 11.0 % en el sistema eléctrico. Al igual que el cable de alimentación el cable de tambora que permite desplazar a los equipos en las labores a través de una tambora gobernada por un colector, se presenta desgaste del cable por mala operación, además de presentar desgaste en los polines de alimentación.

Para reducir esta falla se recomienda capacitación al operador, además cambiar aquellos cables que presenten demasiados empalmes (se recomienda máximo hasta 03 empalmes).

D) Análisis de fallas en el motor diesel:

Tenemos que motor diesel agrupa el 8.9 % de la fallas producidas en la flota Jumbos. Para analizar las causas que producen las fallas en este sistema, aplicaremos el análisis del diagrama de Pareto, de donde obtenemos el siguiente cuadro:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.
RESUMEN DE FALLAS EN EL MOTOR DIESEL EN LA FLOTA JUMBOS 2008

ITEM	CAUSA	JUM-01	JUM-03	JUM-04	TOTAL FLOTA JUMBOS	% DE FALLAS
1	SATURACION DE FILTROS	4	6	4	14	27.5%
2	PROBLEMA DE ARRANQUE	4	4	5	13	25.5%
3	FALLA DEL ARRANCADOR	1	2	3	6	11.8%
4	FALLA DEL ALTERNADOR	1	2	2	5	9.8%
5	FUGA DE ACEITE	1	1		2	3.9%
6	LUBRICACION			1	1	2.0%
7	FUGA DE COMBUSTIBLE		1	1	2	3.9%
8	PROBLEMAS CON EL CILINDRO DE COMBUSTION	1	1		2	3.9%
9	PROBLEMA CON LA CULATA	1			1	2.0%
10	FALLA DE INYECTORES	1	1		2	3.9%
11	SOLTURA		1		1	2.0%
12	DESGASTE	1			1	2.0%
13	ACCIDENTE		1		1	2.0%
Total de fallas		15	20	16	51	100%

Tabla 3.9 Fallas en el motor diesel de la flota Jumbos 2008 [6].

Luego procedemos a realizar el diagrama de Pareto:

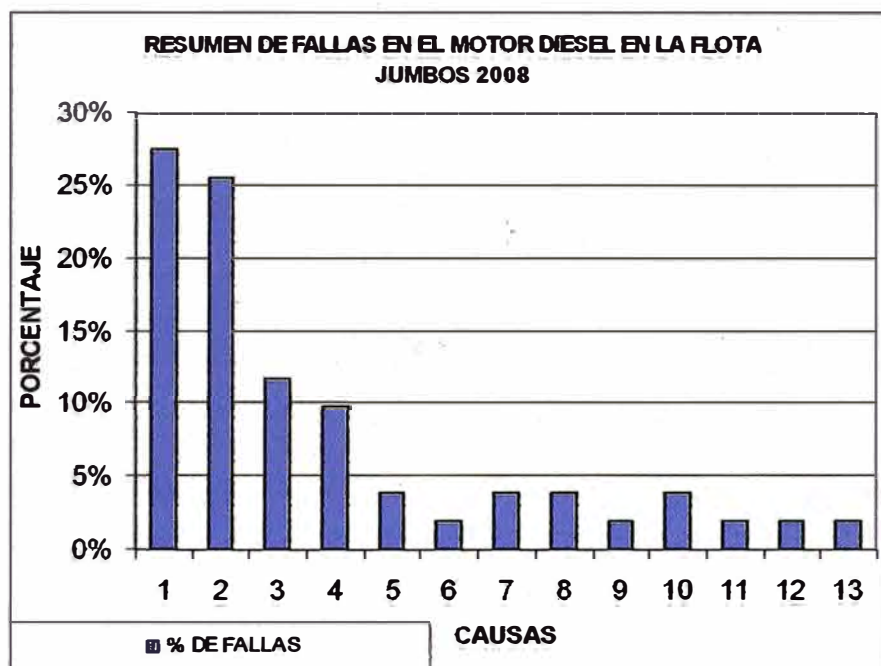


Figura 3.5 Gráfico de fallas en el motor diesel de la flota Jumbos.

Tenemos que para el motor diesel la mayor ocurrencia de fallas se debe a las siguientes causas:

- ✦ **Saturación de filtros (1):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 27.5 % en el motor diesel. La principal causa de la saturación u obstrucción de los filtros de admisión son la excesiva contaminación por humos y el polvo producto de la voladura, y de la deficiente ventilación en las labores de explotación, esto produce que un filtro se sature en promedio de 40 horas, siendo lo ideal que dure hasta el mantenimiento preventivo que se realiza cada 125 horas de operación del motor diesel según lo recomendado por el manual de operaciones, y es esta razón por la cual los mantenimientos preventivos que según el fabricante deben ejecutarse cada 250 horas en ambientes controlados, se han reducido a 125 horas por las condiciones deficientes de operación, de esta manera se evitan el desgaste excesivo de los componentes mayores no solo del motor diesel sino también del sistema hidráulico y de transmisión.

Para reducir esta falla se recomienda mejorar las condiciones de operación de los equipos, en especial el mantenimiento de las vías y la ventilación en interior mina, es recomendable realizar un estudio del sistema de ventilación por una empresa especializada.

- ✦ **Problema de arranque (2):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 25.5 % en el motor diesel. La principal causa se produce durante el arranque en frío, debido a las bajas temperaturas, por las noches se llega a estar por debajo de

los 0 °C durante las épocas de heladas, para el arranque se usa éter para motores.

Para reducir esta falla se recomienda el uso del éter para el arranque de los motores diesel.

- ✦ **Falla del arrancador (3):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 11.8 % en el motor diesel. La falla de los arrancadores se da con frecuencia cuando se arranca un tiempo mayor a 45 segundos, produciendo el recalentamiento de la bobina interna del arrancador, se recomienda arrancar el motor diesel entre un tiempo de [30 - 45] segundos.

Para reducir esta falla se recomienda capacitar a los operadores sobre el correcto encendido de los motores diesel.

- ✦ **Falla del alternador (4):** esta causa tiene una recurrencia de falla de 9.8 % en el motor diesel. La falla de los alternadores se da principalmente cuando se cruzan las baterías produciendo altos amperajes ocasionando que se quemen los alternadores.

Para reducir esta falla se recomienda verificar el estado de las baterías y verificando que las conexiones estén correctas.

3.1.2 Indicadores de confiabilidad.

Para esta parte tenemos los indicadores MTTR, MTBR y MTBF, el cálculo de estos indicadores es vía SAP.

3.1.2.1 Cálculo del MTTR, MTBR y MTBF.

Para poder obtener los valores del MTTR, MTBR y MTBF, empleamos ERP denominado SAP, al cual ingresamos las ordenes de trabajo (OTs) diariamente.

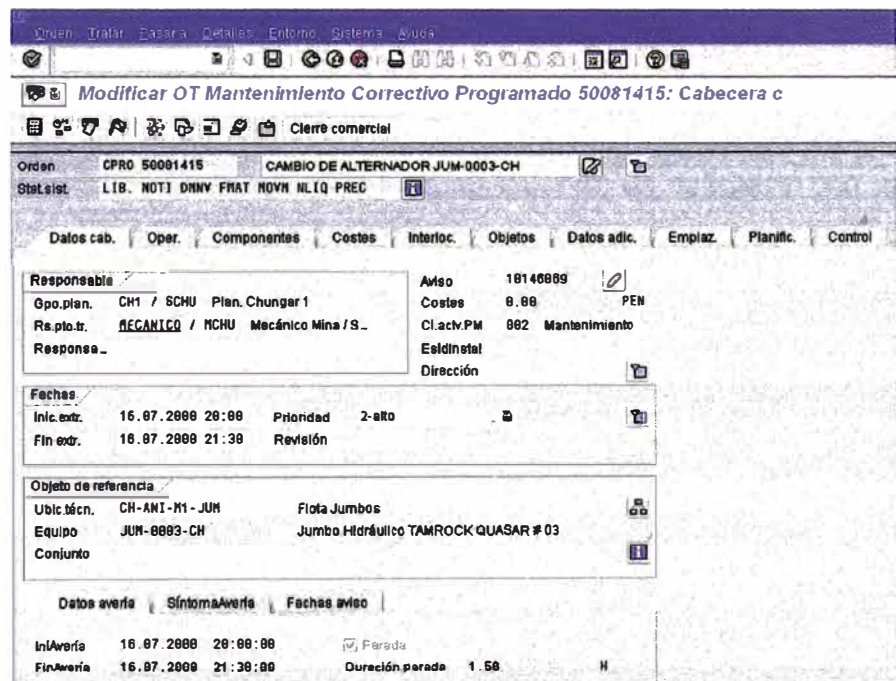


Figura 3.6 Imagen de un OT ingresada al SAP [6].

Las OTs son elaboradas por personal de mantenimiento así como el personal de Sandvik, para lo cual se maneja un formato de mantenimiento, el cual estará debidamente firmado por el técnico encargado de ejecutar la orden de trabajo (OT), un supervisor y el jefe del área.

Para que la información extraída del SAP sea la más confiable, se verifican que las OTs estén correctamente llenadas. Un correcto llenado de las OTs deberá incluir:

- **Equipo:** debe indicarse el equipo al cual se realiza la OT.
- **Texto de cabecera de la OT:** se indicara un nombre que agrupe todas las actividades y operaciones.
- **Horas de parada y/o atención:** se deberán indicar claramente las horas de atención del equipo o parada con sus respectivas fechas, este dato es sumamente importante para el cálculo del MTTR, MTBR y MTBF, debido a que el SAP contabiliza las paradas. En la *figura 3.6* se muestra la parada del equipo y al costado de las horas de avería se muestra un cuadrado con un check, el check le indica al SAP que debe contabilizar la parada con el tiempo indicado.
- **Lista de actividades:** se indicaran las operaciones y/o actividades detalladas indicando la cantidad de personal y el tiempo empleado por cada operación, *figura 3.7*.

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Cla.	Clv.mod	E.	Ti.br.v.operación	TE	Trabajo	Un	C.	Dur.	Un	CivCá	CIAct
0010		TERCERO1	NCHU	PHB1			CAMBIO DE ALTERNADOR NUEVO	<input checked="" type="checkbox"/>		3H	2	1.5H		Calcular tra...	HTIER1
0020		MECANICO	NCHU	PHB1						H			H		

Figura 3.7 Lista de operaciones de una OT ingresada al SAP [6]

- **Lista de materiales:** La OT deberá indicar los repuestos o insumos con sus respectivas cantidades e indicando la operación en la que se emplearan, *figura 3.8*.

Modificar OT Mantenimiento Correctivo Programado 50081415: Resumen de

Cierre comercial

Orden: CPRO 50081415 CAMBIO DE ALTERNADOR JUN-0003-CH
 Statstat: LIB. NOTI DMV FRAT NOVW MLIO PREC

Datos cab. Oper. Componentes Costos Interloc. Objelos Datos adic. Emplazam. Planific. Control

Pa.	Componente	Denomin.	TE	Ctd.neces.	UM	T. S. Abr.	Co.	Op.	Lote	Tipo aprovis.
8010	101888120	ALTERNADOR 24V. 9120080114		1.000	NN	L	SCHU 8010			Reserva Para orden

Figura 3.8 Lista de materiales de una OT ingresada al SAP [6].

El SAP esta programado para calcular inmediatamente los indicadores de confiabilidad, siempre y cuando se carguen correctamente las OTs, como se muestra a continuación:

Reporte de Disponibilidad Mecánica.

Fecha y hora de proceso: 04/04/2009 11:48:09

Equipo	Mes:z	Nro.Tot.Paradas:z	MTBR:z	MTBF:z	MTTR:z	Hs.Prog.:z	Hs.Par.mecánica:z	Hs.Par.Eléctrica:z	Hs.Par.Mto.:z
CEO-0001-CH	04/2008	4	148.50	305.00	37.50	744.00	16.00	0.00	150.00
CEO-0001-CH		0	83.06	231.33	9.94	744.00	30.00	3.00	77.50
CEO-0002-CH		27	24.94	37.75	2.62	744.00	48.00	1.50	68.50
DUM-0004-CH		10	70.50	122.50	3.90	744.00	37.50	1.75	35.00
DUM-0005-CH		12	58.22	91.41	3.78	744.00	35.17	4.75	41.42
DUM-0007-CH		5	143.50	389.75	5.30	744.00	28.50	0.00	22.00
JUN-0001-CH		12	58.40	92.16	2.60	744.00	27.00	3.25	30.00
JUN-0002-CH		9	80.13	103.98	2.54	744.00	15.50	7.33	17.33
JUN-0003-CH		28	24.95	34.14	1.63	744.00	38.25	6.25	33.25
JUN-0004-CH		19	38.88	47.85	2.20	744.00	33.00	6.50	38.25
JUN-0005-CH		35	19.53	24.33	1.73	744.00	58.25	0.00	49.90
JUN-0007-CH		21	27.39	35.43	8.04	744.00	46.75	3.50	158.75
JUN-0008-CH		6	98.58	308.00	25.42	744.00	24.50	0.00	146.00
JUN-0009-CH		11	52.71	66.13	14.83	744.00	14.124	22.00	28.24
JUN-0011-CH		12	58.83	147.20	3.38	744.00	35.50	5.00	37.50
JUN-0012-CH		0	744.00	744.00	0.00	744.00	0.00	0.00	0.00
JUN-0013-CH		10	73.45	123.08	0.85	744.00	6.25	1.50	7.75
JUN-0014-CH		18	39.44	55.88	1.89	744.00	7.75	25.75	27.50
JUN-0015-CH		22	31.58	48.22	2.24	744.00	20.58	28.25	31.25
JUN-0016-CH		13	55.89	81.24	1.35	744.00	3.50	14.98	13.33
JUN-0016-CH		7	102.28	148.60	4.00	744.00	10.00	14.00	25.50
JUN-0017-CH		8	68.37	248.84	13.30	744.00	117.92	1.75	118.87
JUN-0018-CH		12	38.33	123.14	23.67	744.00	22.09	4.50	24.58
JUN-0019-CH		8	80.19	148.05	2.81	744.00	11.75	15.00	18.75

Figura 3.9 MTTR, MTBR Y MTBF extraída del SAP [6].

La extracción de datos en el SAP es sumamente rápida, y se puede tener información en tiempo real de los equipos, además de apoyar en la toma de decisiones oportuna de cada equipo.

3.1.2.2 Resumen MTTR anual.

A continuación mostramos los valores históricos del MTTR:

EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.													
RESUMEN ANUAL MTTR 2008													
	ENE	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV	DIC.	PROMEDIO ANUAL
DUMPER													
DUMPER 3	80.2	7.1	5.1	5.0	3.1	3.8	48.1	4.7			3.4	3.8	14.4
DUMPER 4	0.0	4.9	3.7	9.6	7.0	6.2	4.6	6.3	3.3	2.8	4.6	3.8	4.7
DUMPER 5	196.2	5.6	12.7	3.1	9.4	3.6	3.2	2.8	3.8	3.6	5.4	3.6	21.0
DUMPER 7	126.4	5.0	6.7	3.6	2.4	4.2	2.2	90.6	2.9	8.0			26.3
Total DUMPER	96.4	6.6	7.1	6.4	5.5	4.4	14.6	26.1	3.3	6.2	4.5	3.6	16.4
JUMBO													
JUMA-01-E	0.0	2.1	1.8	1.8	1.7	3.0	1.3	2.6	2.3	8.3	5.2	1.2	2.6
JUMA-03-E	77.8	2.0	3.5	3.2	1.8	1.8	3.8	2.8	710.3		17.6	3.4	76.2
JUMA-04-E	50.8	1.9	4.4	3.2	2.0	2.1	1.5	2.1	1.6	2.2	2.8	13.2	7.3
Total JUMBO	42.9	2.0	3.2	2.6	1.8	2.3	2.2	2.4	238.0	5.3	8.5	6.9	28.4
EMPERNADOR													
JUMA-02-E	28.0	8.8	2.8	2.3	5.2	134.7	8.6	5.0	3.2	5.1	2.2	1.4	17.2
JUMA-05-E		97.9	8.3	7.0		3.8	9.3	1.7	3.7	4.0	2.4	2.0	13.7
Total EMPERNADOR	28.0	63.2	4.1	4.6	5.2	69.2	8.9	3.4	3.5	4.5	2.3	1.7	15.5
SCOOP DIESEL													
SCOD-11-D	16.1	8.9	2.8	2.3			5.8	3.4	3.3	4.0	3.1	2.6	5.3
SCOD-17-D	37.2	8.7	6.4	22.8	6.0	3.8	3.2	11.2	5.7	21.6	33.4	4.0	13.7
SCOD-18-D	0.0	39.3	4.0	10.9	18.6	188.8	50.9	25.6	5.4	18.0	2.0	2.5	30.2
Total SCOOP DIESEL	17.8	19.0	4.4	12.0	12.8	95.3	20.0	13.4	4.8	13.9	12.6	3.1	16.4
SCOOP ELECT.													
SCOE-01-E	42.6	9.1	5.2	1.8	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		6.6
SCOE-03-E		0.0			0.0								0.0
SCOE-04-E	0.0	2.8	0.0	2.8	1.2	7.4	3.3	18.8	8.4	1.0	1.0	4.8	4.3
SCOE-12-E	0.0	2.2	2.5	1.9	9.0	2.3	38.8		1.3				7.1
SCOE-13-E	29.9	9.0	1.3	5.1	3.1	1.7	37.4	0.9	1.7	7.1	2.1		9.0
SCOE-14-E	95.4	1.5	1.8	3.8	3.8	2.7	13.1	1.9	1.5	3.2	2.3	1.7	11.0
SCOE-15-E	0.0	2.1	1.8	2.0	2.0	2.1	1.9	3.4	3.8	62.0	13.6	0.9	8.0
SCOE-16-E	50.9	12.9	2.3	1.9	5.3	2.6	3.0	1.4	4.2	2.6	1.8	1.4	7.8
SCOE-18-E	60.6	151.4			2.6	4.9	4.9	2.9		4.0	1.1	1.0	26.9
Total SCOOP ELECT.	34.8	21.2	2.1	2.7	3.6	3.0	12.8	4.1	2.8	11.4	3.1	2.0	8.7
PAUS													
CAD-01	112.0	4.5	4.0	5.0	7.0	6.5	8.7	50.0	35.0		12.0	7.3	22.9
CUT-01	0.0	4.3	7.5	4.7	5.3	8.9	7.0	11.1	3.8	6.4	116.4	15.0	15.9
SCALER 01	77.6	13.6	4.6	23.2	8.8	98.2	101.3	8.8	719.0				109.7
SCALER 02	0.0	64.6	20.2	8.1	5.3	134.2		39.1	3.4	4.4	6.7	2.5	28.3
Total SCALER	47.4	21.9	9.1	18.2	6.1	61.4	39.9	27.5	190.3	5.4	45.7	14.3	43.4
Total FLOTA	46.1	18.8	4.8	5.8	5.0	27.1	15.7	12.9	69.4	8.8	11.5	5.4	19.3

Tabla 3.10 Resumen anual 2008 del MTTR [6].

En la flota trackless el MTTR esta fuera de los objetivos del mantenimiento corporativo VOLCAN, en cuyo plan estratégico determina que el MTTR deberá ser menor a 6 (MTTR < 6). El indicador MTTR presenta valores muy altos por las paradas prolongadas de los equipos, producidas porque no se realizaron overhaul a los equipos conforme al cronograma de overhaul en el 2008, solo se han estado reparado componentes mayores.

3.1.2.2 Resumen MTBR anual.

A continuación mostramos los valores históricos del MTBR:

EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.													
RESUMEN POR ANUAL MTBR 2008													
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROMEDIO ANUAL
DUMPER													
DUMPER 3	77.8	38.3	77.8	115.1	48.5	47.0	58.1	25.1			28.8	45.9	50.0
DUMPER 4	58.0	82.2	88.3	38.4	141.8	53.0	78.0	88.1	82.2	84.8	88.0	53.7	78.3
DUMPER 5	88.3	52.4	54.8	45.8	85.1	81.8	58.0	58.2	58.2	244.2	54.8	48.2	78.8
DUMPER 7	48.8	111.8	87.7	88.2	47.2	55.8	38.2	85.4	35.8	115.8			88.8
Total DUMPER	88.2	71.2	72.8	71.2	75.1	54.8	54.1	61.8	51.1	141.3	47.3	48.8	68.5
JUMBO													
JUMA-01-E	28.8	81.2	37.8	37.1	88.8	31.3	88.8	58.4	48.1	48.8	37.2	31.2	48.1
JUMA-03-E	78.8	81.3	48.3	27.1	38.7	38.1	48.3	24.1	8.8		27.4	88.8	43.8
JUMA-04-E	58.3	47.8	28.8	28.5	41.8	23.8	45.8	38.2	31.2	58.8	22.8	38.4	38.8
Total JUMBO	54.7	56.8	38.3	38.8	54.1	38.3	51.7	48.8	27.8	54.3	28.2	52.4	42.8
EMPERNADOR													
JUMA-02-E	18.1	17.3	22.8	14.5	13.4	8.4	28.1	77.8	13.2	28.7	8.8	14.5	21.4
JUMA-05-E	41.3	31.8	38.8	38.8			88.2	17.3	18.8	17.5	744.8	18.2	11.1
Total EMPERNADOR	16.1	28.3	27.8	22.7	13.4	38.8	18.7	48.8	15.3	388.4	14.8	12.8	68.7
SCOOP DIESEL													
SCOD-11-D	37.2	48.8	58.3	188.8			143.8	58.8	88.7	53.3	32.8	58.3	88.8
SCOD-17-D	58.8	44.8	142.4	42.8	78.7	78.2	71.2	83.2	58.8	81.8	48.8	78.4	87.1
SCOD-18-D	84.8	78.7	88.8	54.8	48.1	53.2	55.4	42.2	87.5	178.8	718.8	88.2	128.1
Total SCOOP DIESEL	51.8	54.1	83.8	85.8	82.4	84.7	88.8	84.7	78.3	84.8	288.8	87.8	88.8
SCOOP ELECT.													
SCOE-01-E	155.7	88.3	88.2	358.3	738.8	728.8	744.8	744.8	728.8	744.8	728.8		527.8
SCOE-05-E		888.8											888.8
SCOE-04-E	378.8	84.2	744.8	237.3	248.8	84.8	128.7	55.8	84.5	743.8	358.8	387.3	288.8
SCOE-12-E	42.8	55.8	88.2	43.1	35.8	22.8	35.7						47.4
SCOE-13-E	38.8	187.8	88.7	38.8	183.2	38.3	88.8	81.8	78.7	87.4	25.4		84.7
SCOE-14-E	28.8	18.8	35.4	27.7	24.8	15.3	38.5	38.4	28.8	58.8	78.4	24.8	34.5
SCOE-15-E	88.8	34.8	72.8	188.8	88.8	83.3	28.1	33.8	78.5	188.8	23.8	88.8	88.2
SCOE-18-E	41.4	84.4	31.5	28.2	25.7	33.1	43.5	55.8	28.4	85.1	142.8	55.8	81.2
SCOE-18-E	32.4	22.8		121.4	115.1	387.3	88.2	51.2	45.8		743.8		178.5
Total SCOOP ELECT.	85.8	138.8	158.2	118.3	171.8	134.8	182.8	157.3	152.5	272.8	281.8	251.5	217.5
PAUS													
CAD-01	185.2	227.5	182.3	715.8	385.8	353.5	238.3	188.8	285.8		348.8	248.7	288.8
CUT-01	128.4	111.7	178.5	238.3	188.8	137.2	141.8	83.1	78.1	142.4	25.8	58.4	125.8
SCALER 01	75.2	85.8	83.1	58.8	42.7	21.8	47.5	27.8	1.8	8.8		24.8	48.8
SCALER 02	51.3	22.4	41.8	57.4	38.1	8.8		148.8	32.8	118.8	31.3	54.7	54.8
Total SCALER	112.8	111.8	88.4	288.1	188.1	138.8	142.8	118.8	78.7	87.3	138.8	84.8	127.8
Total FLOTA	77.6	91.8	96.1	109.6	118.2	91.8	111.8	95.7	85.1	188.1	136.7	108.8	129.8

Tabla 3.11 Resumen anual 2008 del MTBR [6].

En la flota Jumbos (MTBR = 43.1), el empernador JUM-02 (MTBR = 21.4) y los utilitarios Scaler (MTBR = 47.8), están por fuera de los objetivos del mantenimiento corporativo VOLCAN, en cuyo plan estratégico determina que la MTBR deberá ser mayor a 60 (MTBR > 60). El indicador MTBR presenta valores muy bajos por las paradas frecuentes en los equipos.

3.1.2.4 Resumen MTBF anual:

A continuación mostramos los valores históricos del MTBF:


		EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.												
		RESUMEN ANUAL MTBF 2008												
		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROMEDIO ANUAL
DUMPER														MTBF
DUMPER 3		246.8	77.9	244.3	720.0	122.3	143.1	148.8	32.4			37.4	72.3	184.5
DUMPER 4		245.8	228.8	246.8	121.8	744.0	138.5	246.2	118.5	119.1	105.4	142.9	91.3	212.4
DUMPER 5		247.2	98.2	164.6	238.2	238.2	118.7	91.8	91.4	100.0	370.3	97.9	65.2	160.1
DUMPER 7		94.8	696.0	117.3	179.1	123.3	141.6	56.0	131.8	63.1	238.0			184.1
Total DUMPER		208.7	275.2	193.2	314.8	306.9	135.4	135.7	83.5	94.1	237.8	82.7	78.2	185.3
JUMBO														
JUMA-01-E		80.5	137.9	91.8	62.3	148.0	38.9	73.2	92.2	64.7	53.7	49.7	43.1	78.0
JUMA-03-E		184.8	231.2	104.8	53.3	80.7	46.9	123.1	33.0	9.8	0.0	29.4	147.0	87.0
JUMA-04-E		121.5	86.0	62.1	42.3	55.6	28.4	73.6	47.7	38.6	91.3	25.8	42.9	59.6
Total JUMBO		128.9	151.7	86.2	52.6	94.8	38.1	89.9	57.6	37.7	48.3	35.0	77.7	74.9
EMPERIADOR														
JUMA-02-E		54.9	35.5	64.2	21.6	16.6	27.2	25.1	87.6	18.0	35.6	11.3	15.5	34.4
JUMA-05-E			225.8	45.5	49.7	0.0	98.0	23.4	24.4	22.9	744.0	21.1	11.9	115.1
Total EMPERIADOR		54.9	130.7	54.8	35.7	8.3	62.6	24.3	56.0	20.4	389.8	16.2	13.7	74.8
SCOOP DIESEL														
SCOD-11-D		181.3	96.4	246.7	719.0	0.0	0.0	369.0	147.2	118.8	66.2	67.9	104.9	176.4
SCOD-17-D		247.1	130.0	738.0	179.0	184.5	238.8	147.4	246.9	179.1	114.4	68.2	148.3	218.5
SCOD-18-D		368.3	346.5	743.5	89.1	95.5	87.0	139.4	123.1	237.7	743.5	718.0	147.3	318.9
Total SCOOP DIESEL		263.5	190.9	576.1	329.0	93.3	108.6	218.6	172.6	178.5	247.2	247.2	247.2	238.3
SCOOP ELECT.														
SCOE-01-E		244.8	128.2	122.2	358.3	744.0	720.0	744.0	744.0	720.0	744.0	720.0		544.5
SCOE-05-E		744.0	696.0			744.0								728.0
SCOE-06-E		369.8	170.6	744.0	398.9	370.8	72.4	182.5	82.7	100.3	744.0	358.0	742.5	358.1
SCOE-12-E		371.3	114.5	183.5	53.7	38.1	28.8	91.8		89.2	85.4	78.6		113.5
SCOE-13-E		43.5	128.6	122.7	98.8	146.6	54.2	104.8	123.1	39.0	72.9	30.3		84.1
SCOE-14-E		91.2	45.5	51.5	38.9	31.3	19.0	46.5	55.9	102.3	283.0	76.4	27.4	72.5
SCOE-15-E		371.3	61.7	122.8	100.8	104.8	88.7	37.9	46.8	33.5	90.8	33.3	73.5	97.2
SCOE-16-E		130.7	119.2	59.9	59.2	32.4	35.5	51.1	61.2	76.1	46.1	239.2	73.6	82.0
SCOE-19-E		147.4	22.6			246.3	115.1	367.3	146.1					255.4
Total SCOOP ELECT.		279.3	185.3	200.9	147.1	273.1	141.7	203.2	180.0	165.8	285.2	218.5	332.0	258.5
PAUS														
CAD-01		744.0	694.5	743.5	720.0	744.0	720.0	744.0	610.0	627.0		704.0	744.0	708.6
CUT-01		741.0	695.0	744.0	720.0	744.0	719.8	743.3	231.3	142.9	740.0	36.0	126.1	531.9
SCALER 01		246.5	346.8	246.5	89.9	96.5	36.6	47.5	36.2	1.0	0.0		37.6	107.7
SCALER 02		244.6	52.0	92.3	172.5	104.8	19.8		616.0	48.8	247.2	38.0	80.9	156.1
Total SCALER		494.0	447.1	458.6	425.0	422.3	374.0	511.6	373.8	204.9	328.1	258.1	247.2	376.1
Total FLOTA		273.5	226.6	265.3	226.4	238.3	155.7	203.4	170.8	134.2	267.4	170.7	176.9	226.8


Tabla 3.12 Resumen anual 2008 del MTBF [6].

El MTBF para la flota trackless esta dentro de los objetivos del mantenimiento corporativo VOLCAN, en cuyo plan estratégico determina que la MTBF deberá ser mayor a 60 (MTBF > 60). Se debe mencionar que el personal de Sandvik cuenta con un registro de check list de los operadores de los cuales se programan las paradas por atenciones para corregir la deficiencias evitando una falla del equipo durante su operación lo cual hace que disminuyan las fallas y por consiguiente el MTBF este en un rango aceptable.

3.1.3 Indicadores de ejecución de mantenimientos preventivos:

Los mantenimientos preventivos de los equipos trackless están programados semanalmente, tomando en consideración el horómetro del último mantenimiento.

De acuerdo a los niveles de contaminación de mina por los excesivos humos y deficiente ventilación, se ha tomado como referencia 125 horas entre cada mantenimiento (según el manual de operación de Sandvik recomienda 250 pero en ambientes controlados) y esta modificación fue tomada en coordinación con el fabricante de nuestros equipos (Sandvik). Las programaciones de los mantenimientos preventivos se realizan semanalmente, y cuentan con la aprobación de la Superintendencia de Mantenimiento, el residente de la contrata Sandvik, y las jefaturas de Mantenimiento mecánico y Planeamiento de mantenimiento, como se muestra en la *tabla 3.13*.

 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - TRACKLESS
SEMANA # 32 del 03 de Agosto al 09 de Agosto del 2008

ITEM	EQUIPO	MODELO	TIPO DE MAN	CONTADOR DE HORAS		FECHA MANTTO.	DURAC. HRS	TRABAJO PROGRAMADO SMP	N° ORDEN "W"
				H.ULT. MTTD	H.PROX. MTTD				
1	DUMPER 05	EJC 417D	MAN 05	4681.60	4806.60	09/08/2008	08 HORAS		
2	JUMBO 04	QUASAR	MAN 08	4023.90	4148.90	09/08/2008	24 HORAS		
3	SCOOP 17	TORO 151D	MAN 04	5198.10	5278.10	09/08/2008	12 HORAS		
4	DUMPER 07	MT 416	MAN 08	4850.58	4775.58	09/08/2008	24 HORAS		
5	SCOOP 11	EJC 145D	MAN 04	1117.20	1242.20	09/08/2008	12 HORAS		
6	CUT 01	PAUSS	MAN 02	5062.50	5187.50	09/08/2008	08 HORAS		
7	SCOOP 15	EJC 145E	MAN 03	1520.10	1645.10	09/08/2008	08 HORAS		
8	DUMPER 04	EJC 417	MAN 04	6208.90	6333.90	09/08/2008	12 HORAS		
9	DUMPER 03	EJC 415	MAN 03	23279.90	23404.90	07/08/2008	08 HORAS		
10	SCOOP 56	EJC 245D	MAN 04	387.40	512.40	09/08/2008	12 HORAS		
11	CAD 01	MINCA	MAN 3	2053.50	2178.50	09/08/2008	08 HORAS		

V B'
SUPERINTENDENTE DE MANTTO

V B'
JEFE MANTTO MECÁNICO

V B'
JEFE PLANEAMIENTO

V B'
JEFE MANTENIMIENTO SANDVIK

Tabla 3.13 Programa semanal de mantenimiento preventivo [6].

Para uso interno usamos tipos de mantenimiento que se denominan MAN, a continuación mostramos las equivalencias en horas:

TIPO	FECRUENCIA (Horas)	TIPO	FECRUENCIA (Horas)
MAN 01	125	MAN 05	625
MAN 02	250	MAN 06	750
MAN 03	375	MAN 07	875
MAN 04	500	MAN 08	1000

Tabla 3.14 Tipos de mantenimientos preventivos [6].

3.1.3.1 Cálculo del cumplimiento de mantenimiento (CM):

Evaluaremos el cumplimiento de mantenimiento en el periodo de una semana. De la *tabla 3.13* se toman los datos para armar el cuadro de la *tabla 3.15*.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - TRACKLESS
SEMANA # 32 Del 03 al 09 Agosto

N°	ORDEN PREV.		TIPO DE MANTTO.	FECHA		Horómetro		Predelón Merito (PM)		
				Programada	Ejecutada	Programado	Ejecutado	dif	Dentro +- 20%	Acumul. Semana %
1	DUM-05	10017140	MAN 05	03-Ago	03-Ago	4808.80	4855	-48.40	0.00	73%
2	JUM-04	10018414	MAN 08	03-Ago	03-Ago	4148.80	4159.1	-10.30	1.00	
3	SCO-17	10017158	MAN 04	03-Ago	03-Ago	5278.10	5313.80	-35.70	0.00	
4	DUM-07	10017258	MAN 08	04-Ago	08-Ago	4775.58	4788.00	-13.02	1.00	
5	SCO-11	10017257	MAN 04	05-Ago	04-Ago	1242.20	1220	22.20	1.00	
6	CUT 01	10017258	MAN 02	05-Ago	05-Ago	5187.50	5180.6	7.00	1.00	
7	SCO-15	10017259	MAN 03	06-Ago	08-Ago	1845.10	1859.4	-11.30	1.00	
8	DUM-04	10017280	MAN 04	06-Ago	08-Ago	6333.90	6342	-8.10	1.00	
9	DUM-03	10017201	MAN 03	07-Ago	07-Ago	23404.90	23411.2	-6.30	1.00	
10	SCO-58	50083080	MAN 04	08-Ago	07-Ago	512.40	528.8	-16.40	1.00	
11	CAD 01	10017287	MAN 03	08-Ago	09-Ago	2178.50	2145.0	32.60	0.00	
Cumplimiento (CM)						100%	TOTAL		8.00	
Cantidad PREV. Programados						11.0				
Cantidad PREV. Realizados						11.0				

Tabla 3.15 Precisión y cumplimiento de mantenimiento [6].

De la *Tabla 3.10* tenemos que:

$$CM = \frac{\text{Cantidad PREV. Realizados}}{\text{Cantidad PREV. Programados}} \times 100\%$$

Donde:

$$CM = \frac{11}{11} \times 100\% = 100\%$$

Se observa que todos los mantenimientos programados se ejecutaron durante la semana, no hubo reprogramaciones.

3.1.3.2 Calculo de la precisión de mantenimiento (PM):

Para la flota trackless se dice que la atención es eficiente si se realiza dentro del $\pm 20\%$ del horómetro programado, entonces como anteriormente acotamos el horómetro programado es la suma del horómetro del ultimo mantenimiento mas 125 horas, el cual es el tiempo recomendado entre mantenimientos. Entonces después del último mantenimiento decimos que el horómetro transcurrido debe estar entre [100-150] horas, para afirmar que el mantenimiento ha sido eficaz.

$$PM = \frac{\text{Cantidad PREV. Realizados} \pm 20\% \text{ del horómetro programado}}{\text{Cantidad PREV. Programados}} \times 100\%$$

De la *tabla 3.15* tenemos que:

$$PM = \frac{8}{11} \times 100\% = 73\%$$

Se tiene que el 73% de los mantenimientos se ejecutaron dentro del plazo establecido, pero este valor esta por debajo de los objetivos del área de Mantenimiento que establece que debe ser mayor a 90 % (PM > 90%).

3.1.3.3 Resumen anual PM y CM.

A continuación mostramos los históricos del año 2008:

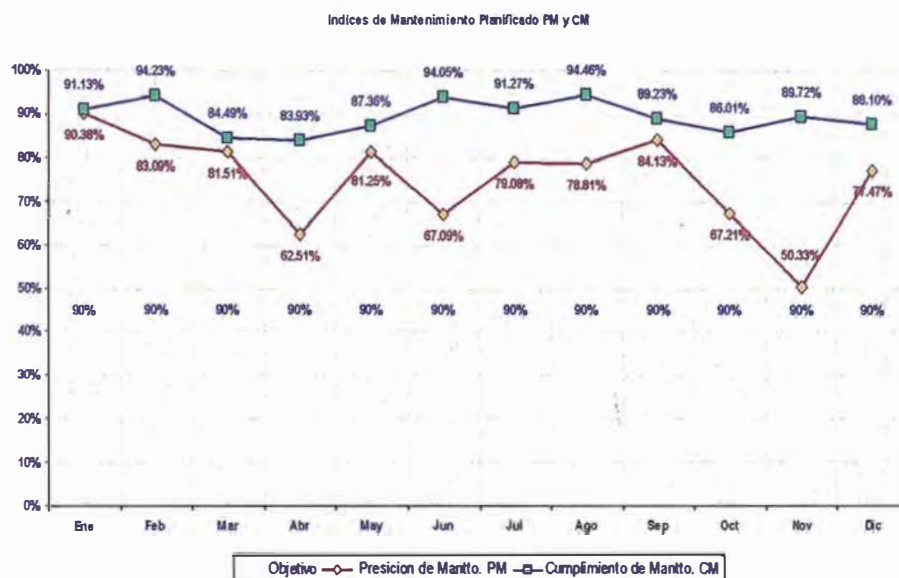


Figura 3.10 Grafico anual de PM y CM del 2008 [6].

Se tiene que PM (75.2%) y CM (89.5%), están por fuera de los objetivos del mantenimiento corporativo VOLCAN, en cuyo plan estratégico determina que la PM y el CM deberá ser mayor a 90% (PM y CM > 90%). Las consecuencias de tener una PM = 75.2% conllevará al desgaste de los componentes, ocasionando un menor tiempo de vida de los componentes e incremento de los costos de reparación y/o reposición de componentes nuevos.



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

RESUMEN ANUAL Indicadores de Mantenimiento Preventivo 2008

Indicadores de Mannto. Planificado	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08	PROMEDIO
Presicion de Mannto. PM	90.4%	83.1%	81.5%	82.5%	81.3%	87.1%	79.1%	78.8%	84.1%	67.2%	50.3%	77.5%	75.2%
Cumplimiento de Mannto. CM	91.1%	94.2%	84.5%	83.9%	87.4%	94.0%	91.3%	94.5%	89.2%	86.0%	89.7%	88.1%	89.5%

Tabla 3.16 Cuadro de CM y PM de la flota trackless 2008 [6].

3.2 INDICADORES DE OPERACIÓN.

Se emplean para mostrar los costos referidos a mantenimiento comparados con otros parámetros de producción. A continuación se muestran los cálculos de los indicadores de operación empleados en Chungar:

3.2.1 Cálculo del costo unitario operativo horario (CO):

Los costos de mantenimiento se almacenan en el SAP, y son cargadas a través de las OTs, mensualmente se realiza la extracción de datos del SAP y se clasifican los costos según corresponda, a continuación mostramos la distribución de costos por rubro:

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO	CAP.		ENERO 2008					ENERO TOTAL		
				OPERAC.		MANTENIMIENTO					
				Petroleo	Lubricantes	Filtros	Repuestos	Mano Obra			
FLOTA SCOOP ELECTRICOS	SCO-8	EJC 100E	0.7 yd3	US \$ x Mes		123.53		42.28	940.18	1,105.99	
	SCO-1	EJC 61E	1.5 yd3	US \$ x Mes		134.10		0.00	1,845.20	1,979.30	
	SCO-5	EJC 61E	1.5 yd3	US \$ x Mes				252.77	326.85	579.62	
	TOTAL FLOTA Microscoop				US \$ x Mes	0.00	257.63	0.00	295.05	3,112.23	3,684.91
	SCO-12	TORO 151E	2.2 yd3	US \$ x Mes		465.70	12.45	1,498.10	3,064.88	5,041.13	
	SCO-13	TORO 151E	2.2 yd3	US \$ x Mes		367.68		4,037.49	4,041.52	8,446.69	
	SCO-19	EST-2D	2.2 yd3	US \$ x Mes		194.23		3,608.57	2,389.79	6,192.59	
	TOTAL FLOTA SCOOPS 2.2 YD3				US \$ x Mes	0.00	1,027.61	12.45	9,144.16	9,496.19	19,680.41
	SCO-14	EJC 145E	3.5 yd3	US \$ x Mes		394.11		1,336.96	3,083.01	4,814.08	
	SCO-15	EJC 145E	3.5 yd3	US \$ x Mes				125.39	1,862.27	1,987.66	
SCO-16	EJC 145E	3.5 yd3	US \$ x Mes		216.54		5,548.30	12,333.14	18,097.98		
TOTAL FLOTA SCOOPS 3.5 YD3				US \$ x Mes	0.00	610.65	0.00	7,010.65	17,278.42	24,899.72	
TOTAL FLOTA SCOOP ELECTRICOS				US \$ x Mes	0.00	1,895.89	12.45	16,449.86	29,886.84	48,245.04	
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-17	TORO 151D	2.2 yd3	US \$ x Mes	2,550.48	199.82	281.96	58.31	3,835.16	6,925.73	
	SCO-18	TORO 151D	2.2 yd3	US \$ x Mes	2,241.95	549.15	319.14	1,285.94	3,615.96	8,012.14	
	TOTAL FLOTA SCOOP DIESEL 2.2 YD3				US \$ x Mes	4,792.43	748.97	601.10	1,344.25	7,451.12	14,937.87
	SCO-11	EJC 145D	3.5 yd3	US \$ x Mes	2,541.96	599.54	342.28	866.61	4,332.17	8,682.56	
TOTAL FLOTA SCOOP DIESEL				US \$ x Mes	7,334.39	1,348.51	943.38	2,210.85	11,783.29	23,620.43	
FLOTA JUMBO	JUM-1	QUASAR 19FD4250		US \$ x Mes	415.47	857.75	160.83	3,297.13	3,491.92	8,223.10	
	JUM-3	QUASAR 19FD4250		US \$ x Mes	407.20	493.14	226.79	5,071.71	2,780.78	8,979.82	
	JUM-4	QUASAR 19FD425E		US \$ x Mes	433.73	785.81	252.25	10,702.97	5,324.57	17,499.33	
	TOTAL FLOTA JUMBOS				US \$ x Mes	1,256.40	2,136.70	639.87	19,071.81	11,597.26	34,702.04
FLOTA EMPERNADOR	JUM-2	AXERA D05-126 DT		US \$ x Mes	716.59	936.9	125.95	3,098.36	6,892.31	11,570.11	
	JUM-5	QUASAR 19FD425E		US \$ x Mes					0.00	0.00	
	TOTAL FLOTA EMPERNADOR				US \$ x Mes	716.59	936.90	125.95	3,098.36	6,892.31	11,570.11
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 415	15 TM	US \$ x Mes	3,500.05	851.73	410.94	1,486.47	3,686.18	9,937.37	
	DUM-4	EJC 417	17 TM	US \$ x Mes	2,893.83	890.33	839.63	6,109.18	2,580.64	13,313.61	
	DUM-5	EJC 417	17 TM	US \$ x Mes	3,501.73	530.59	896.97	51.40	2,982.64	7,963.33	
	DUM-7	MT 418	16 TM	US \$ x Mes	2,736.26	948.32	799.96	615.77	6,275.43	11,375.74	
	TOTAL FLOTA DUMPER				US \$ x Mes	12,631.87	3,220.97	2,947.50	8,262.82	15,526.89	42,590.05
FLOTA UTILITARIOS	SCA-1	RL 852 TSL-B		US \$ x Mes	1,200.80	744.60	4,715.85	12,083.74	3,298.76	22,043.75	
	SCA-2	RL 852 TSL-B		US \$ x Mes	1,168.10	620.27	5,896.08	12,227.67	4,460.58	24,372.70	
	CAD-1	RL 852 TSL-B		US \$ x Mes		30.46	385.43	242.78	1,922.34	2,581.01	
	CUT-1	RL 852 TSL-B		US \$ x Mes	942.66	551.94	3,893.95	1.44	2,801.90	8,191.89	
	TOTAL FLOTA SCALER				US \$ x Mes	3,311.56	1,947.27	14,891.31	24,555.63	12,483.69	57,189.36
TOTAL FLOTA TRACKLESS				US \$ / MES	25,250.81	11,486.24	19,560.46	73,649.34	87,970.18	217,917.03	

Tabla 3.17 Costos operativos de mantenimiento de Enero 2008 [6].

Otro punto importante es el cálculo de las horas de operación de los equipos, para ello se hace uso de los reportes diarios de los equipos

trackless, se calcula diariamente las horas trabajadas y se acumulan día a día hasta obtener las horas trabajadas mensuales, como se muestra a continuación:

FLOTA - EQUIPO	MODELO	CAP.	SERIE N°	2008												TOTAL Hrs	PROMEDIO MES m3			
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
FLOTA SCOOP ELECTRICO	SCO-6	EJC 100E	0.7 yd3	0172	8.9	51.3	52.8			52.6	114.6	99.6	64.0	107.6	39.1	97.1	29.9	717.5	65.2	
	SCO-1	EJC 61E	1.5 yd3	2979	183.6	145.4	141.5	50.8	50.6	14.7								586.6	97.8	
	SCO-6	EJC 61E	1.5 yd3	3057																
	PROMEDIO FLOTA 1.5 yd3				183.6	145.4	141.5	50.8	50.6	14.7									586.6	97.8
	SCO-12	TORO 151E	2.2 yd3	T21EL079	84.8	79.7	53.5	56.7	160.8	147.7	78.6								661.8	94.5
	SCO-13	TORO 151E	2.2 yd3	T21EL080	148.1	93.9	152.6	53.3	90.5	97.2	73.5	84.3	132.2	98.4	90.5	10.1		1,124.6	93.7	
	SCO-19	EST-20	2.2 yd3	AVO.DM078	262.1	59.8			27.5	20.4	60.1								964.7	107.2
	PROMEDIO FLOTA 2.2 yd3				165.0	77.8	103.1	55.0	92.9	88.4	70.7	61.2	211.9	125.5	71.6				1,123.1	102.1
	SCO-14	EJC 145E	3.5 yd3	3556	302.8	376.8	379.3	369.3	397.8	364.9	227.9	298.1	411.2	419.8	397.5	420.3	4,363.7	363.6		
	SCO-15	EJC 145E	3.5 yd3	3557	250.0	389.7	210.4	109.6	158.2	121.1	378.8	219.9	194.9	86.4	62.8	151.6	2,293.4	191.1		
SCO-16	EJC 145E	3.5 yd3	3558	95.2	237.5	222.6	237.6	258.9	348.5	387.1	364.3	313.7	237.5	291.8	80.8	3,075.5	256.3			
PROMEDIO FLOTA 3.5 yd3				216.0	328.0	270.8	238.8	271.6	278.2	331.3	293.4	306.6	241.2	250.7			3,026.6	275.1		
TOTAL FLOTA SCOOP ELECTRICOS				1,335.5	1,414.1	1,212.7	877.3	1,195.9	1,229.1	1,305.6	1,029.6	1,451.2	1,013.9	992.3	692.7	13,281.8	1,149.9			
PROMEDIO FLOTA				166.9	176.8	173.2	146.2	149.6	153.6	165.5	177.6	241.4	169.0	165.4	138.5	2,045.4	170.5			
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-11	EJC 148D	3.5 yd3	3468	395.3	379.2	461.3	17.2			379.4	452.1	449.5	416.5	390.4	352.2	3,683.1	369.3		
	SCO-17	TORO 151D	2.2 yd3	T4151452	505.2	458.8	450.8	298.1	550.0	559.0	455.6	485.8	482.7	302.5	530.3	550.1	5,608.9	467.4		
	SCO-18	TORO 151D	2.2 yd3	T4151456	475.7	340.8	457.1	464.5	411.8	145.1	278.4	226.5	336.6	354.8	15.0	173.0	3,679.3	306.6		
	TOTAL FLOTA				1,376.2	1,178.8	1,369.2	779.8	951.8	704.1	1,113.4	1,164.3	1,248.8	1,079.8	935.7	1,075.3	12,981.3	1,081.8		
PROMEDIO FLOTA				458.7	392.9	456.4	259.9	480.9	352.1	371.1	388.1	416.3	357.9	311.9	356.4	4,604.8	383.7			
FLOTA JUMBO	JUM-1	DUMAR 17F DABE8		3088	238.5	290.5	246.9	177.6	195.0	212.0	216.7	229.2	311.2	171.6	95.8	131.3	2,516.3	209.7		
	JUM-3	DUMAR 17F DABE8	LD4 D9511		285.1	245.4	257.9	184.3	208.3	250.2	256.7	287.8			103.4	83.7	2,072.0	207.3		
	JUM-4	DUMAR 17F DABE8	LD4 D9551		224.0	272.7	264.6	274.6	339.0	276.5	281.6	203.2	234.1	198.2	218.9	145.3	2,932.7	244.4		
	TOTAL FLOTA				747.6	808.6	769.4	636.5	643.3	738.7	754.0	749.2	545.0	629.8	419.1	340.3	5,521.0	676.0		
PROMEDIO FLOTA				249.2	269.5	256.5	205.5	214.8	249.2	251.3	243.4	203.7	183.8	139.4	113.4	1,839.8	221.6			
EMPERN ADOR	JUM-2	EMPERN 08E D8E	LD4 D9390		306.0	238.9	232.7	214.7	257.1	29.5	167.2	58.1	334.2	232.7	353.3	337.4	2,761.8	230.2		
	JUM-5	DUMAR 17F DABE8	LD4 D9558		19.4	122.4	65.8			77.4	266.7	289.6	177.9		160.0	204.0	1,383.2	153.7		
	TOTAL FLOTA				306.0	258.3	355.1	280.5	257.1	106.9	453.9	347.7	512.1	232.7	513.3	541.4	4,145.0	345.4		
PROMEDIO FLOTA				306.0	129.2	177.5	140.3	257.1	53.4	217.0	173.9	256.1	232.7	256.7	270.7	2,470.4	205.9			
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 415	15 TM	3218	508.0	495.5	452.8	516.3	561.4	534.5	308.9	452.1			427.4	454.7	4,711.6	471.2		
	DUM-4	EJC 417	17 TM	3708	520.3	508.7	467.8	392.0	537.3	552.5	536.2	524.9	599.3	586.0	561.5	558.5	6,305.0	525.4		
	DUM-5	EJC 417	17 TM	3710	547.2	514.4	441.5	474.0	576.2	561.9	561.8	577.2	333.0	148.0	566.0	532.4	5,833.6	486.1		
	DUM-7	MT 416	18 TM	D606P0329	387.0	513.0	434.2	366.5	422.1	322.6	382.5	151.3	374.1	498.2			3,851.5	365.2		
	TOTAL FLOTA				1,962.5	2,031.6	1,796.3	1,748.6	2,097.0	1,971.5	1,768.4	1,705.5	1,266.4	1,232.2	1,554.9	1,545.6	20,701.7	1,726.3		
PROMEDIO FLOTA				490.6	507.9	449.1	437.2	524.3	492.9	441.4	426.4	316.6	308.0	388.7	386.4	5,175.4	471.2			
FLOTA UTILITARIO	SCA-1	RL 852 TSL-B 2.6		852.107.227	471.5	456.0	352.2	229.8	416.7	94.4	140.3	472.8			145.4	2,779.1	308.8			
	SCA-2	RL 852 TSL-B 2.6		852.107.228	403.0	210.3	295.5	368.5	430.7	38.1		48.6	487.4	386.1	290.6	465.7	3,424.7	311.3		
	CAD-1	MNICA 18A		107.183	330.4	218.4	271.4	265.5	262.7	231.5	261.1	227.6	222.2		246.7	246.0	2,783.5	253.0		
	CUT-1	RL 852 TSL-B 2.3		852.107.189	394.7	428.9	447.4	277.3	517.9	597.3	532.5	537.6	462.1	360.8	233.4	424.4	5,214.3	434.5		
TOTAL FLOTA				1,599.6	1,313.6	1,366.5	1,141.1	1,628.0	961.3	933.9	1,286.6	1,171.7	746.9	770.9	1,281.5	14,201.6	1,160.5			
PROMEDIO FLOTA				399.9	328.4	341.6	285.3	407.0	240.3	311.3	321.7	300.6	373.5	257.0	320.4	3,578.8	361.4			
FLOTA TRACKLESS - TOTAL HORAS OPER.				7,297.4	7,005.0	6,869.1	5,444.0	6,884.1	5,711.6	6,330.2	5,271.0	6,195.5	4,669.2	5,185.2	5,476.8	73,339.1	6,111.99			

Tabla 3.18 Horas de operación de los equipos trackless 2008 [6].

De las tablas 3.17 y 3.18 tomamos los datos del dumper DUM-03 obtenidos en el mes de enero del 2008:

DUM-03:

De la Tabla 3.17. tomamos los costos divididos por rubros:

		ENERO 2008				
		OPERAC.		MANTENIMIENTO		
		Petroleo	Lubricantes	Filtros	Repuestos	Mano Obra
DUM-3	US \$ x Mes	3,500.05	851.73	410.94	1,486.47	3,688.18

Donde:

$$CO = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra)}}{HT}$$

De la *Tabla 3.18* tenemos que HT = 508 horas

$$CO = \frac{35000.05 + 851.73 + 410.94 + 1486.47 + 3688.18}{508}$$

Se tiene que:

$$CO = 19.5 \text{ US \$/Hora}$$

Entonces decimos que el CO para el DUM-03 en el mes de enero del 2008 es 19.50 US \$/Hora. De la misma forma calculamos el CO para cada uno de los equipo de la flota trackless para obtener el costo unitario de la flota. A continuación se muestra el CO del periodo 2008 de la flota trackless.

COSTO UNITARIO OPERATIVO DE MANTENIMIENTO DE FLOTA TRACKLESS: COSTO HORARIO 2 0 0 8
U.E.A. CHUNGAR

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO	CAP	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	2008	
			TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
			US \$/Para	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	US \$/Hora	
FLOTA SCOOP ELECTRICOS	SCO-6	EJC 100E	0.7 yd3	124.27	38.09	88.32		47.91	24.42	25.16	85.85	83.54	87.82	28.19	51.70	48.41
	SCO-1	EJC 61E	1.5 yd3	10.78	14.89	71.28	25.39	42.04	101.32							37.11
	SCO-5	EJC 61E	1.5 yd3													
	TOTAL FLOTA SCOOP 1.5 YD3			19.04	28.28	79.08	48.88	46.83	33.16							44.63
	SCO-12	TORO 151E	2.2 yd3	59.45	118.90	234.12	108.38	48.41	47.82	30.89						75.39
	SCO-13	TORO 151E	2.2 yd3	57.03	41.89	48.82	122.11	122.54	34.25	173.09	48.72	27.54	41.58	101.50	30.12	68.49
	SCO-19	EST-20	2.2 yd3	23.63	104.44			791.18	114.87	38.19	331.71	40.39	26.80	142.17		101.47
	TOTAL FLOTA SCOOPS 2.2 YD3			39.78	84.25	179.67	179.84	148.21	48.01	82.14	138.27	38.38	32.67	116.68	112.60	81.11
	SCO-14	EJC 145E	3.5 yd3	15.90	20.88	27.41	21.59	85.78	83.29	89.59	19.94	58.83	84.77	98.78	27.35	45.44
	SCO-15	EJC 145E	3.5 yd3	7.85	8.81	18.05	18.89	66.28	34.81	35.38	52.84	80.71	285.52	87.29	38.31	59.50
SCO-16	EJC 145E	3.5 yd3	190.10	24.40	45.57	19.14	82.15	22.40	48.23	53.15	22.21	30.58	40.83	107.13	48.52	
TOTAL FLOTA SCOOPS 3.5 YD3			38.43	17.23	29.86	20.34	84.82	44.88	82.13	41.86	44.81	71.97	61.56	40.00	44.60	
TOTAL FLOTA SCOOP ELECTRICOS			36.13	29.41	61.67	41.86	95.17	44.18	65.80	66.43	43.54	62.03	68.47	41.67	81.81	
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-17	TORO 151D	2.2 yd3	17.52	38.18	15.50	858.58			32.37	28.40	125.07	21.82	35.38	30.48	48.25
	SCO-18	TORO 151D	2.2 yd3	15.86	27.55	40.87	43.32	37.57	33.28	60.87	42.02	18.82	81.71	13.09	36.40	34.54
	SCO-11	EJC 145D	3.5 yd3	18.25	33.34	43.07	9.35	13.33	317.54	48.47	172.88	47.82	86.65	988.40	75.28	58.73
	TOTAL FLOTA SCOOP DIESEL			17.16	32.64	33.68	38.81	34.86	114.87	48.21	62.19	64.83	47.79	38.03	40.72	45.30
FLOTA JUMBO	JUM-1	DUMAR VFD4E8D		34.48	49.08	48.52	33.38	81.86	78.53	28.88	39.28	51.04	83.38	189.12	58.52	87.05
	JUM-3	DUMAR VFD4E8D		25.20	21.37	34.72	76.78	101.05	45.33	33.82	45.58			182.77	187.70	678.03
	JUM-4	DUMAR VFD4E8E		78.12	57.78	48.18	37.80	28.42	80.42	74.89	57.29	38.59	61.27	58.50	88.81	55.88
	TOTAL FLOTA JUMBOS			48.38	43.81	43.77	48.96	61.93	88.93	47.73	46.92	88.87	88.06	119.16	96.50	60.69
FLOTA EMPERADOR	JUM-2	AMERAD0612S DT1		37.81	75.33	72.04	131.28	145.58	1,310.28	128.14	210.15	78.83	131.82	108.58	83.85	108.77
	JUM-5	DUMAR VFD4E8E		172.80	78.34	201.86	#DIV/0!	185.82	61.44	30.75	100.85			78.32	194.00	174.81
	TOTAL FLOTA EMPERADOR			37.81	82.66	74.21	147.79	98.11	603.38	87.14	60.73	88.88	137.88	98.08	112.89	97.44
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 415	15 TM	19.58	25.85	22.84	18.88	34.81	22.74	48.45	27.82			28.40	28.08	39.02
	DUM-4	EJC 417	17 TM	25.58	21.78	17.30	33.48	32.01	28.17	18.81	18.28	27.10	25.88	28.38	20.58	24.81
	DUM-5	EJC 417	17 TM	14.55	17.88	38.81	24.42	27.12	21.88	26.82	18.86	28.02	19.82	17.40	38.78	23.88
	DUM-7	MT 416	16 TM	28.38	21.82	17.53	21.84	28.18	35.23	23.77	158.01	25.45	40.90			57.74
	TOTAL FLOTA DUMPER			21.70	21.76	22.82	24.32	38.86	28.09	27.84	33.33	68.83	33.23	24.74	28.71	27.38
	SCA-1	RL 852 TSL-B		46.75	48.85	85.78	52.32	37.52	89.38	115.83	85.82				140.86	175.92
	SCA-2	RL 852 TSL-B		60.48	52.87	142.80	48.08	143.88	1,140.41		317.72	48.27	29.32	98.82	55.14	88.84
CAD-1	RL 852 TSL-B		7.81	8.22	18.88	8.52	18.83	15.88	24.58	26.71	42.86	#DIV/0!	35.27	21.88	20.88	
CUT-1	RL 852 TSL-B		20.75	14.21	12.51	20.58	11.78	10.23	18.88	15.87	17.77	22.84	40.77	33.12	31.88	
TOTAL FLOTA UTILITARIO			38.78	31.77	66.79	33.28	83.18	62.13	48.89	64.48	68.33	37.49	62.86	47.79	46.18	
TOTAL FLOTA TRACKLESS			29.88	31.78	43.05	39.71	50.45	60.28	45.35	43.82	54.27	53.94	52.60	49.83	48.04	

Tabla 3.19 Costo unitario operativo horario de la flota trackless 2008 [6]

Se observa que los costos unitarios de la Flota de Scoop Eléctricos de 2.2 yd3 (81.11 US \$/Hora) y la Flota emperadores (97.44 US \$/Hora), presentan valores altos, prestaremos mucha atención a estas flotas en el plan de reducción de costos.

Además se recomienda que CO < 50 US \$/Hora.

3.2.2 Cálculo del costo unitario de tenencia (CT).

Para calcular el CT, tomamos las mismas consideraciones del cálculo del CO y además consideraremos la depreciación de los equipos.

Tenemos que:

$$CT = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra + DEPRECIACION)}}{HT}$$

Después de realizar el cálculo tenemos el cuadro siguiente:

COSTO DE TENENCIA EN FLOTA TRACKLESS 2008
U.E.A. CHUNGAR

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO	CAP.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	2008	
			TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora	TOTAL US \$ Hora
FLOTA SCOOP ELECTRICOS	SCO-6	EJC 100E	0.7 yd3	24.27	38.08	88.32		47.91	24.42	28.18	66.85	63.64	67.82	21.18	61.70	
	SCO-1	EJC 61E	1.5 yd3	18.28	26.76	82.44	68.47	73.24	208.74							
	SCO-5	EJC 61E	1.5 yd3													
	TOTAL FLOTA MICROSCOOPS			27.24	33.30	88.21	77.64	68.33	46.37							68.00
	SCO-12	TORO 151E	2.2 yd3	88.78	168.72	234.12	198.36	43.41	47.82	30.89						8.81
	SCO-13	TORO 151E	2.2 yd3	79.64	77.49	49.82	122.11	122.64	34.26	173.59	48.72	27.64	41.68	101.89	30.12	78.11
	SCO-19	EST-20	2.2 yd3	23.63	194.44			791.16	114.97	38.19	331.71	60.39	36.89	142.17		100.49
	TOTAL FLOTA SCOOPS 2.2 YD3			119.28	282.76	341.16	388.67	438.94	144.04	248.47	270.64	72.76	64.94	232.90	112.69	208.70
	SCO-14	EJC 145E	3.5 yd3	29.93	32.16	38.81	33.10	36.47	68.29	38.89	19.34	63.83	64.77	63.78	27.36	60.31
	SCO-15	EJC 145E	3.5 yd3	34.94	20.40	38.24	67.45	93.14	38.89	35.42	62.64	68.71	286.62	87.29	39.31	51.10
SCO-16	EJC 145E	3.5 yd3	234.76	42.30	64.86	37.83	158.67	34.89	69.21	64.81	35.32	30.68	40.83	107.13	21.97	
TOTAL FLOTA SCOOPS 3.5 YD3			174.30	98.87	139.96	114.39	299.00	198.89	149.26	148.03	146.94	216.91	164.89	120.01	189.66	
TOTAL FLOTA SCOOP ELECT			61.86	44.26	73.28	68.19	107.14	62.39	69.28	69.89	47.47	63.69	60.06	43.85	60.30	
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-47	TORO 151D	2.2 yd3	26.63	46.83	22.36	840.78		40.71	35.46	152.12	29.22	43.89	39.47	59.58	
	SCO-48	TORO 151D	2.2 yd3	22.13	34.46	47.89	93.96	43.33	38.33	67.82	48.64	26.66	72.18	19.07	42.16	
	SCO-11	EJC 145D	3.5 yd3	18.26	33.34	43.87	9.38	13.33	317.84	48.47	172.88	47.82	36.68	288.40	76.28	
	TOTAL FLOTA SCOOP DIESEL			21.77	39.61	37.89	44.73	41.64	128.87	63.39	67.63	69.90	63.89	44.99	49.81	61.16
FLOTA JUMBO	JUM-1	QUADAR 17041E		68.90	68.13	72.11	68.18	111.63	104.01	66.88	64.70	68.76	117.30	242.87	68.62	
	JUM-3	QUADAR 17041E		68.39	37.74	69.39	79.79	101.09	64.39	39.32	49.89		168.77	137.79	74.86	
	JUM-4	QUADAR 17041E		66.06	72.61	63.34	37.39	26.42	60.42	74.89	67.29	38.89	61.27	68.69	68.01	
	TOTAL FLOTA JUMBOS			67.67	60.74	61.78	66.41	69.76	67.82	66.48	66.24	78.26	114.93	131.80	95.80	71.22
FLOTA EMPER MADR	JUM-2	AERADIS 0604E		37.81	76.33	72.04	131.28	146.69	1,270.28	128.14	270.16	78.83	131.82	198.68	63.85	
	JUM-5	QUADAR 17041E			413.45	118.48	272.69		288.11	79.34	49.89	127.88	168.49	216.88	115.36	
	TOTAL FLOTA EMPERNADOR			63.06	100.72	87.36	164.43	36.89	647.01	67.59	74.16	96.69	167.89	167.17	121.61	110.58
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 41E	15 tn	19.66	26.89	22.84	18.88	34.81	22.74	48.45	27.82		28.40	28.00	30.02	
	DUM-4	EJC 417	17 tn	34.73	31.14	27.47	46.62	40.98	36.78	27.88	27.32	36.60	34.09	37.83	29.11	
	DUM-6	EJC 417	17 tn	14.66	17.88	30.81	24.42	27.12	21.89	28.92	18.66	29.02	18.82	17.40	36.78	
	DUM-7	MT 416	18 tn	29.39	21.42	17.83	21.94	28.18	36.23	33.77	198.01	26.46	40.89		27.74	
	TOTAL FLOTA DUMPER			24.13	24.09	28.89	27.04	33.12	38.60	36.39	38.12	44.28	37.69	37.89	31.29	38.11
FLOTA UTILITARIO	SCA-1	RL 852 TSL-B		46.76	49.86	65.76	62.32	37.62	68.39	116.83	66.62			202.84	71.01	
	SCA-2	RL 852 TSL-B		60.48	62.87	142.60	48.88	143.89	1,140.41		317.72	48.27	28.32	40.88	74.31	
	CAD-1	RL 852 TSL-B		7.81	8.22	19.66	9.53	16.93	15.09	24.89	26.71	42.06		36.27	21.08	
	CUT-1	RL 852 TSL-B		29.76	14.21	12.61	28.66	11.76	16.23	18.89	16.07	17.77	22.94	46.77	108.88	
	TOTAL FLOTA UTILITARIO			36.76	31.77	66.79	33.28	63.19	62.13	46.89	64.48	60.33	37.48	62.88	90.04	49.38
TOTAL FLOTA TRACKLESS			39.60	39.00	49.45	46.31	55.67	63.92	49.60	54.19	69.68	69.90	66.94	62.70	62.15	

Tabla 3.20 Costo unitario de tenencia de equipos trackless 2008 [6].

Si se compara las *tablas 3.19 y 3.20*, se aprecia que existen equipos en los cuales $CT = CO$, este se debe a que mucho de los equipos son relativamente antiguos con tiempo de operación > 05 años, ese es el motivo por el cual no presentan depreciación. La depreciación se calcula como el 20 % anual del costo del equipo nuevo o repotenciado, es decir en 05 años se debería pagar el valor de un equipo nuevo o la repotenciación. La depreciación se aplica con la finalidad de que el equipo al cumplir con su vida útil, la operación del mismo haya pagado para una próxima adquisición o repotenciación de la flota. Este indicador será de gran ayuda para la elaboración del plan de reducción de costos del capítulo siguiente.

3.2.3 Cálculo del costo por perno inyectado (CPI).

Para calcular este indicador, es necesario manejar datos históricos de pernos hydrabolt inyectados. Los empernadores trabajan a cargo del área de Geomecanica que están encargados del sostenimiento de las labores de interior mina. Tenemos que:

$$CPI = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra + DEPRECIACION)}}{\text{\# pernos inyectados}}$$

Como se muestra en la formula del cálculo del CPI, necesitamos la cantidad de pernos inyectados por los empernadores:

N° de Pernos / Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
JUN-02	3,490	2,626	2,385	1,574	950		1,594	449	2,914	1,272	2,995	2,729	2,089
JUN-05						1,122	1,898	2,791	1,934		626	1,906	1,713

Tabla 3.21 Cantidad de pernos inyectados por Empernadores 2008 [6].

Luego se procede al cálculo de los costos de tenencia considerando los costos de mantenimiento, operación y la depreciación de los equipos, luego tenemos la siguiente tabla:

GASTOS GENERALES EN FLOTA TRACKLESS: COSTO DE OPERACION & COSTO HORARIO SAP - 2008
U.E.A. CHANGAR

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
FLOTA EMPERNADOR	JUM-2	AXERA D05-126 DIT	US \$ x Mes	11,570.11	17,995.87	19,764.39	29,195.37	37,624.03	39,652.77	21,425.51	12,289.99	26,345.08	30,829.87	37,854.37	15,279.83	284,134.37
	JUM-5	QUASAR 1FP D4TE	US \$ x Mes	0.00	3,354.25	9,584.39	19,289.22	-34,824.87	15,158.14	16,385.52	8,904.24	17,041.25	1,438.13	12,891.14	31,163.82	95,886.11
	TOTAL FLOTA EMPERNADOR		US \$ x Mes	11,570.11	21,349.91	29,348.76	41,454.59	2,599.99	53,809.99	37,811.03	21,114.14	44,289.41	32,867.20	50,345.50	49,441.85	389,199.38

Tabla 3.22 Costos de tenencia de los Empemadores 2008 [6].

Entontes dividimos los costos de tenencia obtenidos de la *tabla 3.22* entre la cantidad de pernos inyectados obtenidos de la *tabla 3.21*, luego obtenemos el siguiente cuadro.

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
FLOTA EMPERNA	JUM-2	AXERA D05-126 DIT	US\$ / Perno	3.32	6.85	7.03	17.91	39.39		13.44	27.19	9.04	24.08	12.57	5.60	15.13
	JUM-5	QUASAR 1FP D4TE	US\$ / Perno						13.51	8.63	3.19	9.28		20.27	16.35	11.87
	PROMEDIO FLOTA EMPERNADORES			3.32	6.85	7.03	17.91	39.39	13.51	11.04	15.19	9.16	24.08	16.42	10.97	13.50

Tabla 3.23 Costos por perno inyectado por los Empemadores 2008 [6]

Se nota una deficiencia de pernos inyectados por mes, el cual es menor a 3000 pernos (el área de Operaciones mina tiene programado inyectar una cantidad > 3000 pernos), la causa principal por lo cual no alcanzan la meta es porque tienen baja disponibilidad, como consecuencia de que no son equipos propios de empemado, sino son Jumbos hidráulicos que fueron adaptados y convertidos a empemadores, y es uno de los motivos preponderante que ocasiona continuas paradas en especial del sistema hydrabolt (sistema de inyección de pernos)

3.2.4 Cálculo del costo unitario de producción (CP):

Para el cálculo del CP usamos la formula:

$$CP = \frac{\text{Costo (petroleo + lubricantes + filtros + repuestos + mano de obra)}}{\# \text{ Toneladas extraídas de mina}}$$

A continuación mostramos la *tabla 3.24*, donde tenemos los costos operativos y de mantenimiento comparados con las toneladas de mineral extraídas de mina:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL 2008
US \$ x MES	217,917	222,597	295,743	216,183	347,320	344,287	287,151	312,439	336,255	251,855	272,766	271,888	3,376,321
TONELADAS EXTRAIDAS TM	88,881	88,133	118,968	185,366	114,912	113,744	184,392	128,558	119,391	119,391	119,391	189,316	1,385,644
RATIOS US \$ / TM	2.47	2.78	2.67	2.05	3.02	3.03	2.75	2.69	2.82	2.11	2.28	2.49	2.59

Tabla 3.24 Costo unitario de producción de mineral 2008 [6].

El costo unitario de producción nos da una visión panorámica de la productividad de los equipos trackless para la mejora del rendimiento y en consecuencia se busca reducir este indicador.

CAPÍTULO 4

PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS

El objetivo al desarrollar el presente informe es la reducción de costos de la flota trackless, esta premisa se da a raíz de la crisis financiera mundial que ha afectado los precios de los metales y como consecuencia la producción de los mismos. Este fenómeno ha direccionado a gran parte de la minería en ser más eficientes, es decir reducir costos de producción, administración, operación y mantenimiento. Conociendo nuestro objetivo, debemos planteamos metas, las cuales se plantearan con la elaboración del plan de reducción de costos. Este plan comprende:

4.1 EVALUACIÓN DEL ESTADO Y CONDICIÓN DE LOS EQUIPOS.

La evaluación comprende:

4.1.1 Evaluación de la flota trackless empleando indicadores.

Para el análisis respectivo se empleara el tablero de mando integral para analizar si los valores de flota Trackless están dentro de los objetivos del área de Mantenimiento.

A continuación se detallan los objetivos del Planeamiento Estratégico definido por la Gerencia de mantenimiento Volcan, la que ha sido adoptada por área mantenimiento Chungar para la mejora continua del control del mantenimiento:

INDICADOR	DESCRIPCION	OBJETIVO MANTENIMIENTO
DM	DISPONIBILIDAD MECANICA	> 85 %
MTTR	TIEMPO MEDIO POR REPARACION	< 6
MTBR	TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACION	> 60
MTBF	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA	>> 60
CM	CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO	> 90 %
PM	PRESICION DE MANTENIMIENTO	> 90 %
CO	COSTO OPERATIVO DE MANTENIMIENTO	< 45 US \$/Hr
CT	COSTO DE TENENCIA	< 50 US \$/Hr
CPI	COSTO POR PERNO INYECTADO	< 13.50
CP	COSTO DE PRODUCCION	< 2.50 US \$/TM

Tabla 4.1 Objetivos del planeamiento estratégico – Volcan [6].

Conociendo los valores objetivos definidos por la gerencia del mantenimiento corporativo Volcan para los indicadores de gestión, procedemos a ingresarlos al tablero de mando integral, y los comparamos con los valores actuales obtenidos en el periodo 2008.



RESUMEN 2008	KPI's (KEY PERFORMANCE INDICATOR) MANTENIMIENTO Perspectiva Financiera y Perspectiva de Procesos Internos						
PERSPECTIVA FINANCIERA							
INDICADORES DE MANTENIMIENTO	CO \$ US / Hr	CT \$ US / Hr.	CPI US \$ / Perno	CP \$ US / TM	COSTO DE MANTTO VS PRODUCCION % M . vs. P	EFICIENCIA PRESUPUESTARIA % E.P	CONSUMO COMBUSTIBLE GLN. / Hora
Ojetivo	45	50	13.5	2.50	4.50%	90%	1.80
Valor Actual	46.0	52.2	13.5	2.60	4.30%	108%	1.77
NIVEL DE ALERTA							
PERSPECTIVA DE PROCESOS INTERNOS							
INDICADORES DE MANTENIMIENTO	DM	UE	MTTR	MTBR	MTBF	PM	CM
Ojetivo	85%	60%	< 6	> 60	>>60	90%	90%
Valor Actual	82%	47%	18.8	109.2	207.1	75%	90%
NIVEL DE ALERTA							

Tabla 4.2 Tablero de mando de indicadores de la flota trackless 2008 [6]

De la Tabla 4.2, tenemos que los indicadores DM, UE, MTTR, PM, CO, CT y CP, se encuentran fuera del rango de valores objetivos definidos para la mina Animón, según muestra los semáforos de alerta empleados para el análisis.

Entonces para analizar a los equipos trackless por flotas de equipos analizaremos los indicadores DM, UE, MTTR, CO y CT. Los indicadores PM y CP son indicadores globales de la flota trackless, se analizarán por separado. A continuación mostramos el resumen de indicadores por flotas del 2008:

FLOTA EQ. CODIGO	MODELO	CAP.	RESUMEN 2008							
			UE	DM	MTTR	MTBR	MTBF	CO	CT	
								US \$/Hora	US \$/Hora	
FLOTA SCOOP ELECTRICOS	SCO-6	EJC 100E	0.7 yd3	10%	92%	4.3	290.6	358.1	48.4	48.4
	SCO-1	EJC 61E	1.5 yd3	8%	95%	5.9	527.6	544.5	37.1	69.4
	SCO-5	EJC 61E	1.5 yd3	0%	96%	0.0	696.0	728.0		
	TOTAL FLOTA SCOOP 1,5 YD3			4%	95%	2.9	611.8	636.2	44.5	59.1
	SCO-12	TORO 151E	2.2 yd3	18%	90%	7.1	47.4	113.5	76.3	86.4
	SCO-13	TORO 151E	2.2 yd3	15%	89%	9.0	64.7	84.1	66.5	72.4
	SCO-19	EST-2D	2.2 yd3	19%	85%	25.9	176.5	255.4	101.5	101.5
	TOTAL FLOTA SCOOPS 2,2 YD3			17%	88%	14.0	96.2	151.0	81.1	86.0
	SCO-14	EJC 145E	3.5 yd3	57%	87%	11.0	34.5	72.5	45.4	50.3
	SCO-15	EJC 145E	3.5 yd3	31%	89%	8.0	69.2	97.2	40.0	51.1
	SCO-16	EJC 145E	3.5 yd3	43%	85%	7.5	51.2	82.0	46.5	58.9
	TOTAL FLOTA SCOOPS 3,5 YD3			44%	87%	8.8	51.6	83.9	44.5	53.2
	TOTAL FLOTA SCOOP ELECTRICOS			22%	90%	8.7	217.8	259.5	51.8	60.3
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-11	EJC 145D	3.5 yd3	65%	87%	5.3	63.6	176.4	58.7	58.7
	SCO-17	TORO 151D	2.2 yd3	77%	84%	13.7	67.1	218.5	48.2	58.5
	SCO-18	TORO 151D	2.2 yd3	70%	72%	30.2	129.1	319.9	34.5	41.3
	TOTAL FLOTA SCOOP DIESEL			71%	80%	16.4	86.6	238.3	45.3	51.2
FLOTA JUMBO	JUM-1	QUASAR 1FP DMEB		33%	89%	2.6	46.1	78.0	57.0	82.2
	JUM-3	QUASAR 1FP DMTB		34%	71%	75.2	43.8	87.0	69.0	74.8
	JUM-4	QUASAR 1FP DMYE		40%	84%	7.3	38.6	59.6	55.1	59.2
	TOTAL FLOTA JUMBOS			35%	81%	28.4	42.8	74.9	59.6	71.2
FLOTA EMPERNA ADOR	JUM-2	AXERA D05-128 DYT		51%	69%	17.2	21.4	34.4	108.8	108.8
	JUM-5	QUASAR 1FP DMTIE		40%	69%	13.7	100.0	115.1	74.8	115.3
	TOTAL FLOTA EMPERNADOR			46%	69%	15.5	60.7	74.8	97.4	110.9
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 415	15 TM	80%	83%	14.4	56.0	184.5	30.9	30.9
	DUM-4	EJC 417	17 TM	81%	89%	4.7	70.3	212.4	24.8	33.9
	DUM-5	EJC 417	17 TM	84%	88%	21.0	70.8	160.1	23.7	23.7
	DUM-7	MT 416	16 TM	65%	83%	25.3	68.9	184.1	32.7	32.7
	TOTAL FLOTA DUMPER			78%	86%	16.4	66.5	186.3	27.4	30.1
FLOTA UTILITARIO	SCA-1	RL 852 TSL-B		72%	50%	108.7	40.6	107.7	75.8	79.0
	SCA-2	RL 852 TSL-B		67%	60%	26.2	54.9	156.1	86.6	89.2
	CAD-1	RL 852 TSL-B		38%	91%	22.9	289.9	708.6	20.3	20.3
	CUT-1	RL 852 TSL-B		73%	86%	15.9	125.9	531.9	17.6	24.6
	TOTAL FLOTA UTILITARIO			62%	71%	43.4	127.8	376.1	46.2	50.0
TOTAL FLOTA TRACKLESS			47%	82%	19.3	129.8	226.8	46.0	52.1	

Tabla 4.3 Indicadores de la flota trackless en el 2008 [6].

Teniendo las alertas de los indicadores, procedemos a realizar el análisis respectivo:

✱ **Análisis de la utilización efectiva (UE):** de la *tabla 4.3*, realizamos el siguiente análisis:

- a) Es notorio la baja utilización de las flotas de scooptrams eléctricos de 0.7 y 1.5 yd³ (microscoops EJC 100E y 61E) cuya utilización es de 10% y 4% respectivamente; la razón es que estos equipos trabajan labores de difíciles accesos de las cuales se dificulta su traslado, para realizar el traslado de equipos es necesarios desmontarlos completamente.
- b) La flota de scooptrams eléctricos de 2.2 yd³ (TORO 151E y el ATLAS EST-2D) y de 3.5 yd³ (EJC 145) tienen una utilización efectiva de 17% y 44 % el cual también es bajo comparado con el valor objetivo de la flota trackless (UE = 47%), la razón de este bajo valor es que estos equipos trabajan en labores minera de baja utilización.

Solución: Análisis de la Utilización Efectiva (UE).

- Se recomienda dar de baja o mantener a los microscoops EJC 100E y 61E en stand by en el área de Logística, el principal fundamento para esta alternativa de solución es que los equipos de esta flota son los mas antiguos del flota trackless son de los años 1997 y 2001, además de seguir operando durante el necesitarían una reparación parcial ascendente a US \$ 40,000.00 durante el 2009. En coordinación de las área de Mantenimiento, Operaciones Mina y la Superintendencia general Chungar se opta por mantener en stand by desde el mes de enero del 2009 a los

equipos SCO-01, SCO-05 y SCO-06, se pone en evaluación para venta o cederlos a otra unidad minera del grupo Volcan.

- En coordinación de las área de Mantenimiento, Operaciones Mina y la Superintendencia general Chungar se opta por mantener en stand by desde el mes de enero del 2009 al SCO-16, con la finalidad incrementar la utilización de la flota scooptrams eléctricos de 3.5 yd³, al trasladar la carga de trabajos a los SCO-14 y SCO-15, poniendo como meta colocar al SCO-16 en operación cuando se ingrese de baja al SCO-14.

✱ **Análisis de DM, MTTR y MTBR:** de la *Tabla 4.3*, realizamos el siguiente análisis:

- a) La flota Empemadores (JUM-02 y JUM-05), son los que presentan la mas baja disponibilidad de la flota trackless, tienen DM = 69%, además presentan valores en los indicadores de confiabilidad fuera del los objetivos de mantenimiento, se tiene un MTTR = 28.24 y MTBR = 42.8, todos estos valores indicados están fueran del rango de valores objetivos, la causa es debido a que son equipos convertidos de Jumbos a Empemadores, esta flota ingreso a operación en diciembre del 2006 con el recientemente convertido a empemador JUM-02, la conversión fue realizada por la empresa RESEMIN, el equipo es un AXERA DO5; y en febrero del 2008 ingreso a operación el empemador JUM-05 el cual es un equipo QUASAR 1FP, la conversión del JUM-05 estuvo a cargo de la empresa SANDVIK. La principal ocurrencia de falla en estos equipos, son las del sistema hydrabolt (inyección de pernos) y las

modificaciones realizadas al sistema hidráulico, el costo aproximado de la conversión de estos equipos a empemadores fue de US \$ 300,000.00 aprox.

- b) La flota Utilitarios comprendido por los Scaler (SCA-01 y SCA-02), el utilitario plataforma (CUT-01) y el camión abastecedor de combustible (CAD-01), presentan baja disponibilidad, tienen una DM = 71%, además presentan bajos valores en los indicadores de confiabilidad, se tiene un MTTR = 43.4. La principal causa de fallas en los utilitarios Paus, es debido a que son equipos recientemente implementados en las unidades Volcan, en Chungar los Scaler ingresaron en julio del 2007, el CUT-01 en setiembre del 2007 y el CAD-01 en diciembre del 2007, el principal problema es la mala gestión de stock de repuestos de la empresa SINERMINCO, empresa a la cual adquirimos los equipos, además esta empresa no cuenta con la suficiente experiencia para brindar un adecuado servicio post-venta, además no se tiene referencias de otras compañías mineras que empleen estos equipos. En el periodo 2008 la flota estuvo a cargo de la empresa SANDVIK encargada del mantenimiento de la flota trackless, pero durante ese periodo se vio que no contaba con la capacidad suficiente para mantener a la flota Utilitarios Paus; durante todo el 2008 se presentaron problemas con el sistema hidráulico, por mal diseño del sistema de filtrado, ocasionando el desgaste prematuro de los componentes hidráulicos, de manera que los costos de repuestos y servicios de reparación ascendieron a US \$ 409,250.00, cifra

con la cual ya se hubiese adquirido un equipo nuevo Scaler cuyo costo es equivalente a US \$ 287,000.00.

Solución: Análisis de DM, MTTR y MTBR.

- Se recomienda evaluar en la flota Empemadores los costos por perno inyectado, con la finalidad de evaluar la operatividad de esta flota, en comparación con los costos de alquiler de emperadores, se debe evaluar dar de baja o recomendar la reparación general del JUM-02 que esta próximo a cumplir con su tiempo de vida, este análisis se realizara en la sección 4.2.2.
- Se recomienda que el área de Mantenimiento compañía se encargue del mantenimiento de la flota Utilitario Paus, con relación a la escasa capacidad técnica de Sandvik para administrar la flota, además es recomendable la evaluación de los costos de repuestos y servicios de reparación, este análisis se realizara en las secciones 4.2.3, 4.3.1 y 4.3.2.

*** Análisis del CT y del CO:** de la *tabla 4.3*, realizamos el siguiente análisis:

- a) La flota Empemadores (JUM-02 y JUM-05), presentan altos costos unitarios, tienen $CO = 97.44$ US \$/Hr y $CT = 110.95$ US.\$/Hr, la razón de estos costos unitario elevado es debido a que como anteriormente se explico estos son equipos convertidos a emperadores y presentan deficiencias constantes en el sistema hydrabolt e hidráulico ocasionando altos costos de repuestos por mes.

- b) La flota de scooptrams eléctricos de 2.2 yd³ (TORO 151E y el ATLAS EST-2D), que comprende al SCO-12, SCO-13 y SCO-19, presentan altos costos unitarios fuera de los objetivos de mantenimiento, tienen CO = 81.11 US \$/Hr y CT = 85.96 US.\$/Hr, debido a altos costos de mantenimiento relacionados de repuestos y servicios de reparación de componentes, además debemos tener en cuenta que el SCO-12 esta próximo a su overhaul cuyo costo es de US \$ 125,000.00, también del análisis de la utilización efectiva estos equipos presenta baja utilización (UE = 17%), esto quiere decir que sus altos costos unitarios son reflejados por la baja cantidad de horas trabajadas.

Solución: Análisis del CT y del CO.

- Se recomienda evaluar los costos de repotenciación de la Flota Empemadores, es necesario evaluar los costos de overhaul y/o reparaciones necesarias para mantener operativa la flota, prestar mayor atención en el JUM-02 que esta próximo a su overhaul, este análisis se realizara en la sección 4.1.2.
- Se recomienda dar de baja al SCO-12 y mantener en stand by al SCO-13 y SCO-19, la razón por la cual se da de baja al SCO-12 es porque su reparación general es antieconómica, no se cuenta con una orden de inversión para su reparación, además se ha planteado para futuro la repotenciación de la flota por equipos de mayor capacidad (6.0 yd³). En coordinación de las áreas de Mantenimiento, Operaciones mina y la Superintendencia general Chungar se opta por dar de baja al SCO-12 en setiembre del 2008

y mantener en stand by desde el mes de enero del 2009 a los equipos SCO-13 y SCO-19.

✱ **Análisis PM y CP:** de la *tabla 4.3*, realizamos el siguiente análisis:

- a) Se tiene que la precisión de mantenimiento (PM) de la flota trackless es de 75%, según los objetivos del mantenimiento Volcan debería ser mayor a 90%, como consecuencia de este bajo valor del indicador se puede producir un incremento en los costos de repuestos y servicios de reparación, a consecuencia del desgaste prematuro de los componentes mayores y menores, este valor se refleja como consecuencia de que el área operaciones mina no entrega a tiempo a los equipos para sus mantenimientos.
- b) La flota trackless presenta un costo de producción (CP) de la flota trackless de 2.59 US \$/TM, fuera de los objetivos del mantenimiento Volcan, el cual debería ser menor a 2.50 US \$/TM, este incremento es producto de un mayor consumos de repuestos como consecuencia del vencimiento de los overhaul de los equipos de la flota.

Solución: Análisis PM y CP.

- Se exigirá al área de Operaciones mina el cumplimiento de los mantenimientos preventivos en las fechas programadas, en caso de incumplimiento será bajo su responsabilidad cualquier falla del equipo.
- Es necesario una evaluación del programa de overhaul de los equipos, debido a que muchos de los equipos de la flota están por

cumplir con sus tiempos de vida, este análisis se realizara en la sección 4.1.2.

4.1.2 Evaluación de los tiempos de vida de los equipos.

A continuación presentamos el cuadro de overhaul de los equipos realizado en proyección a las horas de operación promedios por mes y los tiempos de vida determinados por los fabricantes.



CRONOGRAMA DE OVER HAUL DE EQUIPOS TRACKLESS 2009

FLOTA - EQUIPO		CAP.	COSTO OVERHAUL US \$	PROGRAMACION DE OVHL DE EQUIPOS TRACKLESS													
				2008				2009									
				SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
FLOTA SCOOP ELECTRICO	SCO-06	0.7 yd3															
	SCO-01	1.5 yd3															
	SCO-05	1.5 yd3															
	SCO-12	2.2 yd3	125,000														
	SCO-13	2.2 yd3															
	SCO-19	2.2 yd3	140,000														
	SCO-14	3.5 yd3	155,000														
	SCO-15	3.5 yd3															
SCO-16	3.5 yd3																
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-11	3.5 yd3	150,000														
	SCO-17	2.2 yd3	130,000														
	SCO-18	2.2 yd3	130,000														
FLOTA JUNBO	JUM-01	QUASAR															
	JUM-03	QUASAR	224,600														
	JUM-04	QUASAR	224,600														
FLOTA EMPER MADOR	JUM-02	AXERA	392,000														
	JUM-05	QUASAR															
FLOTA DUMPER	DUM-03	15 tn	135,000														
	DUM-04	17 tn	150,000														
	DUM-05	17 tn	150,000														
	DUM-07	18 tn	155,000														
FLOTA UTILITARIO	SCA-01	PAUS	160,000														
	SCA-02	PAUS	150,000														
	CAD-01	PAUS															
	CUT-01	PAUS	95,000														

 EQUIPO DE BAJA
 FECHA DE OVHL

Tabla 4.4 Cronograma de overhaul equipos trackless 2009 [6].

Teniendo en cuenta el cronograma de overhaul (OVHL) según la tabla 4.4, se elaboro un presupuesto de los repuestos y servicios de reparación necesarios para mantener en operación a la flota trackless durante el periodo 2009, teniendo en cuenta que se realizaría overhaul

a los equipos indicados según el cronograma, según se observa en la *tabla 4.5*, el rubro que corresponde a *presupuesto equipos con OVHL*, este presupuesto fue elaborado por el área de Planeamiento de mantenimiento y entregada oportunamente al área de Planeamiento costos – Mina, se aprecia que el presupuesto estimado fue de US \$ 1'708,190.00.

Comparativo de Presupuestos Trackless 2009 (US \$)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL 2009
Area Costos - Mina	96,153	104,832	97,748	105,857	122,642	83,047	119,297	87,258	83,178	86,999	88,714	86,949	1,162,674
Equipos con OVHL	146,111	122,764	146,492	161,886	136,232	143,786	132,990	115,914	130,246	148,202	158,958	164,608	1,708,190
Equipos sin OVHL	145,790	130,764	146,492	196,886	220,932	242,786	195,490	196,914	140,246	173,819	193,958	218,608	2,202,686

Tabla 4.5 Presupuestos equipos trackless 2009 [6].

Luego de entregado el presupuesto, el área de Planeamiento costos procedió a elaborar un presupuesto sin consultar al área de Planeamiento de mantenimiento, el presupuestos en mención fue presentado a la Gerencia general Volcan y fue aprobado para ser tomado como punto de referencia en costos para el área de Mantenimiento, según se observa en la *tabla 4.5* en el rubro *presupuesto área costos*, hay que indicar que este presupuesto no contempla overhaul de los equipos ni tampoco reparaciones de componentes que han cumplido con su ciclo de vida y en cualquiera de los casos puede ocasionar una parada prolongada de los equipos, con la aprobación del presupuesto en mención se decidió no aprobar el programa de overhaul de la flota trackless, analizando esta premisa tenemos que la diferencia entre el presupuesto de Planeamiento costos

y Planeamiento de mantenimiento es de US \$ 546,516.00, viéndose perjudicado el área de Mantenimiento.

Como consecuencia de la aprobación del presupuesto elaborado por el área de Planeamiento costos, el área de Planeamiento de mantenimiento elaboró otro presupuesto, en el cual se incluyen las reparaciones de componentes necesarios para mantener operando la flota trackless en su totalidad sin overhaul, en la *tabla 4.5* se muestra el *presupuesto equipos sin OVHL*, el cual fue rechazado por la Superintendencia general Chungar. Como se puede apreciar en el cronograma de overhaul muchos de los equipos están próximos o han vencido sus tiempos de vida de los componentes mayores tales como (motor eléctrico, motor diesel, caja transmisión, diferenciales, mandos finales, motores hidráulicos, bombas hidráulicas, chasis, etc.), es por tal razón que al ser omitidos las inversiones para overhaul de los equipos trackless, se decide presentar este presupuesto sin resultados favorables.

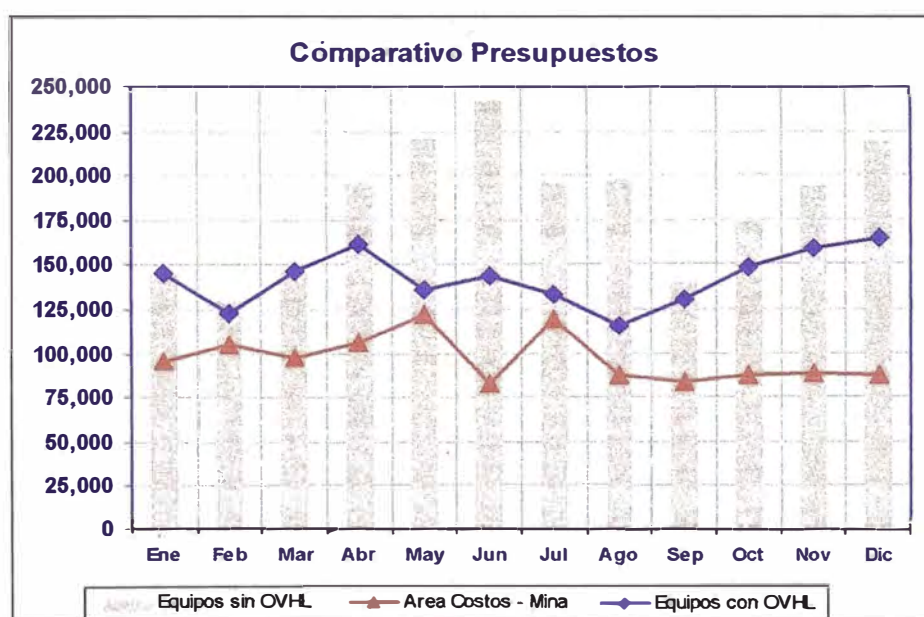


Figura 4.1 Gráfico comparativo de presupuestos trackless 2009 [6].

Solución: Evaluación los tiempos de vida de los equipos y componentes.

A raíz de la desaprobación de la orden de inversión para overhaul de la flota trackless y la reducción del presupuesto 2009 presentado por Planeamiento de mantenimiento, se planteo las siguientes alternativas en coordinación con la Superintendencia general Chungar y el área de operaciones Mina:

- En la flota dumper se acordó dar de baja al DUM-07, el sustento es que este equipo ya presenta 01 overhaul, además es un modelo único en las unidades Volcan, y por consiguiente si falla algún componente no existe stock para cambio, además la consignación Sandvik no abastece sus repuestos porque este equipos es un Atlas Copco modelo Wagner MT-416. Cabe recalcar que Sandvik solo abastece repuestos a equipos de la marca Tamrock; este equipo se dio de baja en Noviembre del 2008.
- El DUM-02 fue dado de baja en noviembre del 2007 por haber cumplido con su tiempo de vida, y por considerar su reparación antieconómica.
- En la flota dumper, se opta por emplear al DUM-03 y DUM-04 hasta que cumplan con sus ciclos de vida o hasta que fallen los componentes mayores posteriormente darlos de baja, el DUM-05 será repotenciado para continuar en operación. Se planteara para el año 2010 la adquisición de Dumpers de mayor capacidad.
- En la flota Scooptrams eléctricos se decide mantener en stand by al SCO-01, SCO-05, SCO-06, SCO-13, SCO-16 y SCO-19, la

razón de esta decisión es netamente la baja utilización de los scooptrams eléctricos.

- Con relación a la flota Scooptram diesel, se opta por emplear los equipos hasta que cumplan con sus ciclos de vida o hasta que fallen los componentes mayores, para posteriormente darlos de baja, según el cronograma el SCO-11 ya cumplió su ciclo de vida, este equipo continuara en operación hasta que falle alguno de sus componentes mayores. Se planteara para el año 2010 la adquisición de scoops diesel de mayor capacidad.
- Con relación a la flota Jumbos, se opta por emplear al JUM-01 y JUM-03 hasta que cumplan con sus ciclos de vida o hasta que fallen los componentes mayores posteriormente darlos de baja, el JUM-04 será repotenciado para continuar en operación. Se planteara para el año 2010 la adquisición de Jumbos nuevos.
- Con relación a la flota Empernadores, se opta por emplear al JUM-02 hasta que cumplan con su ciclo de vida o hasta que fallen los componentes mayores posteriormente darlo de baja, el JUM-05 continuara en operación.
- Con relación de la flota Scaler, se opta por realizar reparaciones parciales de los componentes que hayan cumplido con sus ciclos de vida, estos equipos continuaran en operación.

4.2 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE TENENCIA VERSUS ALQUILER.

En este punto evaluaremos los costos de tenencia de los equipos versus los costos de alquiler de equipos que actualmente están operando en la unidad minera Chungar:

4.2.1 Evaluación de los costos de tenencia versus los costos de alquiler en Dumper, Scooptrams diesel y Jumbos.

A continuación se muestran los costos unitarios de tenencia de los equipos versus los costos unitarios de alquileres para un equipo equivalente:

FLOTA EQ CODIGO	MODELO	CAP.	CT	COSTO DE ALQUILER	
			US \$/Hora	US \$/Hora	
FLOTA SCOOP DIESEL	SCO-11	EJC 145D	3.5 yd3	58.73	53.70
	SCO-17	TORO 151D	2.2 yd3	58.54	51.50
	SCO-18	TORO 151D	2.2 yd3	41.32	51.50
FLOTA JUMBO	JUM-1	QUASAR 1FP D4E80		82.25	143.20
	JUM-3	QUASAR 1FP D4T/E80		74.85	143.20
	JUM-4	QUASAR 1FP D4Y/E		59.19	143.20
FLOTA DUMPER	DUM-3	EJC 415	15 TM	30.92	55.50
	DUM-4	EJC 417	17 TM	33.86	60.30
	DUM-5	EJC 417	17 TM	23.68	60.30

Tabla 4.6 Costos de tenencia de equipos trackless versus alquiler [6].

* Costos de tenencia versus costos de alquiler en Dumper.

De la *tabla 4.6*, para el caso de los Dumper los costos de tenencia son mucho menores que los costos de alquiler para los casos del DUM-03, DUM-04 y DUM-05. En conjunto la flota dumper de compañía tiene un CT de 29.48 US \$/Hr comparado con un costo de alquiler de 58.70 US \$/Hr de una flota equivalente alquilada. Para este caso es recomendable comprar equipos nuevos de mayor capacidad o repotenciar los equipos actuales de la flota dumper.

* Costos de tenencia versus costos de alquiler en Scooptram diesel.

De la *tabla 4.6*, en este caso se tiene que solo el SCO-18 presenta el CT= 41.32 US \$/Hr por debajo del costo de alquiler (51.50 US \$/Hr), para el SCO-11 y SCO-17 los costos de alquileres (53.70 y 51.50 US

\$/Hr respectivamente) están por debajo de sus CT (58.73 y 58.54 US \$/Hr respectivamente). Para este caso es recomendable alquilar.

✳ **Costos de tenencia versus costos de alquiler en Jumbos.**

De la *tabla 4.6*, para el caso de los Jumbos, los costos de tenencia son mucho menores que los costos de alquiler para los casos del JUM-01, JUM-03 y JUM-04. En conjunto la flota Jumbos de compañía tiene un CT de 62.10 US \$/Hr comparado con un costo de alquiler de 143.20 US \$/Hr de una flota equivalente alquilada. Para este caso es recomendable comprar equipos nuevos o repotenciar los equipos actuales de la flota Jumbos.

Solución: Evaluación de los costos de tenencia versus los costos de alquiler en Dumper, Scooptrams diesel y Jumbos.

- Se recomienda comprar equipos nuevos o repotenciar las flotas de Dumper y Jumbos, se planteara como inversiones para el año 2010 la adquisición de equipos de mayor capacidad o con mejores características de operación.
- Se recomienda alquilar equipos para el caso de los Scooptram diesel, para ello se debe evaluar las condiciones de los equipos alquilados y para nuevos alquileres se debe evaluar la condición del equipo, para este caso seria recomendable equipos nuevos alquilados y restringir el ingreso de equipos cuyas horas de operación sobrepasen las 12,500 horas.
- En el caso de la flota Scooptram eléctricos, no se cuenta con equipos alquilados de estas características, la razón es que estos

equipos requieren de energía eléctrica, y por razones estratégicas solo se permite tener Scooptrams eléctricos de compañía.

4.2.2 Evaluación de los costos de pernos inyectados (CPI) de los emperradores de compañía versus alquiler.

En este punto analizaremos los contratos con RESEMIN y SEMIGLO, los cuales están en función a costo por perno instalado, según contrato tenemos lo siguiente:

Pernos instalados	CPI (US \$/perno)
3000	14.65
3000 a 3500	11.5
3500 a más	10.5

Tabla 4.7 Costos por pernos inyectados de emperradores alquilados [6]

Tener en cuenta que el CPI para los emperradores alquilados es: hasta 3000 pernos nos cobran la tarifa de 14.65 US \$/Perno, si pasan los 3000 pernos entonces solo se cobrara al excedente la tarifa de 11.5 US \$/Perno esta tarifa se aplica en el rango de 3000 a 3500 pernos inyectados y si emperran mas de 3500 solo se cobrara al excedente de los 3500 la tarifa de 10.5 US \$/Perno. Por ejemplo: si un emperrador de la contrata Resemin emperra 3820 pernos en un mes cualquiera, entonces la facturación de Resemin seria de 3000 pernos inyectados a tarifa CPI=14.65, mas 500 pernos inyectados a tarifa de CPI=11.5 y por ultimo 320 pernos inyectados a tarifa de CPI=10.5, en total facturaría US \$ 53,060.00.

Pero en realidad las Contratas RESEMIN y SEMIGLO no pasan de los 3000 pernos, entonces podemos asumir que el costo por perno inyectado de los empemadores alquilados es de 14.65 US \$/Perno.

A continuación mostramos los costos por pernos inyectados de los empemadores de compañía:

FLOTA EQ. CODIGO		MODELO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
FLOTA EMPENNA	JUM-2	AXERA D05-126 DIT	US\$ / Perno	3.32	6.85	7.03	17.91	39.39		13.44	27.19	9.04	24.08	12.57	5.60	15.13
	JUM-5	QUASAR 1FP D4T/E	US\$ / Perno						13.51	8.63	3.19	9.28		20.27	16.35	11.87
PROMEDIO FLOTA EMPENNA				3.32	6.85	7.03	17.91	39.39	13.51	11.04	15.19	9.16	24.08	16.42	10.97	13.50

Tabla 4.8 CPI en Empemadores de compañía 2008 [6].

En la *Tabla 4.8*, tenemos que en el 2008:

JUM-02: CPI = 15.13 US \$/Perno

JUM-05: CPI = 11.87 US \$/Perno

Empemador alquilado: CPI = 14.65 US \$/Perno

De acuerdo a los costos, si los empemadores de compañía instalarían 3,000 pernos sus costos unitarios serian en promedio de 5.61 US \$/perno, de acuerdo a los promedios de los costos totales por mes del 2008, se tiene el costo por mes de US \$ 25,033 para el JUM-02 y US \$ 8,623.07 para el JUM-05, lográndose un ahorro de US \$ 23,670 mensual por equipo, de manera que aumentamos la carga de trabajo de los empemadores para reducir los costos.

Solución: Evaluación de los costos de pernos inyectados (CPI) de los empemadores de compañía versus alquiler.

- Buscar un aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los empemadores, capacitación del operador y participación de operaciones mina para programar los trabajos de mantenimiento

de nuestros equipos. Al JUM-02 no se le realizó overhaul sino una conversión, con cual se mantendría en operación hasta que cumpla con sus ciclos de vida de sus componentes mayores. Al JUM-05 es conveniente repotenciarlo para aumentar su disponibilidad, entendiendo que en un año de operación se ahorraría US \$ 284,040.00 por concepto de pernos inyectados, en la repotenciación y control de componentes se podría invertir US \$ 220,000.00 en su overhaul logrando un **ahorro anual aproximado de US \$ 64,040.00.**

4.2.3 Evaluación de los beneficios de los equipos Utilitarios.

En las unidades Volcan no se cuenta equipos similares o equivalentes operando en la unidad minera Chungar, estos equipos fueron adquiridos durante el 2007 con la finalidad de incrementar la productividad y reducir los accidentes en interior mina. A continuación mostramos los beneficios:

*** Beneficio de los Utilitarios – Scaler.**

Los equipos Scaler (SCA-01 y SCA-02) fueron adquiridos con la finalidad de evitar accidentes por desate de rocas y aumentar la productividad a través de la reducción de tiempo en desate de rocas, a continuación mostramos los beneficios de los Scaler en las operaciones:

	Cantidad de labores mineras realizadas (Labores/día)	Cantidas de personal destinado al desate de rocas	Costo por persona (US \$/Mes)	Costo por personal destinado al desate de rocas (US \$/Mes)	Costo de operación y mantenimiento (US \$/Mes)	Costo de accidentes de personas por caída de rocas (US \$/mes)	COSTO TOTAL (US \$/Mes)
Costos sin uso del Scaler	15	45	\$ 1,200.00	\$ 54,000.00	\$ -	\$ 25,000.00	\$ 79,000.00
Costos empleando 02 Scaler	20	0	\$ 1,200.00	\$ -	\$ 42,300.00	\$ -	\$ 42,300.00
						AHORRO MENSUAL	\$ 36,700.00

Tabla 4.9 Beneficios obtenidos por los Scaler [6].

De la *tabla 4.9*, se muestra que antes de emplear los desatadores de rocas Scaler, se contaba con personal destinado al desate de rocas bajo la supervisión del área de Geomecánica, para esta labor eran requeridas 45 personas distribuidas en 03 guardias de 08 horas y realizaban un promedio de 15 labores por día (considerando que 03 personas realizan una labor por guardia). Además debemos tener en cuenta que en la mina Chungar la principal causa de accidente es por caída de rocas, cuyo monto pagado por accidentes fatales e incapacitantes equivale US \$ 300,000.00 anuales. En total antes de los Scaler, la mina gastaba mensualmente US \$ 79,000.00

Al ingresar los 02 Scaler a operación, se consiguió disminuir los tiempos de desate de rocas a 02 horas entre labor (considerando el trasladado), entonces podemos decir que los 02 Scaler (SCA-01 y SCA-02) realizan un promedio de 20 labores por día (considerando tiempo muerto de 04 horas por día), el costo de operación y mantenimiento de ambos equipos es de US \$ 42,300.00 según los costos obtenidos en el 2008.

El beneficio obtenido por los 02 Scaler es un **ahorro mensual de US \$ 36,700.00**.

* **Beneficios del Utilitario – Camión plataforma telescópica**

El camión plataforma telescópica (CUT-01) tiene como la finalidad evitar accidentes de trabajos en alturas por conceptos de instalación de tuberías, instalaciones eléctricas, y aumentar la productividad a través de la reducción de tiempo en instalaciones,

	Cantidad de instalaciones realizadas (Inst./día)	Cantidas de personal destinado a instalaciones	Costo por persona (US \$/Mes)	Costo por personal destinado a instalaciones (US \$/Mes)	Costo de operación y mantenimiento (US \$/Mes)	Costo de accidentes de personas por trabajos en altura (US \$/mes)	COSTO TOTAL (US \$/Mes)
Costos sin uso del CUT-01	6	30	\$ 1,200.00	\$ 36,000.00	\$ -	\$ 4,200.00	\$ 40,200.00
Costos empleando CUT-01	10	6	\$ 1,200.00	\$ 7,200.00	\$ 10,500.00	\$ -	\$ 17,700.00
						AHORRO MENSUAL	\$ 22,500.00

Tabla 4.10 Beneficio obtenido por el CUT-01 [6].

De la *tabla 4.10*, se muestra que antes de emplear el camión plataforma telescópica, había 30 personas destinadas a realizar las instalaciones en altura, distribuidas en 03 guardias de 08 horas y realizaban un promedio de 06 instalaciones por día (considerando que 05 personas realizan una labor por guardia). Además debemos tener en cuenta que en la mina Chungar una causa de accidente es por caídas de altura cuyo monto pagado por accidentes triviales e incapacitantes equivale US \$ 50,400.00 anuales. En total antes del CUT-01, la mina gastaba mensualmente US \$ 40,200.00.

Al ingresar el CUT-01 a operación, se consiguió disminuir los tiempos de instalaciones, para cada instalación el CUT demora en promedio 02 horas entre labor (considerando el trasladado), entonces tenemos que el CUT-01 realiza un promedio de 10 instalaciones por día (considerando un tiempo muerto de 04 horas), también se consideran 06 personas distribuidas por guardia de 08 horas como apoyo en las

instalaciones. El costo de operación y mantenimiento del CUT-01 es de US \$ 10,500.00.

El beneficio obtenido por el CUT-01 es un **ahorro mensual de US \$ 22,500.00.**

✳ **Beneficios del Utilitario – Camión abastecedor de combustible**

El camión abastecedor de combustible (CAD-01), fue adquirido con la finalidad de reducir los tiempos muertos por abastecimiento de combustible de los equipos diesel tales como Dumper, Jumbos, Empemadores, Scooptram diesel y Utilitarios.

El costo de hora perdida en producción de toda la mina es de 3,950.00 US \$/Hr, con lo cual el costo de hora perdida en producción de toda la flota Trackless es de 3,950.00 US \$/Hr, y para cada equipo de la flota trackless seria 247.00 US \$/Hr (considerando 16 equipos operativos después de la reducción de costos, no incluye al CAD-01)

Consideramos que antes de la adquisición del CAD -01, los equipos trabajan en 02 turnos (guardia día y noche), y para cada fin de guardia salían a superficie a abastecerse de combustible y para la inspección diaria. Luego del ingreso del CAD-01, los equipos solo salen a inspección diaria una vez al día, con lo cual se ahorra 02 horas de perdida en producción por día para todos los equipos de la flota. Luego del análisis se concluye la flota Trackless se ahorra 02 horas en perdidas de producción que equivale al mes a un ahorro de 2(horas) X 3950(US \$/Hr) X 30 (días) = **US \$ 237,000.00.** El costo de operación y mantenimiento del CAD-01 es de US \$ 4,700.00

El beneficio obtenido por el CAD-01 es un ahorro mensual de US \$ 232,300.00.

* **Evaluación económica del personal de mantenimiento para los equipos Utilitarios:**

Como consecuencia de la baja disponibilidad y por ende baja confiabilidad de la flota Utilitarios, a raíz de la continuas paradas de los equipos, con mayor frecuencia los Scaler, se decide quitar la administración de la flota Utilitarios a la empresa Sandvik, a raíz que esta empresa no cuenta con personal capacitado para el mantenimiento de dicho equipos, ni tampoco tiene experiencia en otras minas con este tipo de flotas, entonces se decide entregar la administración al área de Mantenimiento Mecánico de compañía, el cual se encargara de la administración y mantenimiento de la flota Utilitarios Paus, además se opto por contratar especialistas con conocimiento en estos equipos, para ello se realizo el siguiente análisis:

CUADRO COMPARATIVO MANO DE OBRA DEL MANTENIMIENTO FLOTA UTILITARIO

	COSTO POR PERSONAL (US \$)	CANTIDA PERSONAL	COSTO POR MANO DE OBRA (US \$)
PERSONAL COMPAÑÍA	\$ 1,500	4	\$ 6,000.00
PERSONAL SANDVIK	\$ 3,800	4	\$ 15,200.00
		AHORRO	\$ 9,200.00

Tabla 4.11 Comparativo de mano del mantenimiento flota Utilitarios [6].

De la *tabla 4.11*, tenemos que para realizar los trabajos de mantenimiento, Sandvik requería de 04 técnicos, por los cuales facturaba US \$ 15,200.00 mensuales, en comparación que a la fecha el

personal de mantenimiento compañía factura US \$ 6,000.00, tomando en cuenta que se contrato personal especialista.

El beneficio mostrado por el cambio de administración de la flota Utilitarios es un ahorro mensual de US \$ 9,200.00.

Solución: Evaluación de los beneficios de los equipos Utilitarios.

- Se planteara para el 2010 la adquisición de nuevos equipos para la flota utilitarios tales como Scaler y Camión plataforma telescópica, esto con la finalidad de reducir accidentes e incrementar la producción de la mina, además como se indico muestran amplios beneficios económicos.
- El personal de mantenimiento compañía será el responsable de administración y mantenimiento de la flota Utilitarios a partir del 26 de febrero del 2009, con ello se busca mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota Utilitarios.

4.3 EVALUACIÓN DEL COSTO DE REPUESTOS Y SERVICIOS DE REPARACIÓN.

Un punto importante en el plan de reducción, es el de reducir los excesivos costos de algunos servicios de reparación y repuestos, debido a ello realizamos en siguiente análisis:

4.3.1 Evaluación de costos de repuestos:

Este punto del análisis es solo aplicable a la flota Utilitarios, debido a que en los equipos Tamrock existe un contrato de tercerización o consignación de repuestos con la empresa Sandvik.

Con relación a la flota Utilitarios, tenemos que estos equipos fueron adquiridos durante el periodo 2007 a la empresa SINERMINCO, dicha empresa es el distribuidor oficial de equipos y repuestos PAUS en el Perú. Durante el 2007 y 2008 se noto un excesivo precio en los repuestos PAUS facturados por SINERMINCO, razón por la cual la se opta por realizar un estudio de precios en el mercado de repuestos PAUS, y se contacta con la sede de PAUS en Chile, la única sede en toda Latinoamérica, la cual importa repuestos directos de fabrica de Paus en Europa. Al realizar la comparación de repuestos se observo una notoria diferencia entre precios, como consecuencia se opta por comprar repuestos a PAUS – Chile. A parte se evaluó otros repuestos equivalentes en el mercado, que ofrecían las mismas características para las condiciones de operación de los equipos PAUS.

Codigo SAP	Descripcion	Numero de Parte	Costo SINERMINCO US \$	Empresa alternativa	Costo alternativo US \$	Rotacion anual	Diferencia de Costo US \$	Ahorro anual US \$
101015110	MAGNETIC RING (KK14705)	600018-4	1,063.08	PAUS - Chile	924.80	2	138.28	276.56
101012805	CONTROL UNIT SIX DRIVE AUTOMATICS	524633	4,272.49	PAUS - Chile	2,035.71	2	2,236.78	4,473.56
101014889	BOMBA SAVER DANFOS 90-R-05	0881	16,041.35	PAUS - Chile	7,759.99	2	8,281.36	16,562.73
101014890	MOTOR SAVER DANFOS 51D110	08080	15,056.06	PAUS - Chile	7,711.78	2	7,344.28	14,688.56
101007334	FILTRO DE ACEITE	513906	31.80	PAUS - Chile	22.04	49	9.76	478.16
101013061	WAY VALVE BLOCK 5-FOLD 24V	520970	9,668.09	PAUS - Chile	8,107.66	2	1,760.43	3,520.86
101015454	MAIN BODY SLEEVE (B)- GH07	11007088	5,996.25	PAUS - Chile	5,012.58	2	983.67	1,967.34
101013926	PRESURE SPRING	043891	1,786.19	MRC Mallas Resorte SAC	180.00	3	1,606.19	4,818.57
101007065	TIPPING CYLINDER	520931	2,400.00	HYDRAULIC SYSTEMS	1,450.00	2	950.00	1,900.00
100027521	HYD.CYLINDER 80/35-430	523084	7,378.36	HYDRAULIC SYSTEMS	1,850.00	2	5,528.36	11,056.72
101012734	HYD. CYLINDER 80/35-300	523154	5,181.71	HYDRAULIC SYSTEMS	1,200.00	2	3,981.71	7,963.42
101012740	TELESCOPIC CYLINDER 70/40-1000	532039	9,385.50	HYDRAULIC SYSTEMS	850.00	2	8,535.50	17,071.00
101006142	HIDRAULIC CYLINDER 63/40-150	12306	5,034.31	HYDRAULIC SYSTEMS	1,400.00	2	3,634.31	7,268.62
100027820	PRESURE SPRING 30.00X121.15X335.0	530730	5,457.82	PAUS - Chile	2,263.04	2	3,194.78	6,389.56
101007085	BALL-AND-SOCKET JOINT 40/52X22	504084	363.90	SKF	17.87	2	346.03	692.06
101007066	Joystick 4 posiciones	520953	17,600.00	PAUS-CHILE	8,295.24	1	9,304.76	9,304.76
201010407	CONTACTOR LC1D5011 TELEMECANIQUE	74200367	1,205.20	TJ CASTRO	92.36	2	1,112.84	2,225.68
201010406	Relé térmico LRD3357 TELEMECANIQUE	74201730	139.68	TJ CASTRO	60.00	2	79.68	159.36
201010408	Block temporizado TELEMECANIQUE Model	77006154	168.55	TJ CASTRO	47.92	2	120.63	241.26
100007640	CUTLER HAMMER CIRCUIT BREAK 3X400A	63021842	7,195.41	TJ CASTRO	780.00	1	6,415.41	6,415.41
AHORRO ESTIMADO ANUAL								\$ 117,474.17

Tabla 4.12 Comparativo de costos de repuestos de la flota Utilitarios [6]

El beneficio mostrado por el cambio de proveedores de repuestos de la flota Utilitarios es un ahorro anual estimado de **US \$ 117,474.00**.

4.3.2 Evaluación de costos por servicios de reparación:

Para este análisis evaluamos los costos de reparaciones en la empresa SANDVIK, y se realizó un estudio para buscar mejores alternativas de solución, entre ellas mostramos al proveedor ASEREME, empresa que ofrece la misma calidad de reparación y que trabaja con Logística Volcan en otras unidades, al analizar los costos, tenemos que existe una amplia diferencia entre los costos de reparación como se muestra a continuación:

Flota	Nº de EQUIPOS	Descripcion	Costo SANDVIK US \$	Empresa Alternativa	Costo Propuesta US \$	Rotacion Anual	Diferencia de Costo US \$	Ahorro anual US \$
REPARACION DE CUCHARAS								
SCOOP EJC 145	4	REPARACIÓN DE CUCHARA	8,500.00	MANITTO CHUNGAR	\$ 3,500.00	12	5,000.00	\$ 60,000.00
BARRENADO DE LAS ARTICULACIONES								
SCOOP EJC 145	4	TRABAJO DE BARRENADO	4,100.00	ASEREME	\$ 2,100.00	4	2,000.00	\$ 8,000.00
DUMPER	2	TRABAJO DE BARRENADO	4,789.00	ASEREME	\$ 2,650.00	2	2,139.00	\$ 4,278.00
JUMBOS	5	TRABAJO DE BARRENADO	4,565.00	ASEREME	\$ 2,650.00	3	1,915.00	\$ 5,745.00
EMPERNADORES	2	TRABAJO DE BARRENADO	6,535.00	ASEREME	\$ 2,950.00	1	3,585.00	\$ 3,585.00
UTILITARIOS	4	TRABAJO DE BARRENADO	3,550.00	ASEREME	\$ 2,100.00	3	1,450.00	\$ 4,350.00
AHORRO ESTIMADO ANUAL								\$ 85,958.00

Tabla 4.13 Comparativo de costos de servicios de reparación de la flota trackless [6].

Por otro lado el área de Mantenimiento mecánico propuso hacerse cargo de las reparaciones de las cucharas de los scoops de 3.5 yd³, lo cual fue también una gran iniciativa en busca de la reducción de costos de la flota trackless.

El beneficio obtenido por el cambio de proveedores de servicios de reparación de la flota trackless es un **ahorro anual estimado de US \$ 85,958.00**, además cabe resaltar que la calidad de las reparaciones se ha mantenido según los requerimientos de operación de los equipos.

Solución: Evaluación de costos de repuestos y servicios de reparación:

- Se evaluarán proveedores que brinden servicios de reparación de los componentes mayores o estructurales de la flota trackless, además cada trabajo deberá contar con un acta de conformidad firmada por el área de Mantenimiento y el área de Operaciones mina.
- La compra de repuestos estará principalmente direccionada a la sede de PAUS – Chile, y solo se dará a la empresa Sinerminco los repuestos menores y aquellos que se soliciten de urgencia por parada de los equipos de la flota Utilitarios.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS

El objetivo del presente capítulo es evaluar los beneficios y los costos de implementación del proyecto, a continuación mostramos el sustento económico respectivo:

5.1 EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.

El siguiente análisis evaluara los beneficios del plan de reducción de costos, para lo cual se tomara en cuenta lo siguiente:

5.1.1 Beneficios en reducción de costos de repuestos y servicios de reparación.

Según lo analizado en el plan de reducción de costos en las *secciones 4.2.1 y 4.3.2*, se analizo la reducción en los costos de repuestos en la flota utilitarios, además se evaluó la reducción de costos en los servicios de reparación de toda la flota trackless.

Tenemos que considerar que se han dado de baja al SCO-12 y DUM-07, se tiene en stand by a los equipos SCO-01, SCO-05, SCO-06, SCO-13, SCO-16 y SCO-19, con lo cual los costos de repuestos y servicios de reparación se han reducido, debemos recordar que se

inicio con una flota de 26 equipos y durante el análisis, se opto por mantener una flota de 17 equipos.

A continuación mostramos el análisis real de los costos de repuestos y servicios de reparación realizados de enero del 2008 hasta abril del 2009:

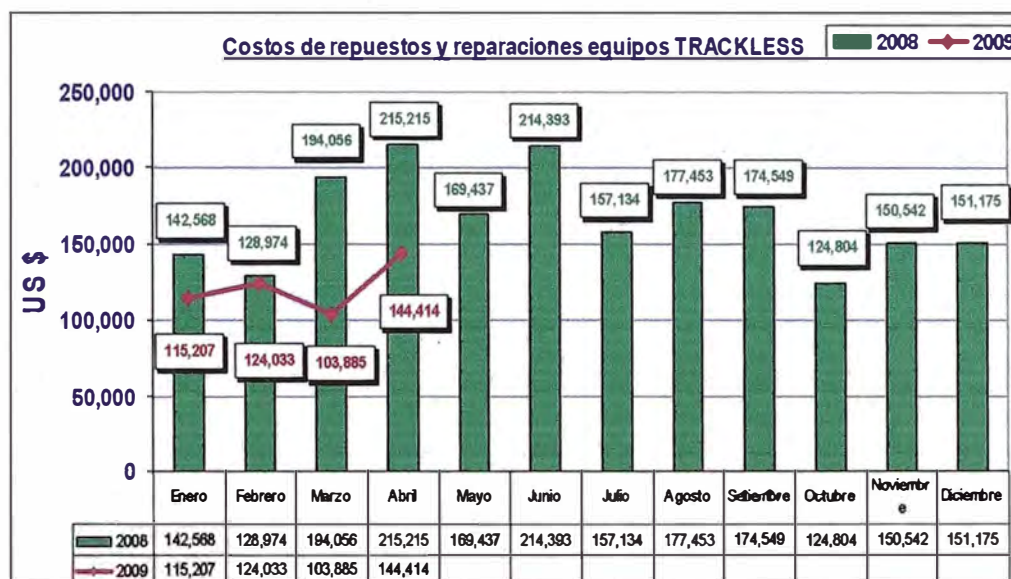


Figura 5.1 Costo de repuestos y reparaciones en los trackless 2009 [6]

Se tiene que durante el 2008 la flota trackless gasto en repuestos y servicios de reparación el monto de US \$ 2'000,299.00 equivalentes a US \$ 166,692.00 mensuales. Durante el periodo de enero a abril del 2009 la flota trackless gasto en repuestos y servicios de reparación el monto de US \$ 487,539.00, equivalentes a US \$ 121,885.00 mensuales.

Después de la aplicación del plan de reducción de costos se obtuvo un beneficio en reducción de costos de repuestos y servicios de reparación en promedio mensual de US \$ 44,807.00.

5.1.2 Beneficios en reducción costos de mano de obra:

Para calcular el beneficio del plan de reducción de costos aplicado a la mano de obra, debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- Sandvik valorizaba mensualmente por concepto de mano de obra el monto de US \$ 92,380.00 hasta diciembre del 2008, esta valorización incluía 41 personas entre técnicos, ingenieros y administrativos
- A partir de enero del 2009, Sandvik valoriza mensualmente US \$ 63,080.00, esta valorización incluye 28 personas entre técnicos, ingenieros y administrativos
- Debemos considerar que a partir del 2009 el área de Mantenimiento mecánico se hizo cargo de la flota Utilitarios, el costo del personal encargado del mantenimiento de estos equipos es US \$ 6,000.00, *sección 4.2.3*.

De las afirmaciones anteriores podemos concluir que después de la aplicación del plan de reducción de costos se obtuvo un **beneficio en reducción de mano de obra mensual de US \$ 23,300.00**.

5.1.3 Beneficios en incremento de producción.

Este beneficio se obtiene del análisis de los beneficios de la flota Utilitarios, de la sección 4.2.3 obtenemos lo siguiente:

- **02 Scaler** : equivale a un ahorro mensual de US \$ 36,700.00.
- **CUT-01** : equivale a un ahorro mensual de US \$ 22,500.00.
- **CAD-01** : equivale a un ahorro mensual de US \$ 232,300.00.

Después de la aplicación del plan de reducción de costos se obtuvo un beneficio al incrementar producción y reducir accidentes en la flota Utilitarios de US \$ 291,500.00.

5.1.4 Beneficio total del plan de reducción de costos.

A continuación se muestra cada uno de los beneficios obtenidos:

DETALLE	BENEFICIO MENSUAL US \$
Repuestos y servicio de reparación	\$ 44,807.00
Mano de obra	\$ 23,300.00
Incremento de producción y reducción de accidentes	\$ 291,500.00
BENEFICIO TOTAL	\$ 359,607.00

Tabla 5.1 Beneficios de implementar plan reducción de costos [6].

Al culminar el análisis podemos concluir que la implementación del *plan de reducción de costos* se obtiene un **beneficio mensual promedio de US \$ 359,607.00.**

5.1.5 Evaluación del costo unitario de producción (CP).

A continuación se muestra el CP obtenido durante el 2009:

	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	PROMEDIO
COSTO OPERATIVO (US \$)	\$ 115,207	\$ 124,033	\$ 103,885	\$ 144,414	\$ 121,885
TONELADAS EXTRAIDAS (TM)	99,895	92,143	97,884	99,845	97,442
CP	1.15	1.35	1.06	1.45	1.25

Tabla 5.2 Costo unitario de producción 2009 [6].

Luego procedemos a comparar los costos unitarios obtenidos desde enero del 2008 hasta abril del 2008 y obtenemos lo siguiente:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

RESUMEN DEL COSTOS UNITARIO DE PRODUCCION 2008-2009 (US \$ / TM)

ANO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO
2008	2.47	2.78	2.67	2.05	3.02	3.03	2.75	2.59	2.82	2.11	2.28	2.49	2.59
2009	1.15	1.35	1.06	1.45									1.25

Tabla 5.3 Costo unitario de producción 2008-2009 [6].

Se tiene que el costo unitario de producción ha disminuido significativamente en comparación con el año 2008 donde el CP es 2.59 US \$/TM, en relación al 2009 donde el CP es 1.25 US \$/TM, esto se debe a que se han reducido la flota de equipos de 26 a 17 unidades, además se han reducido los costos mano de obra, de repuestos y servicios de reparación.

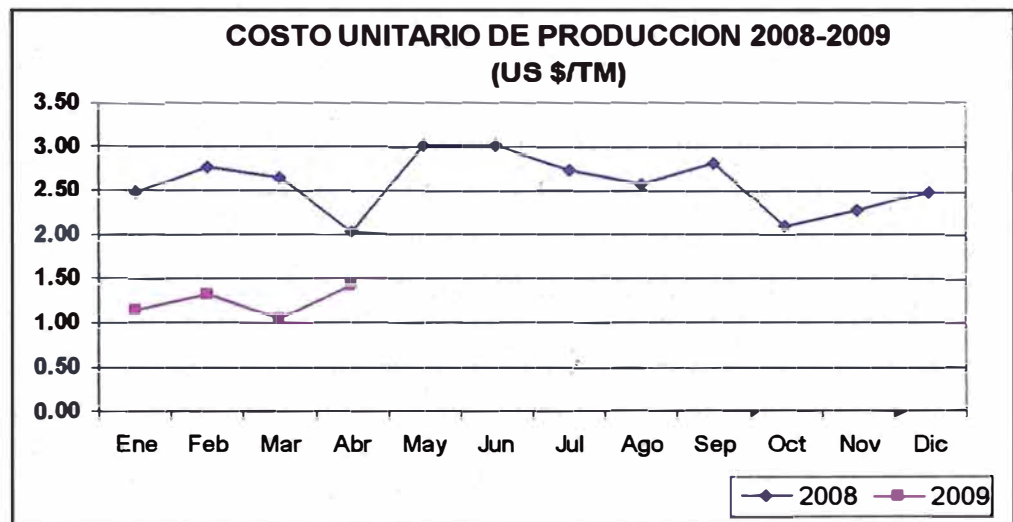


Figura 5.2 Grafico del costo de producción 2008-2009 [6].

Podemos concluir que el plan de reducción de costos ha sido favorable toda vez que se han reducido los costos de la flota trackless, el CP es menor al 2.5 US \$/TM propuesto como objetivo del plan estratégico del Mantenimiento corporativo Volcan.

5.1.6 Evaluación del costo unitario operativo horario (CO).

Procedemos a analizar el CO durante el periodo de Enero del 2008 hasta Abril del 2009, obteniendo la siguiente tabla:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

RESUMEN DEL COSTO UNITARIO OPERATIVO 2008-2009 (US \$ / TM)

ANO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO
2008	29.86	31.78	43.05	39.71	50.45	60.28	45.36	49.82	54.27	53.94	52.60	49.63	46.73
2009	35.92	52.55	39.17	46.68									43.58

Tabla 5.4 Costo unitario operativo horario del 2008-2009 [6].

Tenemos que el CO para la flota trackless durante el 2008 fue del 46.73 US \$/Hora, mientras que durante el periodo 2009 es de 43.58 US \$/Hora, esto resulta favorable para la flota, ya que estaría dentro de los objetivos de área de Mantenimiento (< 45 US \$/Hora).

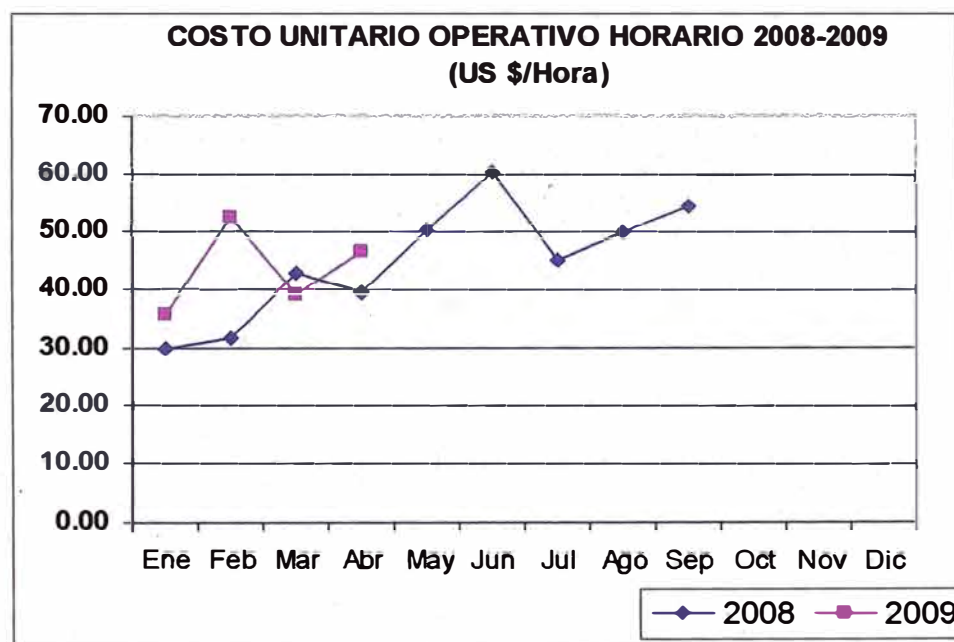


Figura 5.3 Grafico del costo operativo horario del 2008-2009 [6].

5.1.7 Evaluación de la disponibilidad mecánica (DM).

Procedemos a analizar la DM durante el periodo de Enero del 2008 hasta Abril del 2009, obteniendo la siguiente tabla:



EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C. RESUMEN DEL COSTOS UNITARIO OPERATIVO 2008-2009 (US \$ / TM)

ANO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROMEDIO
2008	85%	78%	86%	87%	87%	76%	76%	81%	80%	79%	84%	86%	82.1%
2009	81%	74%	82%	78%									78.8%

Tabla 5.5 Disponibilidad mecánica de la flota trackless 2008-2009 [6].

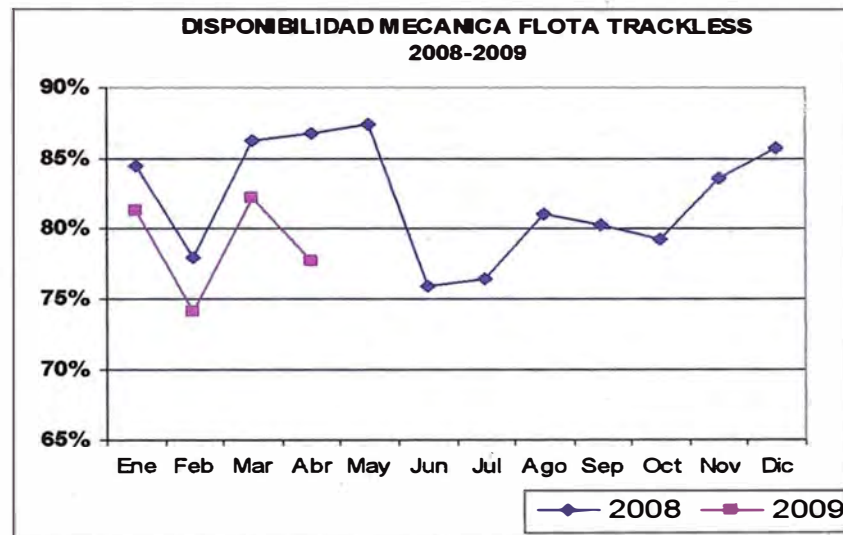


Figura 5.4 Grafico de disponibilidad mecánica del 2008-2009 [6].

Se tiene que ha disminuido la DM, en el periodo 2009 tenemos que la DM fue de 78.8%, este valor es mucho menor al objetivo del área de Mantenimiento ($DM > 85\%$), la razón principal de esta disminución es debido a que los equipos están por cumplirse o ya han cumplido con sus ciclos de vida y al no realizar sus overhaul, esta ocasionando un mayor desgaste de todos los componentes de equipos, produciendo paradas prolongadas de los equipos (durante el 2009 el MTTR fue de

21.1 y en el 2008 fue de 19.3), la causa principal es la falla de componentes mayores tales como motor diesel, sistema hidráulico, sistema de transmisión, sistema de dirección, etc.

Cabe indicar que la Superintendencia general no aprobó el programa de overhaul ni el presupuesto del área de Mantenimiento en la cual se incluía la reparación de los componentes mayores, de manera que se impuso un presupuestos para la flota trackless no considerando las necesidades reales de los equipos y teniendo una política errónea de reducción de costos. Es por esta razón que el área de Mantenimiento decidió aplicar un plan de reducción de costos en busca de alternativas aplicando ingeniería para la toma de desiciones de la operación de los equipos trackless.

5.2 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.

Para analizar los costos de la implementación del plan de reducción de costos lo analizamos como un proyecto, para ello elaboramos un presupuesto el cual será ejecutado conforme a los entregables definidos por semanas, *tabla 5.6*.

Para el proyecto contaremos el siguiente personal con:

- 01 consultor (Superintendente de Mantenimiento), se le asigna el esta distinción porque es la persona que cuenta con mayor experiencia relacionado al mantenimiento de equipos mina.
- 02 ingenieros de Planeamiento, encargados de recopilar y procesar la información, están a cargo del plan de reducción de costos.

- 02 supervisores de Mantenimiento mecánico y eléctrico, su función es el manejo del personal para recolección de información requerida para el plan de reducción de costos.
- 04 técnicos encargados de la toma y recolección de información requerida para el plan de reducción de costos.

Para el proyecto se presupuesto US \$ 37,360.00. A continuación se muestra la curva S donde se muestra gráficamente la distribución de los costos del presupuesto por semana del proyecto, la curva S nos da una magnitud de lo que necesitamos invertir por semana:

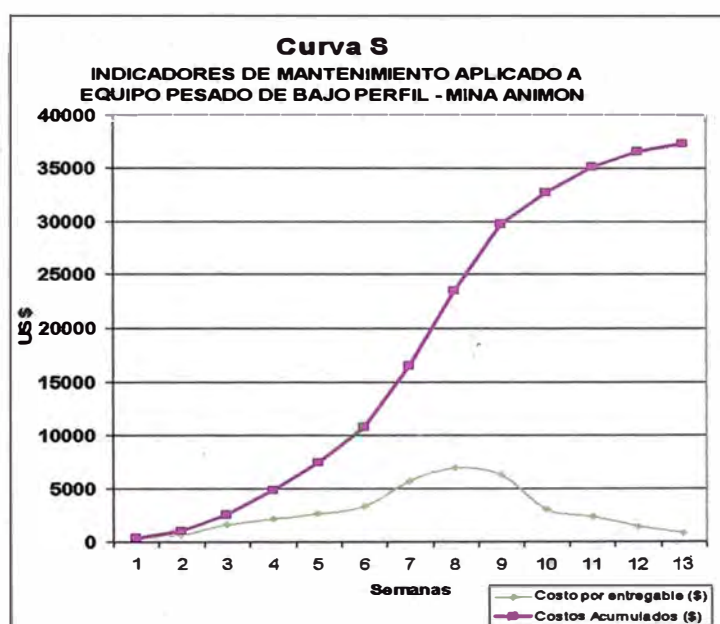


Figura 5.5 Curva S del proyecto [6].

El proyecto se inicio el 01 de Setiembre del 2008, y concluyo el 02 de Diciembre del 2008, se cumplió con las 13 semanas programadas. Se presupuesto US \$ 37,360.00 y se gasto en el proyecto US \$ 35,644.00, es decir se produjo un ahorro de \$ 1,716.00 de lo presupuestado.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO APLICADO A EQUIPO PESADO DE BAJO PERFIL - MINA ANIMON

FASE	Elegible	Semana	CONSULTORES		ING. PLANEAMIENTO		ING. SUPERVISORES		TECNICOS		ALQUILER DE INSTRUMENTOS (\$)	Costo uso SAP (\$)	Costos administrativos (\$)	Costo por entregable (\$)	Costos Acumulados (\$)
			H-H	Costo (\$/h)	H-H	Costo (\$/h)	H-H	Costo (\$/h)	H-H	Costo (\$/h)					
1	Detalle del alcance y justificaciones del proyecto	1	2	25	10	12					0	150	50	\$ 370.00	\$ 370.00
1	Detalle de limitaciones, descripción del problema y aporte personal para la solución del problema.	2	10	25	15	12					0	150	65	\$ 645.00	\$ 1,015.00
2	Definición y alcance de la flota trackless (5 cooptrams, dumper, jumbos, empalmadores y utilitarios)	3	15	50	20	12	5	10			15	450	75	\$ 1,580.00	\$ 2,595.00
2	Definición y alcance de los indicadores de mantenimiento (DM, MTTR, MTBR, MTBF, CM y PM)	4	20	50	25	12	10	10			100	650	85	\$ 2,235.00	\$ 4,830.00
2	Definición y alcance de los indicadores de económicos	5	25	50	30	12	15	10			100	700	95	\$ 2,655.00	\$ 7,485.00
2	Definiciones y alcances del software ERP denominado SAP	6	30	50	35	12	20	10			350	750	105	\$ 3,325.00	\$ 10,810.00
3	Documentos recopilados (inventario de equipo, historial de paradas, Overhaul ejecutados, reportes diarios y semanales de DM)	7	35	50	40	12	35	10	160	4	1500	850	150	\$ 5,720.00	\$ 16,530.00
3	Documentos recopilados (reportes mensuales de DM, información de los manuales de operación y servicio, cartillas de mantenimiento, horas trabajadas e información histórica del SAP)	8	35	50	40	12	40	10	200	4	2500	850	160	\$ 6,940.00	\$ 23,470.00
4	Entregar información de ubicación de equipos en interior mina, PE TTS, evaluación de personal y talleres de mantenimiento, condiciones de operación en mina y evaluación de operadores.	9	35	50	40	12	40	10	160	4	2000	850	150	\$ 6,270.00	\$ 29,740.00
5	Entrega de los cálculos y evaluaciones de los indicadores de mantenimiento (DM, MTTR, MTBR, MTBF, CM y PM)	10	20	50	40	12					550	900	100	\$ 3,030.00	\$ 32,770.00
6	Entrega de los cálculos y evaluaciones de los indicadores de económicos	11	15	50	40	12					150	900	85	\$ 2,365.00	\$ 35,135.00
7	Presentación del Plan de reducción de costos.	12	10	50	40	12					0	350	65	\$ 1,395.00	\$ 36,530.00
	Informe completo incluyendo las fases anteriores, con el planteamiento y solución del problema a través del Plan de reducción de Costos.	13	3	50	40	12					0	150	50	\$ 830.00	\$ 37,360.00

Tabla 5.6 Presupuesto para la implementación del plan de reducción de costos [6]

El responsable y encargado del seguimiento del proyecto es el área de Planeamiento de mantenimiento.

Al culminar el proyecto, podemos decir que el plan de reducción de costos ha sido beneficioso para la empresa y el área de mantenimiento:

- * En costo de la implementación fue de US \$ 35,644.00.
- * El beneficio mensual de la implementación es de US \$ 359,607.00.

A continuación se muestra el cuadro de costos reales y presupuestados divididos fases y a su vez en semanas, en los cuales se detallan la lista de documentación que fue entregada al término de cada plazo estipulado a continuación:

FASE	DESCRIPCION	Entregable	Semana	Costos Acumulados Reales (\$)	Costos Acumulados Presupuestado (\$)
1	ANTECEDENTES DEL PROYECTO	Detalle del alcance y justificaciones del proyecto	1	\$ 377.00	\$ 370.00
1	ANTECEDENTES DEL PROYECTO	Detalle de limitaciones, descripción del problema y aporte personal para la solución del problema.	2	\$ 1,098.00	\$ 1,018.00
2	MARCO TEORICO	Definición y alcance de la flota trackless (Scooptrams, dumper, jumbos, empemadores y utilitarios)	3	\$ 2,546.00	\$ 2,595.00
2	MARCO TEORICO	Definición y alcance de los indicadores de mantenimiento (DM, MITR, MEBR, MFBF, CMY PM)	4	\$ 4,501.00	\$ 4,830.00
2	MARCO TEORICO	Definición y alcance de los indicadores de economicos	5	\$ 6,982.00	\$ 7,485.00
2	MARCO TEORICO	Definiciones y alcances del software ERP denominado SAP	6	\$ 10,227.00	\$ 10,810.00
3	RECOPIACION DE DATA	Documentos recopilados (Inventario de equipo, historial de paradas, Overhaul ejecutados, reportes diarios y semanales de DM)	7	\$ 16,144.00	\$ 16,530.00
3	RECOPIACION DE DATA	Documentos recopilados (reportes mensuales de DM, información de los manuales de operación y servicio, cartillas de mantenimiento, horas trabajadas e información histórica del SAP)	8	\$ 22,818.00	\$ 23,478.00
4	CONDICIONES DE OPERACIÓN Y/O INSTALACIONES	Entregar información de ubicación de equipos en interior mina, PETS, evaluación de personal y talleres de mantenimiento, condiciones de operación en mina y evaluación de operadores.	9	\$ 28,472.00	\$ 29,760.00
5	CALCULOS DE INGENIERIA	Entrega de los calculos y evaluaciones de los indicadores de mantenimiento (DM, MITR, MEBR, MFBF, CMY PM)	10	\$ 31,388.00	\$ 32,770.00
6	ANALISIS ECONOMICO	Entrega de los calculos y evaluaciones de los indicadores de economicos	11	\$ 33,258.00	\$ 35,195.00
7	ELABORACION DEL PLAN DE REDUCCION DE COSTOS	Presentación del Plan de reducción de costos.	12	\$ 34,608.00	\$ 36,536.00
	CIERRE DEL PROYECTO	Informe completo incluyendo las fases anteriores, con el planteamiento y solución del problema a través del Plan de reducción de Costos.	13	\$ 35,644.00	\$ 37,360.00

Tabla 5.7 Comparativo de costos reales versus presupuestados [6].

El proyecto fue presentado a la Superintendencia general, siendo aprobado para regir a partir de enero del 2009.

CONCLUSIONES

1. Al culminar el análisis podemos concluir que la implementación del PLAN DE REDUCCION DE COSTOS trae un beneficio mensual de US \$ 359,607.00 y la implementación tiene un costo de US \$ 35,644.00.
2. El empleo de indicadores tales como la disponibilidad mecánica (DM), utilización efectiva (UE), MTTR, MTBR, MTBF, precisión de mantenimiento (PM), cumplimiento de mantenimiento (CM), costo unitario operativo horario (CO), costo unitario de tenencia (CT), costo por perno inyectado (CPI) y el costo unitario de producción (CP), permiten a la Empresa Administradora Chungar tomar decisiones que han mejorado la gestión del área de mantenimiento. Los indicadores son una útil herramienta en la toma de decisiones para cumplir con los objetivos del área de mantenimiento Chungar
3. El uso de los indicadores y su análisis permite tomar decisiones como:
 - a. Mantener en stand by a equipos tales como: SCO-01, SCO-05, SCO-06, SCO-13, SCO-16 y SCO-19, la razón principal es la baja utilización de estos equipos, además se planteara ponerlos en operación cuando las perspectivas del precio del Zinc estén arriba de 2,000 US \$/TM.

- b. Dar de baja al JUM-02 cuando falle alguno de sus componentes mayores, debido a las continuas paradas del equipo y además por haber cumplido con su ciclo de vida.

- c. Dar de baja al DUM-02 y DUM-07, por haber cumplido sus ciclos de vida y por presentar propuestas antieconómicas de reparación.

- d. Trabajar con los equipos Scooptram diesel hasta que cumplan con sus ciclos de vida, para posteriormente darlos de baja, la razón principal es que es más económico alquilar estos equipos que mantenerlos.

- e. Plantear la adquisición para el 2010 de nuevos equipos en la flota trackless para las flotas de Utilitarios, Jumbos y Dumper, la razón principal es que resulta mas económico comprar estos equipos que alquilarlos.

- f. Repotenciar al empemador JUM-05, por presentar el costo por perno inyectado menor al de los alquilados, además se trabajara con el JUM-02 hasta que cumpla con su ciclo de vida, para posteriormente darlo de baja

BIBLIOGRAFIA

[1] TAVARES, L.A. “Administración Moderna del Mantenimiento”. 1° edición. Novo Polo Publicacoes – Brasil. 2000.

[2] AMENDOLA, L. “Balanced Scorecard Maintenance”. 1° edición. PMM Institute for Learning – España. 2007.

[3] APAZA, M “Balanced Scorecard: Gerencia estratégica y del valor”. 2° edición. Instituto Pacifico – Perú. 2007.

[4] TORRES, L.D. “Mantenimiento su implementación y gestión”. 2° edición. Universitas – Argentina. 2005.

[5] NEGROTTI, A. “Indicadores de Gestión en Facility Management”. Seminario de Calidad, Gestión y Costos - Buenos Aires, 15 y 16 de Nov. 2002.

[6] U.E.A. CHUNGAR. “Archivos del área de mantenimiento”. Huayllay – Cerro de Pasco, archivos históricos 2008-2009.

[7] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: “PERU: Anuario Minero 2008”
http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp
 Visitado el 26 de marzo 2009, a las 11:00 horas.

[8] SANDVIK DEL PERU S.A.: “Characteristics about Load and haul machines”.
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/pe>
 Visitado el 26 de marzo 2009, a las 11:30 horas.

[9] SANDVIK DEL PERU S.A. “Manual de Servicio de Scooptrams EJC 145”.
 Versión Año 2003.

[10] SANDVIK DEL PERU S.A. “Manual de Servicio de Scoop TORO 151”.
 Versión Año 2003.

[11] SANDVIK DEL PERU S.A. “Manual de Servicio de Jumbos Quasar 1FP”.
 Versión Año 2003.

[12] SANDVIK DEL PERU S.A. “Manual de Servicio de Dumper EJC 417”.
 Versión Año 2004.

[13] PAUS S.A. “Manual de Servicio de Scaler RL 852 TSL”.
 Versión Año 2007.

[14] PAUS S.A. “Manual de Servicio de Camión Minca 18A”.
 Versión Año 2007.

Anexo A

Ranking mundial y latinoamericano de producción minera del Perú 2008⁴.

El siguiente cuadro muestra la posición que ocupa el Perú en producción minera a nivel mundial y latinoamericano.

PERU: POSICION DE PRODUCCION MINERA 2008 / PERU: MINING PRODUCTION RANKING 2008

	Mundial / World	Latinoamérica / Latin America
Plata / Silver	1	1
Zinc / Zinc	2	1
Estaño / Tin	3	1
Bismuto / Bismuth	3	1
Teluro / Tellurium	1	1
Plomo / Lead	4	1
Oro / Gold	5	1
Indio / Indium	7	1
Cobre / Copper	3	2
Molibdeno / Molybdenum	4	2
Selenio / Selenium	6	2
Arsenico / Arsenic	4	2
Cadmio / Cadmium	13	2
Hierro / Iron	17	5

Fuente: U.S. Geological Survey - USGS; The Silver Institute; Gold Fields Minerals Services - GFMS - International; Copper Study Group - CSG; International Lead and Zinc Study Group - ILZSG - International; Tin Research Institute - TRI; International Molybdenum Association - MOA; Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero - I.A.F.A.

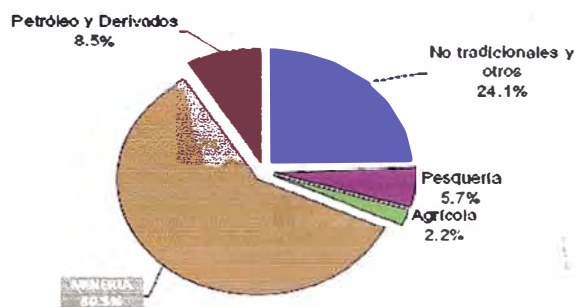
El Perú cuenta con una diversidad de minerales, lo cual lo hace atractivo a las inversiones extranjeras.

⁴ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008" http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

Anexo B

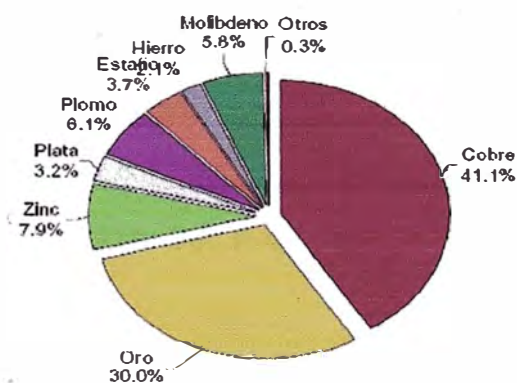
Distribución de las exportaciones en el Perú 2008⁵.

PARTICIPACION DE LA MINERIA EN EL TOTAL DE LAS EXPORTACIONES /
MINING PARTICIPATION IN THE TOTAL OF THE EXPORTS
(Millones de US\$ / Million of US\$)



Las exportaciones peruanas sumaron 31,442 millones de dólares en el 2008 (BCRP), lo que significó un incremento de 12.5% con relación al 2007. Esta cifra pudo haber sido mayor viéndose perjudicada por la caída de los precios internacionales, especialmente del sector minero, y el manejo del tipo de cambio ya mencionado anteriormente. No obstante ello, las exportaciones mineras del 2008 ascendieron a 18,656 millones de dólares, lo que significa un aumento de 7.7% con relación al año previo (17,328 millones de dólares).

ESTRUCTURA DE EXPORTACIONES MINERAS
(ENERO-DICIEMBRE 2008)

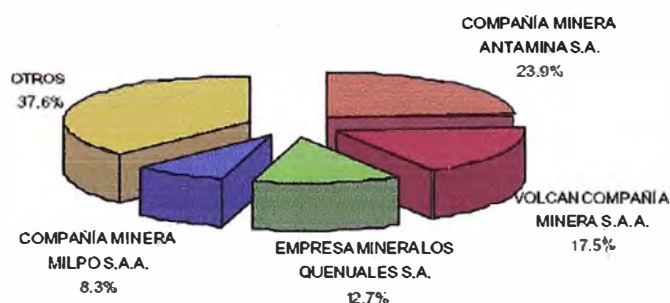


⁵ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008"
http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

Anexo C

Producción de Zinc por empresas mineras en el Perú 2008⁶.

PRODUCCION DE ZINC POR EMPRESA / ZINC PRODUCTION BY COMPANY 2008



FUENTE/SOURCE: Ministerio de Energía y Minas / Ministry of Energy and Mines

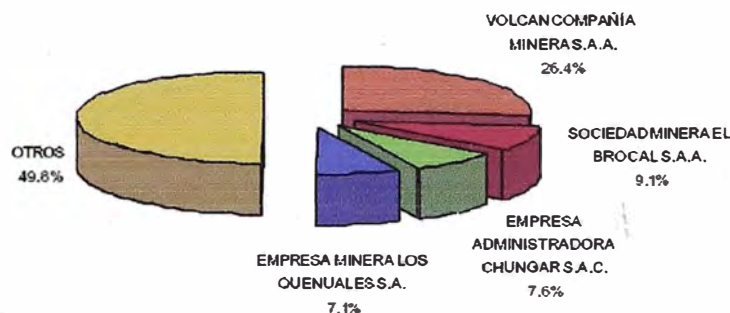
ZINC (Zn): La cotización del zinc ha caído 47% durante el 2008, llegando a 0,5 US\$ en diciembre de 2008, ello refleja además los temores de desaceleración mundial, el holgado balance entre oferta y demanda de este metal, se proyecta que en los próximos dos años el precio promedio del zinc se ubicaría entre US\$ 0,6 y US\$ 0,7 por libra. La producción de zinc correspondiente al 2008 supone un nuevo récord histórico, alcanzando 1'602,597 TM finas. Esta cifra supera en 10.96% a lo producido en el año 2007. En el periodo enero-diciembre 2008, se exportó un total de US\$ 1,467 millones frente a su similar del año anterior (US\$ 2,535 millones), notándose una importante contracción de 42.1%. **Durante el 2008 la Compañía Minera Volcan obtuvo el 2do lugar con 17.5% en explotación de Zinc en el Perú, Volcan exporto 279,726 TM finas de Zn, equivalentes a US\$ 366.75 millones.**

⁶ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008" http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

Anexo D

Producción de Plomo por empresas mineras en el Perú 2008⁷.

PRODUCCION DE PLOMO POR EMPRESA / LEAD PRODUCTION BY COMPANY 2008



FUENTE/SOURCE: Ministerio de Energía y Minas / Ministry of Energy and Mines

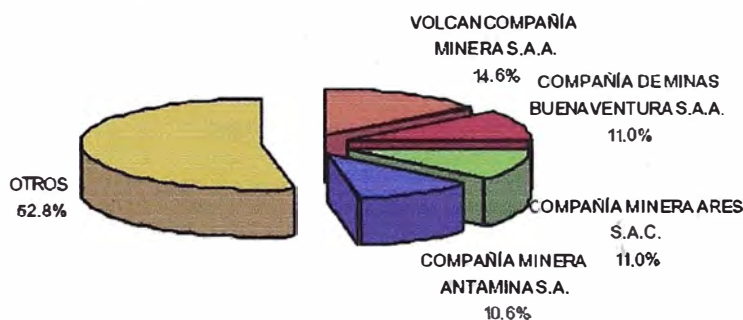
La cotización del plomo cayó en los últimos doce meses 56.6% alcanzando en diciembre de 2008, 43.689 ctv/lb frente a los 139.70 que alcanzó en febrero de 2008. En el 2008, la producción nacional de plomo marcó un nuevo récord histórico al registrar 329,165 TM finas, número que supera en 4.85% a la producción del año anterior. Durante el 2008, las exportaciones de plomo alcanzaron la cifra de US\$ 1,136 millones, mientras que en el 2007 fue de US\$ 1,033 millones, esto se traduce en un crecimiento de 9.9% en el valor anual exportado. **Durante el 2008 la Compañía Minera Volcan obtuvo el 1er lugar con 26.4 % en explotación de Plomo en el Perú, Volcan exporto 117,260 TM finas de Pb, equivalentes a US\$ 272.71 millones.**

⁷ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008" http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

Anexo E

Producción de Plata por empresas mineras en el Perú 2008⁸.

PRODUCCION DE PLATA POR EMPRESA / SILVER PRODUCTION BY COMPANY 2008



FUENTE/SOURCE: Ministerio de Energía y Minas / Ministry of Energy and Mines

PLATA (Ag): la cotización del plata ha caído 38% durante el 2008, la plata alcanzó en promedio el 2008 los 14.98 US\$ /oz., llegando a cotizar un máximo de 19.50 US\$/oz. en marzo, y un mínimo de 9.86 US\$ /oz. En el año 2008 se registró un nuevo récord en la producción de plata por décimo año consecutivo, al alcanzar las 3'685,931 kg. finos, lo cual supone un incremento de 5.5% con respecto a la producción del año anterior, y que ubica al Perú nuevamente como el primer productor del metal blanco a nivel mundial. En el 2008, la exportación anual de plata ascendió a US\$ 595 millones, creciendo en 10.8% respecto a su similar periodo en el año 2007. **Durante el 2008 la Compañía Minera Volcan obtuvo el 1er lugar con 14.6% en explotación de Plata en el Perú, Volcan exporto 17,357 Onzas finas de Ag, equivalente a US\$ 86.87 millones.**

⁸ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008" http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].

Anexo F

Reservas de Plomo y Zinc por departamentos del Perú⁹.

El departamento de Pasco presenta grandes reservas de Plomo y Zinc, ocupando el primer lugar en reservas probadas del Perú de estos minerales. Las reservas probadas de Zinc en el Departamento de Pasco asciende a 3,393'684 TM finas y las reservas probadas de Plomo ascienden a 1,735'684 TM finas.

2007 RESERVAS DE PLOMO - (TMF)

LEAD RESERVES - (TMT)

DPTO.	PROBABLE CANTIDAD TMF	PROBADA CANTIDAD TMF
PASCO	917,208	1,735,803
JUNIN	687,964	664,799
ANCASH	386,101	289,894
LIMA	234,624	261,463
HUANCAVELICA	65,431	72,539
HUANUCO	32,473	52,170
LA LIBERTAD	104,635	32,212
PUNO	6,869	22,825
AYACUCHO	27,068	20,964
AMAZONAS	168,020	20,020
AREQUIPA	28,297	17,284
CAJAMARCA	5,906	5,909
ICA	154,255	4,898
PIURA	0	240
APURIMAC	0	6

FUENTE/SOURCE: MINEM

2007 RESERVAS DE ZINC - (TMF)

ZINC RESERVES - (TMT)

DPTO.	PROBABLE CANTIDAD TMF	PROBADA CANTIDAD TMF
PASCO	2,491,312	3,393,684
JUNIN	1,718,172	2,306,690
ANCASH	3,746,002	1,579,118
LIMA	567,450	983,948
CUSCO	355,000	290,000
AMAZONAS	1,110,449	185,028
HUANCAVELICA	104,057	81,782
HUANUCO	45,781	74,677
LA LIBERTAD	65,285	44,221
ICA	1,416,625	43,467
AYACUCHO	75,467	31,253
AREQUIPA	60,711	29,441
PUNO	2,731	12,539
CAJAMARCA	5,308	5,313
APURIMAC	0	15

FUENTE/SOURCE: MINEM

⁹ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU: "PERU: Anuario Minero 2008"
http://www.minem.gob.pe/mineria/pub_ANUARIO2008.asp, accedido: 26/03/09 [7].