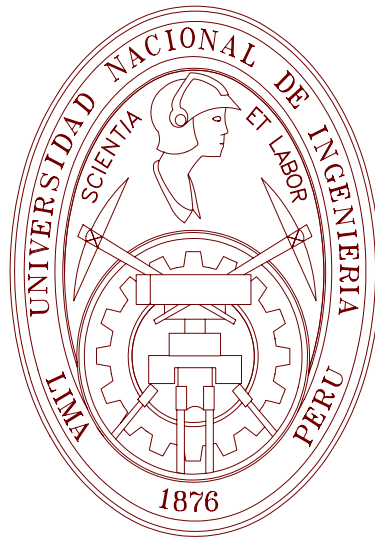


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN DE
UNA FLOTA DE SCOOPTRAMS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

ISMAEL ALVA ALVA

PROMOCION 2004-1

LIMA-PERU

2009

*Al DIOS todopoderoso por sus grandes
bendiciones en mi vida diaria.*

*Mi profunda gratitud a mis padres, por
haberme guiado por la senda del bien, por ellos
soy alguien en la vida*

INDICE

INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XI
PROLOGO.....	1
1.0 INTRODUCCION.....	2
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Alcances.....	5
1.4 Limitaciones.....	5
2 DESCRIPCION GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN.....	6
2.1 Descripción general de la empresa.....	6
2.2 Área de mantenimiento.....	8
2.2.1 Generalidades.....	8
2.2.1.1 Misión.....	8
2.2.1.2 Visión.....	8
2.2.1.3 Objetivos.....	8
2.2.2 Organización.....	9
2.2.2.1 Superintendencia General de Mantenimiento.....	9
2.2.2.2 Jefatura de Mantenimiento de Planta.....	10
2.2.2.3 Jefatura de Mantenimiento eléctrico y energía	10
2.2.2.4 Jefatura de Mantenimiento mecánico de mina y superficie.....	10
2.2.2.5 Jefatura de Planificación y Control del Mantenimiento.....	11
2.2.2.6 Jefatura de transportes.....	12
2.2.2.7 Distribución de personal de mantenimiento mecánico.....	12
2.2.2.8 Organigrama.....	12

3 MANTENIMIENTO Y COSTOS DE OPERACIÓN DE FLOTA

DE SCOOPTRAMS	14
3.1 Consideraciones generales de mantenimiento.....	14
3.1.1 Organización del departamento de mantenimiento de equipos trackless .	15
3.1.1.1 Areas.....	16
3.1.1.2 Personal.....	16
3.1.2 Tipos de mantenimiento.....	16
3.1.2.1 Mantenimiento correctivo.....	17
3.1.2.2 Mantenimiento preventivo.....	20
3.1.2.3 Mantenimiento preventivo directo.....	21
3.1.2.4 Mantenimiento Sistemático.....	23
3.1.2.5 Mantenimiento de ronda.....	25
3.1.2.6 Mantenimiento condicional o predictivo.....	25
3.1.2.7 Mantenimiento modificativo.....	27
3.1.3 Planificación del mantenimiento.....	29
3.1.4 Adquisición y registro de datos.....	30
3.1.5 Indicadores.....	31
3.2 Mantenimiento de un scooptrams.....	33
3.2.1 Descripción de scooptram disponibles.....	33
3.2.2 Componentes sometidos a mantenimiento.....	37
3.2.2.1 Motor diesel.....	37
3.2.2.2 Convertidor de torque.....	42
3.2.2.3 Transmisión.....	43

3.2.2.4	Diferenciales.....	45
3.2.2.5	Sistema .de frenos.....	46
3.2.2.6	Neumáticos.....	49
3.2.3	Seguridad de operación.....	53
3.2.4	Programa de mantenimiento de equipos.....	55
3.3	Descripción de la flota.....	56
3.3.1	Características técnicas.....	56
3.3.2	Depreciación.....	58
3.3.3	Valor comercial.....	58
3.3.3.1	Objeto de la tasación.	58
3.3.3.2	Reglamentación empleada.....	58
3.3.3.3	Verificaciones efectuadas.....	59
3.3.3.4	Valor de Reposición de Maquinaria (VR).....	59
3.3.3.5	Valor Comercial de la Maquinaria(VC).....	59
3.3.4	Mantenimiento aplicado a la flota	61
3.3.4.1	Tipos de mantenimiento aplicados.....	61
3.3.4.2	Programas aplicados.....	61
3.4	Costos de operación de la flota.....	65
3.4.1	Depreciación.....	66
3.4.2	Mano de obra	66
3.4.2.1	Turnos y operación anual.....	67
3.4.2.2	Costo anual de operadores.....	67
3.4.3	Combustibles.....	67
3.5	Costo de mantenimiento.....	67
3.5.1	Mano de obra	68
3.5.2	Materiales e insumos.....	68

3.5.3	Aceites y lubricantes.....	69
3.5.4	Servicios de terceros.....	69
3.6	Costo total de operación de la flota.....	69
3.6.1	Costos históricos anuales.....	69
3.6.2	Costo horario.....	75
3.7	Rendimiento.....	75
4	CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN.....	80
4.1	Formas de optimizar.....	80
4.2	Parámetros que se deben determinar.....	82
4.3	Costo de operación y mantenimiento.....	83
4.3.1	Costos de operación.....	83
4.3.2	Costo de mantenimiento.....	85
4.4	Costo de scooptrams de reemplazo.....	85
4.4.1	Tecnología.....	85
4.4.2	Costos de inversión.....	86
4.5	Valor del equipo.....	86
4.6	Costo de reparación integral.....	87
4.7	Costo de repotenciación.....	87
4.7.1	Aspectos técnicos.....	87
4.7.2	Método de cálculo de costo de repotenciación.....	88
4.7.2.1	Factor de corrección.....	88
4.7.2.2	Cálculo del costo de repotenciación.....	94
4.7.3	Reemplazo.....	94
4.7.3.1	Tecnología.....	94
4.7.3.2	Costos de inversión.....	94
4.8	Costo mínimo.....	94

5	METODO ACTUAL Y SU APLICACIÓN A LA FLOTA	95
5.1	Descripción del método.....	95
5.2	Aplicación.....	97
5.2.1	Determinación del costo similar nuevo.....	97
5.2.2	Determinación del costo de reparación general.....	99
5.2.3	Cálculo del costo de repotenciación.....	100
5.2.3.1	Cálculo del factor de corrección.....	100
5.2.3.2	Costo de repotenciación.....	103
5.2.4	Selección de los scooptrams que se repotencian y reemplazan.....	104
5.3	Selección de los scooptrams de reemplazo.....	107
5.3.1	Costo de inversión.....	107
5.3.2	Costo de Depreciación y valor residual.....	107
5.3.3	Costo de operación y mantenimiento previsto.....	108
5.3.3.1	Cálculo de los costos de operación.....	108
5.3.3.2	Cálculo de los costos de mantenimiento.....	108
5.3.3.3	Cálculo del tonelaje movido.....	112
5.3.3.4	Análisis del Costo / Beneficio.....	113
5.4	Resultados	123
5.4.1	Conformación de la nueva flota.....	123
5.4.2	Inversiones.....	123
6.0	METODO PROPUESTO Y SU APLICACIÓN A LA FLOTA	167
6.1	Descripción del método.....	125
6.2	Aplicación.....	129
6.2.1	Scooptrams de 1,5 yd ³ o similares.....	129
6.2.2	Scooptrams de 2,5 yd ³ o similares.....	133
6.3	Resultados.....	135

6.3.1	Equipos que se repotencian.....	137
6.3.2	Equipos que se reemplazan.....	137
6.3.3	Costo optimizado.....	137
6.3.4	Programa de mantenimiento y reemplazo y de equipos.....	138
7.0	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LOS METODOS DE APLICACIÓN.....	140
7.1	Evaluación técnica.....	140
7.1.1	Método actual.....	140
7.1.2	Método propuesto.....	143
7.1.3	Evaluación de resultados.....	143
7.2	Evaluación económica y financiera.....	145
7.3	Programa recomendado.....	146
	CONCLUSIONES.....	147
	BIBLIOGRAFIA.....	150
	ANEXOS.....	151

TABLAS

Tabla	Página
2.1 Equipo Convencional.....	25
2.2 Equipo de movimiento de tierras.....	25
2.3 Equipos Trackles.....	23
2.4 Distribución del personal.....	27
3.1 Presiones recomendadas.....	68
3.2 Flota de de scooptrams.....	72
3.3 Motores de scooptrams de la flota de CMH.....	72
3.4 Depreciación y valor comercial de Scopptrams de la flota – Año 1997....	75
3.5 Tipos de Mantenimientos aplicados.....	76
3.6 Carga social de personal de operación y mantenimiento.....	81
3.7 Planilla de Operadores por scooptram.....	82
3.8 Planilla de Mantenedores por scooptram.....	83
3.9 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2003.en US\$/año.....	85
3.10 Costo anual total de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2004 en US\$/año.....	86
3.11 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2005 en US\$/año.....	87
3.12 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2006 en US\$/año.....	88
3.13 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2007 en US\$/año.....	89
3.14 Costo horario promedio anual de la flota de scooptrams en US\$/h.....	90

3.15	Ubicación de lugares de trabajo para estudio de tiempos.....	91
3.16	Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 1,5 yd ³ Distancia 93 m Mina Cabana SN 1947 N a CR 1938 S.....	92
3.17	Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 1,5 yd ³ Distancia 118 m Mina Cabana SN 9009 N a CR 1938 S.....	93
3.18	Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 2.2 yd ³ Distancia 495 m Mina Cabana	94
4.1	Factor de vida útil Fu.....	105
4.2	Factor de corrección por estado técnico Ft.....	106
4.3	Características de las condiciones de trabajo de equipos.....	107
4.4	Factor de condiciones de trabajo Fct.....	107
4.5	Criterios para calificar el Servicio de mantenimiento.....	108
4.6	Selección del Factor Fgm según el cumplimiento de la tabla 4.5.....	108
4.7	Factor de calidad de máquina.....	109
5.1	Características técnicas de scooptrams similares a los de 1,5 yd ³	114
5.2	Características técnicas de scooptrams similares a los de 2,2 yd ³	114
5.3	Scooptrams seleccionados Valor similar nuevo.....	115
5.4	Costo de reparación integral de la flota de scooptrams.....	116
5.5	Factor de corrección de vida útil.....	117
5.6	Factor de corrección por condiciones de trabajo Fct.....	117
5.7	Factor de corrección por estado técnico Ft.....	118
5.8	Factor de corrección por mantenimiento Fgm.....	119
5.9	Factor de corrección de calidad de maquinaria Fcm.....	119
5.10	Factor de corrección Fc.....	120
5.11	Costo de reparación integral de la flota de scooptrams.....	120
5.12	<i>Propuestas de repotenciación y reemplazos de la Flota de Scooptrams.....</i>	<i>121</i>

5.13	Costo Valor similar nuevo, Tasación y de Reparación general la Flota de Scooptrams.....	122
5.14	Costo de inversión y depreciación de scooptrams de 1,5 yd ³ y 2,2 yd ³ de capacidad.....	123
5.15	Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram. Tamrock LH-202.....	125
5.16	Costo de Mantenimiento Preventivo. Scooptram Sinome ACY 10.....	125
5.17	Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram Wagner ST-2G.....	126
5.18	Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram Tamrock LH-203.....	126
5.19	Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram. Simone ACY – 2.....	127
5.20	Costo de Mantenimiento Correctivo de Scooptram de 1,5 yd ³	128
5.21	Costo de Mantenimiento Correctivo de Scooptram de 2,5 yd ³	128
5.22	Costo de Mantenimiento de Scooptram Tamrock LH - 202 de 1,5 yd ³	130
5.23	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Tamrock LH - 202 de 1,5 yd ³	131
5.24	Costo de mantenimiento de Scooptram Simone ACY - 10 de 1,4 yd ³	132
5.25	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Simone ACY - 10 de 1,4 yd ³	133
5.26	Costo de Mantenimiento Correctivo Scooptrams de 2,5 yd ³	134
5.27	Costo de Mantenimiento Scooptram Wagner ST – 2G de 2,5 yd ³	134
5.28	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Tamrock LH 203 de 2,2 yd ³	135
5.29	Costo Mantenimiento Scooptram Simone ACY-2 de 2,6 yd ³	135
5.30	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Wagner ST – 2G de 2,5 yd ³	136
5.31	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Tamrock LH 203 de 2,2 yd ³	137
5.32	Análisis Costo/Beneficio Scooptram Simone ACY-2 de 2,6 yd ³	138
5.33	Relación costo beneficio de scooptrams de 1.5 y 2,2 yd ³	139
5.34	Inversiones para repotenciar la Flota de scooptrams.....	140
6.1	Costo anual equivalente de Scooptram de 1,5 yd ³ de la flota. (Período de 3 años).....	145

6.2	Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo R1 Tamrock LH-202 de 1,5 yd ³ (Tasa de interés 10 % anual. Periodo de 3 años).....	146
6.3	Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo R2 Simone ACY - 10 de 1.4 yd ³ (periodo de 3 años).....	146
6.4	Costo anual equivalente de reemplazo R1 Tamrock LH - 202 de 1,5 yd ³ (Tasa de interés 10 % anual. Periodo de 6 años).....	147
6.5	Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo R2 Simone ACY-10 de 1,4 yd ³ (Tasa de interés 10 % anual. Periodo de 6 años).....	148
6.6	Costo anual equivalente de Scooptram de 2,2 yd ³ de la flota (Tasa de interés 10 % anual. Periodo de 3 años).....	149
6.7	Costo anual equivalente de Scooptram de 2,5 yd ³ de reemplazo R3 Wagne Wagner ST – 2G de 2,5 yd ³ (Periodo de 3 años).....	150
6.8	Costo anual equivalente de Scooptram de 2,5 yd ³ de reemplazo R4 Tamrock LH 203 de 2,2 yd ³ (Periodo de 3 años)	
6.9	Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo de 2,5 yd ³ R5 Simone ACY-2 de 2,6 yd ³ . (Periodo de 3 años).....	151
6.10	Costo unitario o Relación Costo/Beneficio de scooptrams de la Flota y scooptrams de reemplazo.....	152
6.11	Ahorro anual por reemplazar los equipos de la Flota de Scooptrams	153
6.12	Inversiones para optimizar la flota de scooptrams.....	154
6.13	Costo unitario optimizado por scooptram de la nueva flota.....	154
6.14	Costo optimizado de la nueva flota.....	155
7.1	Resultados de la aplicación de los métodos.....	189
7.2	Ahorro anual por reemplazar los equipos de la Flota de Scooptrams.....	190
7.3	Relación B/C de las inversiones y ahorros por aplicar el método Propuesto.....	192

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1: Organigrama de la superintendencia general de mantenimiento.....10

Fig. 3.1: Organigrama del Departamento de equipos trackless12

Fig. 3.2 Tipos de mantenimiento.....12

Fig. 3.3 Ley de degradación desconocida.....13

Fig. 3.4 Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo sometido a
Mantenimiento.....12

Fig. 3.5 Ley de degradación conocida.....13

Fig. 3.6 Ley de degradación innecesaria.....14

Fig.3.7 Dimensiones típicas de un Scooptrams.....51

Fig 3.8 . Scooptram operando en superficie.....52

Fig. 3.9 Partes principales del accionamiento de un scooptram.....52

Fig. 3.10 Cuerpo principal del motor.....57

Fig. 3.11 Componentes de un motor Deutz.....19

Fig.3.12 Convertidor de torque.....23

Fig. 3.13 Esquema de convertidor de torque.....25

Fig. 3.14 La transmisión.....30

Fig. 3.15 Diferencial.....32

Fig. 3.16 Freno neumático.....33

Fig. 3.17 Freno hidráulico.....34

Fig. 3.18 Frenos aplicados con resorte.....35

Fig. 3.19 Principales componentes de un neumático.....	36
Fig. 3.20 Construcción convencional.....	38
Fig. 3.21 Construcción convencional cintado.....	39
Fig. 3.22 Radial.....	39
Fig. 3.23 Posición del neumático en un scooptram.....	45
Fig 4.1 Método para calcular el costo de repotenciación de un scooptram.....	50
Fig 5.2 Método de repotenciación o reemplazo de equipos.....	56
Fig 6.1 Diagrama de flujo de caja típico de costos de un scooptram.....	57
Fig 6.2 Diagrama del CAUE dde um scooptram.....	168

PROLOGO

El presente trabajo titulado “**ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN DE UNA FLOTA DE SCOOPTRAMS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA**” tiene como fin proporcionar una herramienta de orientación para optimizar el costo de operación de la flota de equipos Trackless, considerando los costos de operación, mantenimiento, repotenciación y reemplazo.

En el Capítulo 1, se presenta la introducción al tema, los antecedentes, el objetivo del estudio y sus limitaciones.

En el Capítulo 2, se hace una breve descripción de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A.

En el Capítulo 3, se presenta un resumen de las condiciones generales del mantenimiento de los scooptrams, los costos de operación de la flota y el rendimiento actual de los equipos.

En el Capítulo 4, se presentan los criterios de optimización, el método de cálculo de la repotenciación y el cálculo de sus costos.

En el Capítulo 5, se desarrolla en forma detallada el método actual utilizado por la empresa y se aplica a la flota de scooptrams. Primero se determinan los costos del equipo similar nuevo, los de repotenciación y se realiza la selección de los equipos que se repotencian y los que se reemplazan. Luego se seleccionan los equipos de reemplazo para lo cual se determinan los costos de operación previstos y se realiza un análisis costo/beneficio para cada uno de ellos, seleccionándose al de menor valor. La nueva flota se conforma con los equipos repotenciados y de reemplazo.

En el Capítulo 6, se describe el método propuesto y se aplica a la flota determinándose los costos económicos y financieros. Se determina el costo total anual equivalente de los costos de inversión, operación y mantenimiento de los equipos de la flota actual y de sus similares de reemplazo para periodos de evaluación de tres y seis años. Se determina la nueva flota con los que tienen el menor costo anual equivalente.

En el Capítulo 7, se evalúan los resultados de la aplicación de ambos métodos. Se finaliza con las observaciones y conclusiones del presente trabajo.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Consortio Minero Horizonte opera la mina de Retamas que es una explotación subterránea que se ubica cerca de la población de Retamas, en el distrito de Parcoy, Provincia de Pataz, Región de la Libertad.

La explotación aurífera en Parcoy es muy antigua por lo que ha pasado por diferentes etapas.

La más antigua se remonta a la época de los Incas; posiblemente parte del oro del rescate de Atahualpa salió de las minas de Parcoy y de la región de Chinchipe.

Durante la colonia la explotación aurífera fue muy intensa con labores en media barreta y otros trabajos mineros propios de esa época. El pueblo de Parcoy se funda en el siglo XVII.

Durante la República continúan los trabajos mineros y en el siglo XX se establece la firma inglesa Pataz & Parcoy Gold Syndicate Ltd. En 1918 Mariano Tarnawiescky instala la primera planta de cianuración en Retamas, con buenos resultados económicos, desde entonces hasta la actualidad ha sido el centro de tratamiento del mineral, con sucesivas ampliaciones y modificaciones.

En 1934 el señor Eulogio Fernandini, funda la compañía Sindicato Minero Parcoy S.A. (SIMPARG), e inicia sus actividades al año siguiente. En 1938, en la zona oeste de SIMPAR la Compañía Aurífera Anglo - Peruana S.A., realiza exploraciones sin éxito, por lo que se disolvió y sus concesiones fueron adquiridas por el SIMPAR; que se convierte en la compañía que desarrolla la mina subterránea más grande del Perú. Opera hasta 1960 en que se agotan los recursos minerales que podían explotarse económicamente.

En 1978, los Señores Rafael Navarro Grau y Jaime Uranga fundan Consorcio Minero Horizonte S.A. para procesar los relaves dejados por el Sindicato Minero Parcoy S.A. sin obtener resultados positivos; por lo que en 1982 dejan de procesar relaves e inician la exploración y explotación de la mina. En 1985 procesan 10 t/día y en 1986 se produce la primera barra de oro de 700 gr. A partir de aquí se produce un rápido crecimiento de la producción. En 1989 se alcanza 150 t/día y en el año 2000 con una capacidad de planta de 1200 t/día se procesan 1100 t/día, con una ley del orden de 13 a 15 gr Au /t.

Actualmente la producción se realiza con un minado convencional y un sistema mixto, combinando equipos convencionales con equipos mecanizados. Como parte de estos se tiene una flota de Scooptrams que debido al rápido crecimiento de la producción también ha crecido y actualmente necesita renovarse para optimizar los costos de producción.

1.2 Objetivo

El objetivo del presente estudio es optimizar el costo total de la flota de scooptrams de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A., formada por 16 unidades con una potencias comprendidas entre 47 y 147 HP mediante la elaboración de un PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE

EQUIPOS DE LA FLOTA DE SCOOPTRAMS, con el que se obtenga el costo anual mínimo.

1.3 Alcances

El presente trabajo comprende la flota de scooptrams de Consorcio Minero Horizonte, formada actualmente por 16 unidades y considera los aspectos relacionados con el reemplazo o repotenciación, la operación y el mantenimiento de la flota para optimizar los costos totales de operación.

1.4 Limitaciones

El estudio se enfoca en la reducción de los costos de la flota considerando equipos de características similares a los actuales, sin tener en cuenta la posibilidad de reducir los costos por cambio de capacidad y número de equipos,

Solo considera el costo de operación y mantenimiento como flujo de caja, sin tener en cuenta el costo de disminución de la producción por paradas imprevistas o fallas catalépticas. Esto debido a que se requiere mejorar los sistemas actuales de registros de datos.

No considera los costos de mantener stocks de repuestos, que si se tiene equipos de diferentes marcas y capacidades puede ser significativo, por lo que tampoco evalúa la ventaja económica de la estandarización de los equipos.

CAPITULO 2

DESCRIPCION GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN

2.1 Descripción general de la empresa

El Consorcio Minero Horizonte S.A., es una empresa peruana dedicada a la exploración, explotación y metalurgia de minerales auríferos que realiza sus operaciones en el antiguo yacimiento de Retamas ubicado en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, Región de La Libertad.

Explotación minera

Actualmente se explotan varias vetas ubicadas en una red de túneles que tienen como base el Túnel Horizonte Nv 2 600 (cota 2 712 msnm) de aproximadamente 5 km de longitud el cual se divide en tres zonas de operación:

La Zona Norte con las vetas: Milagros, Golden, Lourdes y Potacas. La Zona Centro con las vetas: Lourdes, Rosarito, Sissy, Vannya, y Rosa Orquídea y la Zona Sur con las vetas Candelaria, Encanto Sur y Victoria.

Para el futuro se tiene prevista la ampliación de la mina con nuevos proyectos mineros.

En la explotación minera el avance de los túneles se realiza mediante voladura de rocas y el movimiento de minerales a la planta beneficio con un sistema mixto, combinando equipos convencionales: locomotoras, palas neumáticas, winches, lanzadores de concreto; con equipos mecanizados trackless.

Planta de Beneficio de minerales auríferos

La planta de Retamas tiene una capacidad de procesamiento de 1 200 t/día de mineral aurífero, con leyes de oro que fluctúan en un rango de 10 a 15 gr/t.

En la planta el mineral se almacena en tolvas de donde se pasa a procesos de reducción de tamaño (chancado y molienda), luego por los procesos de gravimetría y flotación, obteniendo un concentrado rico en oro que se procesa por el método de cianuración en molinos de remolienda y tanques agitadores. El oro disuelto en solución de cianuro se concentra en un proceso de Merrill Crowel, obteniéndose como producto final un concentrado que contiene el mayor volumen de la producción de oro, mientras que la pequeña proporción restante se obtiene como oro metálico con un proceso de carbón activado

POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

Certificación OSHAS 18001 e ISO 14001

La explotación minera de CMHSA se enmarca en una minería responsable cuidando la salud y seguridad del trabajador, así como la protección del medio ambiente y responsabilidad social por lo cual ha obtenido las certificaciones de cumplimiento de dos importantes normas internacionales: Normas OHSAS 18001 sobre Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional y la Certificación ISO 14001 sobre Gestión de Medio Ambiente. Anexo 6.

2.2 Área de mantenimiento

2.2.1 Generalidades

El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema productivo y de servicios, en el máximo nivel de efectividad de su funcionamiento, con la mayor seguridad para el personal, la menor contaminación del medio ambiente y el menor costo posible

Actualmente las industrias, bajo la presión de la competencia, están obligadas a alcanzar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad y cumplir con los plazos de entrega. Radica justamente aquí la importancia del mantenimiento porque para lograrlo es necesario conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y reducir los costos al mínimo. El mantenimiento debe seguir estos lineamientos para garantizar la producción.

2.2.1.1 Misión

Garantizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos, maquinarias e instalaciones a un costo óptimo mediante una adecuada administración de riesgos.

2.2.1.2 Visión

Ser un área modelo en gestión de mantenimiento en constante innovación tecnológica laborando en un ambiente idóneo, seguro y de oportunidades.

2.2.1.3 Objetivos

Los objetivos del área son:

- Mantener una disponibilidad mecánica mayor al 85 %.

- Incrementar la confiabilidad.
- Racionalizar los costos.
- Optimizar el recurso humano.
- Mejorar el control y mantenimiento de activos fijos.

EL COMPROMISO

El compromiso del Área de Mantenimiento es garantizar una óptima disponibilidad y confiabilidad de equipos, participando en la gestión de activos de la empresa para lograr estándares de calidad, seguridad y conservación del medio ambiente.

2.2.2 Organización

2.2.2.1 Superintendencia General de Mantenimiento

Las operaciones de la mina comprenden muchas actividades que por razones prácticas se subdividen en dos grandes grupos:

Las de interior mina, relacionadas con la extracción de minerales y los servicios de apoyo requeridos. Las de superficie, que comprenden el proceso de minerales realizado en la planta concentradora, las actividades de servicios y las administrativas. Para efectuar estas actividades se tienen varios sistemas, tales como los de generación de energía eléctrica, de fuerza y de iluminación, los de aire comprimido, ventilación, redes de agua, sistemas de aire acondicionado, redes de computo, equipo de perforación de rocas, transporte y movimiento de minerales en interior mina y superficie, los equipos de proceso en planta beneficio.

La Superintendencia General de Mantenimiento tiene como responsabilidad la gestión del mantenimiento en toda la mina para lo cual tiene cinco jefaturas especializadas:

2.2.2.2 Jefatura de Mantenimiento de Planta

Su función gestionar el mantenimiento de todas las máquinas, equipos e instalaciones de la planta concentradora, ya sean mecánicos, eléctricos o electrónicos.

2.2.2.3 Jefatura de Mantenimiento Eléctrico y Energía

Se encarga del mantenimiento de los sistemas eléctricos: De generación, en superficie. De distribución primaria, transformación y distribución secundaria tanto en superficie como en interior mina. De todas las máquinas, equipos e instalaciones eléctricas de la mina. Se encarga también de la gestión del uso racional de la energía.

2.2.2.4 Jefatura de mantenimiento mecánico de mina y superficie

Realiza el mantenimiento de las máquinas y equipos que operan en interior mina y en superficie, como scooptrams, camiones, locomotoras, equipos de movimiento de tierras etc. Elabora los programas de mantenimiento, reparación de componentes mayores y overhauls. Tiene los departamentos siguientes.

A1 Departamento de mantenimiento de equipos convencionales

Realiza el mantenimiento y reparación de:

Tabla 2.1 Equipo Convencional

Equipo	Cantidad
Locomotoras a batería	14
Locomotoras a trolley	3
Lanzadoras de concreto	13
Palas neumáticas	17
Winches	120

A2 Departamento de mantenimiento de equipos de movimiento de tierras

Realiza el mantenimiento y reparación de equipos para movimiento de tierras en superficie que realizan operaciones tales como:

- El mantenimiento de carreteras y habilitación de accesos.
- Encauzamiento de ríos.

Para satisfacer esta necesidad se cuenta con una flota de:

Tabla 2.2 Equipo de movimiento de tierras

Equipo de movimiento de tierras	Cantidad
Cargadores frontales	4
Tractor de oruga	5
Rodillos vibratorios	2
Retroexcavadora sobre ruedas	2
Excavadora sobre orugas	2
Motoniveladora	1

A3 Departamento de mantenimiento de trackless

Se encarga del mantenimiento del equipo de perforación y carguío de mineral en interior mina y su acarreo a superficie para lo cual opera una flota Trackless que cuenta con:

Tabla 2.3 Equipos Trackless

Equipos trackless	Cantidad
Scooptrams	16
Dumpers	4
Jumbos	1

2.2.2.5 Jefatura de Planificación y Control del Mantenimiento.

Elabora y controla y la ejecución del presupuesto operativo anual de mantenimiento (materiales, mano de obra y servicios terceros); y de los índices de gestión de mantenimiento como son: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de todos los equipos.

2.2.2.6 Jefatura de Transportes

Se encarga del mantenimiento de los equipos auxiliares como son las camionetas, camiones grúas y plataformas.

2.2.2.7 Distribución de personal de mantenimiento mecánico.

Cuenta con una plana de 90 personas que se distribuye en interior mina y superficie, según lo señalado en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Distribución del personal de mantenimiento mecánico mina y superficie

		TOTAL PERSONAL	90
SUBSISTEMA	PUESTO DE TRABAJO	CANTIDAD	
SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS	Superintendente de Mantenimiento	1	
		SUB TOTAL	1
DEPARTAMENTO MECANICO MINA Y SUPERFICIE	Jefe de Departamento Mecánico Mina y Superficie	1	
	Asistente de Mantenimiento Mina y Superficie	1	
	Supervisor Equipos Trackless	1	
	Supervisor Equipos de Movimiento de Tierra	1	
	Supervisor Equipos de Superficie	1	
	Mecánicos Equipos Trackless	28	
	Mecánicos Equipos Convencionales	13	
	Mecánicos Equipos de Superficie	13	
		SUB TOTAL	59
DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO	Jefe de Planeamiento y Control de Mantenimiento	1	
	Planner Mantenimiento Mina y Superficie	1	
	Jefe de Transportes	1	
	Controlador de Transportes	4	
	Operadores de Equipos de Superficie	23	
		SUB TOTAL	30

2.2.2.8 Organigrama

El organigrama de la Superintendencia de Mantenimiento General se presenta en la figura 2.1.

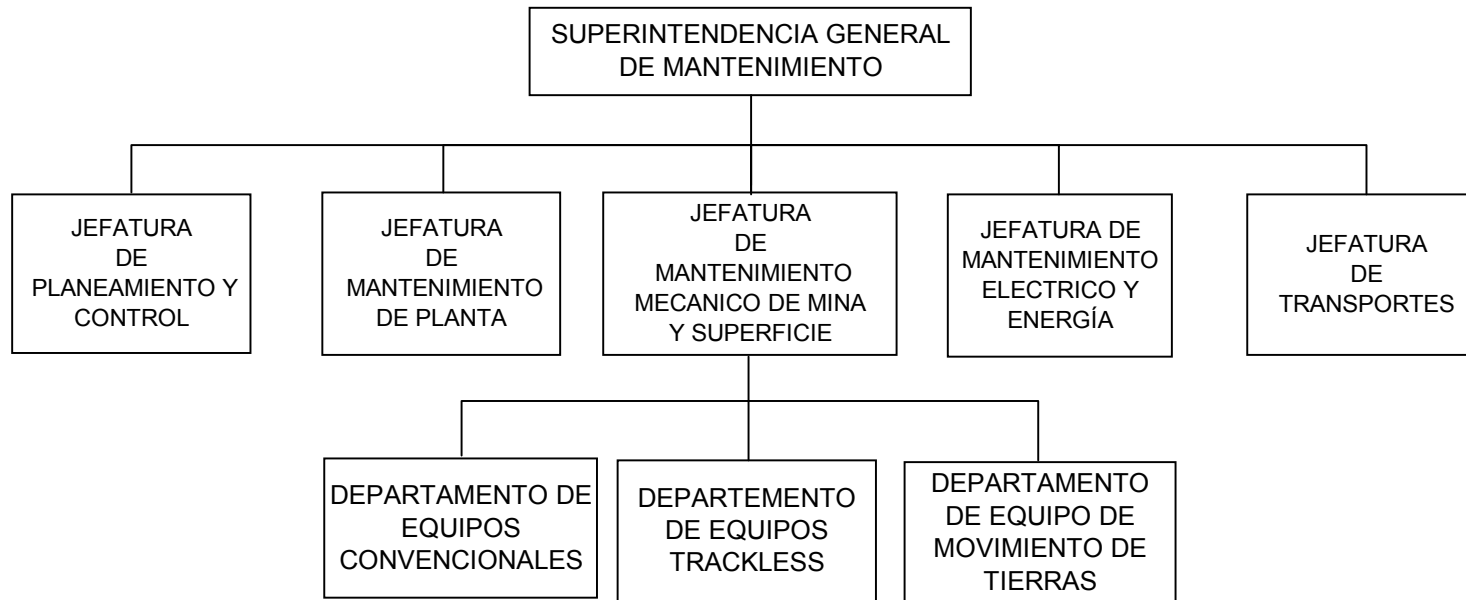


Fig. 2.1: Organigrama de la Superintendencia General de Mantenimiento.

CAPITULO 3

MANTENIMIENTO Y COSTOS DE OPERACIÓN DE FLOTA DE SCOOPTRAMS

3.1 Consideraciones generales de mantenimiento

La empresa para tener un adecuado mantenimiento ha adoptado como políticas generales de mantenimiento las siguientes:

- 1.- Todo trabajo de mantenimiento y reparación se realiza con procedimientos de trabajo seguro (PETS)
- 2.- Trabajo en equipo.
- 3.- Toda instalación nueva se efectúa por primera y única vez.
- 4.- Cada trabajador en mantenimiento es responsable de su seguridad.
- 5.- Compartir conocimientos y capacitarnos mutuamente incorporando en el personal nuevas tecnologías.
- 6.- Motivación constante en los miembros de equipo.
- 7.- Planear, ejecutar y controlar los servicios efectuados.
- 8.- Coordinación y comunicación abierta.
- 9.- Toda actividad efectuada en los trabajos de mantenimiento se debe realizar previniendo la contaminación y el cuidado del medio ambiente.
- 10.- Predisposición a servir a nuestros clientes. (Operación mina y obras civiles).

Con estas políticas se realizan todas las actividades de mantenimiento y se aplican los Programas de Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo, Programas de Overhaul y Análisis de Reemplazo de Maquinaria y Equipo.

Las actividades operativas de mantenimiento se desarrollan en base a la formulación de programas soportados por sistemas de comunicación, informáticos e indicadores de clase mundial para lo cual se cuenta con seis talleres en interior mina, los que permiten una intervención rápida y efectiva.

En cada intervención de mantenimiento se evalúa la falla teniendo en cuenta el historial del equipo, se asigna el personal técnico, se determinan las acciones correctivas y se ejecutan, para lo cual se tienen las herramientas adecuadas y un apropiado stock de repuestos de tal manera que se pueda lograr el mayor índice de operatividad.

3.1.1. Organización del departamento de mantenimiento de equipos trackless

Depende orgánicamente de la Jefatura de Mantenimiento Mecánico de Mina y Superficie. Tiene bajo su responsabilidad el mantenimiento de los equipos sobre ruedas que operan en la mina que en total son veintiún unidades:

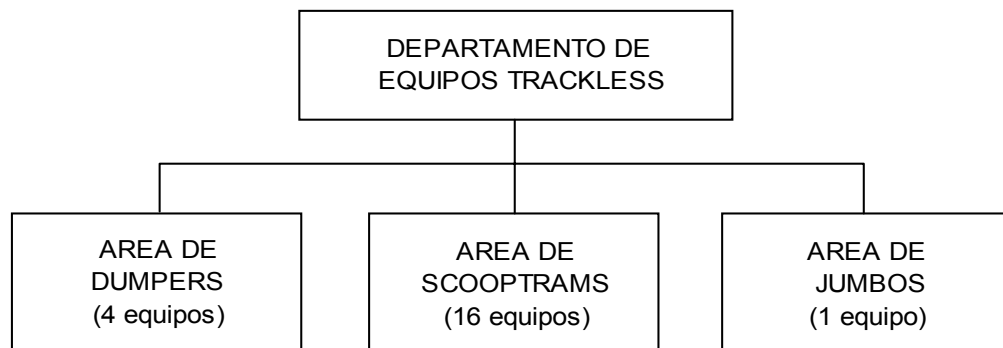


Fig. 3.1: Organigrama del Departamento de equipos trackless.

3.1.1.1 Áreas

El departamento se subdivide en las áreas siguientes

a) Área de Jumbos, Se encarga de estos equipos, utilizados para la perforación de roca en interior mina. En la actualidad se cuenta con un equipo operativo equipado con una perforadora de rocas.

b) Área de Scooptrams, Se encarga de estos equipos destinados para el carguío de rocas y limpieza de terrenos. Operan cargando el mineral en interior mina y trasladándolo a superficie, donde los depositan sobre los dumpers o directamente en una tolva de gruesos. Es el área más importante del departamento, pues tiene a su cargo 16 scooptrams.

c) Área de Dumpers, tiene a su cargo estos equipos, que son camiones de acarreo de rocas que reciben el mineral de los scooptrams y los depositan en la tolva de gruesos de la planta concentradora. Se tienen cuatro equipos operativos

3.1.1.2 Personal

El departamento cuenta con un Supervisor de equipos trackless y 28 mecánicos. De estos, veintiuno están asignados directamente a cada uno de los equipos operativos y el resto se encarga de los equipos en reparación y otras actividades como vacaciones, permisos, etc.

3.1.2 Tipos de mantenimiento

Se realizan los siguientes tipos de mantenimiento, Fig. 3.2.

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento modificativo

3.1.2.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, denominado también mantenimiento accidental o de operación hasta la falla, consiste en reparar las averías a medida que se producen con la intervención necesaria para reparar el defecto o la falla ocurrida.

El principal inconveniente de este tipo de mantenimiento, es que el operador detecta la avería cuando se necesita que el equipo funcione, ya sea al ponerlo en marcha o durante su utilización causando pérdidas por la paralización de la producción.

Sus características generales son:

- ◆ Requiere de un área de mantenimiento con bajo nivel de organización.
- ◆ Los encargados de informar de las averías producidas son los operadores y los encargados de realizar las reparaciones son el personal de mantenimiento. Es una intervención rápida, inmediatamente después de ocurrida la avería.
- ◆ Causa una discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- ◆ Incrementa los costos de mantenimiento porque a los costos de reparación se suman los costos de la producción no efectuada.

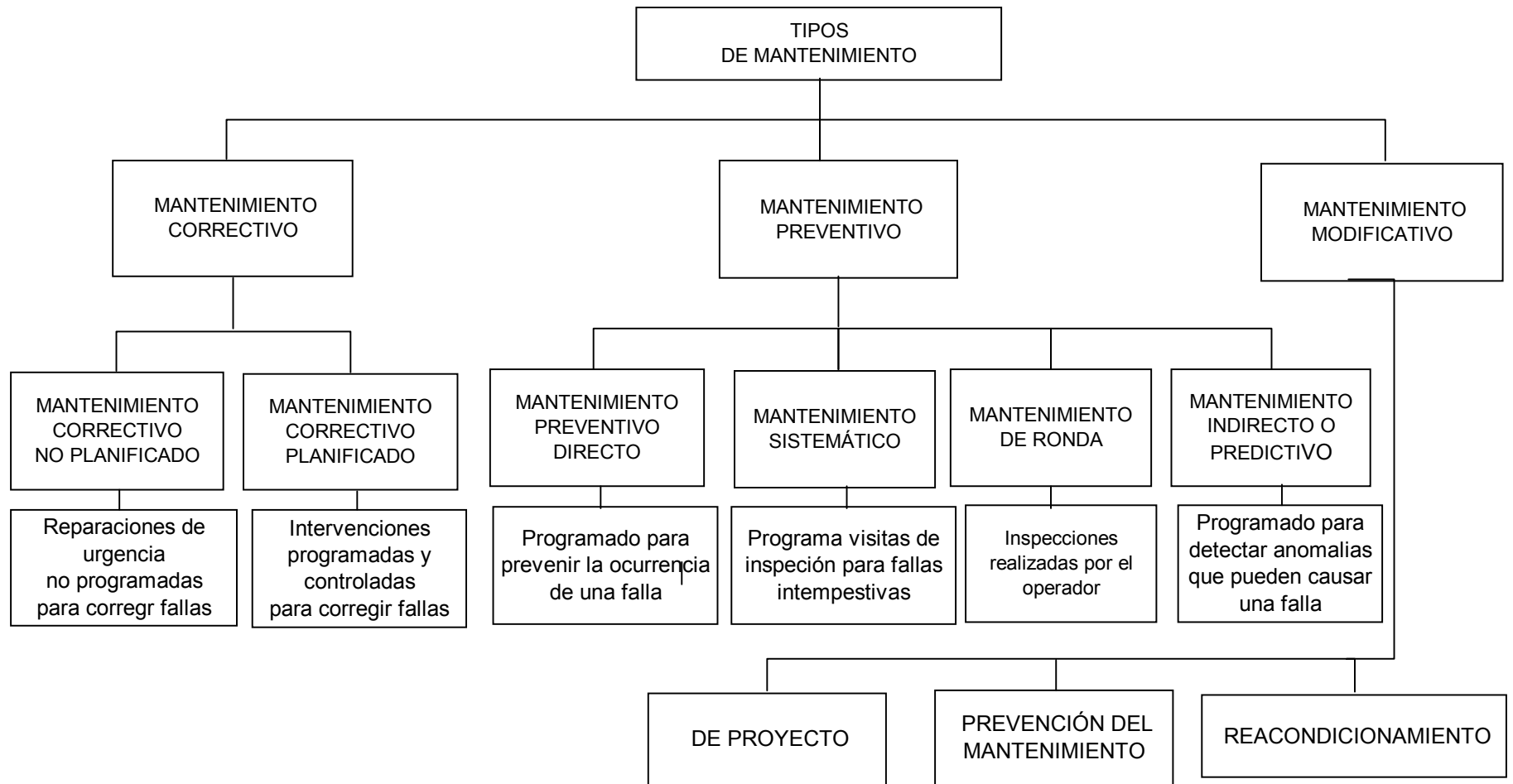


Fig. 3.2 Tipos de mantenimiento

Tiene dos formas de aplicación: un mantenimiento no planificado y otro planificado

Característica del mantenimiento correctivo no planificado

La intervención de mantenimiento se ejecuta con los recursos disponibles en el momento de la falla. Fig. 3.3.

Característica del mantenimiento correctivo planificado

La intervención de mantenimiento se planifica porque se cuenta con disponibilidad de manuales de operación y mantenimiento de máquinas, catálogos de repuestos, personal entrenado y capacitado de modo que en el momento de la falla se actué con la mayor rapidez y eficacia.

Como no se tiene ningún tipo registros de fallas no se conoce realmente el estado en que opera el equipo por lo que su ley de degradación es desconocida. El tiempo de operación sin fallas TBF1 se interrumpe sorpresivamente en el instante en que se alcanza el nivel de pérdida de función, causando una parada fortuita.

En esta situación, en que por interrumpirse la producción se considera una situación de emergencia se pueden optar por un arreglo o una reparación.

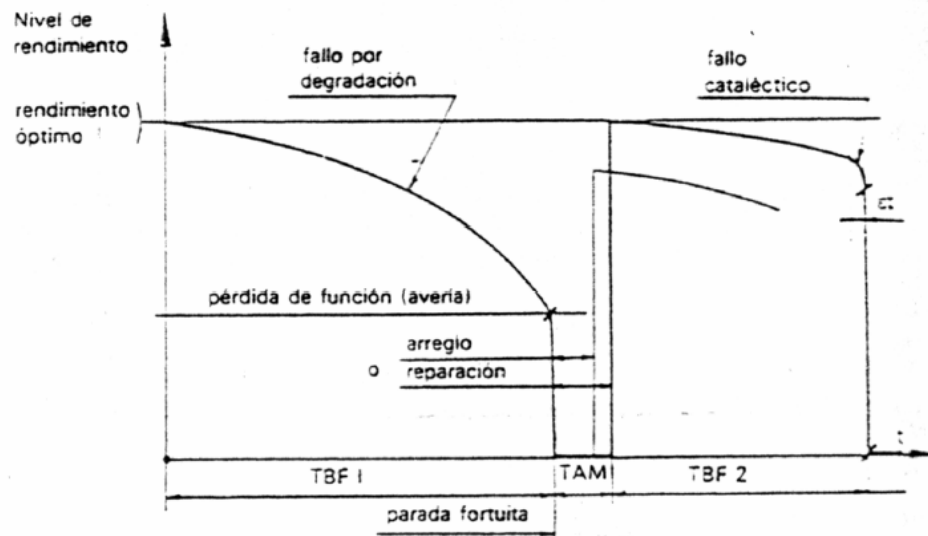


Fig. 3.3 Ley de degradación desconocida. Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo con mantenimiento correctivo y falla catacléptica (catastrófica)

Un arreglo es una intervención rápida con un tiempo de parada mínima T_{pm} que permite un funcionamiento rápido del equipo, pero sin alcanzar su nivel óptimo, como para salvar la emergencia. Funciona hasta que se produzca una nueva falla por degradación o catastrófica.

Una reparación es una intervención que requiere de un tiempo de trabajo, TAM, mayor y también tiene un mayor costo pero permite que el equipo recupere su rendimiento óptimo o un nivel muy cercano al óptimo.

3.1.2.2 Mantenimiento preventivo

Es un sistema que permite detectar y corregir las posibles fallas antes que estas se produzcan y evitar su reparación después que éstas se han producido, lo que se puede sintetizar con la expresión:

Detección precoz = Corrección preventiva

Este mantenimiento disminuye las fallas fortuitas que causan situaciones de emergencias y así permite un mayor tiempo de operación forma continua. Se aplica por etapas, pero aún cuando se aplique con la mayor sofisticación y cuidado no se logra eliminar todas las fallas fortuitas produciéndose siempre una cantidad de ellas que se consideran residuales y se producen en forma aleatoria. La primera etapa es el denominado Mantenimiento Preventivo Directo o simplemente Mantenimiento Preventivo, que se trata en este acápite, y la segunda es el Mantenimiento Sistemático, que se trata en el acápite siguiente.

3.1.2.3 Mantenimiento preventivo directo

Para el mantenimiento preventivo directo se requiere conocer con detalle las características, funcionamiento de la máquina, y sus fallas:

- Fallas por degradación, o pérdida de eficiencia.

- Fallas catalépticas o catastróficas.

Estas se deben pronosticar para un periodo de tiempo en que la máquina funcionará sin fallas y programar una parada de mantenimiento cuando se alcanza el rendimiento mínimo aceptable, inmediatamente antes de que se produzca la falla y así realizar las acciones de mantenimiento que restablezcan la eficiencia de la máquina.

Para prever que durante el tiempo previsto para operar sin fallas se presente una falla imprevista se realiza un programa de visitas de inspección para identificar las posibles causas que podrían provocar esta falla y así evitarla.

Las acciones de un programa de mantenimiento, que se representan en un gráfico de evolución de fallas en un esquema de mantenimiento preventivo, Fig. 3.4 son:

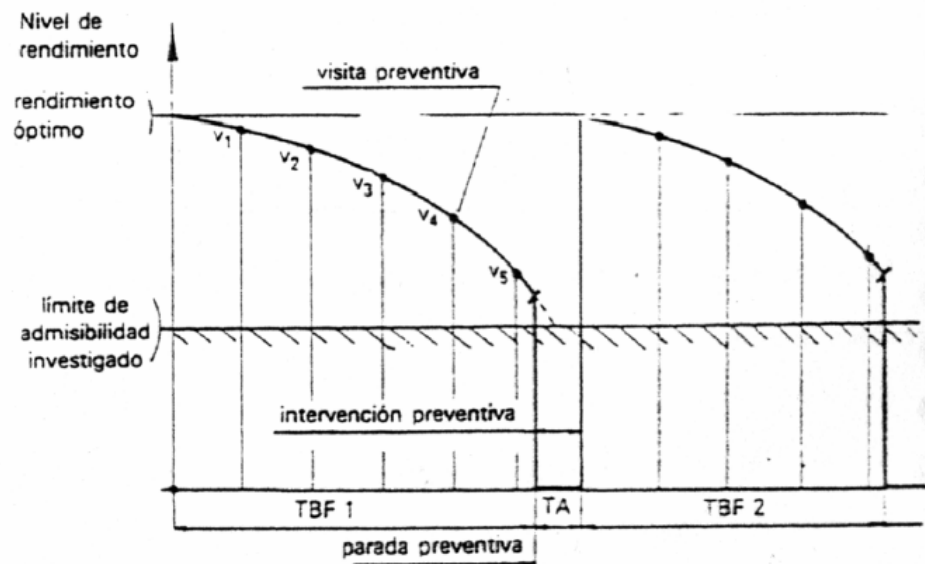


Fig. 3.4 Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo sometido a mantenimiento preventivo directo con ley de degradación investigada.

- ◆ Realizar la gestión de documentación técnica
- ◆ Establecer un nivel de rendimiento admisible de la máquina, debajo del cual su operación no es aceptable. Este puede ser horas de operación, km recorridos o toneladas de material movilizadas, generalmente recomendado por el fabricante o determinado por experiencia propia.
- ◆ Se pronostican los periodos de funcionamiento sin fallas TBF y se determinan las paradas programadas de mantenimiento TA.
- ◆ Se planifican los periodos de tiempo de las visitas de inspección preventivas V_n para identificar las causas de posibles fallas y determinar si se requiere una intervención de mantenimiento. Se determina el rendimiento real de la máquina.

- ◆ Se preparan las intervenciones preventivas para las paradas de mantenimiento programadas
- ◆ Acuerdan con el área de producción las paradas programadas

Una vez realizadas las visitas de inspección y efectuadas las intervenciones de mantenimiento pertinentes se procede a:

- ◆ Cuantificar el costo directo del mantenimiento.
- ◆ Determinar la Ley de degradación de rendimiento de la máquina.

Luego de la intervención de mantenimiento la máquina no llega a alcanzar su rendimiento óptimo original, logrando uno muy cercano a él y se repite un nuevo ciclo con un nuevo TBF generalmente es menor que el anterior. Al repetirse los ciclos se va reduciendo el rendimiento y aumentando las fallas hasta llegar a la obsolescencia.

El mantenimiento preventivo consta de:

- Un sistema planificado de visitas e inspecciones periódicas, cíclicas y programadas, cuyo objetivo es obtener información sobre el comportamiento de los equipos y materiales y las fallas
- Un servicio de trabajos de mantenimiento

En general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima de relaciones humanas, porque los problemas, crean tensiones entre las personas.

3.1.2.4 Mantenimiento Sistemático

Se define, según la Norma AFNOR X 60-10 como el mantenimiento efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo de operación o el número de unidades fabricadas, con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos

Se considera la segunda etapa del mantenimiento preventivo porque para su aplicación requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, y requiere de datos históricos del comportamiento de los materiales y las fallas de cada equipo de un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado como para realizar estudios estadísticos y determinar los tiempos óptimos de intervención antes que se produzca una nueva falla. Todos estos conocimientos se adquieren en la primera etapa del mantenimiento preventivo. La curva del mantenimiento sistemático tiene una ley de degradación prevista, Fig. 3.5:

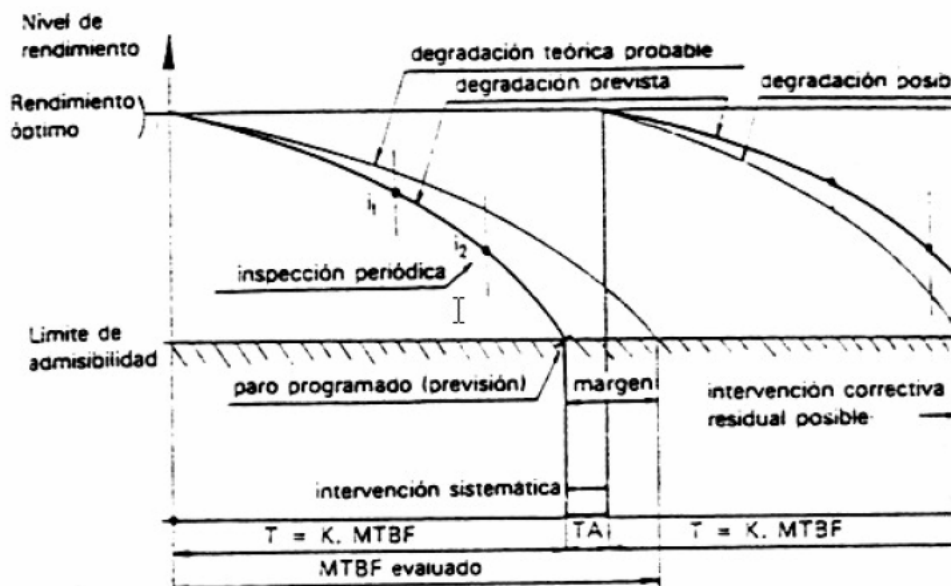


Fig. 3.5 Ley de degradación conocida. Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo con mantenimiento sistemático con ley de degradación conocida.

El mantenimiento sistemático requiere una correcta metodología para determinar el periodo de intervención antes que se produzca la falla porque si la intervención se retrasa y se produce la falla entonces el mantenimiento sistemático deja de ser eficaz y en la práctica se convierte en mantenimiento correctivo con la pérdida de las ventajas y aumento de costos correspondientes.

3.1.2.5 Mantenimiento de ronda

Es un mantenimiento en el que se realiza una vigilancia con operaciones frecuentes pero de duración limitada. Generalmente comprende la lubricación, controles de presión, de temperatura o algunos test de referencia. Este tipo de mantenimiento lo realizan generalmente los operadores de los equipos y máquinas.

3.1.2.6 Mantenimiento condicional o predictivo

El mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros de operación de la máquina y asociarlos a la evolución de fallos para 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.

Una de las características más importantes de este de mantenimiento es que su aplicación no altera el funcionamiento normal del equipo o la planta. La inspección de los parámetros se realiza de forma periódica o continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de equipo o planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

La curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas, Fig 3.6 es:

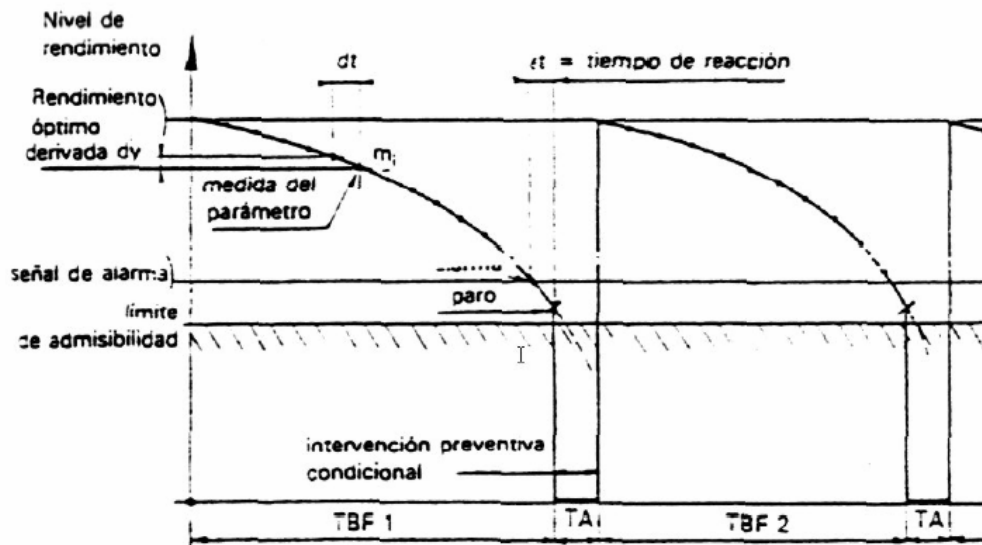


Fig. 3.6 Ley de degradación innecesaria

Algunas ventajas del mantenimiento predictivo son:

- ◆ Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente cual órgano falla.
- ◆ Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- ◆ Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- ◆ Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- ◆ La verificación del estado de la maquinaria, realizada de forma periódica o 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 tomar decisiones sobre la paralización de una línea de máquinas en momentos críticos.
- ◆ Por ultimo garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

Algunos de los objetivos del mantenimiento predictivo son:

- Arreglar un equipo cuando se sabe que presenta un fallo sin interferir con los equipos que funcionan bien.
- Establecer con precisión las tendencias, en el tiempo, de los fallos que se empiezan a desarrollar y planificar las operaciones de mantenimiento de tal manera que coincidan con paralizaciones programadas de la planta.
- Reducción de los tiempos muertos.
- Reducción de los inventarios.
- Reducción de tiempos extras de trabajo de mantenimiento.
- Reducción de compras urgentes de repuestos

Lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos por los departamentos encargados de mantenimiento.

Las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados son:

- 1) Análisis de Aceite.
- 2) Termografía (análisis infrarrojo).
- 3) Análisis de vibración.
- 4) Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- 5) Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- 6) Monitores de tonelaje.
- 7) Inspección mediante partículas magnéticas.
- 8) Inspección por ultrasonido.
- 9) Inspección Radiográfica.
- 10) Inspección mediante líquidos penetrantes.

3.1.2.7 Mantenimiento modificativo

Se modifican las características de diseño de una instalación con sistemas, equipos y máquinas estándar, para lograr mayor fiabilidad o mantenibilidad y para facilitar y reducir su costo de mantenimiento.

Se puede realizar en tres momentos de la vida de los equipos:

- ◆ Antes del funcionamiento por primera vez. Durante el diseño se analizan sus operaciones para prevenir posibles fallas futuras de componentes que puedan causar problemas mantenimiento que se puedan atribuir a factores de diseño. Para eliminar o reducir las causas de estos problemas se pueden realizar modificaciones del diseño. Se considera un mantenimiento a nivel de proyecto.
- ◆ La segunda oportunidad se puede presentar durante su vida útil. Cuando el análisis de las fallas producidas hasta ese momento demuestra que sus causas son atribuibles a factores de diseño y se determina que se pueden realizar modificaciones del diseño para que no se vuelvan a producir. Como supone la eliminación de la posibilidad de ocurrencia de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- ◆ La tercera y última oportunidad se presenta cuando la máquina se acerca o alcanza el fin de su vida económica. En este caso se le reconstruye para obtener un tiempo adicional de operación económica. La reconstrucción puede tener dos propósitos. Uno es que la máquina recupere el 100 % de sus características operativas originales y otro es que la máquina, además de recuperar sus características originales mejore algunas de ellas.

Las modificaciones se pueden realizar para mejorar tanto el rendimiento de su producción como su mantenimiento, en éste último caso reduciendo la frecuencia de fallas o aumentando la rapidez de su reparación.

Su ventaja es que obtiene una máquina con mayor fiabilidad y mejor adaptada a la operación que realiza. En términos económicos puede significar lograr mayor producción a menor costo.

La aplicación de este mantenimiento debe ser regulada y adaptada a la realidad de cada empresa porque requiere de un trabajo conjunto de varias de sus áreas. El área de producción debe tener un conocimiento detallado de la relación entre las máquinas y los procesos que realizan, el área de mantenimiento debe conocer las fallas, las causas que las producen y sus consecuencias económicas. Además se debe contar con un área de ingeniería con capacidad suficiente para efectuar los diseños técnicos y evaluaciones económicas, supervisar la ejecución de las modificaciones y realizar las pruebas necesarias. El mantenimiento modificativo es óptimo, pero tiene la dificultad que muchas empresas no tienen la capacidad tecnológica requerida para realizarlo.

3.1.3 Planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento se realiza teniendo en cuenta:

- Documentación, archivos y registros técnicos de equipos.
- Monitoreo de la gestión del mantenimiento.
- La infraestructura y condiciones medio ambientales para llevar a cabo la gestión de mantenimiento

3.1.4 Adquisición y registro de datos

La ejecución de los programas de mantenimiento requiere del manejo de grandes volúmenes de datos que se deben captar, almacenar procesar y actualizar permanentemente.

Esto exige formas rápidas y seguras para el tratamiento de la información de los datos de las fallas, reparaciones, sustituciones de partes de los componentes de los equipos y los costos correspondientes de modo que se pueda conocer e interpretar la información relacionada con el mantenimiento de cada equipo en forma individual o de un conjunto de máquinas, equipos o instalaciones.

Cualquier organización de mantenimiento es tan buena como lo es su archivo de información porque de él depende que se pueda saber: ¿Cómo se pueden calcular los costos y cargarlos a la cuenta correcta? ¿Cuándo fue la última vez que el equipo se averió? ¿Cuáles son los componentes más usados para disponer de ellos en el almacén? ¿Cuántas horas de sobre tiempo se ha trabajado en el mes anterior? ¿Necesita la mano de obra aumentarse o disminuirse? ¿Cómo se podría manejar adecuadamente la organización?

Sin un archivo que tenga registros adecuados y claros es imposible responder exactamente algunas de las preguntas anteriores. Aún contando con un buen archivo, donde se tienen grandes volúmenes de información, se puede demorar un tiempo obtener los datos para dar una respuesta exacta, a menos que estos sean archivos informáticos. El computador se usa para controlar las actividades de la organización de mantenimiento con un software que puede manejar muchos registros, algunos de los cuales son:

- 1.- Programa de trabajo semanal.

- 2.- Generación de cualquier orden de trabajo necesitada.
- 3.- Reportes de estado de cualquier trabajo en marcha.
- 4.- Programación de todas las inspecciones, mantenimientos y reparaciones.
- 5.- Recuperación instantánea de todas las órdenes de trabajo registradas.
- 6.- Registro de la historia de los vehículos y equipos.
- 7.- Tiempo promedio entre fallas.
- 8.- Llamado instantáneo de cualquier reporte de análisis de falla.
- 9.- Análisis entre el Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Predictivo.
- 10.- Inventario de la máquina.

3.1.5 Indicadores

Algunos de los indicadores de mantenimiento importantes son:

CONFIABILIDAD

La Confiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas, por lo que puede variar entre 0 (que indica la certeza de falla) y 1 (que indica la certeza de buen desempeño). La probabilidad de falla está necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas suministra otra medida del desempeño de los sistemas, con el Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) definido como.

$$MTBF = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de operación}}{\text{N}^\circ \text{ de paradas correctivas}} \quad (3.1)$$

MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, con la condición que su mantenimiento se realice de acuerdo con metodologías y recursos predeterminados.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza a una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad para realizarle mantenimiento. Depende de su diseño y se expresa en términos de frecuencia, duración y costo. Se asocia al Tiempo Promedio para Reparar (MTTR), que es:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{\text{Nº de reparaciones correctivas}} \quad (3.2)$$

DISPONIBILIDAD (A)

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. La disponibilidad depende de:

- ◆ La frecuencia de las fallas.
- ◆ El tiempo que nos demande reanudar el servicio.

Si se consideran HL horas laborables de la empresa, PP horas de paradas programadas para mantenimientos preventivos, incluyendo las reparaciones programadas u overhauls y PR horas de paradas por reparaciones o mantenimientos no programados, la Disponibilidad A resulta:

$$A = 100 \left(\frac{HL - PP - PR}{HL} \right) \quad (3.3)$$

No se incluyen las horas de paradas causadas por huelgas, o suspensión de la producción por caída de la demanda. Se considera que la disponibilidad debe ser mayor a 85%.

También se define una disponibilidad que depende sólo del diseño del equipo denominada Disponibilidad Inherente, A_i que se expresa como:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3.4)$$

3.2 Mantenimiento de un scooptrams

3.2.1 Descripción de scooptrams disponibles

Un scooptram es un vehículo trackless de bajo perfil, para carga y acarreo de minerales, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio:

En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angostos, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones.

Son túneles estrechos, sin espacio lateral para realizar giros a 180°, del cual derivan galerías perpendiculares al eje del túnel, con cambios de dirección a 90° con cortos radios de curvatura que dificultan el desplazamiento aún para vehículos pequeños.

Los scooptrams están diseñados para operar en estas condiciones por lo que tienen las siguientes características:

- Son de dimensiones pequeñas, Fig.3.7, relativamente angostos y de baja altura para poder ingresar a los túneles. Esta última característica es la que les da el nombre de “bajo perfil”.

- Tienen un cucharón articulado para recoger y cargar una cantidad relativamente grande de material
- Pueden desplazarse en reversa con la misma facilidad con la que avanzan, lo que les permite ingresar y salir de túneles angostos o sin espacio para girar. Simplemente retroceden.
- Tienen ruedas con neumáticos, lo que les permite desplazarse en cualquier dirección, es decir no está limitado a recorridos de rieles o troles.

Los scooptrams se utilizan para

- Cargar una cantidad grande de material
- Transportar el material a un área específica.
- Descargar la carga en un área específica o en un camión.

Los scooptrams cumplen estas labores en interior mina y en superficie. Fig. 3.8, generalmente transportan mineral de las galerías de interior mina a superficie.

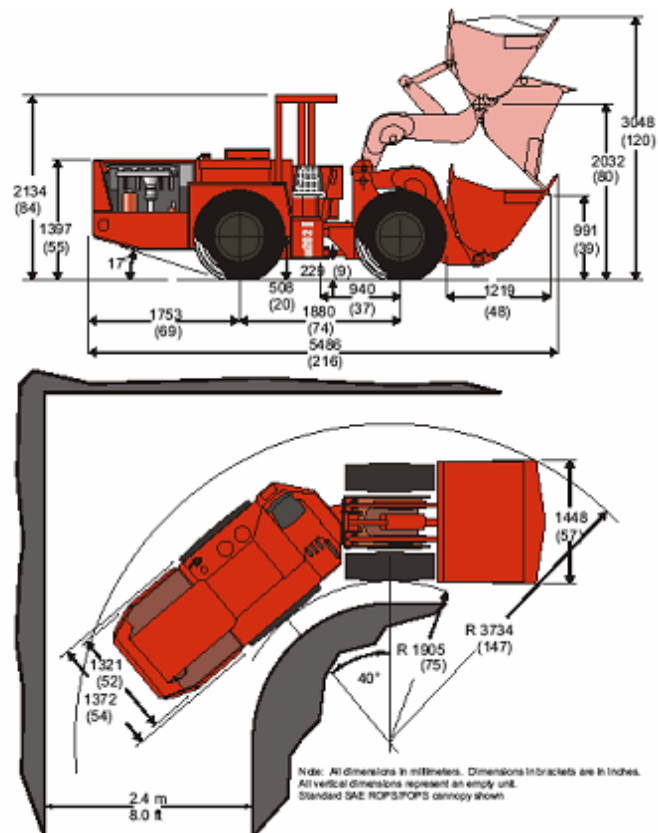


Fig.3.7 Dimensiones típicas de un Scooptram.



Fig.3.8 . Scooptram operando en superficie

Principio de funcionamiento de un scooptram

El motor diesel (1) es el motor primo que suministra toda la potencia al scooptrams a altas rpm. Su eje de salida se acopla al convertidor de torque (2), donde reducen las rpm y se aumenta el torque en el eje de salida del convertidor (3) que transmite la potencia por el cardan del eje de entrada (4) a la transmisión (5) la que puede operar con seis marchas, tres marchas adelante y tres marchas atrás. Las relaciones de marcha se seleccionan con un mecanismo de cambio manual, que actúa sobre la válvula de control de los embragues de la transmisión.

El eje de salida de la transmisión (6) transmite la potencia, por medio de los cardanes a los dos diferenciales (7), uno delantero y uno trasero. En cada uno de ellos el piñón de ataque y corona de cada uno transmiten la potencia a los ejes flotantes (8) y ruedas traseras y delanteras (9).

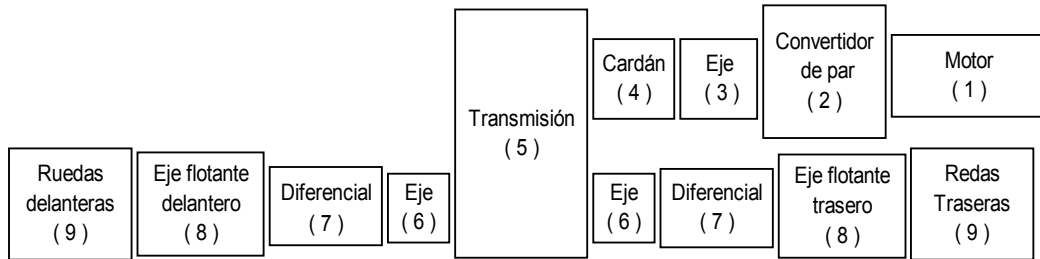
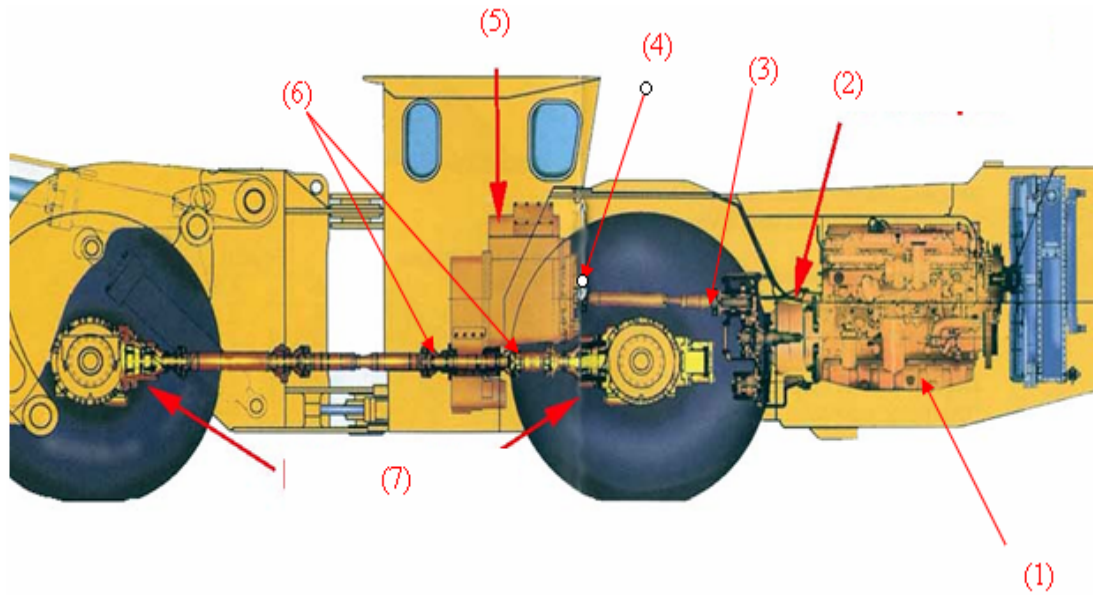


Fig. 3.9 Componentes principales del accionamiento de un scootram

3.2.2 Componentes sometidos a mantenimiento

3.2.2.1 Motor diesel

Los scooptrams de la empresa están equipados con motores diesel de marca Deutz cuyas características principales son:

- Modelo estándar para uso automotriz
- Alta velocidad de giro

Construcción básica

El motor se puede dividir en:

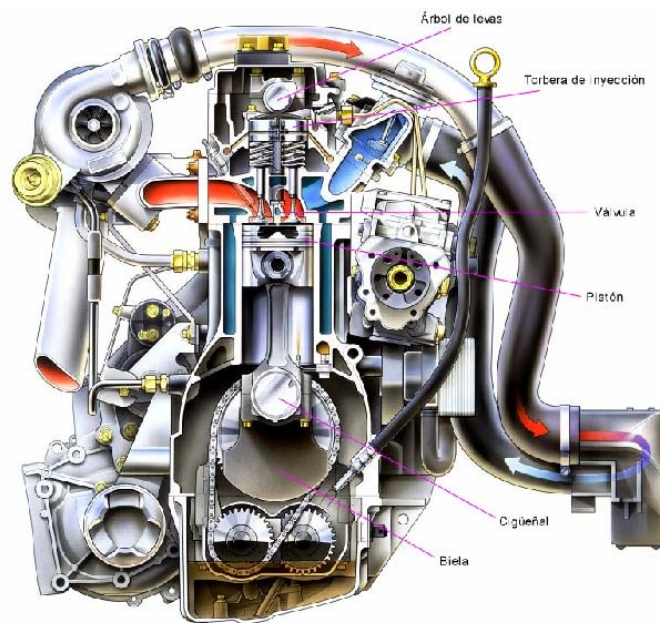


Fig. 3.10 Cuerpo principal del motor

A.- CUERPO PRINCIPAL DEL MOTOR

Conformado por las siguientes partes:

Bloque de Cilindros, forma la estructura del motor. En su parte interior se ubican los cilindros y en la inferior el cigüeñal. Sirve de soporte a los otros componentes del motor.

Culata de Cilindros, es la tapa superior del bloque de cilindros que tiene tantos agujeros como cilindros, alineados de modo que con cada uno de ellos forma una cámara de combustión. Sirve de soporte el mecanismo de accionamiento de las válvulas de admisión y escape.

Pistones, que se ubican en el interior de los cilindros y forman la pared inferior móvil de la cámara de combustión. Durante el funcionamiento del motor estos reciben la presión generada por la combustión del combustible y se desplazan alternativamente de arriba hacia abajo en los cilindros repetidamente accionando las bielas.

Bielas, estas transmiten la fuerza recibida de los pistones al cigüeñal. Los engranajes de distribución y la correa de distribución mueven al eje de levas.

Cigüeñal, es un eje que convierte el movimiento alternativo de las bielas en el movimiento rotatorio del eje de salida.

Mecanismo de Válvulas, que abre y cierra de manera coordinada las válvulas de admisión y escape del motor.

Volante del Motor, que absorbe el efecto de los impulso de los pistones y uniformiza la rotación del eje de salida del motor.

Cárter de Aceite, es la tapa inferior del bloque de cilindros que forma un compartimiento que almacena y recolecta el aceite que circula por el motor.

B.- EQUIPAMIENTO DE ACCESORIOS.

Los más importantes accesorios del motor y sus funciones son:

Equipo de Lubricación, cuyo componente principal es la bomba de aceite que hace circular el aceite que lubrica las superficies de las partes metálicas móviles del motor,

Equipo de Enfriamiento, formado por el radiador, el ventilador, la bomba de agua, las mangueras y ductos de circulación de agua instalados en circuito cerrado. Su función es refrigerar el motor y evitar que alcance temperaturas peligrosas. La bomba de agua impulsa el agua fría que proviene del radiador y la hace circular por el exterior de los cilindros, donde se calienta, y pasa por el radiador, donde una corriente de aire frío del ventilador la enfría y luego la bomba de agua la hace recircular nuevamente.

Equipo de Combustible, cuyos principales componentes son la bomba de inyección y los inyectores de combustible. Su función es suministrar la cantidad necesaria de combustible para la operación del motor según su régimen de funcionamiento.

Equipo de Admisión y Escape, formador por la admisión de aire y sus filtros de aire y el tubo de escape. El de admisión tiene la función de captar el aire atmosférico y filtrarlo para que llegue en forma apropiada al motor. El de escape elimina los gases de la combustión al exterior.

Equipo de Carga, formado por un generador eléctrico de corriente continua. Su función es mantener la carga óptima de la batería.

Equipo de Arranque, este gira el arrancador y arranca el motor.

Equipo de elevación de potencia, formado por un turbocompresor, que es una turbina a gas acoplada a un compresor de aire. La turbina opera con los gases calientes de escape del motor e impulsa el compresor, que eleva la presión del aire proveniente del equipo de admisión de aire y lo suministra a presión a la cámara de combustión de los cilindros.

C - Nomenclatura de motores usados en scooptrams.

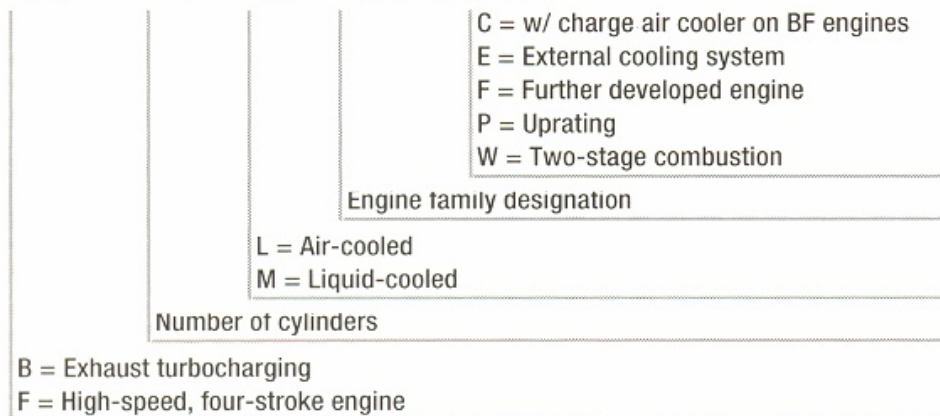
Los motores se designan por un código que indica sus principales características tanto operativas como constructivas. Este código lo elabora cada fabricante, pero en general se detallan los siguientes datos:

Modelo/Número de cilindros/Sistema de enfriamiento/Otras características.

Para el caso de los motores DEUTZ, el código del motor se ilustra tomando como ejemplo el motor **BF4M1013ECP**.

① Model designation for DEUTZ engines by use of codes:

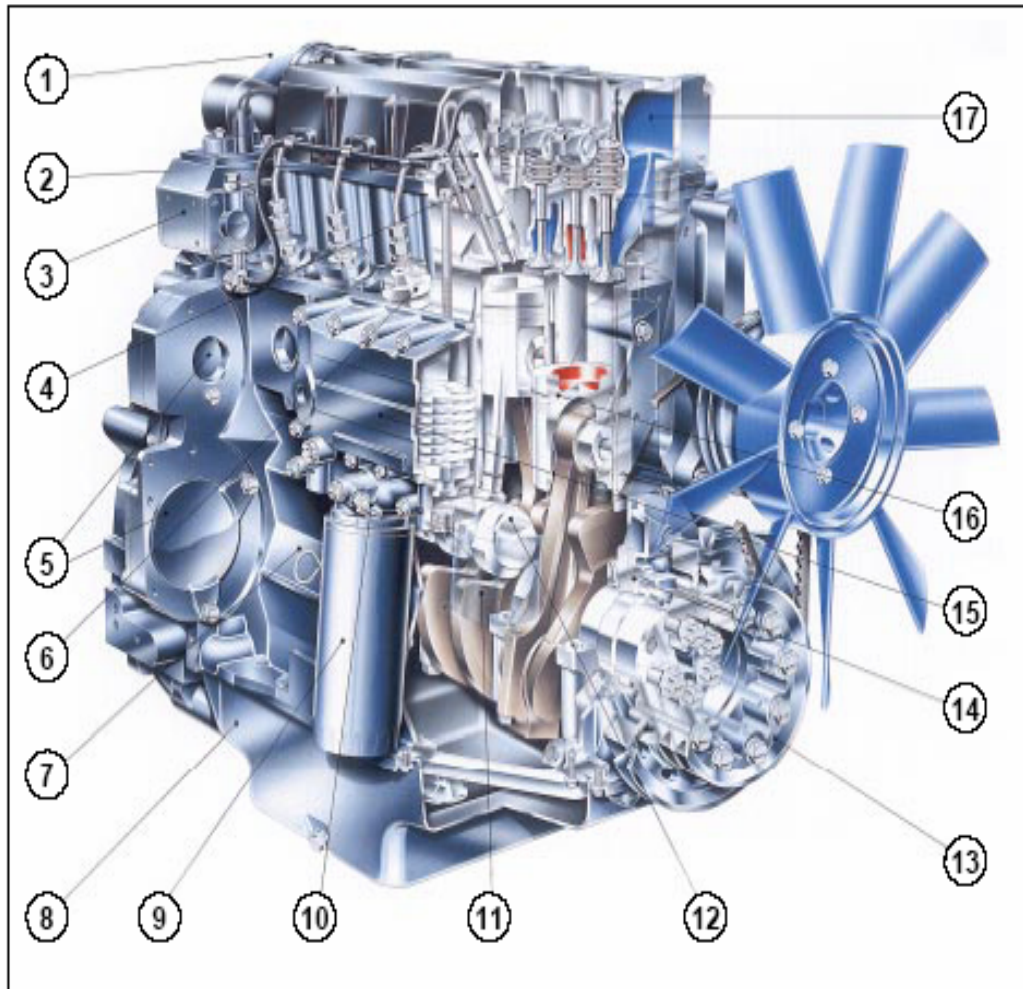
BF 4 M 1013 ECP



La relación teórica aire/combustible necesaria para la combustión es de 15 gramos de aire por cada gramo de combustible. Al utilizar esta relación en un motor diesel

hay humo en el escape, para evitarlo se utiliza una relación práctica de 18 gramos de aire por cada gramo de combustible.

Las principales componentes de estos motores se muestran en la figura 3.11.



- | | |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 - Turbocompresor de gases de escape. | 10 - Interruptor de presión de aceite. |
| 2 - Inyector. | 11 - Filtro de combustible. |
| 3 - Regulador de velocidad. | 12 - Arbol de levas con levas de bomba. |
| 4 - Bujía de espiga de incandescencia. | 13 - Polea para correa trapezoidal. |
| 5 - Alojamiento bombas hidráulicas. | 14 - Bomba de aceite. |
| 6 - Bomba individual de inyección. | 15 - Refrigerador de aceite. |
| 7 - Varilla medidora nivel de aceite. | 16 - Embolo con cámara de combustión. |
| 8 - Cárter de aceite. | 17 - Tubería de aire de sobrealimentación. |
| 9 - Filtro de aceite. | |

Fig. 3.11 Componentes de un motor Deutz

3.2.2.2 Convertidor de torque

Es un dispositivo hidrodinámico de transmisión de potencia que permite arranques graduales y frecuentes sin producir choques, así como un aumento del torque de salida que puede ser hasta 2,5 veces el torque de entrada producido por el motor durante el arranque y la aceleración.

Está formado por un impulsor conectado al eje de entrada, ubicado frente a una turbina, conectada al eje de salida y un estator fijo. Fig. 3.12.

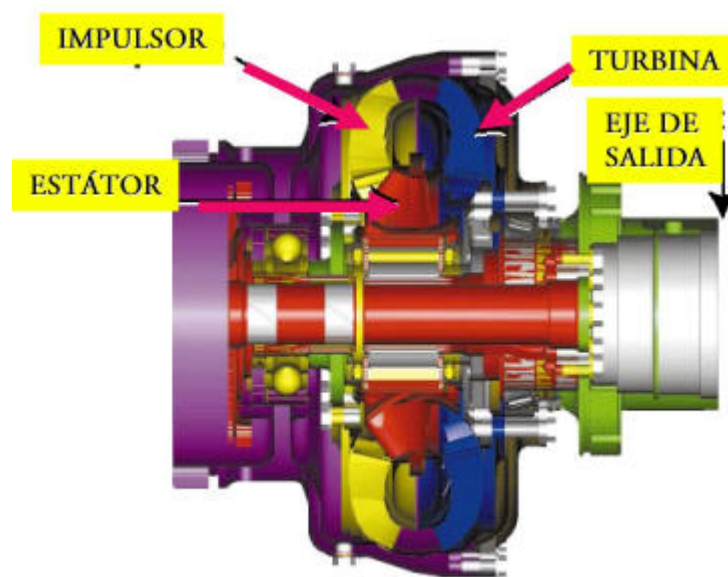


Fig.3.12 Convertidor de torque

Como el convertidor contiene aceite, este llena los espacios que existen entre los alabes del impulsor y la turbina. Al girar el impulsor, la fuerza centrífuga lanza este aceite hacia su periferia, de donde es dirigido a los espacios correspondientes de la turbina conducida donde el aceite se desplaza de la periferia al centro, pasa por los alabes del estator y vuelve nuevamente al impulsor formando un circuito cerrado.

Cuando el convertidor está transmitiendo una potencia y aumenta la carga en el eje de salida de la turbina, ésta reduce su velocidad de giro pero como la

potencia que transmite es la misma, al reducirse la velocidad aumenta el torque de salida En el scooptrams se ubica entre el motor y la transmisión

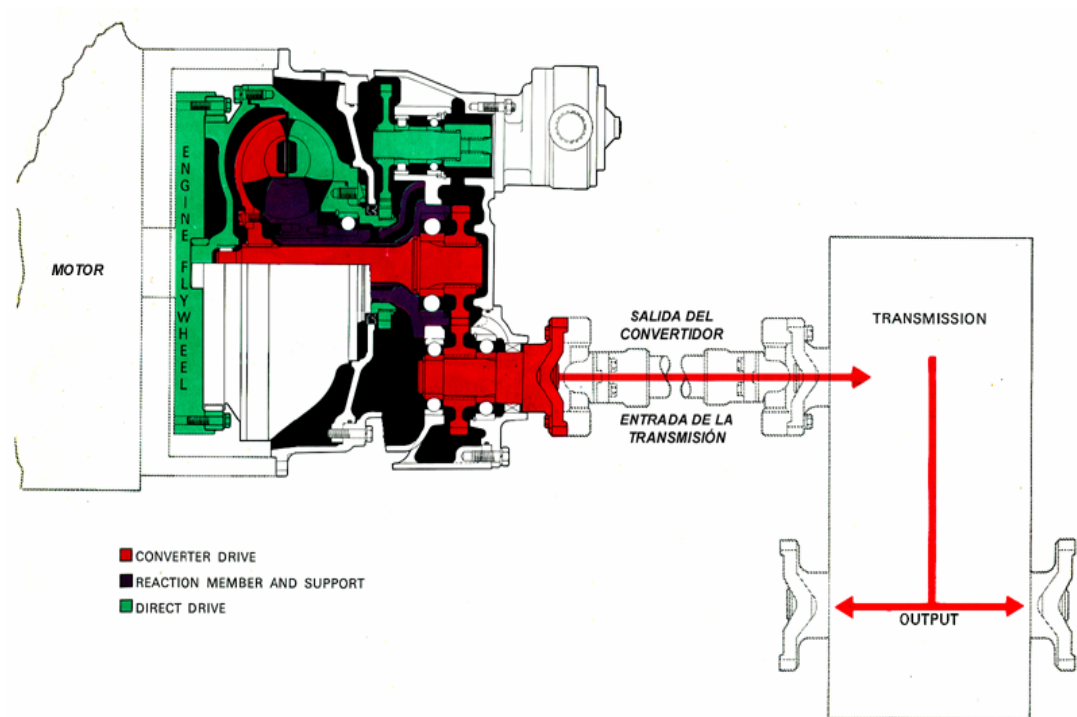


Fig. 3.13 Esquema de convertidor de torque

Los componentes principales del convertidor y sus materiales son:

- A..Impulsor . Construido en aluminio
- B..Turbina construida en aluminio
- C..Estator construido en acero
- D..Carcasa giratoria hecha de fundición
- E..Carrier o soporte construido de acero
- F..Eje de salida construido de acero.

3.2.2.3. Transmisión

Es una caja de cambios intermedia entre el motor y las ruedas de tracción del vehículo que recibe la potencia del motor y la transmite a diferentes regímenes

de par y velocidad de giro a las ruedas de tracción. También permite detener el vehículo sin apagar el motor.

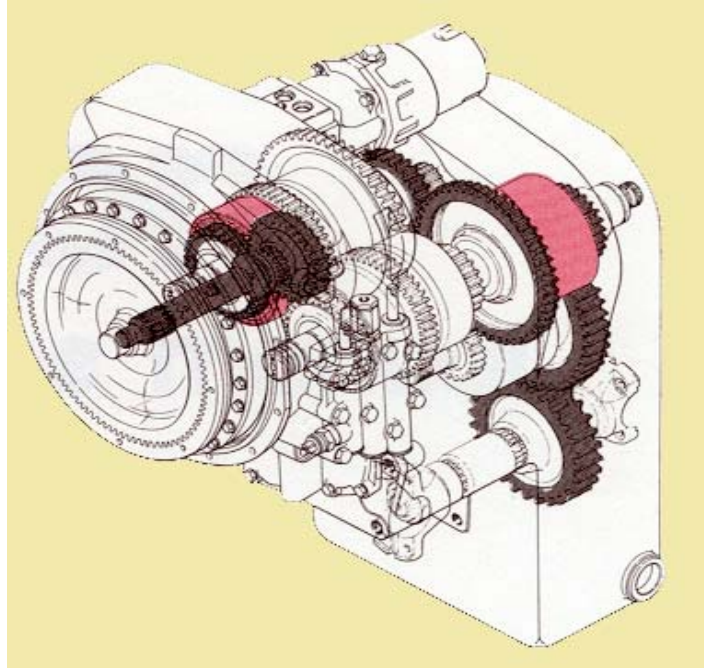


Fig. 3.14 La transmisión

Tiene un tren de engranajes, ejes, y embragues, que ofrecen tres ventajas.

1º No hay que tener trabajando constantemente la máquina mientras el motor esté funcionando. Basta poner la caja de cambios en punto muerto para que el motor siga girando aunque el vehículo esté totalmente detenido.

2º Cuando se necesitan una potencia y par motor grandes, por ejemplo, para subir con carga pesada, en la caja de cambios se tiene una relación de desmultiplicación elevada o primera velocidad.

3º Cuando se necesita velocidad se tiene una relación de desmultiplicación baja o marcha directa.

Hay muchos tipos de cajas de cambio. Unas tienen los engranajes deslizantes de desplazamiento sincronizado, y el embrague mecánico de fricción.

Un tipo de cajas de cambios automáticas, utilizan cintas de embragado con un regulador que controla la velocidad, la carga y dirige el aceite hidráulico a aquellas cintas de embrague que proporcionan la mejor relación de desmultiplicación para el trabajo que se está realizando. Los engranajes no deslizan, sino que están siempre engranados. Para suavizar el proceso, este tipo de transmisión toma su potencia de un acoplamiento hidráulico.

Las cajas de cambio "Power-Shift", usadas por los scooptrams son parecidas a una caja de cambios automática porque los engranajes están constantemente engranados pero en este caso lleva discos de embrague hidráulicos accionados por el conductor, no utilizan ningún tipo de regulador mecánico. La potencia procede de un convertidor de par.

3.2.2.4 Diferenciales

El objeto de un diferencial es el de tener igual potencia en ambas ruedas durante el recorrido normal y permitir que las ruedas giren a distintas velocidades cuando la máquina efectúe un giro. Fig. 3.15.

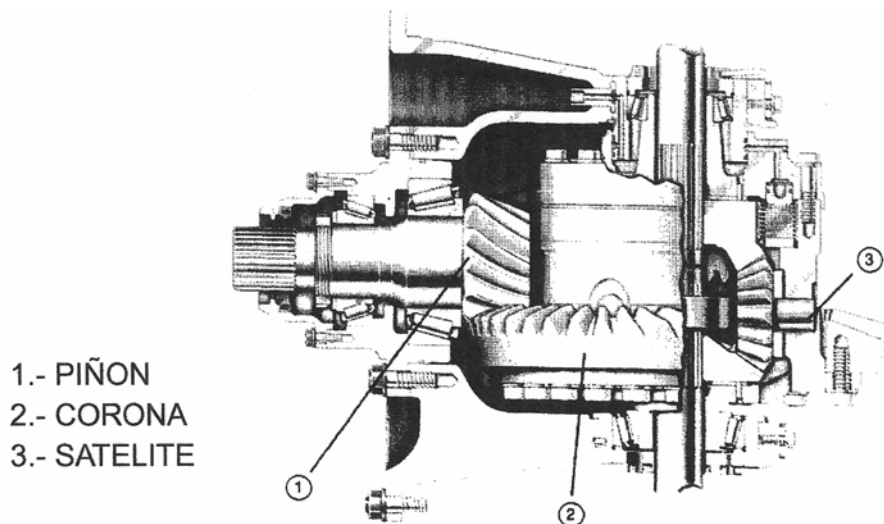


Fig. 3.15 Diferencial

Los componentes de un diferencial son:

1. Piñón de ataque
2. Corona.

3. Satellite
4. Semi-caja del diferencial
5. Conjunto de crucetas, que comprenden la cruceta y los piñones satélites.
6. Piñones planetarios, Con diámetro interior acanalado, para alojamiento de los extremos acanalados de los semiejes.
7. Arandelas de empuje, entre los piñones planetarios y las semi-cajas de diferencial
8. El cárter del piñón de ataque, atornillado al cárter del eje.

La corona va unida a la semi-caja del diferencial donde se aloja el conjunto de crucetas. Por lo tanto, al girar el piñón de ataque, hace que gire la corona, la cual a su vez, hace girar el conjunto diferencial como una sola unidad.

Los piñones satélites de la cruceta giran con las crucetas pero tiene libertad de giro sobre su propio eje cuando es necesario.

Los engranajes solares del mando final están conectados a los ejes mediante estrías. Al girar los ejes, los engranajes planetarios, montados en el cárter del tren planetario, están forzados a girar alrededor de la corona dentada transmitiendo rotación al cárter del tren planetario y a la rueda al cual está empernado.

3.2.2.5 Sistema de frenos

Desde la invención de la rueda, el hombre ha estado intentando desarrollar la mejor manera de controlar la velocidad de la rueda.

Las funciones del freno son:

- ◆ Controlar la velocidad del Scooptram
- ◆ Detener el Scooptram
- ◆ Ellos convierten la fricción lentamente a energía térmica para detener el scooptram.

En un scooptram, en el motor se transforma la energía química del combustible en calor, y luego sus sistemas mecánicos lo transforman en energía de movimiento (energía cinética). Al detenerse el scooptrams reduce su velocidad por acción de los frenos donde por efecto de la fricción la energía cinética se transforma nuevamente en calor y se disipa en la atmósfera.

Constitución de los sistemas de frenos

Los sistemas de frenos tienen los siguientes componentes:

- Un sistema de accionamiento: hidráulico, neumático o mecánicos.
- El sistema de freno, tambor y zapata de freno que pueden ser tipo zapata de expansión, frenos de tambor, los frenos de disco, etc.
- El sistema del control para aplicar el freno

Frenos neumáticos

En el sistema de freno neumático los frenos se accionan con aire a presión que actúan sobre diafragmas posicionados por resortes y unidos al accionamiento mecánico de las zapatas.

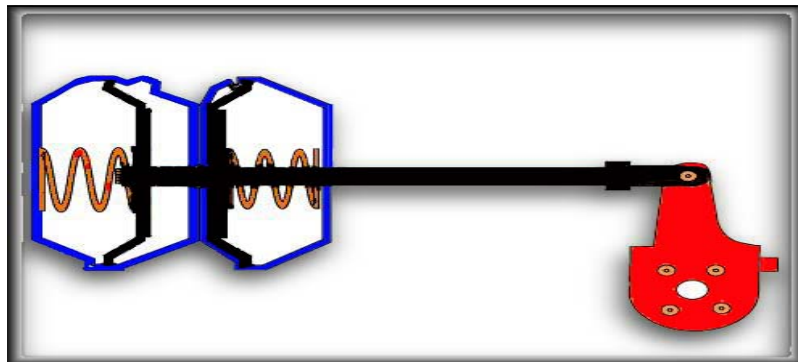


Fig. 3.16 Freno neumático

El aire a presión lo suministra permanentemente una compresora y lo almacena en grandes volúmenes. Esto le da la ventaja de que una fuga pequeña no causa una pérdida de frenado. Estos frenos se usan en equipo pesados de gran tamaño

Frenos hidraulicos

Los vehículos modernos usan frenos hidráulicos. En este tipo de sistemas se sustituyen los cables y varillas con las líneas de líquido-rellenado y mangueras. El pedal acciona un pistón en una bomba principal que presuriza el líquido dentro de las líneas y mangueras. La presión fluida dentro de cada cilindro de la rueda fuerza las almohadillas contra el rotor o tambor.

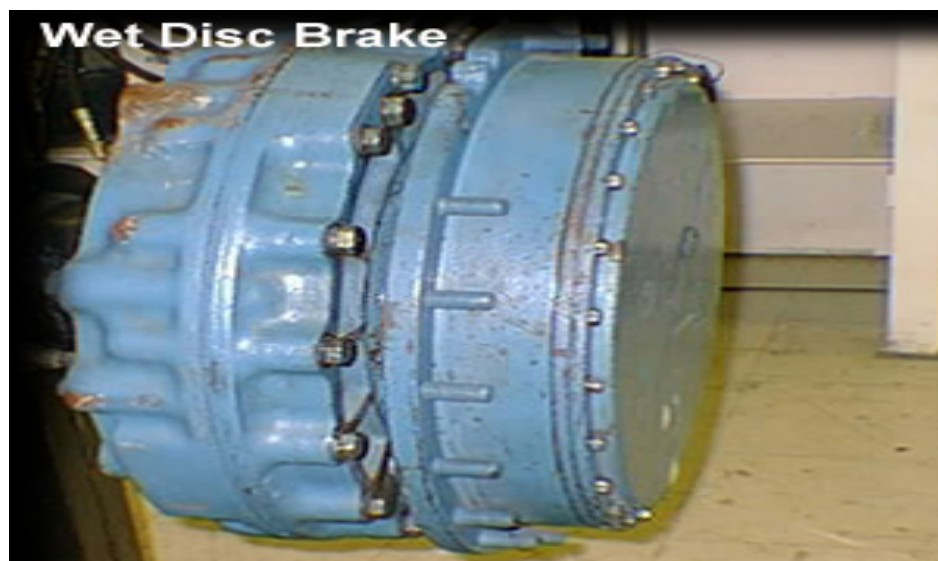


Fig. 3.17 Freno hidráulico

Frenos aplicados con resorte

Los equipos nuevos, utilizan frenos aplicados con resorte. En este sistema los actuadores hidráulicos se sustituyen con actuadores por resorte que aplican una gran fuerza. El pedal normalmente vence la presión hidráulica que sostiene el resorte en la caja y permite la aplicación de los frenos por resorte. Este sistema generalmente se acepta como el circuito de frenos más seguro en el mercado.

Brake Components

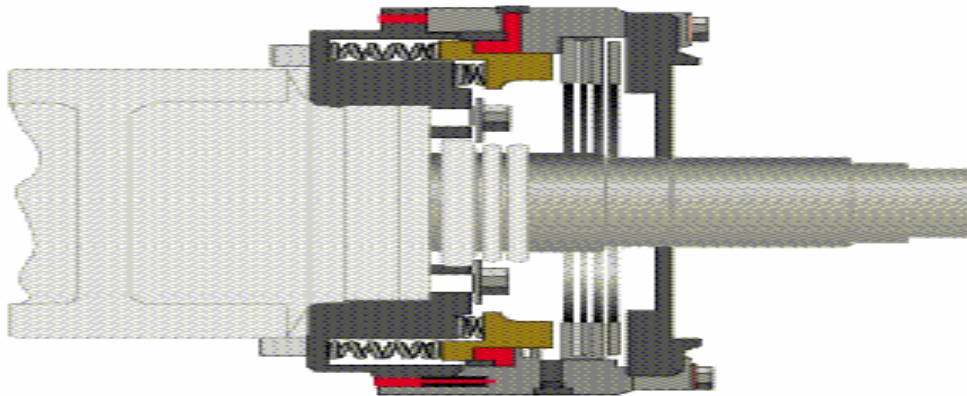


Fig. 3.18 Frenos aplicados con resorte

Sistemas de frenos de scooptrams

Los scooptrams están provistos con tres circuitos de frenos:

- ◆ El sistema del freno de servicio.
- ◆ El sistema de freno de parqueo.
- ◆ El sistema del freno de emergencia.

El sistema del freno de servicio normalmente es accionado por el operador oprimiendo el pedal de freno. El circuito de frenos delantero debe ser independiente del sistema trasero.

El circuito de frenos de parqueo se opera accionando un botón en el panel. Este circuito de frenos debe ser actuado por un sistema mecánico de frenos.

El sistema del freno de emergencia lo puede accionar manualmente el operador o automáticamente un sistema de seguridad. Este circuito de frenos es una combinación de todos los circuitos de frenos utilizados en un scooptram.

3.2.2.6 Neumáticos

Estructura flexible compuesta por caucho, sustancias químicas, telas, acero y otros materiales. Montada en un aro forma una cámara cerrada capaz de

contener aire a presión para soportar carga. Es el único punto de unión vehículo-suelo que permite transmitir fuerza motriz.

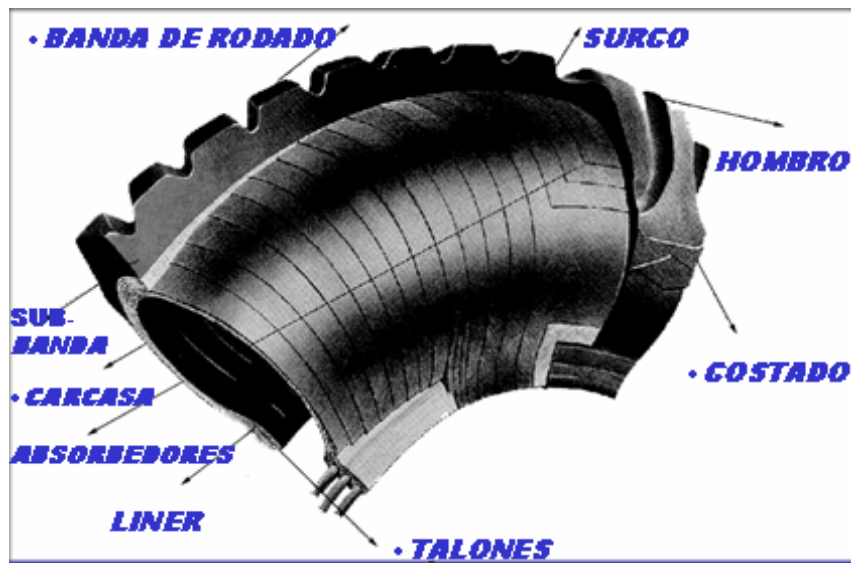


Fig. 3.19 Principales componentes de un neumático

TIPOS DE CONSTRUCCION

A.- Convencional

Pliegos de Nylon formando ángulos opuestos entre si. Normalmente poseen absorbedores de nylon localizados entre la carcasa y la banda de rodamiento. También es llamada construcción convencional.

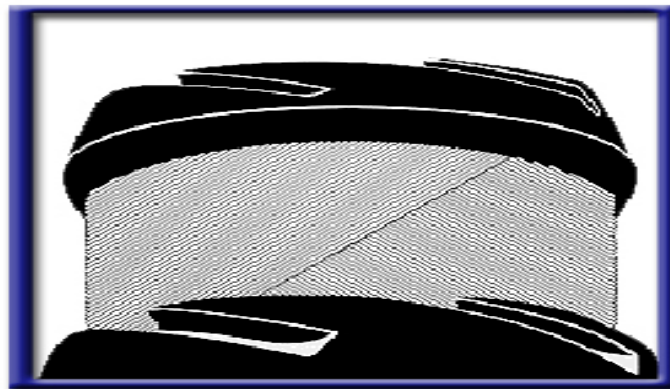


Fig.3.20 Construcción convencional

B Convencional Cintado

Pliegos de Nylon formando ángulos opuestos entre si. Poseen cintas estabilizadoras de acero localizadas entre la carcasa y la banda de rodamiento. También, es llamada construcción Nylosteeel.

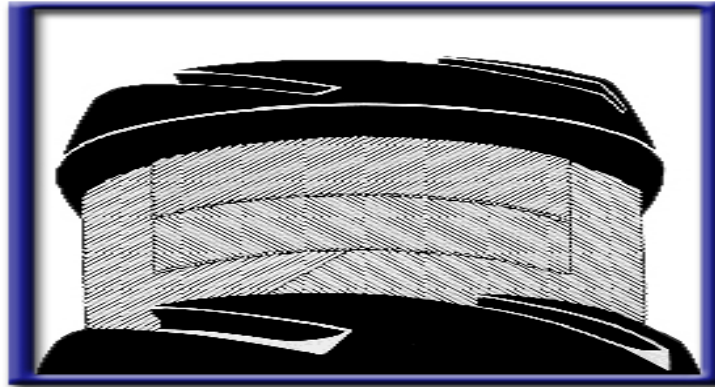


Fig.3.21 Construcción convencional cintado

C Radial

Pliego radial de acero que forma un ángulo aproximado de 90° , con relación a la línea de centro de rodamiento. Posee cintas estabilizadoras de acero localizadas entre la carcasa y la banda de rodamiento.

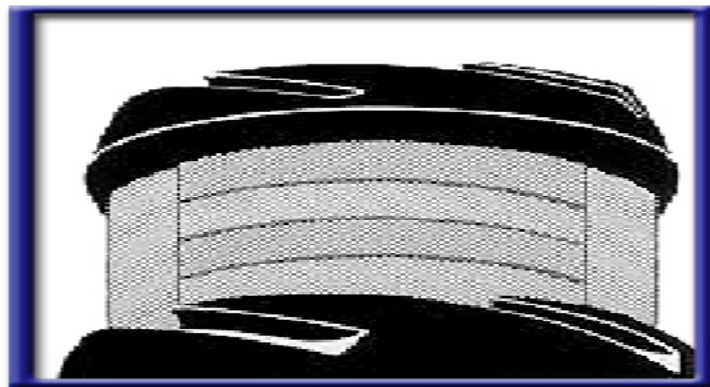


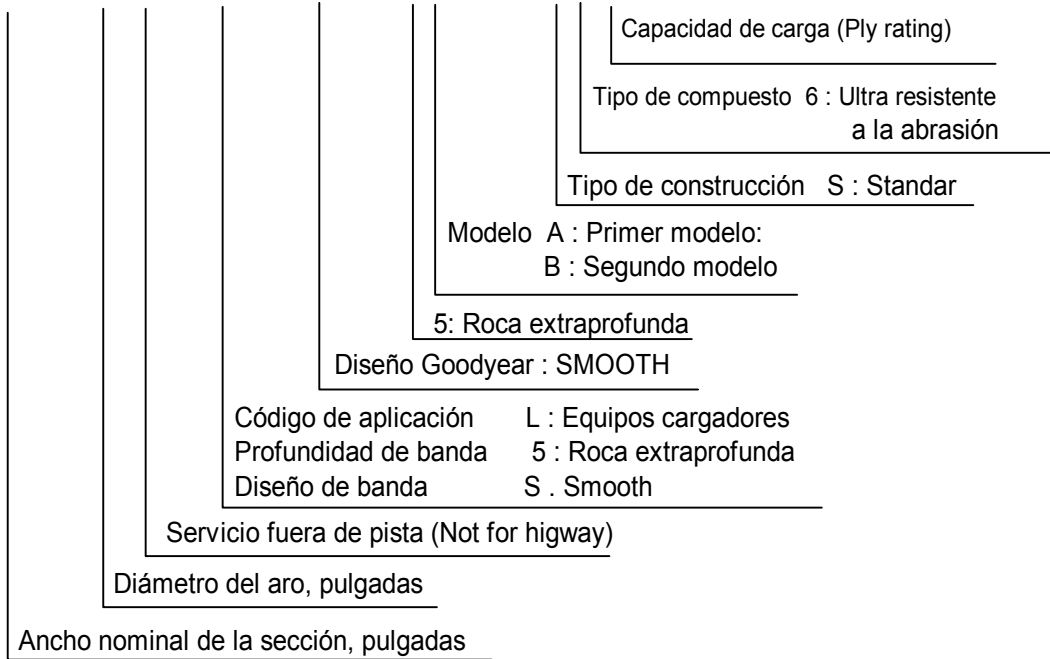
Fig. 3.22 Radial

NOMENCLATURA

La nomenclatura de los neumáticos para scooptrams varía con los fabricantes.

Para el caso de Goodyear es:

9.50 - 20 NHS L- 5S SMO - 5B Type 6S 16 PR



POSICION DEL NEUMATICO EN UN SCOOPTRAM

Para el control de los neumáticos se usa el código de la posición del neumático en el scooptrams siguiente:

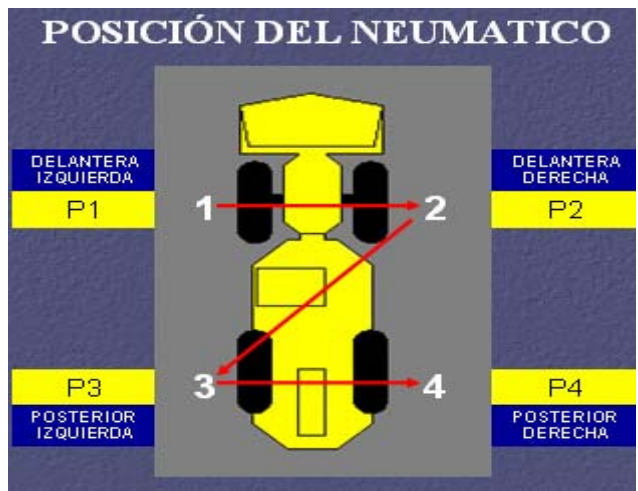


Fig. 3.23 Posición del neumático en un scooptram

PRESION DE TRABAJO DE NEUMATICOS

Para que los neumáticos tengan una duración óptima es necesario que trabajen con la presión adecuada. En la tabla 3.1 se muestran las presiones de trabajo de los neumáticos, recomendadas según la capacidad de cuchara. Las presiones de la tabla se miden en frío.

Tabla 3.1 Presiones recomendadas

EQUIPOS	MEDIDA	PR	MODELO	CODIGO INDUSTRIAL	POSICIÓN	PRESIONES RECOMENDADAS	
						INICIALES (±5 Psi)	MNIMAS -10%PSI REC.
SCOOP 1,0yd3	9.50-20	16	SMD5B	L-5S	(1)-(2)	70	63
					(3)-(4)	65	59
SCOOP 2.2yd3	12.00-24	20	SMD5B	L-5S	(1)-(2)	75	68
					(3)-(4)	70	63
SCOOP 3.5yd3	17.5-25	20	SMD5B	L-5S	(1)-(2)	80	72
					(3)-(4)	75	68
SCOOP 3.0yd3	14.00-24	20	SMD5B	L-5S	(1)-(2)	75	68
					(3)-(4)	70	63
CAMON-20 TN	16.00-25	28	HRL-4B	E-4	(1)-(2)	85	77
					(3)-(4)	90	81

Las presiones iniciales se recomiendan para neumáticos nuevos y las presiones mínimas se aplican, cuando la banda de rodamiento alcance el 60 % de desgaste.

3.2.3 Seguridad de operación

- No opere un scooptram a menos que usted haya recibido entrenamiento especializado en su uso seguro y apropiado.
- Nunca arranque, detenga u opere la unidad sin estar sentado en el asiento del operador.
- Nunca realice el servicio en la articulación central (el pivote de articulación) a menos que el seguro de articulación de dirección este colocado. El seguro de la articulación se coloca al lado derecho del bogie. Asegúrese que la barra esté

conectada entre el bogie y el bastidor, para evitar que el scooptram pivotee antes de que usted realice el servicio en la articulación central.

- No intente realizar reparaciones que usted no entiende.
- Use el equipo de seguridad apropiado como el protector para los ojos, oídos, cabeza, guantes, etc.

Antes de subir o bajar de un scooptram tenga en cuenta:

- La zona debe estar limpia de derrames o desmonte.
- Los estribos para subir, escaleras y pasamanos deben estar libres de aceite y grasa.
- Siempre use tres puntos de contacto para subir o bajarse de un scooptram, 2 pies y una mano o 2 manos y un pie. Nunca use de apoyo cables, conductores, mangueras, las cañerías, etc.

Seguridad general antes de realizar un mantenimiento.

Antes de realizar cualquier mantenimiento en el scooptram, repase las medidas de seguridad siguientes:

- Vacíe el cucharón completamente y bájelo a tierra.
- Apague el motor.
- Aplique el freno de parqueo.
- Bloquee las ruedas.
- Coloque el interruptor de puesta en marcha y el interruptor general en la posición apagado.
- Si el servicio se realiza en la articulación central, instale la barra de fijación de la articulación.
- Nunca trabaje bajo una pluma sin apoyo.
- Antes de que usted repare el scooptram, siempre ponga una etiqueta NO OPERAR en el volante de la cabina.

3.2.4 Programa de mantenimiento de equipos

Es la descripción detallada de las acciones de mantenimiento preventivo previstas para un equipo o máquina, programadas en hojas de trabajo en las que se señalan las tareas a realizar y sus plazos, que generalmente, comprenden tareas de limpieza, lubricación reemplazo de aceites, comprobación, calibración y ajuste de partes o piezas.

Para flotas o instalaciones con muchos equipos resultan complicados la elaboración y el manejo manual de las hojas de trabajo. Esto se simplifica con el uso de un ordenador que permite utilizar el software de Gestión de Mantenimiento que son programas que ayudan a elaborar y ejecutar el Plan de Mantenimiento.

En el programa de mantenimiento de un equipo se tiene:

- Información del Fabricante: Manual de instalación, operación y mantenimiento.
- El manual para los operadores y el Historial de averías e incidencias
- La lista de control de puntos de comprobación, señalando los valores recomendados por el fabricante y la periodicidad de comprobación, en horas, días, semanas de: niveles de lubricante, presión, temperatura, voltaje, etc.
- Un-programa de verificación de los sistemas de lubricación y filtros de: Aire, agua, lubricantes y combustibles, con una periodicidad menor a la recomendada por el fabricante
- Programa de mantenimiento de componentes de sistemas de transmisión, como: Cadenas, correas de transmisión, rodamientos, y otros, según el número de horas de operación o número de unidades fabricadas y las condiciones de trabajo: temperatura, carga, velocidad, vibraciones, etc. recomendadas por el

fabricante. En estos casos el programa de mantenimiento se elabora y reajusta según la experiencia que se obtenga en la operación de los equipos.

- Una lista de repuestos, accesorios, recambios para el equipo, valorando el disponer siempre de un Stock mínimo para un plazo temporal 2 veces el plazo de entrega del fabricante.
- Agrupar todas las acciones de mantenimiento que sean posibles para realizarlas en las paradas de mantenimiento consideradas en el Programa.

3.3 Descripción de la flota

Se define como flota de equipos, al total de equipos trackless, convencionales y de movimiento de tierra con los que cuenta la empresa. Para efectos del presente trabajo, centrado en los scooptrams, el término flota se aplica exclusivamente a la flota de scooptrams.

Esta flota está formada por 16 unidades que se han adquiridos durante los últimos 10 años según el crecimiento de las necesidades de la empresa, unos nuevos y otros repotenciados con una antigüedad de fabricación de 1 a 20 años.

3.3.1 Características técnicas

Los scooptrams de la flota tienen capacidades de cuchara comprendidas entre 0,5 y 2,2 yardas cúbicas, tabla 3.2. Esto se debe al hecho que por ser una mina muy antigua tiene túneles de sección recta pequeña lo que obliga a tener scooptrams de pequeña sección transversal.

Son de diferentes marcas pero se tiene la ventaja de tener con un cierto nivel de estandarización de equipos porque todos los motores son marca DEUTZ. de potencias comprendidas en el rango de 47 a 137 HP. Tabla 3.3

Tabla 3.2 Flota de de scooptrams

DATOS DE EQUIPOS			
CODIGO	MARCA	CAPACIDAD	MODELO
SC-01	JARVIS CLARK	2.2 Y3	JS-220
SC-02	JARVIS CLARK	2.2 Y3	JS-220
SC-04	JOHN CLARK INC	1.5 Y3	125M
SC-06	WAGNER	2.2 Y3	ST-2D
SC-07	WAGNER	2.2 Y3	ST-2G
SC-08	MTI	1.5 Y3	LT-210
SC-09	MTI	1.5 Y3	LT-210
SC-10	TAMROCK	0.5Y3	Microsc QS 100
SC-11	MTI	1.5 Y3	125M
SC-12	TAMROCK	2.2 Y3	EJC-100D
SC-14	MTI	1.5 Y3	125M
SC-15	WAGNER	2.2 Y3	ST-2D
SC-16	WAGNER	2.2 Y3	ST-2G
SC-17	MTI	1.5 Y3	LT-270
SC-19	TAMROCK	1.5Y3	EJC-65
SC-20	WAGNER	1.25 Y3	HST-1A

Tabla 3.3 Motores de scooptrams de la flota de CMH

DATOS DE EQUIPOS		MOTOR			
CODIGO	CAPACIDAD	MARCA	MODELO	POTENCIA @ RPM	TORQUE
SC-01	2.2 Y3	DEUTZ	F6L413FW	137 HP@2300 RPM	500 NM@ 1500 RPM
SC-02	2.2 Y3	DEUTZ	F6L413FW	137 HP@2300 RPM	500 NM@ 1500 RPM
SC-04	1.5 Y3	DEUTZ	F4L-912W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM
SC-06	2.2 Y3	DEUTZ	F5L413FRW	137 hp @ 2300 RPM	500 NM @ 1500 RPM
SC-07	2.2 Y3	DEUTZ	F6L413FW	137 hp @ 2300 RPM	500 NM @ 1500 RPM
SC-08	1.5 Y3	DEUTZ	F4L-912W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM
SC-09	1.5 Y3	DEUTZ	F4L-912W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM
SC-10	0.5Y3	DEUTZ	F3L912W	47 HP@ 2500 RPM	149 NM @1550 RPM
SC-11	1.5 Y3	DEUTZ	F4L-912W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM
SC-12	2.2 Y3	DEUTZ	F6L413FW	137 hp @ 2300 RPM	500 NM@ 1500 RPM
SC-14	1.5 Y3	DEUTZ	F4L-912 W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM
SC-15	2.2 Y3	DEUTZ	BF4M1013EC	115 HP @ 2300RPM	577 NM@ 1400 RPM
SC-16	2.2 Y3	DEUTZ	BF4M1013EC	115 HP @ 2300RPM	577 NM@ 1400 RPM
SC-17	1.5 Y3	DEUTZ	BF4M1012C	110 HP @ 2300RPM	376 NM@ 1500 RPM
SC-19	1.5Y3	DEUTZ	F5L-912W	76 HP @ 2500RPM	249 NM@ 1550 RPM
SC-20	1.25 Y3	DEUTZ	F4L-912W	62 HP @ 2500 RPM	198 NM@ 1550 RPM

Los scooptrams repotenciados, a pesar de su reparación completa, requieran de un mantenimiento continuo y permanente debido a que están sometidos al exigente régimen de trabajo de minería subterránea. Con el uso y el paso del tiempo tienden a sufrir pérdidas de potencia.

3.3.2 Depreciación

Denominada también costo de posesión viene a ser el costo originado por la pérdida de valor del equipo desde su valor inicial, VSN, hasta su valor residual R el último año n de su vida útil. La depreciación Dt total en el último año se calcula mediante la expresión:

$$Dt = (VSN - R) \quad (3.5)$$

3.3.3 Valor comercial

El valor actual del equipo es el valor de tasación o valor de mercado, el cual se obtiene aplicando el método de tasación directa reglamentario.

3.3.3.1 Objeto de la tasación.

Determinar el valor de tasación comercial de los scooptrams o valor actual de mercado de los scooptrams para conocer el valor económico actual de la flota.

3.3.3.2 Reglamentación empleada

Se emplea el Reglamento Nacional de Tasaciones del Perú aprobado por la R.M. N° 126-2007 VIVIENDA, aplicando el Método de Tasación Directa, en la que se realizan las verificaciones siguientes: Inspección ocular, toma de muestras fotográficas y determinación del valor de los componentes físicos.

3.3.3.3 Verificaciones efectuadas

a) Inspección ocular de la maquinaria

En esta se verifica y constata la situación de la maquinaria, se determina: su antigüedad, estado de conservación, operatividad y observaciones pertinentes.

b) Investigación de valores comerciales de referencia

Los valores comerciales de referencia son los precios de la maquinaria nueva y usada disponible en el mercado. Se obtienen con una investigación de ofertas de empresas, Anexo 1, del mercado nacional e internacional, adicionando para estos últimos los gastos de nacionalización.

3.3.3.4 Valor de Reposición de la Maquinaria (VR)

Es igual a la diferencia del valor similar nuevo (VSN) menos la depreciación (D) afectada por el grado de operatividad (Go).

$$VR = (VSN - D) Go \quad (3.6)$$

La depreciación se determina con la vida probable T, que se calcula con la edad de la máquina E y la expectativa de vida P, y con el valor residual R, que generalmente se asume como un porcentaje de su valor nuevo, entonces:

$$T = E + P \quad (3.7)$$

$$D = \left(\frac{VSN - R}{E} \right) T \quad (3.8)$$

3.3.3.5 Valor Comercial de la Maquinaria (VC)

Se obtiene reajustando el valor de reposición calculado con un Factor de reajuste Fm, luego:

$$VC = Fm(VR) \quad (3.9)$$

Nota: los Valores no incluyen IGV

Tabla 3.4 Depreciación y valor comercial de Scoptranms de la flota – Año 2007.

CODIGO	MARCA MODELO	VH	Año de compra	VSN	R	D	E	P	T	Go	VR	VC
		US\$		US\$	US\$	US\$	Años	Años	Años		US\$	US\$
SC - 01	JARVIS CLARK JS - 220	124834	1999	250000	25000	225000	9	0	9	0.5	12500	13750
SC - 02	JARVIS CLARK JS - 221	101490	1999	250000	25000	225000	9	0	9	0.7	16250	17875
SC - 04	JHON CLARK JCI -125M	134151	1999	100000	10000	90000	9	0	9	0.5	5000	5500
SC - 06	WAGNER ST - 2D	186757	1999	250000	25000	225000	9	0	9	0.5	12500	13750
SC - 07	WAGNER ST - 2D	186395	1999	250000	25000	225000	9	0	9	0.7	16250	17875
SC - 08	MTI LT - 210	224224	1999	150000	15000	135000	9	0	9	0.7	10500	11550
SC - 09	MTI LT - 210	227816	1999	150000	15000	135000	9	0	9	0.7	10500	11550
SC - 10	MICROSCOOP TAMROCK	98756	2001	125000	12500	87500	7	2	9	0.7	26250	28875
SC - 11	MTI LT - 210	98756	2001	150000	15000	105000	7	2	9	0.5	22500	24750
SC - 12	TAM JARVIS CLARK JS - 221	130812	2002	125000	12500	75000	6	3	9	0.8	37500	41250
SC - 14	MTI LT - 125 M	104383	2003	100000	10000	50000	5	4	9	0.8	39000	42900
SC - 15	WAGNER ST - 2G 2.2 Y3	266767	2003	250000	25000	125000	5	4	9	0.8	97500	107250
SC - 16	WAGNER ST - 2G 2.2 Y3	266129	2003	250000	25000	125000	5	4	9	0.8	97500	107250
SC - 17	MTI LT - 270	196075	2004	180000	18000	72000	4	5	9	0.8	88560	97416
SC - 19	TAMROCK E JC 65D 1.5 Y3	165013	2005	158000	15800	47400	3	6	9	0.9	95116	104628
SC - 20	ATLAS COPCO WAGNE	46339	2005	170000	17000	51000	3	6	9	0.3	29750	32725
VALOR COMERCIAL DE LA FLOTA DE SCOOPTRAMS - AÑO 2007											US\$	678894

VH = Valor histórico. VSN = Valor similar nuevo. R= Valor residual. D = Depreciación total. E = Edad, años P = Expectativa de vida, años. T= Vida probable, años. Go = Grado de operatividad. VR = Valor de reposición. VC = Valor Comercial.

3.3.4 **Mantenimiento aplicado a la flota**

3.3.4.1 **Tipos de mantenimiento aplicados**

El área de mantenimiento realiza el mantenimiento y reparación de equipos trackless, convencionales de mina y de equipos de movimiento tierra. Los tipos de mantenimiento aplicados y su distribución porcentual son:

Tabla 3.5 Tipos de Mantenimientos aplicados

Tipos de mantenimiento	Cantidad %
Mantenimiento Correctivo	28
Mantenimiento Preventivo	60
Mantenimiento Predictivo	12
Total	100

3.3.4.2 **Programas aplicados**

Se aplican los siguientes programas de trabajo:

- ◆ Programas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- ◆ Planes y cronogramas de reparación de equipos.
- ◆ Planes y cronogramas de reparaciones de over haul.

Programas de mantenimiento

- Plan de mantenimiento preventivo

En general se aplican en periodos de tiempo que dependen de los tipos de equipos.

Para los equipos de movimiento de tierra y los equipos trackless, que incluye a los scooptram se programan de según a sus horas de operación.

Para los equipos convencionales se programan según los días de operación

- Plan de mantenimiento predictivo

El que se aplica a los scooptrams consiste en un programa de muestreo de aceites, en que se obtienen muestras de aceite de sus diferentes compartimentos, las son enviados a los laboratorios del fabricante, Mobil, en Lima, para su análisis.

Los resultados y las recomendaciones del fabricante son reportados vía electrónica al área de mantenimiento donde se determinan las acciones a realizarse.

- Software de mantenimiento:

El Software de Mantenimiento está elaborado para brindar un soporte oportuno en el mantenimiento de maquinarias lo que permite tener un buen control y seguimiento de los trabajos realizados. También sirve de apoyo a los usuarios externos de la empresa que utilizan los servicios del área de Mantenimiento.

El software tiene opciones de enlaces con otros Sistemas Corporativos de la empresa, como el Sistema de Logística, el Sistema de Recursos Humanos, y otros, de donde el usuario puede obtener información necesaria para utilizarlo.

Modalidad de trabajo

Se tienen cuatro modalidades que pueden ser procesadas con apoyo del Software de Mantenimiento:

- ◆ Trabajos de emergencia, que se realizan a la brevedad posible:
- ◆ Trabajos programados, que son pedidos de trabajos originados por las áreas productivas, que se programan para ser atendidos el día siguiente.
- ◆ Mantenimientos Preventivos en base a programas y estándares.
- ◆ Trabajos planificados en base a inspecciones.

Procedimiento de trabajo

a) Reuniones de coordinación:

- | | |
|------------------------------------------|------------|
| - Coordinación matinal de mantenimiento: | 6:40 a.m. |
| - Coordinación con operación mina | 7:15 a.m. |
| - Reparto de guardia, personal técnico | 7:30. a.m. |

b) Atención de pedidos de materiales en almacén:

Los materiales, repuestos e insumos necesarios para los trabajos de mantenimiento los suministra el Almacén General que los entrega según pedidos

denominados Vales de consumo para almacén, que se atienden según la modalidad del trabajo.

Para trabajos de emergencia, el pedido se atiende en el mismo día

Para trabajos programados, el pedido se atiende el día siguiente en horas de la mañana.

Los materiales y repuestos se almacenan en la Bodega de Mantenimiento hasta el momento en que se realizan los trabajos correspondientes.

c) Ejecución de los trabajos

Las jefaturas de las áreas mecánicas y eléctricas asignan al personal que debe realizar los trabajos diarios de mantenimiento. Para los trabajos programados la asignación de personal se realiza en la reunión de coordinación y para los de emergencia la asignación se realiza en el momento que se presenta la emergencia.

Luego de concluido un trabajo, el personal realiza un Reporte de Orden de Trabajo que recibe el visto bueno de su jefatura y se envía a Planeamiento.

Sistema de informacion

Lo conforman los diversos Reportes e Informes que se generan en los trabajos de mantenimiento y se envían a Planeamiento. Estos son:

- Reportes de operación de operadores de equipos.
- Reporte de órdenes de trabajos O/T.
- Reporte de Centro Control sobre inoperatividad de equipo.
- Informes de muestras de aceite, para detectar anomalías en los equipos.
- Informes de terceros (Técnicos de Ferreyros, A. Copco, Etc.)

Coordinación y reportes de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento coordina con:

- Las áreas usuarias del servicio de mantenimiento: Mina, Superficie y otros.
- El área de Logística: Pedidos de insumos y repuestos.

Se generan los siguientes reportes.

- Informe mensual, en el Sistema de Información Gerencial.
- Informe ejecutivo.

Planificación y programación del mantenimiento

Documentación, archivos y registros técnicos de equipos.

La documentación del sistema de mantenimiento se controla mediante las órdenes de trabajo diarias, paralelo dichas órdenes se registran electrónicamente mediante el software de mantenimiento.

Se lleva un historial por equipo, donde se identifican los trabajos correctivos, preventivos y programados, los protocolos de pruebas y reparaciones por terceros; los datos técnicos y los manuales de reparación. Esta información se tienen en archivos físicos y archivos lógicos (PC) para facilitar una búsqueda rápida y precisa de todos los datos que se necesite de cada equipo.

Monitoreo de la gestión del mantenimiento.

El monitoreo de la gestión de mantenimiento se realiza semanalmente. Se detallan los trabajos importantes realizados por cada área de mantenimiento, los indicadores de gestión (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad), costo de la reparación, costo horario de los equipos, consumo de repuestos, combustible, lubricantes, servicios de terceros.

Infraestructura y condiciones medio ambientales para llevar a cabo la gestión de mantenimiento.

Actualmente la empresa tiene la certificación OHSAS 18001 e ISO 14001 lo que permite tener y mantener las instalaciones de acuerdo a estándares de calidad que garantizan la protección de las personas y la conservación del medio ambiente lo cual también facilita la gestión de mantenimiento.

Procesos de selección y reclutamiento; formación y desarrollo de habilidades

La selección de personal, interno y externo, se realiza según la actividad que debe realizar y las características de la persona, sus conocimientos, habilidades, experiencias y actitudes para cumplir satisfactoriamente con las funciones que el puesto requiere. Es una política de la empresa que la selección del personal la realicen empresas especializadas en proveer recursos humanos. Esta selección tiene cuatro etapas:

- 1.- Pre-selección
- 2.- Exámenes Psicotécnicos y de habilidad.
- 3.- Evaluación personal.
- 4.- Evaluación Técnica o de conocimientos.

Otra importante política de la empresa es la formación y desarrollo de habilidades de su personal porque considera que toda persona tiene el derecho a mejorar, aprender y evolucionar. Por esto realiza un programa anual de capacitación de personal para corregir sus fallas, identificadas en el año anterior, y actualizarlo con las innovaciones tecnológicas, para que mejoren el desempeño en sus funciones.

El plan de carrera, la planificación y evaluación de la formación.

Dentro del Plan Anual de Gestión cada área considera el programa de capacitación de supervisores y personal de mando medio así como los programas de capacitación específicos para corregir fallas observadas. Al término de cada programa se evalúa al personal capacitado.

3.4 Costos de operación de la flota

El estudio compara alternativas de reemplazo de equipo lo que significa que no habrá un aumento en el número y la capacidad de las unidades existentes. Esto

implica que no se alteran la estructura de la organización de la empresa, ni se requiere ampliar los diversos servicios existentes. El único cambio posible es el reemplazo de un equipo por otro de capacidad equivalente.

3.4.1 Depreciación

El costo de depreciación de la maquinaria y equipo de minería, de acuerdo a la legislación del Perú es como máximo de 20 % anual, mayor que la depreciación generalmente aceptada para la maquinaria que es del 10 % anual. Esta situación es ventajosa para la empresa, debido a que si aplica la tasa del 20 % anual recupera más rápido el capital invertido, mientras que el valor real de mercado del vehículo es mayor que su valor en libros.

3.4.2 Mano de obra

Considera el costo de las planillas de los operadores, incluyendo los montos por leyes sociales, que son iguales a los de los obreros que trabajan en interior mina, detallados en la tabla 3.6 y que alcanza el 96.11 % del sueldo básico.

Tabla 3.6 Carga social de personal de operación y mantenimiento.

LEYES SOCIALES	OBREROS	EMPLEADOS
CTS	13,00%	13,00%
VACACIONES	10,99%	10,99%
GRATIFICACIONES	21,98%	21,98%
DOMINGOS & FERIADOS-DESC. MEDICO	22,71%	0,00%
DESCANSO MEDICO	1,47%	0,00%
APORTES REM. PRINCIPAL	16,68%	16,64%
IMPUESTOS VACACIONES	1,83%	1,83%
IMPUESTO GRATIFICACIONES	3,67%	3,66%
IMPUESTO DOM Y FER. DES. MED.	3,79%	0,00%
TOTAL	96,11%	68,09%

3.4.2.1 Turnos y operación anual

Los scooptrams trabajan en dos turnos, el primero de 07 a 16 h y el segundo de 19 a 07 h por lo que por cada scoptram se tienen a dos operadores que trabajan en turnos rotativos.

3.4.2.2 Costo anual de operadores

Considerando el sueldo básico y los porcentajes por cargas sociales por operador la planilla mensual y anual correspondiente a un scooptram se muestran en la tabla 3.7 :

Tabla 3.7 Planilla de Operadores por scooptram

Costo por scooptram		
Sueldo básico promedio	S/.	1050
Aportes por leyes sociales		
Porcentaje del sueldo básico	%	96.11
Monto por aportes	S/.	1009
Total (Sueldos + aportes)	S/.	2059
Costo mensual por scooptram		
Operadores por scooptram		2
Costo por operadores	S/.	4118
Tipo de cambio	S/US\$	3
Costo mensual	US\$	1373
Costo anual	US\$	16473

3.4.3 Combustibles

El combustible utilizado es el petróleo Diesel 2, cuyo precio promedio se considera de 2,87 US\$ por galón.

3.5 Costo de Mantenimiento

El costo de mantenimiento se subdivide en dos: El costo del personal de mantenimiento (mantenedores) y el costo de los materiales, equipos e insumos utilizados durante la intervención de mantenimiento según sean del tipo preventivo, rutinario o correctivo

3.5.1 Mano de obra

El costo por personal de mantenimiento es el sueldo de un mecánico de equipo trackless mas el porcentaje de aporte por leyes sociales que es igual al de los trabajadores de interior mina, tabla 3.8, debido a que este personal ingresa a interior mina.

La relación de personal de mantenimiento a equipo trackless es de uno a uno por lo que en el costo de un scooptrams se considera un solo personal mantenedor como se detalla en la siguiente planilla:

Tabla.3.8 Planilla de Mantenedores por scooptram

Costo por scooptram		
Sueldo básico promedio	S/.	1200
Aportes por leyes sociales		
Porcentaje del sueldo básico	%	96.11
Monto por aportes	S/.	1153
Total (Sueldos + aportes)	S/.	2353
Costo mensual por scooptram		
Mantenedores por scooptram		1
Costo por mantenedores	S/.	2353
Tipo de cambio	S/US\$	3
Costo mensual	US\$	784
Costo anual	US\$	9413

3.5.2 Materiales e insumos

Estos dependen del tipo de mantenimiento realizado, pero generalmente son:

Por mantenimiento preventivo

Para calcular los costos por mantenimiento Preventivo se tomó en cuenta el costo de los filtros de los diferentes sistemas de los scooptrams y su frecuencia de cambio, según indicación de cada fabricante.

Por mantenimiento rutinario

Es el costo de materiales y consumibles como grasa, trapos, cambio de mangueras, conectores, etc usados en el mantenimiento rutinario de 1 hora que se realiza diariamente.

Por mantenimiento correctivo

Los costos por mantenimiento correctivo de los scooptrams de 2.2 yd³ y de 1,5 yd³ de capacidad, se basan en la experiencia en reparar estos equipos en el Taller de Mantenimiento General de CMH.

Se determinan con los datos registrados en el historial de cada equipo, donde se consignan las reparaciones realizadas, el costo de los repuestos, materiales, e insumos.

3.5.3 Aceites y lubricantes

En este rubro se consideran, en el caso de aceites, el aceite hidráulico para equipos pesados como los convertidores de par, mientras que los lubricantes están destinados para el motor y sus componentes.

El costo total anual de estos aceites y lubricantes se presentan en las tablas correspondientes.

3.5.4 Servicios de terceros

Considera los costos de mantenimiento y reparaciones contratados a terceros, por especialización o disposición de equipos.

3.6 Costo de operación de la flota

3.6.1 Costos históricos anuales

Los costos totales anuales para un periodo de cinco años, del 2003 al 2007 de cada equipo y para la flota se presentan en las tablas 3.9 a 3.13 siguientes:

Tabla 3.9 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2003.en US\$/año.

Año 2003		Capac. m ³ . (vd ³).	OPERACIÓN.					MANTENIMIENTO					TOTAL Oper. y Mantto.
			Horas/año	Deprec.	M. de O. Operación	Combust.	SubTotal. Operación	Materiales Mantto.	Servicio Terceros	Aceites Lubrican	M. de O. Mantto.	SubTotal. Mantto.	
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	3196		6868	22,422	29290	9,662	0	1,687	3434	14783	44073
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3												
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	2092	24,766	4496	14,676	43938	35,100	15262	1,079	2248	53688	97627
SC-08	MTI LT-210		5062	41,303	10878	35,513	87693	37,689	630	2,803	5439	46560	134253
SC-09	MTI LT-210		4630		9949	32,482	42431	24,172	1738	2,363	4975	33248	75679
SC-11	MTI 125 M		4448	41,964	9558	31,205	82728	28,846	358	2,258	4779	36242	118970
SC-14	MTI 125 M		4863		10450	34,116	44567	37,827	952	2,131	5225	46135	90702
SC-17	MTI LT-270												
SC-19	TAMROCK EJC 65D												
SC-01	JARVIS CLARK JS-220	1.68 (2.2)	3580	17,453	7693	25,116	50261	31,957	20354	3,769	3847	59927	110188
SC-02	JARVIS CLARK JS-220		690	18,695	1483	4,841	25018	17,906	780	1,334	741	20761	45779
SC-06	WAGNER ST-2D		4769	34,401	10248	33,457	78106	49,757	1901	3,306	5124	60087	138193
SC-07	WAGNER ST-2D		4175	34,335	8972	29,290	72596	64,714	11268	2,918	4486	83385	155981
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK		4253		9139	29,837	38976	70,750	7983	4,390	4570	87692	126669
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		3787	49,139	8138	26,568	83845	28,845	0	2,909	4069	35823	119668
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		4862	49,022	10448	34,109	93579	22,256	0	2,977	5224	30457	124036
Total anual			50407	311078	108320	353631	773029	459479	61224	33925	54160	608788	1381817

Tabla 3.10 Costo anual total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2004 en US\$/año

Año 2004		Capac. m ³ (yd ³).	OPERACIÓN.					MANTENIMIENTO					TOTAL Oper. y Mantto.
			Horas/año	Deprec.	M. de O. Operación	Combust.	SubTotal. Operación	Materiales Mantto.	Servicio Terceros	Aceites Lubrican	M. de O. Mantto.	SubTotal. Mantto.	
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	2636		5744	18389	24133	16862	110	2559	2872	22402	46535
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3												
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	3692	24766	8045	25756	58567	11116	8631	3584	4022	27353	85920
SC-08	MTI LT-210		3467	41303	7554	24187	73044	23296	7829	3365	3777	38267	111311
SC-09	MTI LT-210		3862		8415	26942	35357	29095	0	3749	4207	37051	72408
SC-11	MTI 125 M		3528	41964	7687	24612	74264	14758	296	3424	3844	22322	96586
SC-17	MTI LT-270		3452	123919	7522	24082	155523	11250	0	3351	3761	18361	173884
SC-18	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		1014	44161	2209	7074	53444	757	0	984	1105	2846	56290
SC-01	JARVIS CLARK JS-220		3504	17453	7635	24445	49532	38610	11131	3401	3817	56960	106492
SC-02	JARVIS CLARK JS-220	1.68 (2.2)	1493	18695	3253	10416	32363	30974	24416	1449	1627	58466	90829
SC-06	WAGNER ST-2D		5027	34401	10953	35069	80424	31659	0	4879	5477	42015	122439
SC-07	WAGNER ST-2D		3731	34335	1593	5100	41027	60026	1526	710	796	63058	104085
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK		4857	62414	10583	33884	106880	27387	35638	4714	5291	73031	179911
SC-14	MTI 125 M		4259	0	9280	29712	38992	28448	21788	4134	4640	59010	98002
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		4180	49139	9108	29161	87408	46271	506	4057	4554	55388	142796
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		4011	49022	8740	27982	85743	27504	450	3893	4370	36217	121960
Total anual			49713	541572	108320	346809	996701	398015	112322	48253	54160	612749	1609450

Tabla 3.11 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2005 en US\$/año

Año 2005		Capac. m ³ . (yd ³).	OPERACIÓN.					MANTENIMIENTO					TOTAL Oper. y Mantto.
			Horas/año	Deprec.	M. de O. Operación	Combust.	SubTotal. Operación	Materiales Mantto.	Servicio Terceros	Aceites Lubrican	M. de O. Mantto.	SubTotal. Mantto.	
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	2750	62414	4865	18712	85990	21955	7788	2928	2432	35104	121094
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3		2754	8536	4872	18739	32147	44152	378	2933	2436	49899	82045
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	4050	24766	7165	27557	59488	21388	6845	4313	3582	36128	95616
SC-08	MTI LT-210		3578	41303	6330	24346	71978	20986	1201	3810	3165	29162	101140
SC-09	MTI LT-210		3394	10831	6004	23094	39929	14936	63109	3614	3002	84661	124590
SC-11	MTI 125 M		4096	41964	7246	27870	77081	23454	8530	4362	3623	39969	117049
SC-14	MTI 125 M		3438	0	6082	23393	29475	21406	5855	3661	3041	33963	63438
SC-17	MTI LT-270		4932	123919	8725	33559	166203	22227	4616	5252	4362	36458	202661
SC-19	TAMROCK EJC 65D		1892	44161	3347	12874	60381	5135	0	2015	1673	8823	69204
SC-01	JARVIS CLARK JS-220		1.68 (2.2)	3692	17453	6531	25121	49105	49596	18136	3932	3266	74929
SC-02	JARVIS CLARK JS-220	3266		18695	5778	22223	46695	28504	2779	3478	2889	37650	84345
SC-06	WAGNER ST-2D	4602		34401	8141	31313	73855	39096	480	4901	4071	48547	122402
SC-07	WAGNER ST-2D	3362		34335	5947	22876	63158	30771	698	3580	2974	38024	101182
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK	3626		62414	6414	24672	93501	29109	1833	3861	3207	38010	131511
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	4258		49139	7532	28973	85644	15199	12733	4534	3766	36233	121877
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	4368		49022	7727	29721	86470	25989	18309	4651	3864	52813	139283
SC-19	TAMROCK EJC 65D	3174		69525	5615	21597	96737	14734	0	3380	2807	20922	117659
Total anual			61232	692877	108320	416640	1217838	428637	153291	65206	54160	701293	1919131

Tabla 3.12 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2006 en US\$/año

Año 2006		Capac. m ³ . (v ³).	OPERACIÓN.					MANTENIMIENTO					TOTAL Oper. y Mantto.
			Horas/año	Deprec.	M. de O. Operación	Combust.	SubTotal. Operación	Materiales Mantto.	Servicio Terceros	Aceites Lubrican	M. de O. Mantto.	SubTotal. Mantto.	
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	3563	4876	11616	13341	29833	15170	0	2088	5808	23065	52898
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3		4353	9152	14189	16917	40258	38627	12090	2648	7095	60460	100718
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	2232	0	7276	21101	28377	15871	0	3302	3638	22812	51189
SC-08	MTI LT-210		2856	0	9309	22039	31348	18411	20790	3449	4655	47304	78653
SC-09	MTI LT-210		4675	0	15240	26187	41427	16413	7188	4098	7620	35319	76746
SC-11	MTI 125 M		4317	4876	14073	29333	48282	23922	0	4591	7036	35549	83830
SC-14	MTI 125 M		4109	20616	13395	25350	59361	22480	22104	3967	6698	55249	114610
SC-17	MTI LT-270		4418	38725	14403	29643	82771	19027	0	4639	7202	30868	113639
SC-19	TAMROCK EJC 65D		3316	32590	10811	19842	63243	13118	0	3105	5406	21629	84872
SC-01	JARVIS CLARK JS-220		1.68 (2.2)	5770	0	18812	20315	39127	38867	0	3179	9406	51453
SC-02	JARVIS CLARK JS-220	4684		0	15270	33909	49179	42149	24063	5307	7635	79154	128333
SC-06	WAGNER ST-2D	3446		0	11234	37851	49085	45798	23832	5924	5617	81170	130256
SC-07	WAGNER ST-2D	3438		0	11209	32196	43406	41970	15207	5039	5605	67821	111226
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK	3879		25835	12646	24363	62844	27855	0	3813	6323	37991	100835
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	4816		52687	15700	40046	108432	20358	0	6267	7850	34476	142908
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	4938		52560	16097	44979	113637	38116	23554	7039	8049	76758	190395
Total anual			64809	241917	211282	437411	890610	438153	148827	68457	105641	761078	1651688

Tabla 3.13 Costo total anual de operación y mantenimiento de la flota de scooptrams del año 2007 en US\$/año

	Año 2007	Capac m3. (y3).	OPERACIÓN.					MANTENIMIENTO					TOTAL Oper. y Mantto.
			Horas/a ño	Deprec.	M. de O. Operación	Combust. (1)	SubTotal. Operación	Materiales Mantto.	Servicio Terceros	Aceites (1)	M. de O. Mantto.	SubTotal. Mantto.	
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	1283	4876	5630		10506	19279	0		2815	22094	32599
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3		3242	9152	14220		23372	78872	1500		7110	87482	110854
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	2222	0	9746		9746	33722	1100		4873	39695	49441
SC-08	MTI LT-210		3004	0	13176		13176	39942	4743		6588	51273	64449
SC-09	MTI LT-210		3533	0	15496		15496	84823	5900		7748	98471	113968
SC-11	MTI 125 M		3497	4876	15339		20215	44962	1500		7669	54131	74346
SC-14	MTI 125 M		3031	20616	13296		33912	46535	3000		6648	56183	90095
SC-17	MTI LT-270		3603	38725	15807		54532	90764	3000		7904	101668	156200
SC-19	TAMROCK EJC 65D		2613	32590	11463		44053	37874	1500		5732	45106	89159
SC-01	JARVIS CLARK JS-220		1.68 (2.0)	4792	0	21019		21019	76705	1953		10510	89168
SC-02	JARVIS CLARK JS-220	3920		0	17195		17195	54722	1953		8597	65272	82467
SC-06	WAGNER ST-2D	5135		0	22527		22527	79891	0		11264	91155	113683
SC-07	WAGNER ST-2D	3680		0	16141		16141	84272	1512		8071	93855	109996
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK	2304		25835	10108		35943	76390	12010		5054	93454	129397
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	3144		52687	13793		66480	63479	0		6897	70376	136855
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3	4277		52560	18764		71324	78571	12681		9382	100634	171958
Total anual				53279	241917	233721		475638	990804	52352		116860	1160016

Nota 1 : Los costos de los combustibles y lubricantes se incluyen en la columna de Materiales de Mantenimiento.

3.6.2 Costo horario

El costo horario de operación C_h de cada scooptram se determina con el costo total de operación C_{to} y el número de horas anuales H_{oa} en que ha operado el scooptram, con la expresión siguiente:

$$C_h = \frac{C_{to}}{H_{oa}} \quad (3.10)$$

Los resultados de los scooptrams de la flota para los cinco años :

Tabla 3.14 Costo horario promedio anual de la flota de scooptrams en US\$/h

Scooptrams de la flota		Capac m ³ (yd ³).	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007
SC-10	TAMROCK 100D QDS	0.38 (0.5)	13.8	17.7	44.0	14.8	25.4
SC-20	A C WAGNER HST-1A 1 Y3				29.8	23.1	34.2
SC-04	JHON CLARK JCI-125	1.15 (1.5)	46.7	23.3	23.6	22.9	22.3
SC-08	MTI LT-210		26.5	32.1	28.3	27.5	21.5
SC-09	MTI LT-210		16.3	18.7	36.7	16.4	32.3
SC-11	MTI 125 M		26.7	27.4	28.6	19.4	21.3
SC-14	MTI 125 M		18.7	50.4	18.5	27.9	29.7
SC-17	MTI LT-270			55.5	41.1	25.7	43.3
SC-19	TAMROCK EJC 65D			30.4	36.6	25.6	34.1
SC-01	JARVIS CLARK JS-220	1.68 (2.2)	30.8	60.8	33.6	15.7	23.0
SC-02	JARVIS CLARK JS-220		66.3	24.4	25.8	27.4	21.0
SC-06	WAGNER ST-2D		29.0	142.4	26.6	37.8	22.1
SC-07	WAGNER ST-2D		37.4	37.0	30.1	32.3	29.9
SC-12	TAMROCK-JARVIS CLARK		29.8	23.0	36.3	26.0	56.2
SC-15	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		31.6	34.2	28.6	29.7	43.5
SC-16	WAGNER ST 2G 2.2 Y3		25.5	30.4	31.9	38.6	40.2
Promedio horario anual US\$/h			27.4	32.4	37.1	25.5	30.7

3.7 Rendimiento

Se considera como rendimiento η al peso W toneladas transportados en la unidad de tiempo en horas.

$$\eta = \frac{W}{H_c} \quad (3.11)$$

El peso transportado depende muchas variables: De los scooptrams dependen la capacidad de cuchara V_c , m³ y la velocidad de transporte, la densidad

del material promedio δ es de 2,8 t/m³ y por ser dinamitado el coeficiente de llenado de la cuchara ϕ es del 0,85.

$$W = \delta \phi Vc \quad (3.12)$$

El tiempo de recorrido en horas se determina en un estudio de tiempos.

Estudio de tiempos

Para realizar el estudio de tiempos se estableció el ciclo de trabajo que consta de las siguientes operaciones:

- Carguío, en interior mina
- Traslado cargado, de ida.
- Descarga.
- Traslado vacío, de retorno

Para determinar el rendimiento se considera el tiempo total del ciclo como la suma de los tiempos de todas las operaciones.

En el tiempo de carguío se consideran los tiempos de espera, maniobra y cargado de mineral. El tiempo de traslado tanto cargado como vacío dependen de la distancia recorrida, la pendiente promedio de la vía y la velocidad del vehículo. El tiempo de descarga, como el tiempo de carguío, considera los tiempos de espera, maniobra y descarga de mineral.

Para ser representativo el estudio se realizo en un día de trabajo escogido al azar. Los datos de campo obtenidos se presentan en el Anexo 2.

Tabla 3.15 Ubicación de lugares de trabajo para estudio de tiempos

Recorrido	Capacidad de cuchara yd ³	Ubicación	Carga	Descarga	Distancia m	Pendiente promedio %
A	1.5	Mina Cabana	SN 1947	CR 1938 S	93	10
B			SN 9009	CR 1938 S	118	10
C	2.2		Cám. mineral	Tolva Sup,	469	10

Tabla 3.16 Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 1.5 yd³

Distancia 93 m Mina Cabana SN 1947 N a CR 1938 S

Nº de Ciclo	Carga	Traslado cargado	Descarga	Retorno vacio	TOTAL CICLO	
	h	h	h	h	h	min
1	0.0075	0.0253	0.0053	0.0236	0.0617	3.70
2	0.0053	0.0275	0.0047	0.0219	0.0594	3.57
3	0.0019	0.0289	0.0033	0.0214	0.0556	3.33
4	0.0044	0.0258	0.0017	0.0219	0.0539	3.23
5	0.0111	0.0267	0.0039	0.0225	0.0642	3.85
6	0.0106	0.0256	0.0033	0.0192	0.0586	3.52
Tiempo Promedio	0.0068	0.0266	0.0037	0.0218	0.0589	3.53

Velocidad, km/h	0.00	3.49	0.00	4.27	3.88
-----------------	------	------	------	------	------

RENDIMIENTO		
Frecuencia	Ciclos/hora	16.98
Volumen de cuchara	m ³	1.15
Porcentaje de llenado	%	85
Densidad de mineral	t/m ³	2.8
Rendimiento de ciclo	t/ciclo	2.74
Rendimiento horario	t/hora	46.47

Tabla 3.17 Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 1.5 yd³

Distancia 118 m Mina Cabana SN 9009 N a CR 1938 S

N° de Ciclo	Carga	Traslado cargado	Descarga	Retorno vacio	TOTAL CICLO	
	h	h	h	h	h	min
1	0.0033	0.0861	0.0033	0.0350	0.1278	7.67
2	0.0031	0.0386	0.0022	0.0200	0.0639	3.83
3	0.0011	0.0219	0.0036	0.0197	0.0464	2.78
4	0.0064	0.0214	0.0025	0.0164	0.0467	2.80
5	0.0025	0.0225	0.0194	0.0158	0.0603	3.62
6	0.0028	0.0050	0.0075	0.0139	0.0292	1.75
7	0.0044	0.0244	0.0019	0.0256	0.0564	3.38
Tiempo Promedio	0.0034	0.0314	0.0058	0.0209	0.0615	3.69

Velocidad, km/h	0.00	4.22	0.00	5.86	5.04
-----------------	------	------	------	------	------

RENDIMIENTO		
Frecuencia	Ciclos/hora	16.26
Volumen de cuchara	m ³	1.15
Porcentaje de llenado	%	85
Densidad de mineral	t/m ³	2.8
Rendimiento de ciclo	t/ciclo	2.74

Tabla 3.18 Estudio de tiempos y rendimiento de scooptram de 2.2 yd³

Distancia 469 m Mina Cámara mineral a Tolva superficie

Nº de Ciclo	Carga	Traslado cargado	Descarga	Retorno vacío	TOTAL CICLO	
	h	h	h	h	h	min
1	0.0044	0.0539	0.0028	0.0578	0.1189	7.13
2	0.0044	0.0544	0.0028	0.0583	0.1200	7.20
3	0.0039	0.0475	0.0025	0.0542	0.1081	6.48
4	0.0039	0.0553	0.0050	0.0561	0.1203	7.22
5	0.0044	0.0631	0.0064	0.0550	0.1289	7.73
6	0.0061	0.0578	0.0044	0.0533	0.1217	7.30
7	0.0061	0.0589	0.0053	0.0517	0.1219	7.32
8	0.0056	0.0658	0.0056	0.0561	0.1331	7.98
Tiempo Promedio	0.0049	0.0571	0.0043	0.0553	0.1216	7.30

Velocidad, km/h	0.00	8.22	0.00	8.48	8.35
-----------------	------	------	------	------	------

RENDIMIENTO		
Frecuencia	Ciclos/hora	8.22
Volumen de cuchara	m ³	1.68
Porcentaje de llenado	%	85
Densidad de mineral	t/m ³	2.8
Rendimiento de ciclo	t/ciclo	4.00
Rendimiento horario	t/hora	32.87

CAPITULO 4

CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN

4.1 Formas de optimizar

Optimizar la operación de la flota de scooptrams es lograr el mayor movimiento de minerales al menor costo total posible. Existen varios métodos para de optimizar el funcionamiento de la flota, en los cuales se utilizan diversos criterios para obtener el costo mínimo. En ésta tesis se comparan dos métodos: uno que es el utilizado actualmente en la empresa y el otro que es el propuesto.

- El método actual de la empresa es un método que se puede considerar de Repotenciación y Selección de Reemplazos de Equipos, que tiene dos partes. La primera se basa en la Propuesta para el Replotamiento de Maquinaria, utilizado y difundido por la Dirección de Equipo Mecánico de la Dirección General de Transportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC, que consiste en evaluar los equipos para determinar, cuales se repotencian, se reemplazan o se chatarrear,. En la segunda parte, determinados los equipos que se reemplazan, se realiza la selección del equipo de reemplazo, utilizando el criterio de la mínima relación **Costo/beneficio**.
- El método propuesto consiste en obtener el costo óptimo del movimiento de minerales realizando una evaluación económica y financiera del desempeño de

toda la flota y compararla con el desempeño de equipos nuevos operando en las mismas condiciones.

El costo óptimo se obtiene seleccionando los equipos, sean de la flota o de los nuevos, que en conjunto den el costo total mínimo. Se complementa, considerando aspectos técnicos como la estandarización de equipos.

La principal utilización de los scooptrams es el movimiento de minerales de una labor en interior mina donde acarrear el mineral y lo trasladan depositándolo en tolvas o en dumpers. Pero también realizan otros trabajos, como movimiento de desmontes, traslado de equipos, materiales, agua, combustibles, etc. Si bien estos trabajos no representan un beneficio económico directo contribuyen a facilitar las operaciones mineras.

Para fines de comparación se establece una operación típica para los scooptrams reemplazo igual a las empleadas en los estudios de tiempos de los equipos de la flota.

Para optimizar la operación de la flota de scooptrams se evalúan las alternativas:

- 1 - Mantener el equipo tal como está actualmente
- 2 - Repotenciar el equipo
- 3 - Reemplazar el equipo

El costo total óptimo de operación de la flota de scooptrams resultará de una combinación de repotenciar y reemplazar los equipos existentes manteniendo las mismas condiciones de trabajo, es decir la misma capacidad de movimiento de minerales en el mismo recorrido.

Si un equipo se mantiene en la flota, sin repotenciación, es porque está en buen estado. Un equipo se somete a una repotenciación porque su desempeño no es óptimo pero se considera que con una reparación general o parcial se recuperan

las condiciones que tenía cuando era nuevo. Como no se adquieren nuevos equipos no hay cambios en la depreciación.

Un equipo se reemplaza con otro de capacidades equivalentes cuando su desempeño no es óptimo y no se justifica invertir en una reparación general porque no se recuperan las condiciones óptimas de operación del equipo. Se invierte en la compra del nuevo equipo, con el que se recuperan las condiciones óptimas de operación y se reduce el costo de operación y mantenimiento. Se aumenta el valor comercial y el valor en libros.

La decisión sobre el destino de los equipos reemplazados, que puede ser venderlos, mantenerlos para suministro de repuestos o chatarrarlos, no forma parte de esta evaluación debido a que los equipos son antiguos, lo que dificulta su venta, y como son de diferentes marcas, muchos de sus componentes no son intercambiables.

4.2 Parámetros que se deben determinar

Para aplicar los métodos se requiere conocer la situación técnica y económica de los equipos de la flota y estimar convenientemente el desempeño técnico y económico de los equipo de reemplazo operando en las mismas condiciones que los actuales. Se requiere determinar:

Para los scooptrams existentes en la flota:

- El costo de operación y mantenimiento real.
- El valor de tasación o valor comercial de los equipos.
- El valor residual
- El costo de reparación general o parcial de los scooptrams
- El costo de repotenciación.

Para las los scooptrams de reemplazo:

- El costo de inversión
- El costo de operación y mantenimiento previsto
- El valor residual.

4.3 Costo de operación y mantenimiento

El estudio compara alternativas de reemplazo de equipos, por lo que el área de mantenimiento no requiere cambios ni ampliaciones de los servicios existentes por lo que los costos indirectos permanecen constantes. La forma de determinar estos costos para cada equipo depende de si el equipo forma parte de la flota o es un equipo nuevo de reemplazo.

- Equipos de la flota.

Como los scooptrams están operando se tienen datos reales sus costos de operación y mantenimiento registrados por el área de mantenimiento para cada uno de ellos. Para que los datos sean representativos para la evaluación se determinan los costos de un periodo de tiempo de tres a cinco años. En la presente tesis, estos costos se determinaron en el capítulo 3 para el periodo del 2003 al 2007.

- Equipos de reemplazo

El costo de operación y mantenimiento se determina utilizando datos existentes, como el costo de la mano de obra y los indicadores que dan los fabricantes, como el consumo específico de combustibles y lubricantes.

Como son equipos nuevos, su costo de mantenimiento se considera constante en los dos primeros periodos de 12 000 horas de operación, aumentando a partir de del tercer periodo.

4.3.1 Costos de operación

- Costo de mano de obra

Tanto para los equipos existentes como para los equipos de reemplazo se requieren un operador por turno y como en uno u otro caso se mantienen los dos turnos diarios, el costo por operador se determina con la planilla señalada en el acápite 3.4.2.2.

- **Costo de combustibles**

- Para los equipos de la flota:

Estos se obtienen de los registros de mantenimiento, los que tienen el inconveniente de consignar datos de horas de trabajo y consumos de combustibles, aceites y lubricantes en forma global, sin detallar la actividad específica a la que se destinaron. Pues además del acarreo de minerales los scooptrams también realizan transportes de maderas, agua, equipos pesados y otros, pero porcentualmente estos transportes no son significativos.

- Para los equipos de reemplazo:

Se determinan con el consumo horario de combustible, calculado con el consumo específico de combustible dado en los catálogos de los fabricantes de los equipos evaluados y se halla el consumo horario de combustible con:

$$C_c = \frac{G_e \cdot P}{10\rho} \quad (4.1)$$

Donde:

C_c: Consumo horario de combustible, (gal/ h)

G_e: Consumo específico de combustible (gal/kWh)

P: Potencia de motor (HP)

ρ: Densidad del combustible, (g/l)

Para el caso de petróleo Diesel se considera que ρ es 835 g/l

Costo de depreciación

La depreciación se calcula con la tasa de depreciación normal vigente para maquinaria y equipo.

4.3.2 Costo de Mantenimiento

Se consideran los siguientes costos:

Costo según tipos de mantenimientos

Se tienen registrados los costos de mantenimiento de todos los equipos de la flota y organizados según los tipos mantenimiento: Correctivo, Preventivo y Rutinario.

Para los equipos nuevos en este costo se consideran los recambios normales por desgaste de algunos componentes, como llantas y otros. Como son equipos nuevos no se consideran costos por reparaciones mayores.

Costo de mano de obra

El costo por mantenedores tampoco cambia pues se requiere un mecánico por scooptrams y se determina con lo señalado en el acápite 3.5.1.

4.4 Costo de scooptrams de reemplazo.

Se definen las características de los scooptrams de reemplazo y se cotizan en el mercado local.

4.4.1 Tecnología

Aún cuando se trata de reemplazar los equipos existentes por otros de iguales características se debe tener en cuenta que los nuevos modelos, aún de las mismas marcas, siempre tienen mejoras tecnológicas que generalmente son mejores rendimientos y nuevas facilidades operativas que pueden significar ventajas económicas con respecto al modelo antiguo.

Otro aspecto importante es tener en cuenta que no se está optimizando un equipo si no una flota, por lo que es importante la estandarización de equipos que da ventajas porque reduce la cantidad y costos de los stocks de repuestos, permite la especialización del personal, facilita y reduce los tiempos y costos de las intervenciones de mantenimiento y permite la ínter cambiabilidad de componentes.

Esto es particularmente importante cuando se le da de baja a un equipo. Si los equipos están estandarizados se tienen dos opciones para recuperar su valor residual: se le puede vender o se le puede canibalizar, es decir, utilizarlo como fuente de repuestos para los otros equipos de la flota. Si los equipos no están estandarizados para recuperar su valor residual la única opción es venderlo. En caso contrario como sus componentes no se pueden reutilizar, se chatarrearan perdiendo este valor.

4.4.2 Costos de inversión

Se cotizan los equipos disponibles en el mercado para seleccionar la marca y modelo más conveniente. Hasta hace poco tiempo los proveedores de equipo pesado para minería eran pocos y de calidad reconocida, pero en la actualidad están apareciendo nuevos proveedores, especialmente de origen asiático, con equipos de calidad y precio muy competitivos que se deben tener en cuenta en la selección de los equipos de reemplazo.

4.5 Valor del equipo

Depreciación

Denominada también costo de posesión viene a ser el costo originado por la pérdida de valor del equipo, desde su valor de adquisición VSN hasta su valor residual o de rescate R al final de los N años de su vida económica. Existen diversas formas de depreciación, pero la más comúnmente aceptada es la depreciación lineal, en la cual la depreciación D_n , luego de transcurridos n años es:

$$D_n = \left(\frac{VSN - R}{N} \right) n \quad (4.2)$$

Esta depreciación no tiene en cuenta el estado operativo real del equipo.

Valor en Libros

Es el valor contable que se le asigna a un equipo, en el año n, considerando solo su valor inicial y la depreciación D_n . Sus principales aplicaciones están en

evaluaciones económicas para pago de impuestos o proyectos de inversión. No refleja el valor real o valor comercial del equipo.

Valor comercial o Tasación

Es valor comercial real actual de los equipos, es decir el ingreso monetario que se puede obtener por la venta del equipo. Se obtiene aplicando el método de tasación directa reglamentario.

4.6 Costo de reparación integral

Es el que resulta de la evaluación técnica y económica de la reparación de todos los componentes de un equipo para dejarlo operativo.

4.7 Costo de repotenciación

4.7.1 Aspectos técnicos

Repotenciar un equipo es lograr que tenga una operatividad de 100%, similar a la de un equipo nuevo, lo que le da un tiempo de vida económica adicional. Para esto el equipo se somete a una reparación integral en la que no solo se reparan o reemplazan los componentes fallados si no también los que aún estando en buen estado reducen su eficiencia o podrían fallar a corto plazo.

El costo real de esta reparación general, o repotenciación, es la sumatoria de todos sus costos. El costo de reparación integral de equipos similares, debido al hecho que se reparan o reemplazan sus principales componentes, aunque tengan diferentes tiempos de uso, son aproximadamente iguales.

El Costo de repotenciación considerado en el método, no es el costo de reparación señalado anteriormente si no es un indicador que sirve para determinar la conveniencia de repotenciar un equipo, con una reparación general o reemplazarlo por uno nuevo. Este costo se obtiene afectando el costo de reparación general con un factor de corrección que depende de varios factores relacionados con del estado del equipo y de las condiciones en las que opera.

Entonces, el costo de repotenciación de un equipo depende tanto de la calidad de evaluación del costo de la reparación integral como de la adecuada evaluación del factor de corrección.

4.7.2 Método de cálculo de costo de repotenciación:

Para obtener el costo de repotenciación se aplica la metodología representada en la Fig.4.1.

- a) Se determina el costo de reparación integral CRI del equipo, realizando una inspección cuidadosa y detallada para determinar que componentes se deben reparar o reemplazar y calcular el costo total de la reparación.
- b) Se determina el factor de corrección FC según el estado y las condiciones de operación del equipo
- c) Se calcula el costo de repotenciación:

4.7.2.1 Factor de corrección

Este se determina como:

$$FC = F_{vu} F_t F_{ct} F_{gm} F_c \quad (4.3)$$

- F_{vu} = factor de corrección de vida útil
- F_t = factor de corrección técnica
- F_{ct} = factor de corrección de condiciones de trabajo
- F_{gm} = factor de corrección de mantenimiento.
- F_c = factor de corrección de calidad de maquinaria o vehículo.

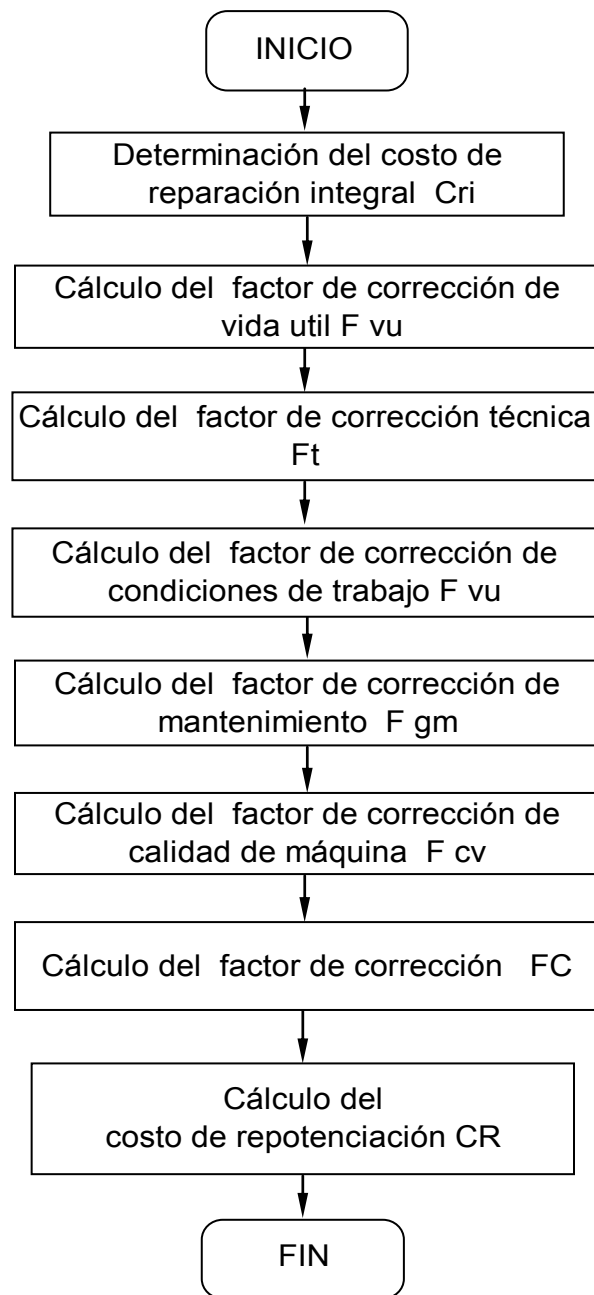


Fig 4.1 Método para calcular el costo de repotenciación de un scoopteam

Los valores de estos factores y la forma de determinarlos es:

a) Factor de corrección de vida útil (Fvu)

Considera el porcentaje de vida útil transcurrido que tiene la unidad en la fecha de la evaluación, el que se determina según el tiempo de operación del

equipo, el que se determina con la lectura de horómetro o podómetro. La asignación de valores del Fvu según el porcentaje de vida útil transcurrido es:

Tabla 4.1 Factor de vida útil Fu

Porcentaje vida util transcurrido	Factor de vida útil Fvu
< 25	0,1
25 a 50	0,5
50 a 75	1
> 75	1,3

Si una máquina ha cumplido o superado el 75% del total de su vida útil, se recomienda que se someta a un proceso de repotenciación

b) Factor de corrección técnica (Ft)

Este factor se obtiene de una evaluación que realiza el ingeniero encargado del equipo luego de un proceso de verificación del porcentaje de los componentes que están en buen estado técnico. Según este porcentaje se califica el estado técnico (bueno, regular y malo) y se asigna el valor del factor Ft según la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Factor de corrección por estado técnico Ft

Porcentaje de conjuntos en buen estado técnico	Calificación	Factor de corrección técnica
> 70	Bueno	0,25
59 a 69	Regular	1,0
0 a 49	Malo	1,4

c) Factor de condiciones de trabajo (Fct)

Las unidades operan en condiciones de medio ambiente variables, tales como altitud, clima, topografía, ambiente de trabajo y sobrecarga, que influyen sobre el rendimiento de la máquina. Estas condiciones tiene las características cualitativas se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Características de las condiciones de trabajo de equipos.

CONDICIONES DE TRABAJO	CARACTERÍSTICA
ALTITUD (msnm)	Menos de 1000 de 1000 a 3000 Más de 3000
CLIMA	Cálido Templado Frígido
TOPOGRAFIA	Buena Regular Mala
AMBIENTE DE TRABAJO	Límpido Polvoriento Húmedo
SOBRECARGA	Piedras, rocas Tierra Grava Arcilla Asfalto

Tabla 4.4 Factor de condiciones de trabajo Fct

Condiciones de trabajo	Altitud	Clima	Topografía	Ambiente	Sobrecarga	Factor Fct
Muy pesado	> 3000	Frígido	mala	polvoriento	Piedras, rocas	1,5
Pesado	= 3000	cálido	regular	polvoriento	asfalto tierra húmeda grava húmeda arcilla húmeda	1,3
Promedio	1000 a 3000	Templado	Regular	Límpido	Tierra común húmeda grava seca arcilla natural arena húmeda	1,0
Liviano	< 1000	Templado	Buena	Límpido	arenisca Tierra común seca	0.9

Según estas características, las condiciones de trabajo se califican de muy pesadas a livianas, asignándose para cada una de ellas un valor del factor de condiciones de trabajo. Tabla 4.4.

d) Factor de corrección mantenimiento (Fgm)

Este factor califica la eficacia del sistema organizacional, infraestructura y la gestión del mantenimiento disponible para los equipos. Se basa en las características del sistema, tales como el tamaño de la infraestructura, la calidad del equipamiento y la competencia del personal con que cuenta el servicio de mantenimiento, las que se han agrupado en ocho criterios. Tabla 4.5.

El valor del factor de corrección por mantenimiento se determina en la tabla 4.6 dependiendo de cuales criterios cumple el servicio de mantenimiento. Se califica de óptimo si cumple todos, a malo si no cumple ninguno y según esta calificación se asigna el valor del Fgm.

e) Valores del factor de corrección de la calidad de maquinaria (Fcm)

Este factor representa el conjunto de características que tiene la unidad y que viene dada por la calidad de su fabricación. Esta es evaluada por el usuario otorgándole la calificación de: bueno, regular o malo. El factor Fcm se asigna según lo indicado en la tabla 4.7.

f) Factor de corrección

El factor de corrección Fc se determina como el producto de los factores anteriores con la expresión 4.3.

Este factor, que toma valores positivos comprendidos entre 0,01 y 5 es un indicador del estado del equipo. Los valores bajos indican que el equipo esta en buen estado, mientras que valores mayores a 1,5 indican que el equipo está en mal estado.

Tabla 4.5 Criterios para calificar el Servicio de mantenimiento

Código de Criterio	Descripción
1	Participación de un ingeniero mecánico en la gestión de mantenimiento
2	Camión de lubricación y alternativa
3	Participación de dos técnicos especialistas (mecánico y electricista)
4	Manuales técnicos de operación mantenimiento y reparación
5	Taller de reparaciones
6	Almacén con repuestos de alto consumo
7	Procesos y procedimientos
8	Presupuesto asignado a la gestión de mantenimiento

Tabla 4.6 Selección del Factor Fgm según el cumplimiento de criterios de la tabla 4.5

Criterios cumplidos	Calificación	Factor Fgm
Todos	Óptimo	0,60
1, 2, 3, 6, 8	Bueno	0,80
1, 3, 6, 8	Promedio	1,00
2, 3, 6	Escaso	1,50
Ninguno	Malo	2,00

Tabla 4.7 Factor de calidad de máquina

Calificación	Factor de calidad de maquinaria Fcm
Bueno	0,80
Regular	1,00
Malo	1,20

4.7.2.2 Cálculo del costo de repotenciación

Es el producto del costo de reparación integral y el factor de corrección

$$CR = Fc \cdot CRI \quad (4.4)$$

4.7.3 Reemplazo

Para reemplazar una máquina se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

4.7.3.1 Tecnología

Los reemplazos, estrictamente hablando, deben hacerse con máquinas de iguales características a las reemplazadas, pero debido a los continuos avances tecnológicos se tienen nuevas versiones con mejoras tecnológicas, que pueden ser: mayor capacidad, velocidad de operación o eficiencia, menor consumo de combustible, o menores costos de mantenimiento que las existentes.

Es necesario contar con personal con conocimiento y experiencia para evaluar las diferentes ofertas de equipos que existen en el mercado.

4.7.3.2 Costos de inversión

Una vez decidida la adquisición de un equipo se realiza la inversión según la oferta del proveedor y de acuerdo a un plan de pagos previamente acordado. Para efectos de las evaluaciones económicas se considera que las inversiones se realizan al final del año.

4.8 Costo mínimo

El costo mínimo se considera como el menor costo total que resulta de la suma de los costos que considera cada método los que se detallan en los capítulos correspondientes.

CAPITULO 5

METODO ACTUAL Y SU APLICACIÓN A LA FLOTA

5.1 Descripción del método

El método actual de optimización tiene dos partes:

La primera parte consiste en determinar si cada uno de los scooptram de la flota:

- a) Se debe repotenciar.
- b) Se debe reemplazar por otro nuevo de similares características.

A los equipos que se les debe repotenciar se les somete a una reparación integral y continúan formando parte de la flota. Los equipos que se deben reemplazar pasan a la segunda parte del método.

La segunda parte se aplica solo a los scooptrams que se deben reemplazar y consiste en seleccionar a los scooptrams de reemplazo con el criterio del mínimo costo/beneficio.

La aplicación del método, cuyo diagrama de flujo se muestra en la figura 5.1 inicia su primera parte determinando las características técnicas del scooptram en evaluación y con estas características se realiza una investigación técnico comercial de los equipos que se ofertan en el mercado para determinar y seleccionar a los que cumplen con el requisito de tener similares características.

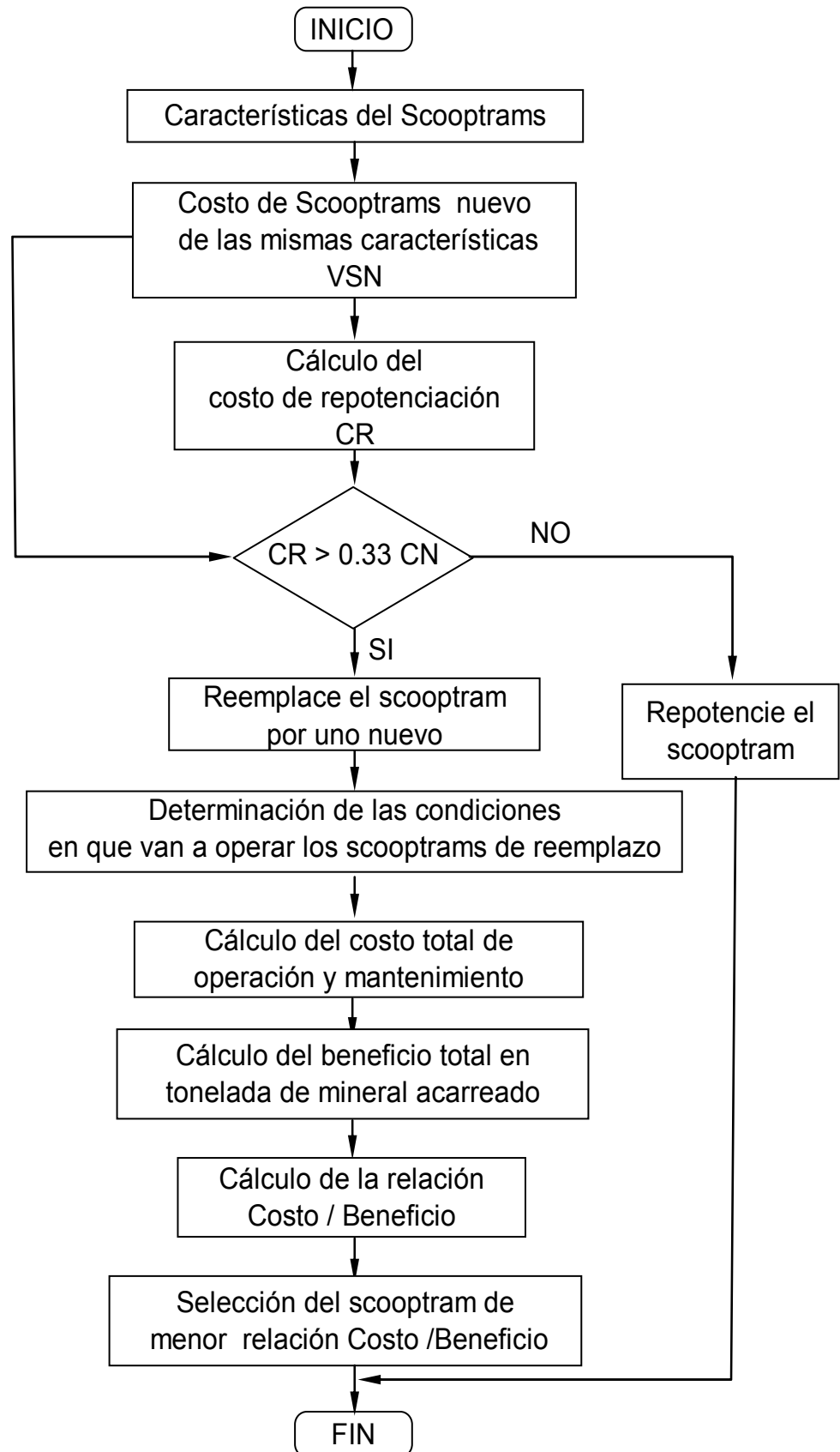


Fig 5.1 Método de repotenciación o reemplazo de equipos

Estos se cotizan y sus precios se denominan el Valor Similar Nuevo, VSN, y se calcula el 33 % del VSN de cada uno.

Se calcula el costo de repotenciación CR del equipo en evaluación según lo establecido en acápite 4.4 de este documento y se toma la decisión de repotenciar o se reemplazar el equipo con la siguiente evaluación:

Si $CR < 33 \% VSN$ se repotencia

Si $CR > 33 \% VSN$ se reemplaza

Si se determina que el tiempo de utilización supera al 75 % de su vida útil, el equipo se debe repotenciar de todas maneras.

Para los scooptrams que se deben reemplazar, se realiza un análisis costo/beneficio de equipos nuevos de similares características que podrían reemplazarlos. Para poder comparar sus rendimientos, la evaluación se realiza con los scooptrams nuevos operando en las mismas condiciones que el equipo que reemplazan, por lo que se utilizan los mismos recorridos del estudio de tiempos del apartado 3.7.

Finalmente se evalúa la relación costo/beneficio expresada en US\$/t acarreada y se selecciona al que tiene la menor relación costo/beneficio.

5.2 Aplicación

5.2.1 Determinación del costo similar nuevo

Primero se identifican los equipos que se ofertan en el mercado local, que tienen características técnicas similares a los de la flota .Se seleccionan los que se presentan en la tabla 5.1 y cuyas características técnicas de detalle se muestran en el Anexo 5.

Tabla 5.1 Características técnicas de scooptrams similares a los de 1,5 yd³

Equipos	Marca	TAMROCK	SIMONE
	Modelo	LH 202 EJC 65D	ACY - 10
1. CAPACIDAD			
Capacidad de cuchara	yd ³	1.5	1.4
2 DIMENSIONES			
Longitud máxima (L)	mm	5486	5880
Ancho máximo (A)	mm	1448	1270
Altura con cabina (H)	mm	2134	2134
3 MOTOR			
Marca		DEUTZ	DEUTZ
Modelo		F5L -912W	BF4M2011
Potencia	HP	68	75
Nº de cilindros		5	4
Consumo específico	g/kWh	230	205
	Gal/h	1.84	1.81
4 SISTEMAS			
Transmisión		DANA /CLARK	DANA /CLARK
Cinvertedor		DANA /CLARK	DANA /CLARK
Ejes		DANA SOH	MERITOR

Tabla 5.2. Características técnicas de scooptrams similares a los de 2,2 yd³

Equipos	Marca	WAGNER	TAMROCK	SIMONE
	Modelo	ST - 2G	LH 203 TORO 151 D	ACY - 2
1. CAPACIDAD				
Capacidad de cuchara	yd ³	2.5	2.2	2.6
2 DIMENSIONES				
Longitud máxima (L)	mm	7080	6970	6820
Ancho máximo (A)	mm	1650	1480	1770
Altura con cabina (H)	mm	2086	1840 (1740)	2100
3 MOTOR				
Marca		DEUTZ	DEUTZ	DEUTZ
Modelo		BF4AM 1013C	BF6L914	BF4AM1013EC
Potencia	HP	117	95	117
Nº de cilindros		4	6	4
Consumo específico	g/kWh	195	230	205
	Gal/h	3.55	2.78	2.83
4 SISTEMAS				
Transmisión		CLARK R 3200	DANA SOH RT20324	DANA /CLARK R 28000
Cinvertedor		CLARK C -270	DANA SOH C 2122	DANA /CLARK C272
Ejes		CLARK 14D 2149	DANA SOH 140 144LCB	ROCWELL/MERITOR

Las empresas con representación local que ofertan estos equipos se detallan en el

Anexo 1:

EQUIPOS DE 1.5 yd³

Se seleccionan las marcas Tamrock y Sinome, por que son las únicas que comercializan en el país scooptrams de esta capacidad. Sus cotizaciones son:

EQUIPOS	TAMROCK	SINOME
	LH202 (EJC 65D)	ACY-10
Costo US\$ (No incluye IGV)	200.000,00	140.000,00

EQUIPOS DE 2.2 yd³

Se evalúa la adquisición de equipos Wagner, Tamrock y Sinome, por la calidad y garantía de sus equipos. En este caso las cotizaciones son:

EQUIPOS	WAGNER	TAMROCK	SINOME
	ST-2G	LH203 (TORO 151D)	ACY-2
Costo US\$ (No incluye IGV)	291.500	240.000	185.000

Se han seleccionado como equipos de reemplazo y como Valor similar nuevo VSN los siguientes:

Tabla 5.3 Scooptrams seleccionados. Valor similar nuevo

Capacidad de referencia yd ³	SCOOPTRAM Marca - modelo	Valor Similar Nuevo US\$
1.4	Sinome ACY - 10	140000
2.6	Sinome ACY - 2	185000

5.2.2 Determinación del costo de reparación general

Este se determinó luego de una minuciosa evaluación de cada uno de los sistemas y componentes del scooptram realizada por el personal de mantenimiento. Los resultados se resumen en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Costo de reparación integral de la flota de scooptrams

COGIGO DE SCOOPTRAM	COSTO DE REPARACIÓN GENERAL US\$
SC - 01	96 000
SC - 02	96 000
SC - 04	75 000
SC - 06	96 000
SC - 07	96 000
SC - 08	96 000
SC - 09	75 000
SC - 10	55 000
SC - 11	75 000
SC - 12	96 000
SC - 14	75 000
SC - 15	96 000
SC - 16	96 000
SC - 17	75 000
SC - 19	75 000
SC - 20	75 000

5.2.3 Cálculo del costo de repotenciación

Se aplica el método a la flota de 16 scooptrams según la expresión 4.4.

Como primer paso se determina el factor de corrección.

5.2.3.1 Cálculo del factor de corrección

Según la expresión 4.3 es el producto de los factores de corrección de: vida útil F_{vu} , de corrección técnica F_t , de condiciones de trabajo F_{ct} , de corrección de mantenimiento F_{gm} , de corrección de calidad de maquinaria F_{cm} , los que se determinan a continuación.

Factor de corrección de vida útil, F_{vu} .

Se determina con las horas de operación totales registradas en los horómetros de cada uno de los equipos de la flota.

Tabla 5.5. Factor de corrección de vida útil

EQUIPO	HOROMETRO (Hr)	VIDA UTIL (Hr)	% VIDA UTIL	Fvu
SC-01	5101	12000	43%	0.50
SC-02	5240	12000	44%	0.50
SC-04	9822	12000	82%	1.30
SC-06	7675	12000	64%	1.00
SC-07	5396	12000	45%	0.50
SC-08	11868	12000	100%	1.30
SC-09	2410	12000	20%	0.10
SC-10	589	12000	5%	0.10
SC-11	4115	12000	34%	0.50
SC-12	2311	12000	19%	0.10
SC-14	10523	12000	88%	1.30
SC-15	7835	12000	65%	1.00
SC-16	2243	12000	19%	0.10
SC-17	5469	12000	46%	0.50
SC-19	1861	12000	16%	0.10
SC-20	6345	12000	53%	0.50

Factor de condiciones de trabajo, Fct.

Se determina luego de evaluar las condiciones donde trabajan los equipos.

Tabla 5.6 Factor de corrección por condiciones de trabajo Fct.

FACTOR	CONDICION	Fct
ALTITUD	3000	1,3
CLIMA	CALIDO	
TOPOGRAFIA	REGULAR	
AMBIENTE	POLVORIENTO	
SOBRECARGA	TIERRA HUMEDA	

Factor de Corrección por estado técnico Fct

Se evalúan los componentes de los scooptrams de la flota cuyos resultados se resumen en la tabla 5.7

Tabla 5.7 Factor de corrección por estado técnico Ft

Código de Scooptram	Motor	Convertidor	Transmisión	Diferenciales	Frenos	Sistema eléctrico	Sistema Hidraulico	Estructura	% Buen estado	Ft
SC - 01	M	B	M	M	R	R	R	M	12.5	1.4
SC - 02	R	B	B	B	M	R	B	M	50	1
SC - 04	M	M	M	M	M	M	M	M	0	1.4
SC - 06	R	B	B	B	M	R	B	B	62.5	1
SC - 07	R	B	B	B	M	R	B	M	50	1
SC - 08	B	B	B	M	M	M	M	M	37.5	1.4
SC - 09	M	M	M	M	M	M	M	M	0	1.4
SC - 10	B	B	B	B	B	B	R	B	87.5	0.25
SC - 11	M	M	M	M	M	M	M	M	0	1.4
SC - 12	B	B	B	M	M	R	R	M	37.5	1.4
SC - 14	B	B	B	M	M	R	R	M	37.5	1.4
SC - 15	R	M	B	M	M	R	R	M	12.5	1.4
SC - 16	B	B	B	B	B	R	R	M	62.5	1
SC - 17	R	M	B	M	M	R	R	M	37.5	1.4
SC - 19	M	B	B	M	B	B	R	M	37.5	1.4
SC - 20	B	B	R	M	M	R	B	M	37.5	1.4

Factor de corrección por mantenimiento. Fgm.

Se calcula de acuerdo a los criterios que cumple el servicio de mantenimiento según la tabla 4.6. Los resultados se muestran en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Factor de corrección por mantenimiento Fgm

CONDICION	DESCRIPCION	Fgm
1	Participación de 6 ingenieros mecánicos en la administración y supervisión.	0,6
2	Se cuenta con 2 camiones lubricadores, para interior mina y superficie.	
3	Participación de 22 técnicos mecánicos y 3 electricistas.	
4	Se cuenta con manual de partes y servicio de los equipos	
5	Se cuenta con taller de reparación en interior mina y superficie.	
6	Se cuenta en almacén con stock de repuestos críticos y de alta rotación.	
7	Se cuenta con estándares y procedimientos de trabajo.	
8	Se cuenta con un presupuesto anual para el Área.	

Factor de corrección de calidad de maquinaria Fcm

Se determina de acuerdo a la calidad de máquina. Los scooptrams son de marcas diferentes, tabla 3.2, pero todos ellos tienen motores marca Deutz, tabla 3.3, por lo que los scooptrams tienen calidad equivalente. El resultado promedio de la evaluación de los equipos de la flota se muestran en la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Factor de corrección de calidad de maquinaria Fcm

CALIDAD DE FABRICACION	Fcm
REGULAR	1

Factor de corrección Fc

El factor de corrección según la expresión 4.3, es el producto de todos los factores anteriores. Los que se presentan en la tabla 5.10.

5.2.3.2 Costo de repotenciación

Es el producto del costo de reparación integral por los factores de corrección Fc los que se presentan en la tabla 5.11.

5.2.4 Selección de los scooptrams que se repotencian y reemplazan

Se compara el 33 % de su VSN con el costo de repotenciación. Los resultados se presentan en la tabla 5.12

Tabla 5.10 Factor de corrección Fc

Código Equipo	Capacidad m ³ . (y ³).	Factores de corrección					Factor de corrección Fc
		Fvu	Ft	Fct	Fgv	Fgm	
SC - 10	0,38 (0,5)	0.10	0.25	1.30	0.60	1.00	0.0195
SC - 20	0,96 (1.25)	0.50	1.40	1.30	0.60	1.00	0.5460
SC - 04	1,15 (1,5)	1.30	1.40	1.30	0.60	1.00	1.4196
SC - 08		1.30	1.40	1.30	0.60	1.00	1.4196
SC - 09		0.10	1.40	1.30	0.60	1.00	0.1092
SC - 11		0.50	1.40	1.30	0.60	1.00	0.5460
SC - 14		0.10	1.40	1.30	0.60	1.00	0.1092
SC - 17		0.50	1.40	1.30	0.60	1.00	0.5460
SC - 19		0.10	1.40	1.30	0.60	1.00	0.1092
SC - 01	1,68 (2,2)	0.50	1.40	1.30	0.60	1.00	0.5460
SC - 02		0.50	1.00	1.30	0.60	1.00	0.3900
SC - 06		1.00	1.00	1.30	0.60	1.00	0.7800
SC - 07		0.50	1.00	1.30	0.60	1.00	0.3900
SC - 12		0.10	1.40	1.30	0.60	1.00	0.1092
SC - 15		1.00	1.40	1.30	0.60	1.00	1.0920
SC - 16		0.10	1.00	1.30	0.60	1.00	0.0780

Tabla 5.11 Costo de reparación general y repotenciación de la flota.

Código Equipo	Capacidad m ³ . (yd ³).	Reparación general US\$	Factor de corrección Fc	Costo de Repotenciación US\$
SC - 10	0.38 (0.5)	55000	0.0195	1073
SC - 20	0.96 (1.25)	75000	0.5460	40950
SC - 04	1.15 (1.5)	75000	1.4196	106470
SC - 08		96000	1.4196	136282
SC - 09		75000	0.1092	8190
SC - 11		75000	0.5460	40950
SC - 14		75000	0.1092	8190
SC - 17		75000	0.5460	40950
SC - 19		75000	0.1092	8190
SC - 01	1.68 (2.2)	96000	0.5460	52416
SC - 02		96000	0.3900	37440
SC - 06		96000	0.7800	74880
SC - 07		96000	0.3900	37440
SC - 12		96000	0.1092	10483
SC - 15		96000	1.0920	104832
SC - 16		96000	0.0780	7488

Tabla 5.12 *Propuestas de repotenciación y reemplazos de la Flota de Scooptrams*

Código Equipo	Capac. m ³ . (yd ³).	Valor similar nuevo VSN US\$	33 % de VSN US\$	Indicador de Costo de repotenciación US\$	Recomendación
SC - 10	0,38 (0,5)	140000	46200	1073	Repotenciar
SC - 20	0,96 (1.25)	140000	46200	40950	Repotenciar
SC - 04	1,15 (1,5)	140000	46200	106470	REEMPLAZAR
SC - 08		140000	46200	136282	REEMPLAZAR
SC - 09		140000	46200	8190	Repotenciar
SC - 11		140000	46200	40950	Repotenciar
SC - 14		140000	46200	8190	Repotenciar
SC - 17		140000	46200	40950	Repotenciar
SC - 19		140000	46200	8190	Repotenciar
SC - 01	1,68 (2,2)	185000	61050	52416	Repotenciar
SC - 02		185000	61050	37440	Repotenciar
SC - 06		185000	61050	74880	REEMPLAZAR
SC - 07		185000	61050	37440	Repotenciar
SC - 12		185000	61050	10483	Repotenciar
SC - 15		185000	61050	104832	REEMPLAZAR
SC - 16		185000	61050	7488	Repotenciar

Tabla 5.13 Costo Valor similar nuevo, Tasación y de Reparación general la Flota de Scooptrams

Código Equipo	Capac. m3. (y ³).	Valor similar nuevo VSN US\$	Valor comercial tasación US\$	Valor Reparación general US\$	Recomendación
SC - 10	0,38 (0,5)	140000	28875	55000	Repotenciar
SC - 20	0,96 (1.25)	140000	32725	75000	Repotenciar
SC - 04	1,15 (1,5)	140000	5500	75000	REEMPLAZAR
SC - 08		140000	11550	96000	REEMPLAZAR
SC - 09		140000	11550	75000	Repotenciar
SC - 11		140000	24750	75000	Repotenciar
SC - 14		140000	42900	75000	Repotenciar
SC - 17		140000	97416	75000	Repotenciar
SC - 19		140000	104628	75000	Repotenciar
SC - 01	1,68 (2,2)	185000	13750	96000	Repotenciar
SC - 02		185000	17875	96000	Repotenciar
SC - 06		185000	13750	96000	REEMPLAZAR
SC - 07		185000	17875	96000	Repotenciar
SC - 12		185000	41250	96000	Repotenciar
SC - 15		185000	107250	96000	REEMPLAZAR
SC - 16		185000	107250	96000	Repotenciar
Total Flota		2555000	678894	1348000	

5.3 Selección de los scooptrams de reemplazo

Según se muestra en la tabla 5.12 se deben reemplazar solo cuatro scooptrams, dos de 1,5 yd³ y dos de 2,2 yd³. En la investigación de mercado se seleccionó como equipo similar nuevo a los equipos cuyas características técnicas se dan en la tabla 5.1 y tabla 5.2.

Para cada una de de ellos se evalúan: El costo de inversión, la depreciación, el costo de operación y mantenimiento previsto y el valor residual.

5.3.1 Costo de inversión

El costo de inversión, o valor similar nuevo, se obtiene de la cotización los scooptrams de 1,5 yd³ y 2,2 yd³ de equipos seleccionados que se muestran en la tabla 5.3.

5.3.2 Costo de Depreciación y valor residual

La depreciación se determina con la expresión 4.2 considerando un valor residual del 10 % del precio de una máquina nueva. Los resultados se presentan en la tabla 5.14.

Tabla 5.14 Costo de inversión y depreciación de scooptrams de 1,5 yd³ y 2,2 dy³ de capacidad

SCOOPTRAM Marca - modelo	Capacidad de referencia m ³ (yd ³)	Valor Similar Nuevo VSN US\$	Valor Residual R US\$	Depreciación D US\$
Tamrock LH202	1,15	200000	20000	180000
Sinome ACY - 10	(1,5)	140000	14000	126000
Waner ST- 2G	1,68	291500	29150	262350
Tamrock LH - 203	(2,0)	245000	24500	220500
Sinome ACY - 2		185000	18500	166500

5.3.3 Costo de operación y mantenimiento previsto

Para este cálculo se toma como referencia un periodo de análisis de tres años que es el periodo que transcurre entre la entrada en operación y el primer over haul (3) de los equipos y corresponde al periodo de mínimo costo de operación.

5.3.3.1. Cálculo de los costos de operación

Para el cálculo de los costos de operación CO se considera el costo de mano de obra del operador C_o , el costo del combustible C_c que se consume en el periodo estudiado y el costo de la depreciación D del periodo analizado.

a) Cálculo del costo por operadores

El costo de mano de obra de los operadores se determinó en 3.4.2.2 y asciende a un monto anual de US\$ 16473 (US\$ 1373 mensuales).

b) Cálculo del costo por combustible

Se determina de acuerdo con 4.31 y la expresión 4.1 a la que se le aplica el consumo específico de combustible G_e que dan los fabricantes. Para los scoomtrams en estudio se muestran en las tablas correspondientes según sus horas de operación

c) Cálculo de la depreciación.

La depreciación se determina según la expresión 3.5 considerando el periodo de evaluación de tres años.

5.3.3.2 Cálculo de los costos de mantenimiento

a) Cálculo del costo por mantenedores

El costo de la mano de obra por mantenedores se determinó en 3.5.1 obteniéndose un costo de US\$ **9 413** anuales (US\$ **784** mensuales) por scooptram.

b) Cálculo del costo por mantenimiento preventivo

Se consideran el costo de los filtros y aceites de los diferentes sistemas de los scooptrams y su frecuencia de cambio, según indicación de cada fabricante. A continuación se muestran los cuadros resúmenes de estos costos.

b1) MANTENIMIENTO PREVENTIVO SCOOPTRAM de 1,5 yd³

Tabla 5.15 Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram. Tamrock LH-202

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario US\$	Parcial US\$	Total US\$
75	Filtro de aire primario	1	28.8	28.8	28.8
125	Aceite de motor	4	4.65	18.60	59.70
	Filtro de aceite de motor	1	6.90	6.90	
	Filtro de combustible	1	5.40	5.40	
	Filtro de aire secundario	1	20.40	20.40	
	Filtro separador de agua	1	8.40	8.40	
500	Filtro aceite de transmisión	1	26.80	26.80	181.00
	Aceite de transmisión	8	5.40	43.20	
	Aceite hidráulico	30	3.70	111.00	
1000	Fajas del alternador	1	2.40	2.40	141.80
	Filtro de aceite hidráulico	2	10.10	20.20	
	Filtro de aceite hidráulico-Ref	1	54.00	54.00	
	Fajas del ventilador	2	3.20	6.40	
	Aceite de mandos finales	12	4.90	58.80	

Tabla 5.16 Costo de Mantenimiento Preventivo. Scooptram Sinome ACY 10

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario US\$	Parcial US\$	Total US\$
75	Filtro de aire primario	1	31.9	31.90	31.90
150	Aceite de motor	4	4.35	17.40	76.00
	Filtro de aceite de motor	1	6.00	6.00	
	Filtro de combustible	1	4.00	4.00	
	Filtro de aire secundario	1	31.90	31.90	
	Filtro de aire primario	1	16.70	16.70	
300	Filtro separador de agua	1	38.40	38.40	38.40
600	Fajas del alternador	1	2.50	2.50	68.50
	Filtro aceite de transmisión	1	66.00	66.00	
1200	Aceite de transmisión	8	5.40	43.20	235.00
	Aceite hidráulico	30	3.70	111.00	
	Filtro de aceite hidráulico	2	10.20	20.40	
	Filtro de aceite hidráulico-Ref	1	54.00	54.00	
	Fajas del ventilador	2	3.20	6.40	
2400	Aceite de mandos finales	24	4.90	117.60	117.60

b2) Mantenimiento preventivo scooptram de 2,2 yd³

Tabla 5.17 Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram Wagner ST-2G

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario	Parcial US\$	Total US\$
75	Filtro de aire primario	1	32.9	32.90	32.90
125	Aceite de motor	5	9.60	48.00	63.00
	Filtro de aceite de motor	1	15.00	15.00	
250	Filtro de combustible	1	28.90	28.90	143.70
	Filtro de aire secundario	1	20.80	20.80	
	Filtro separador de agua	1	94.00	94.00	
500	Filtro aceite de hidráulico	1	78.80	78.80	133.20
	Aceite de transmisión	1	54.40	54.40	
1000	Fajas del alternador	1	41.00	41.00	806.00
	Aceite Transmisión	7	10.00	70.00	
	Aceite hidráulico	55	9.00	495.00	
	Aceite de mandos finales	20	10.00	200.00	

Tabla 5.18 Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram Tamrock LH-203

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario	Parcial US\$	Total US\$
75	Filtro de aire primario	1	37.14	37.14	37.14
125	Aceite de motor	6	4.89	29.34	121.23
	Filtro de aceite de motor	2	6.90	13.80	
	Filtro de combustible	2	5.40	10.80	
	Filtro separador de agua	1	33.29	33.29	
	Filtro de aire secundario	2	17.00	34.00	
500	Fajas del alternador	2	2.50	5.00	134.52
	Filtro aceite de transmisión	1	76.52	76.52	
	Aceite de transmisión	10	5.30	53.00	
1000	Filtro aceite de hidráulico	1	80.60	80.60	335.23
	Aceite hidráulico	40	3.70	148.00	
	Filtro aceite de hidráulico	1	8.63	8.63	
	Aceite de mandos finales	20	4.90	98.00	

Tabla 5.19 Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram. Simone ACY - 2

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario	Parcial US\$	Total US\$
75	Filtro de aire primario	1	33.1	33.1	33.1
150	Aceite de motor	6	5.10	30.6	137.60
	Filtro de aceite de motor	2	6.00	12	
	Filtro de combustible	2	12.30	24.6	
	Filtro de aire primario	1	31.80	31.8	
	Filtro de aire secundario	2	19.30	38.6	
300	Filtro separador de agua	1	33.30	33.3	33.30
600	Fajas del ventilador	2	3.70	7.40	87.40
	Fajas del combustible	1	2.40	2.40	
	Fajas del alternador	1	2.50	2.50	
	Filtro de aceite de transmisión	1	75.10	75.10	
1200	Aceite transmisión	10	5.35	53.50	234.40
	Aceite hidráulico	40	4.30	172.00	
	Filtro de aceite hidráulico	1	8.90	8.90	
2400	Aceite mandos finales	20	5.18	103.60	103.60
4800	Aceite mandos finales	20	5.18	103.6	103.6

c) Cálculo del costo por mantenimiento rutinario

El costo por mantenimiento rutinario es aquel que se invierte en materiales y consumibles usados en el mantenimiento rutinario de 1 hora que se realiza en los equipos diariamente, llámese grasa, trapos, cambio de mangueras conectores, focos, etc, este monto en promedio es 3000 US\$ por año.

d) Cálculo del costo por mantenimiento correctivo

Para calcular los costos por mantenimiento correctivo de los scooptrams de 2,2 yd³ y de los scooptrams de 1,5 yd³ de capacidad, se toma como referencia la experiencia en reparar equipos de igual capacidad en el taller de mantenimiento general de CMH. El monto de estas reparaciones está basadas en reparaciones efectuadas a diferentes componentes y considera específicamente el costo de los repuesto y materiales a cambiar y usar en las diferentes reparaciones. Los cuadros resúmenes con los diferentes montos son:

d1) Mantenimiento correctivo scooptrams 1,5 yd³*Tabla 5.20 Costo de Mantenimiento Correctivo de Scooptram de 1,5 yd³*

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario	Parcial US\$	Total US\$
1500	Frenos	1	2000	2000	2000
2000	Estructura	1	3000	3000	3000
2400	Sistema eléctrico	1	1800	1800	6400
	Neumáticos	1	4600	4600	
4000	<u>Sistema hidráulico</u>	1	3000	3000	3000
12000	Motor Diesel	1	15000	15000	49000
	Convertidor	1	8000	8000	
	Transmisión	1	8000	8000	
	Diferenciales	1	18000	18000	

d2) Mantenimiento correctivo scooptrams 2,2 yd³*Tabla 5.21 Costo de Mantenimiento Correctivo de Scooptram de 2,5 yd³*

Frecuencia horas	Materiales y repuestos	Cantidad	Costos		
			Unitario US\$	Parcial US\$	Total US\$
1500	Frenos	1	2500	2500	2500
2000	Estructura	1	3000	3000	3000
2400	Sistema eléctrico	1	2400	2400	9100
	Neumáticos	1	6700	6700	
4000	<u>Sistema hidráulico</u>	1	4000	4000	4000
12000	Motor Diesel	1	18000	18000	65000
	Convertidor	1	10000	10000	
	Transmisión	1	15000	15000	
	Diferenciales	1	22000	22000	

5.3.3.3 Cálculo del tonelaje movido

Para determinar el tonelaje de mineral movido por los scooptram de 2,2 yd³ y de 1,5 yd³ en operación, se realizó un estudio de tiempos del ciclo traslado de mineral, (carguío, traslado cargado, descarga y traslado vacío del equipo), en condiciones similares a las que se presentan en las tablas 3.16, 3.17 y 3.18.

5.3.3.4 Análisis del Costo/Beneficio

Costos de mantenimiento

Los fabricantes recomiendan un periodo de mantenimiento para los principales componentes, como el motor, los convertidores de par, etc. de 12000 horas.

De los estudios de tiempo se ha determinado que el promedio diario de operación de los scooptrams es de 12,45 horas, con lo que se totalizan 4092 horas año que relacionadas con el periodo de mantenimiento de 12000 horas corresponde a un periodo de operación de tres años, en el que se totalizan 12227 horas. Por lo que se asume un periodo de evaluación de tres años.

Los mantenimientos se realizan con periodos de tiempo f y costos C_f diferentes, tablas 5.15 a 5.19. Para determinar el costo anual que corresponde a cada frecuencia, considerando una operación de 4000 horas anuales, se determina el número de intervenciones N_{fn} del año n :

Para el primer año, con $n = 1$:

$$N_{f1} = \text{Min entero} \left(\frac{4000}{f} \right)$$

Para los años subsiguientes, con $n > 1$ se tiene:

$$N_{fn} = \text{Min entero} \left(\frac{4000n}{f} \right) - \sum_1^{n-1} N_{fn}$$

Entonces el costo anual del mantenimiento C_{fn} de frecuencia f del año n es:

$$C_{fn} = C_f N_{fn}$$

Los resultados se da en las tablas 5.22, 5.24, 5.26, 5.27, 5.28 y 5.29,

Rendimiento

En 5.3 se determinó el rendimiento de los equipos existentes y para comparar se determina el rendimiento de los equipos nuevos:

- Los tiempos de carga y descarga, incluidos los tiempos de espera promedios, se mantienen para los equipos nuevos.
- Los tiempos de transporte con carga y vacío se calculan con la distancia recorrida por los scooptrams y las velocidades recomendadas por los fabricantes. Con estos valores se calcula el número de ciclos por hora que multiplicado por el número de horas y la capacidad de la cuchara da como resultado el beneficio anual. Finalmente se divide el costo total entre el beneficio total y se obtiene el costo por tonelada transportada. Los resultados se muestran en las tablas siguientes

ANALISIS DEL COSTO/BENEFICIO SCOOPTRAM DE 1,5 YD³

Tabla 5.22 Costo de Mantenimiento de Scooptram Tamrock LH - 202 de 1,5 yd³

SCOOPTRAM TAMROCK LH - 202				
1.5 yd ³				
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
75	1555.2	1584	1555	4694
125	2832	2921	2921	8673
500	1448	1448	1448	4344
1000	567	567	567	1702
	6402	6520	6491	19413
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
1500	4000	6000	6000	16000
2000	6000	6000	6000	18000
2400	6400	12800	12800	32000
4000	3000	3000	3000	9000
12000	0	0	49000	49000
	19400	27800	76800	124000

Tabla 5.23 Análisis Costo/Beneficio Scooptram Tamrock LH - 202 de 1,5 yd³

1 Datos del Equipo		ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	
Tipo		Scooptram	
Marca		Tamrock	
Modelo		LH - 202	
Capacidad (yd3)		1.5	
Modalidad		Compra	
2 Inversión			
Inversión		US\$	200000
Periodo		años	3
3 Costo de posesión			
Depreciación		US\$	180000
4 Cálculo del costo operativo			
Horas de operación			
Diaria		h/día	12
anual		h	12277
Costos de operación			
Operador		US\$	49419
Combustible		US\$	60726
Depreciación		US\$	54000
Costo de mantenimiento			
Preventivo		US\$	19413
Rutinario		US\$	9000
Correctivo		US\$	124000
Mantenedor		US\$	28239
Total periodo		US\$	344797
Costo horario		US\$/h	28.08
5 Calculo del tonelaje horario			
Condiciones de trabajo			
Distancia recorrida			0.093
Pendiente promedio de recorrido			1/7
Densidad material		t/m3	2.8
Características del equipo			
Capacidad volumétrica de la cuchara		m3	1.15
Capacidad neta de cuchara		t	2.73
Velocidad promedio (Pendiente máxima)			
Cargado		km/h	7.2
Descargado			10
Determinación del ciclo de trabajo			
Tiempo de carga		h	0.0068
Tiempo de traslado cargado		h	0.0129
Tiempo de descarga		h	0.0037
Tiempo de traslado vacio		h	0.0093
Tiempo del ciclo		h	0.0327
Frecuencia de operación		ciclos/hora	30.6
Rendimiento ciclo		t/ciclo	2.73
Beneficio horario (Rendimiento horario)		t/h	83.42
6.00	RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	US\$/t	0.34

Tabla 5.24 Costo de mantenimiento de Scooptram Simone ACY - 10 de 1,4 yd³

SCOOPTRAM SIMONE ACY - 10				
1.4 yd ³				
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
75	1722.6	1754.5	1723	5200
150	2052	2052	2052	6156
300	499	538	499	1536
600	411	480	480	1370
1200	707	707	942	2355
2400	59	117	117	293
4800	0	59	59	117
	5450	5706	5871	17027
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
1500	4000	6000	6000	16000
2000	6000	6000	6000	18000
2400	6400	12800	12800	32000
4000	3000	3000	3000	9000
12000	0	0	49000	49000
	19400	27800	76800	124000

Tabla 5.25 Análisis Costo/Beneficio Scooptram Simone ACY - 10 de 1,4 yd³

ANALISIS COSTO/BENEFICIO			
1 Datos del Equipo			Scooptram Simone ACY - 10 1.4
	Tipo		
	Marca		
	Modelo		
	Capacidad (yd ³)		
2 Inversión			
	Inversión	US\$	140000
	Periodo	años	3
3 Costo de posesión			
	Depreciación	US\$	126000
4 Cálculo del costo operativo			
	Horas de operación		
		Diaria	h/día
		anual	h
			12
	Costos de operación	Operador	US\$
		Combustible	US\$
		Depreciación	US\$
	Costo de mantenimiento	Preventivo	US\$
		Rutinario	US\$
		Correctivo	US\$
		Mantenedor	US\$
			124000
			28239
	Total periodo		US\$
			325221
	Costo horario		US\$/h
			26.49
5 Calculo del tonelaje horario			
Condiciones de trabajo			
	Distancia recorrida		0.093
	Pendiente promedio de recorrido		1/7
	Densidad material	t/m ³	2.8
Características del equipo			
	Capacidad volumétrica de la cuchara	m ³	1.07
	Capacidad neta de cuchara	t	2.55
	Velocidad promedio (Pendiente máxima)		
	Cargado	km/h	8.7
	Descargado		10
Determinación del ciclo de trabajo			
	Tiempo de carga	h	0.0068
	Tiempo de traslado cargado	h	0.0107
	Tiempo de descarga	h	0.0037
	Tiempo de traslado vacio	h	0.0093
	Tiempo del ciclo	h	0.0305
	Frecuencia de operación	ciclos/hora	32.8
	Rendimiento ciclo	t/ciclo	2.55
	Beneficio horario (Rendimiento horario)	t/h	83.55
6.00	RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	US\$/t	0.32

Tabla 5.26 Costo de Mantenimiento Correctivo Scooptrams de 2,5 yd³

COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
1500	5000	7500	7500	20000
2000	6000	3000	6000	15000
2400	9100	18200	18200	45500
4000	8000	12000	12000	32000
12000	0	0	65000	65000
	28100	40700	108700	177500

Tabla 5.27 Costo de Mantenimiento preventivo Scooptram Wagner ST – 2G
de 2,5 yd³

Tipo				Scooptram
Marca				Wagner
Modelo				ST -2G
Capacidad (yd ³)				2.5
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
75	1778.76	1811.7	1779	5369
150	2022	2086	2086	6194
300	2310	2310	2454	7074
600	1068	1068	1068	3204
1200	3224	3224	3224	9672
	10403	10499	10610	31512

Tabla 5.28 Costo de mantenimiento preventivo Scooptram Tamrock

LH 203 de 2,2 yd³

Tipo				Scooptram
Marca				Tamrock
Modelo				LH 203
Capacidad (yd ³)				2.2
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
75	2005.56	2042.7	2006	6054
150	3879	4001	4001	11881
300	1076	1076	1076	3228
600	1341	1341	1341	4023
	8302	8460	8423	25186

Tabla 5.29 Costo de Mantenimiento Preventivo de Scooptram

Simone ACY-2 de 2,6 yd³

Tipo				Scooptram
Marca				Simone
Modelo				ACY - 2
Capacidad (yd ³)				2.6
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO US\$				
Periodo Horas	Año			TOTAL US\$
	1	2	3	
75	1787.4	1820.5	1787	5395
150	3715	3715	3715	11146
300	433	466	433	1332
600	524	612	612	1748
1200	703	703	938	2344
2400	104	207	207	518
4800	0	104	104	207
	7267	7628	7796	22690

Tabla 5.30 Análisis Costo/Beneficio Scooptram Wagner ST – 2G de 2,5 yd³

ANALISIS COSTO/BENEFICIO			
1 Datos del Equipo			
	Tipo		Scooptram
	Marca		Wagner
	Modelo		ST -2G
	Capacidad (yd ³)		2.5
2 Inversión			
	Inversión	US\$	291500
	Periodo de análisis	años	3
3 Costo de posesión			
	Depreciación total en la vida útil	US\$	262350
4 Cálculo del costo operativo horario			
Horas de operación			
	Diaria	h/día	12
	Periodo	h	12277
Costos de operación			
	Operador	US\$	49419
	Combustible	US\$	117162
	Depreciación	US\$	78705
Costo de mantenimiento			
	Preventivo	US\$	31512
	Rutinario	US\$	9000
	Correctivo	US\$	177500
	Mantenedor	US\$	28239
	Total periodo	US\$	491538
Costo horario		US\$/h	40.04
5 Calculo del tonelaje horario			
Condiciones de trabajo			
	Distancia recorrida	km	0.469
	Pendiente promedio de recorrido		1/10
	Densidad material	t/m ³	2.8
Características del equipo			
	Capacidad volumétrica de cuchara	m ³	1.91
	Capacidad neta de cuchara	t	4.55
	Velocidad promedio (Pendiente máxima)		
	Cargado	km/h	9.7
	Descargado		10
Determinación del ciclo de trabajo			
	Tiempo de carga	h	0.0049
	Tiempo de traslado cargado	h	0.0484
	Tiempo de descarga	h	0.0043
	Tiempo de traslado vacío	h	0.0469
	Tiempo del ciclo	h	0.1045
	Frecuencia de operación	ciclos/hora	9.6
	Rendimiento ciclo	t/ciclo	4.55
Beneficio horario (Rendimiento horario)		t/h	43.55
6	RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	US\$/t	0.92

Tabla 5.31 Análisis Costo/Beneficio Scooptram Tamrock LH 203 de 2,2 yd³

ANALISIS COSTO/BENEFICIO			
1 Datos del Equipo			Scooptram Tamrock LH 203 2.2
	Tipo		
	Marca		
	Modelo		
	Capacidad (yd ³)		
2 Inversión			
	Inversión	US\$	245000
	Periodo de análisis	años	3
3 Costo de posesión			
	Depreciación total en la vida útil	US\$	220500
4 Cálculo del costo operativo horario			
	Horas de operación		
	Diaria	h/día	12
	Periodo	h	12277
	Costos de operación		
	Operador	US\$	49419
	Combustible	US\$	91750
	Depreciación	US\$	66150
	Costo de mantenimiento		
	Preventivo	US\$	25186
	Rutinario	US\$	9000
	Correctivo	US\$	177500
	Mantenedor	US\$	28239
	Total periodo	US\$	447243
	Costo horario	US\$/h	36.43
5 Calculo del tonelaje horario			
Condiciones de trabajo			
	Distancia recorrida	km	0.495
	Pendiente promedio de recorrido		1/10
	Densidad material	t/m ³	2.8
Características del equipo			
	Capacidad volumétrica de cuchara	m ³	1.67
	Capacidad neta de cuchara	t	3.98
	Velocidad promedio (Pendiente máxima)		
	Cargado	km/h	9.7
	Descargado		10
Determinación del ciclo de trabajo			
	Tiempo de carga	h	0.0049
	Tiempo de traslado cargado	h	0.0510
	Tiempo de descarga	h	0.0043
	Tiempo de traslado vacío	h	0.0495
	Tiempo del ciclo	h	0.1097
	Frecuencia de operación	ciclos/hora	9.1
	Rendimiento ciclo	t/ciclo	3.98
	Beneficio horario (Rendimiento horario)	t/h	36.26
6	RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	US\$/t	1.00

Tabla 5.32 Análisis Costo/Beneficio Scooptram Simone ACY-2 de 2,6 yd³

ANALISIS COSTO/BENEFICIO			
1 Datos del Equipo			Scooptram Simone ACY - 2 2.6
Tipo			
Marca			
Modelo			
Capacidad (yd ³)			
2 Inversión		US\$	185000
Inversión		años	3
3 Costo de posesión		US\$	166500
Depreciación total en la vida útil			
4 Cálculo del costo operativo horario			
Horas de operación			
	Diaria	h/día	12
	Periodo	h	12277
Costos de operación	Operador	US\$	49419
	Combustible	US\$	93400
	Depreciación	US\$	49950
Costo de mantenimiento	Preventivo	US\$	22690
	Rutinario	US\$	9000
	Correctivo	US\$	177500
	Mantenedor	US\$	28239
Total periodo		US\$	430198
Costo horario		US\$/h	35.04
5 Calculo del tonelaje horario			
Condiciones de trabajo			
	Distancia recorrida	km	0.469
	Pendiente promedio de recorrido		1/10
	Densidad material	t/m ³	2.8
Características del equipo			
	Capacidad volumétrica de cuchara	m ³	1.98
	Capacidad neta de cuchara	t	4.70
	Velocidad promedio (Pendiente máxima)		
	Cargado	km/h	9.7
	Descargado		10
Determinación del ciclo de trabajo			
	Tiempo de carga	h	0.0049
	Tiempo de traslado cargado	h	0.0484
	Tiempo de descarga	h	0.0043
	Tiempo de traslado vacío	h	0.0469
	Tiempo del ciclo	h	0.1045
	Frecuencia de operación	ciclos/hora	9.6
	Rendimiento ciclo	t/ciclo	4.70
Beneficio horario (Rendimiento horario)		t/h	45.02
6 RELACION COSTO/BENEFICIO		US\$/t	0.78

Tabla 5.33 Relación costo beneficio de scooptrams de 1,5 y 2,2 yd³

SCOOPTRAM Marca - modelo	Capacidad de referencia	Costo	Relación Costo/Beneficio
	m ³ (yd ³)	US\$	US\$ /t
Tamrock LH202 Sinome ACY - 10	1,15 (1,5)	200000	0.34
	1,07 (1,4)	140000	0.32
Wagner ST- 2G Tamrock LH - 203 Sinome ACY - 2	1,91 (2,5)	291500	0.92
	1,68 (2,2)	245000	1.00
	1,99 (2,6)	185000	0.78

Se eligen como scooptrams de reemplazo los Simone ACY – 10 de 1,4 yd³ y los Simone ACY – 2 de 2,6 yd³

5.4 Resultados

5.4.1 Conformación de la nueva flota

La nueva flota se conforma con doce scooptrams repotenciados y cuatro nuevos, dos de 1.4 yd³ y dos de 2,6 yd³, como se indica en la tabla 5.34.

5.4.2 Inversiones

Se deben realizar dos inversiones. Una en repotenciar doce scooptrams, por un monto de US\$ 1080000 y otra en adquirir cuatro scooptrams nuevos, por un monto de US\$ 650000, totalizando una inversión de US\$ 1731000, como se detalla en el cuadro de inversiones.

Tabla 5.34 *Inversiones para repotenciar la Flota de scooptrams*

Código Equipo	Marca Modelo	Capac. m ³ (yd ³)	Inversión en equipos nuevos US\$	Inversión Reparación general US\$	Estado
SC - 10		0,38 (0,5)		55000	Repotenciado
SC - 20		0,96 (1.25)		75000	Repotenciado
SC - 04	Simone ACY 10	1,15 (1,5)	140000		NUEVO
SC - 08	Simone ACY 10	1,15 (1,5)	140000		NUEVO
SC - 09				75000	Repotenciado
SC - 11				75000	Repotenciado
SC - 14				75000	Repotenciado
SC - 17				75000	Repotenciado
SC - 19				75000	Repotenciado
SC - 01				96000	Repotenciado
SC - 02				96000	Repotenciado
SC - 06	Simone ACY 2	1,68 (2,6)	185000		NUEVO
SC - 07				96000	Repotenciado
SC - 12				96000	Repotenciado
SC - 15	Simone ACY 2	1,68 (2,6)	185000	96000	NUEVO
SC - 16				96000	Repotenciado
Total Flota		US\$	650000	1081000	1731000

CAPITULO 6

METODO PROPUESTO Y SU APLICACIÓN A LA FLOTA

6.1 Descripción del método

El método consiste en comparar los índices de rentabilidad o relación Costo/Beneficio de los equipos considerando los costos anuales totales, incluyendo los costos financieros derivados de las inversiones que se realizan en las reparaciones integrales o las adquisiciones de los nuevos equipos. Esta comparación, que se basa en los costos y beneficios ya determinados en los capítulos anteriores, es puramente matemática y por si sola no refleja los aspectos técnicos de los equipos.

En el caso de maquinaria y equipo se toman periodos de evaluación igual a la vida útil del equipo que normalmente se considera de 10 años. Para los scooptrams algunos aspectos técnicos particulares influyen sobre la evaluación, como es el caso del periodo de evaluación

Los costos anuales de los scooptrams, no son uniformes, como se muestra, para los de la flota en las tablas 3.9 a 3.13, y para los de reemplazo en la tabla 5.22 y siguientes. En este último caso los costos varían regularmente en periodos de **12 000** horas de operación que corresponde aproximadamente a tres años

cronológicos, esto debido a que cada **12 000** horas de operación los scooptrams se someten a overhaul, que son reparaciones completas de alto costo.

Otro aspecto que se tiene en cuenta es que en el caso de maquinaria pesada nueva los costos de mantenimiento permanecen constantes durante los dos primeros periodos de **12 000** horas, hasta el segundo overhaul y a partir de este los costos de mantenimiento comienzan a aumentar progresivamente durante toda la vida económica del equipo.

Teniendo en cuenta estos aspecto resulta evidente que los menores costos de operación se obtendrán durante los dos primeros periodos de a 12000 horas que corresponden a 6 años de operación. Por este motivo se realizan dos evaluaciones, una con un periodo de tres años y otra con un periodo de seis años.

El método, aplicado a un scooptram, consiste en determinar su costo anual uniforme equivalente y dividirlo entre los beneficios anuales que produce, para obtener una relación Costo/Beneficio anual del scooptram. Los scooptrams evaluados deben operar en las mismas condiciones, requisitos que cumplen según los estudios de tiempos realizados en el capítulo 5 para scooptrams de 1,5 y 2,5 yd³ de capacidad de diferentes marcas y modelos. El costo de operación óptimo de cada capacidad lo tiene la marca y modelo que tenga la menor relación Costo/Beneficio uniforme equivalente. El costo óptimo de la flota se obtiene seleccionando los scooptrams de marca y modelo y de menor costo equivalente.

El costo uniforme equivalente se obtiene con el siguiente procedimiento:

- Se fija un período de evaluación de **n** años.
- Se obtiene el flujo de caja para cada año del período.
- El costo de inversión, en adquisición de nuevos equipos o repotenciación se efectúan en el año cero.
- En el costo anual se considera el costo de operación y mantenimiento anual $C_{ma}(n)$ del año **n**

- En los ingresos solo se considera el valor residual $Vr(n)$ que corresponde al año n que se recupera en el año n del periodo de evaluación.

El costo operativo $Co(n)$ en el año n resulta:

$$Co(n) = Cma(n) - Vr(n) \tag{6.1}$$

considerando que entre 0 y $(n-1)$:

$$Vr(n) = 0 \tag{6.2}$$

El costo $Cf(n)$ es el pago por retorno de la inversión más los intereses $fc(n)$, a una tasa de interés anual i . El costo total anual del año n es entonces:

$$Cf(n) = Co(n) + fc(n) \tag{6.3}$$

Se obtiene el valor presente total de los costos anuales CTf como la sumatoria del valor presente de $Cfp(n)$ de cada año que se obtiene con el factor de Valor Presente Pago Único ($P/F, i, n$) del año correspondiente. Para el equipo N resulta:

$$CTf(N) = \sum_1^n (P/F, i, n) Cfp(n) \tag{6.4}$$

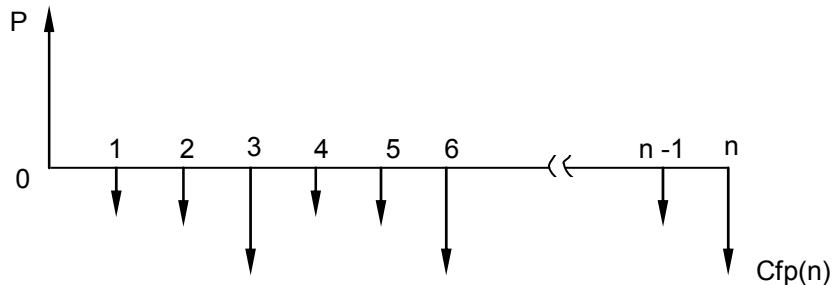


Fig. 6.1 Diagrama de flujo de caja típico de costos de un scooptram

El Costo anual uniforme equivalente correspondiente a un scooptram, CAUE se obtiene con el Factor de Recuperación de Capital ($A/P, i, n$)

$$CAUE = (A/P, i, n) CTf \tag{6.5}$$

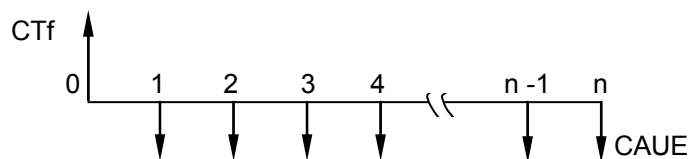


Fig. 6.2 Diagrama del CAUE de un scooptram

Finalmente la relación Costo/Beneficio uniforme equivalente, $(C/B)_{ue}$ considerando los beneficios anuales, BA; en toneladas/año de cada equipo en evaluación es:

$$(C/B)_{ue} = CAUE/BA \quad (6.6)$$

Se selecciona al equipo que tenga la menor relación $(C/B)_{ue}$, US\$/t.

Para determinar el ahorro anual Ah_{an} por reemplazar un equipo N de la flota tenga una relación $(C/B)_{ue_F}$ por uno nuevo de reemplazo de relación $(C/B)_{ue_R}$ que obtenga como beneficio movilizar B_n Ton/año

$$Ah_{an} = B_n ((C/B)_{ue_F} - (C/B)_{ue_R}) \quad (6.7)$$

6.2 Aplicación

El anterior procedimiento se aplica a los equipos de la flota y a los de sus posibles reemplazos. Para el caso particular de esta flota se tiene en cuenta:

- Los equipos de la flota en evaluación, se encuentran en estado operativo.
- Las horas de operación anuales de los equipos, en los tres últimos años, son mayores o menores a las **12 000** horas óptimas. Tablas 3.9 a 3.13.
- El estado técnico en que se encuentran los equipos difieren unos de otros, como se muestra en la tabla 5.7.

Los costos y rendimientos de los equipos de la flota y sus posibles reemplazos se evalúan en situaciones equivalentes. Como los equipos de la flota son numerosos por razones prácticas se evalúan y comparan solo los equipos de mejor estado técnico de 1,5 y de 2,2 yd^3 de capacidad. No se considera el reemplazo de los scooptrams de 1,125 yd^3 porque serán dados de baja sin reemplazarlos.

En la flota hay 7 equipos de 1,5 y de 2,5 yd^3 , por razones prácticas se evalúa uno de cada capacidad. Se asume que tienen menores relaciones costo/beneficio

los que tienen un mejor estado técnico y para que la evaluación sea válida, sus horas de operación se aproximen a **12 000** horas en un periodo de tres años.

6.2.1 Scooptrams de 1.5 yd³ o similares

Scooptram de la flota

Se selecciona al Scooptram 17 que tiene un porcentaje de componentes en buen estado técnico de 37,5 % que es el mejor de los equipos de 1,5 yd³ tabla 5.7, y que tiene un número de horas de operación cercano a las **12 000** horas del período de evaluación. Se realiza una evaluación con un período de tres años, porque, solo se tiene información de cinco años. Los resultados de la evaluación son:

Tabla 6.1 Costo anual equivalente de Scooptram de 1.5 yd³ de la flota

(Tasa de interés $i = 10\%$ anual. Periodo $n = 3$ años)

Scooptram 17 MTI LT 270 1.5 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	75000			
Op. Y Mant.				
Total		168062	105202	177313
Ingresos				
Recuperación				0
Costo operativo		168062	105202	177313
Costo crédito		30159	30159	30159
Costo total		198221	135361	207471
Costo anual Eq.		180126	180126	180126
Beneficio (t/año)		204862	204862	204862
C/B (US\$/t)		0.879	0.879	0.879

Scooptram de reemplazo

Se consideran como alternativas de reemplazo:

- R1 : Scooptram Tamrock LH - 202 de 1,5 yd³
- R2 : Scooptram Simone ACY - 10 de 1,4 yd³

Se realizan dos evaluaciones, con períodos de tres años, y seis años para determinar cual de los períodos es más conveniente.

Tabla 6.2 Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo R1 Tamrock LH - 202 de 1.5 yd³ (Tasa de interés $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

R1 Tamrock LH - 202 1.5 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	200000			
Op. Y Mant.				
Operador		16473	16473	16473
Combustible		20242	20242	20242
Depreciación		18000	18000	18000
Preventivo		6402	6520	6491
Correctivo		19400	27800	76800
Mantenedor		9413	9413	9413
Total		89930	98448	147419
Ingresos				
Recuperación				146000
Costo operativo		89930	98448	1419
Costo crédito		80423	80423	80423
Costo total		170353	178871	81842
Costo anual Eq.		146443	146443	146443
Beneficio (t/año)		341382	341382	341382
C/B (US\$/t)		0.429	0.429	0.429

Tabla 6.3 Costo anual equivalente de Scooptram de reemplazo R2 Simone ACY - 10 de 1.4 yd³ (Tasa de interés $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

R2 Simone ACY - 10 1.4 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	140000			
Op. Y Mant.				
Operador		16473	16473	16473
Combustible		19912	19912	19912
Depreciación		12600	12600	12600
Preventivo		5450	5706	5871
Correctivo		19400	27800	76800
Mantenedor		9413	9413	9413
Total		83248	91904	141069
Ingresos				
Recuperación				102200
Costo operativo		83248	91904	38869
Costo crédito		56296	56296	56296
Costo total		139544	148200	95165
Costo anual Eq.		129013	129013	129013
Beneficio (t/año)		334562	334562	334562
C/B (US\$/t)		0.386	0.386	0.386

6.2.2 Scooptrams de 2.5 yd³ de capacidad o similares

Scooptrams de la flota

Para los scooptrams de 2,5 yd³ de capacidad existentes en la flota, se toma como referencia el Scooptram 07 Wagner ST -2G. En las tablas 3.19 a 3.13 se observa que tiene una operación promedio anual de **3 507** horas, totalizando en tres años **10 522** horas que representa el 87,6 % del período de **12 000** horas del período. Los costos de operación y mantenimiento se extrapolan de estas tablas a la operación anual de **4 000** y el costo de inversión es el costo de reparación integral.

Tabla 6.6 Costo anual equivalente de Scooptram de 2,2 yd³ de la flota

(Tasa de interés $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

SC 07 Wagner ST-2G 2.5 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	95000			
Op. Y Mant.				
Total		123664	131212	217819
Ingresos				
Recuperación				0
Costo operativo		123664	131212	217819
Costo crédito		38201	38201	38201
Costo total		161864	169413	256020
Costo anual Eq.		192819	192819	192819
Beneficio (t/año)		134515	134515	134515
C/B (US\$/t)		1.433	1.433	1.433

Scooptram de reemplazo

Se consideran como alternativas de reemplazo:

- - R3 : Scooptram Wagner ST – 2G de 2,5 yd³
- - R4 : Scooptram Tamrock LH 203 de 2,2 yd³
- - R5 : Scooptram Simone ACY-2 de 2,6 yd³

Tabla 6.7 Costo anual equivalente de Scooptram de 2,5 yd³

Reemplazo R3 Wagner ST – 2G de 2,5 yd³.

(Tasa de interés anual $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

R3 Wagner ST - 2G 2.5 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	291500			
Op. Y Mant.				
Operador		16473	16473	16473
Combustible		39054	39054	39054
Depreciación		26235	26235	26235
Preventivo		10403	10499	10610
Correctivo		28100	40700	108700
Mantenedor		9413	9413	9413
Total		129678	142374	210485
Ingresos				
Recuperación				212795
Costo operativo		129678	142374	(2310)
Costo crédito		117216	117216.465	117216.465
Costo total		246894	259590	114906
Costo anual Eq.		211238	211238	211238
Beneficio (t/año)		178221	178221	178221
C/B (US\$/t)		1.185	1.185	1.185

Tabla 6.8 Costo anual equivalente de Scooptram de 2,5 yd³

Reemplazo R4 Tamrock LH 203 de 2,2 yd³.

(Tasa de interés anual $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

R4 Tamrock LH-203 2.2 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	245000			
Op. Y Mant.				
Operador		16473	16473	16473
Combustible		30583	30583	30583
Depreciación		22050	22050	22050
Preventivo		8302	8460	8423
Correctivo		28100	40700	108700
Mantenedor		9413	9413	9413
Total		114921	127679	195642
Ingresos				
Recuperación				178850
Costo operativo		114921	127679	16792
Costo crédito		98518	98518.1269	98518.1269
Costo total		213439	226197	115310
Costo anual Eq.		188033	188033	188033
Beneficio (t/año)		148303	148303	148303
C/B (US\$/t)		1.268	1.268	1.268

Tabla 6.9 Costo anual equivalente de Scooptram de 2,5 yd³

Reemplazo de R5 Simone ACY-2 de 2,6 yd³.

(Tasa de interés $i = 10\%$ anual. Período $n = 3$ años)

R5 Simone ACY - 2 2.6 yd ³	Años			
	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Inversión	185000			
Op. Y Mant.				
Operador		16473	16473	16473
Combustible		31133	31133	31133
Depreciación		16650	16650	16650
Preventivo		7267	7628	7796
Correctivo		28100	40700	108700
Mantenedor		9413	9413	9413
Total		109036	121997	190165
Ingresos				
Recuperación				135050
Costo operativo		109036	121997	55115
Costo crédito		74391	74391	74391
Costo total		183428	196389	129507
Costo anual Eq.		171445	171445	171445
Beneficio (t/año)		184237	184237	184237
C/B (US\$/t)		0.931	0.931	0.931

6.3 Resultados

Para seleccionar los equipos que conformarán la nueva flota se seleccionan los que tenga menor relación C/B. En la tabla 6.10 se resumen los costos anuales equivalentes de los scooptrams representativos de la flota y los de sus posibles reemplazos.

Equipos de 1,5 yd³ de referencia

En la tabla 6.10 se presentan las evaluaciones para dos periodos, el de tres años. Para un periodo de tres años, el SC 17 de la flota, MTI LT 270 tiene una relación C/B de US\$/t **0,879** mientras que su mejor alternativa de reemplazo, el R2 marca Simone ACY - 10 de 1.4 yd³ que tiene una relación de US\$/t **0,386**. Para el periodo de seis años los scooptrams nuevos de reemplazo R1 y R2 tienen

relaciones B/C de **0,730** y **0,635** que son aproximadamente el doble que las de tres años.

Entonces el periodo óptimo es de tres años. Como el SC 17 es uno de los mejores de la flota y su relación C/B es **2,8** veces mayor que el de reemplazo, no queda ninguna duda deben reemplazar todos los equipos actuales por el Scooptrams Simone ACY - 10 de 1,4 yd.³

Equipos de 2,5 yd³ de referencia

Solo se evalúa un período de tres años. La relación C/B del Scooptram SC 07 de la flota es de **1,433** US\$/t mientras que su mejor alternativa de reemplazo tiene un C/B de **0,931**US\$/t. Como en el caso anterior, el SC 07 es el mejor de la flota y tiene una relación C/B **1,5** veces mayor que su mejor alternativa de reemplazo por lo que se recomienda reemplazar todos los equipos de 2,5 yd³ de la flota por scooptrams Simone ACY-2 de 2,6 yd³.

Tabla 6.10 Costo unitario o Relación Costo/Beneficio de scooptrams de la Flota y scooptrams de reemplazo

SCOOPTRAM Marca - modelo		Capacidad de m ³ (yd ³)	Inversión US\$	Relación Costo/Beneficio	
				3 años US\$ /t	6 años US\$ /t
SC 17	MTI LT 270	1,15 (1,5)	75000	0.879	
R1	Tamrock LH 202	1,15 (1,5)	200000	0.429	0.730
R2	Sinome ACY - 10	1,07 (1,4)	140000	0.386	0.635
SC 07	Wagner ST- 2G	1,91 (2,5)	95000	1.433	
R3	Wagner ST- 2G	1,91 (2,5)	291500	1.185	
R4	Tamrock LH - 203	1,68 (2,2)	245000	1.268	
R5	Sinome ACY - 2	1,99 (2,6)	185000	0.931	

Nota: SC XX =scooptram XX de la flota

Rn = scooptram n de reemplazo

6.3.1 Equipos que se repotencian

De los equipos de la flota de 1,5 y 2,5 yd³ no se repotencia ninguno. Solo se repotencian los scooptrams de menor capacidad, es decir los de 0,5 y 1,25 yd³, los que no se consideran en este análisis, porque ya no forman parte de la flota.

6.3.2 Equipos que se reemplazan

Se reemplazan todos los scooptrams de 1,5 y 2,2 yd³ de capacidad, como se muestra en la tabla 6.12.

Tabla 6.12 *Inversiones para optimizar la flota de scooptrams*

Código Equipo	Marca Modelo	Capac. m ³ . (yd ³)	Inversión en equipos nuevos US\$	Reparación general US\$	Estado
SC - 10		0,38 (0,5)		55000	Repotenciado
SC - 20		0,96 (1.25)		75000	Repotenciado
SC - 04	Simone ACY 11	1,07 (1,4)	140000		NUEVO
SC - 08			140000		
SC - 09			140000		
SC - 11			140000		
SC - 14			140000		
SC - 17			140000		
SC - 19			140000		
SC - 01	Simone ACY 3	1,99 (2,6)	185000		NUEVO
SC - 02			185000		
SC - 06			185000		
SC - 07			185000		
SC - 12			185000		
SC - 15			185000		
SC - 16			185000		
Total Flota		US\$	2275000	130000	2405000

6.3.3 Costo optimizado

Los costos optimizados son los costos mínimos calculados para los equipos de reemplazo que se resumen en la Tabla 6.13.

Tabla 6.13 Costo unitario optimizado por scooptram de la nueva flota.

Costo unitario optimizado		Scooptram de 1,4 yd ³	Scooptram de 2,6 yd ³
Mineral movilizado	t/año	334526	184237
Costo optimizado por equipo	US\$/t	0.386	0.931

El costo optimizado de la flota de un periodo de tres años que es el periodo de vida útil de los equipos en la flota se muestra en la tabla 6.14.

Tabla 6.14 Costo optimizado de la nueva flota.

	Inversión	Costo de operación y mantenimiento		
Años	0	1	2	3
	US\$	US\$	US\$	US\$
Unitario				
Simone ACY-10 1,4 yd³	140000	139544	148200	95165
Simone ACY-2 2,6 yd³	185000	183428	196389	129507
Flota	2275000	2260804	2412123	1572704

6.3.4 Programa de mantenimiento y reemplazo de equipos

El programa de mantenimiento y reemplazo de equipos con el que se obtiene el costo óptimo que se propone tiene dos partes, un programa de mantenimiento de equipos y un método de reemplazo de equipos.

Las recomendaciones de mantenimiento las dan los fabricantes de los equipos, por lo que para obtener el costo mínimo de mantenimiento se deben seguir escrupulosamente estas recomendaciones.

El método de reemplazo considera todos los costos y beneficios que resultan de la adquisición y operación de los equipos. Este resulta muy importante porque tiene en cuenta, además de los aspectos técnicos y económicos los aspectos financieros, que pueden tener influencia sobre el costo óptimo de los equipos.

El costo de mantenimiento mínimo se obtiene aplicando las recomendaciones de mantenimiento presentadas en el Anexo 3 y que sirve de base para los cálculos efectuados en el Capítulo 5. Para que estas recomendaciones se transformen en un programa de mantenimiento efectivo se requiere consignar en él las fechas para cada una de las intervenciones de mantenimiento. Como en este caso se está a nivel de estudios no se conoce cuando se dispondrán efectivamente de los equipos nuevos de reemplazo por lo que no se puede establecer el cronograma correspondiente.

En el Anexo 3 se presentan las recomendaciones de los fabricantes con sus respectivos tiempos o condiciones para la intervención de mantenimiento de modo que es posible establecer un programa de mantenimiento para cada uno de los equipos y luego integrarlos en un solo programa general.

Si bien los equipos de reemplazo son de la misma marca, existen dos modelos, que corresponden a las capacidades de 1,4 y 2,6 yd³ por lo que el Programa de mantenimiento y remplazo deberá tener un programa de mantenimiento para cada modelo de equipo, que se debe complementar con su correspondiente método de reemplazo.

CAPITULO 7

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LOS METODOS

7.1 Evaluación técnica

7.1.1 Método actual

El método actual de optimización consta de:

Un programa de mantenimiento, basado en las recomendaciones de los fabricantes.

Un método de selección de equipos de reemplazo.

El programa de mantenimiento es en realidad un conjunto de varios programas debido a que la flota está formada por equipos de diferentes marcas, pero en general son muy parecidos. Porque si bien sus componentes, Capítulo 3, y las intervenciones de mantenimiento son prácticamente las mismas la diferencia principal está en la frecuencia de aplicación y los repuestos utilizados.

La selección de equipos de reemplazo tiene dos partes:

La primera es la determinación de los equipos que se repotencian y permanecen en la flota, y los que se dan de baja y se deben reemplazar por equipos nuevos. La segunda es la selección de los equipos nuevos que reemplazan a los que se dan de baja.

El costo de repotenciación es un indicador que depende del costo de reparación integral y un factor de corrección que a su vez depende de otros seis factores se pueden agrupar en dos grupos: Con respecto a la determinación de estos se tiene:

Factor de condiciones de trabajo Fct y Factor de corrección de mantenimiento Fgm. Estos factores tienen los mismos valores para todos los casos porque todos los scooptrams están sometidos a las mismas condiciones de trabajo.

Factores que dependen de las características y estado particular de cada scooptram: Factor de vida útil Fvu, Factor de corrección técnica Ft, y Factor de corrección de calidad de maquinaria Fcm.

El factor de corrección por estado técnico, que lo define el porcentaje de componentes que está en buen, regular o mal estado puede dar resultados iguales para equipos con componentes en estados diferentes, así en la tabla 5.7 se observa que el SC- 08 que tiene en buen estado el motor, el convertidor y la transmisión, tiene el misma factor que el SC – 9 que tiene estos componentes y todos los demás en mal estado.

Los factores de mantenimiento y de condiciones de trabajo se consideran iguales porque todos operan en la misma zona, en condiciones semejantes. No compara los costos de operación y mantenimiento, ni los rendimientos de cada equipo individualmente.

El factor de corrección por calidad de maquinaria se considera uniforme debido a que todas las máquinas tienen sus principales componentes las mismas marcas, tabla 5.9, y fueron adquiridas en condiciones parecidas.

En la evaluación no considera los aspectos técnicos de detalle de los equipos, si no en forma genérica los califica de similar equivalente.

Las decisiones se toman en base al Costo de Repotenciación, que depende de los factores anteriormente señalados, que se compara con un porcentaje de

costo de los equipos nuevos. Como la decisión es del tipo si/no, es decir, si es menor que un valor de referencia se repotencia, si es mayor se reemplaza, el cálculo del factor de corrección es determinante en la obtención de los resultados. El cálculo de este factor depende en gran medida del conocimiento y experiencia del evaluador.

Esta situación es una ventaja cuando no se tienen registros de información detallada sobre mantenimiento y rendimientos de los equipos, pero es una desventaja cuando se tienen estas informaciones.

Con referencia al rendimiento:

Como se señala en 3.1.2 según la ley de degradación de máquinas, luego de una intervención de mantenimiento, la máquina alcanza un rendimiento cercano al óptimo original pero no llega a alcanzar al 100 %. En la práctica se sabe por la experiencia, el rendimiento de una máquina tiende a reducirse con el tiempo y el uso.

El método asume que un equipo repotenciado tiene una operación igual a la de uno nuevo por lo que no considera diferencias de eficiencia entre ellos. ni tiene en cuenta el historial de mantenimiento de los equipos. Esto es una desventaja, sobre todo si se tiene en cuenta que los equipos de la flota son antiguos y adquiridos repotenciados

Otro aspecto es el rendimiento de los equipos, sí por ejemplo, los rendimientos de los equipos de la flota obtenidos en los estudios de tiempo, tabla 3.16, a tabla 3.18, son muy bajos comparados con los rendimientos de los equipos nuevos, Anexo 3. Este hecho, que, es una gran desventaja técnica de los equipos de la flota, no se tiene en cuenta en la toma de decisiones.

Definidos los equipos que se reemplazan, la segunda parte del método es la selección de los equipos de reemplazo. En esta selección no se tienen en cuenta los aspectos financieros de las inversiones.

La principal desventaja del método aplicado está en su primera parte, al determinar los equipos que se reemplazan, porque la segunda parte se aplica automáticamente a los resultados de la primera.

7.1.2 Método propuesto

El método propuesto se tiene:

Programa de mantenimiento también se basa en las recomendaciones de los fabricantes. Solo que en este caso se tiene la ventaja que como se tiene equipos de una misma marca y modelo el programa de mantenimiento es el mismo para todos.

El método de reemplazo se basa en una evaluación técnica, económica y financiera de la operación y mantenimiento de los equipos de la flota y de los equipos de reemplazo y toma como indicador de selección de equipos la relación Costo/Beneficio anual equivalente.

Su desventaja es que se requiere contar con información detallada de los costos de operación y mantenimiento de la flota y que sus decisiones dependen de la consistencia y veracidad de estas informaciones. Además por ser una evaluación financiera depende de la tasa de interés existente en el mercado.

7.1.3 Evaluación de resultados

Los resultados dependen tanto del programa de mantenimiento como del método de selección. En la tabla 7.1 se muestra la conformación de la flota aplicando el método actual y el método propuesto

Tabla 7.1 Resultados de la aplicación de los métodos.

	METODO ACTUAL				METODO PROPUESTO			
Código Equipo	Marca Modelo	Capac. m ³ . (yd ³).	Inversión US\$	Estado	Marca Modelo m ³ .	Capac. m ³ . (yd ³)	Inversión US\$	Estado
SC - 04	Simone ACY 10	1,15 (1,5)	140000	NUEVO	Simone ACY 10		140000	
SC - 08	Simone ACY 10	1,15 (1,5)	140000	NUEVO	Simone ACY 10		140000	
SC - 09	MTI LT - 210		75000	Repotenciado	Simone ACY 10		140000	
SC - 11	MTI 125 M		75000	Repotenciado	Simone ACY 10	1,15 (1,5)	140000	NUEVO
SC - 14	MTI 125 M		75000	Repotenciado	Simone ACY 10		140000	
SC - 17	MTI LT - 270		75000	Repotenciado	Simone ACY 10		140000	
SC - 19	TAMROCK EJC 65D		75000	Repotenciado	Simone ACY 10		140000	
SC - 01	Jarvis Clarck JS 220		96000	Repotenciado	Simone ACY 2		185000	
SC - 02	Jarvis Clarck JS 221		96000	Repotenciado	Simone ACY 2		185000	
SC - 06	Simone ACY 2	1,68 (2,6)	185000	NUEVO	Simone ACY 2		185000	
SC - 07	WAGNER ST - 2D		96000	Repotenciado	Simone ACY 2	1,68 (2,6)	185000	NUEVO
SC - 12	Tamrock Jarvis Clark		96000	Repotenciado	Simone ACY 2		185000	
SC - 15	Simone ACY 2	1,68 (2,6)	185000	NUEVO	Simone ACY 2		185000	
SC - 16	WAGNER ST - 2G	1,68 (2,2)	96000	Repotenciado	Simone ACY 2		185000	
Total Flota		US\$	1505000			US\$	2275000	

Se observa que la aplicación del método actual tiene como resultado el reemplazo de solo el 25 % del total de la flota quedando equipos de seis marcas y diez modelos.

Con la aplicación del método propuesto se reemplaza el 100 % de la flota, quedando equipos de una sola marca y dos modelos, una de 1,4 yd³ y uno de 2,6 yd³.

7.2 Evaluación económica y financiera

La aplicación del método propuesto tiene como consecuencia una reducción del costo anual de operación y mantenimiento., pero a cambio de eso se debe realizar una inversión adicional en la compra de nuevos equipos.

Para determinar el ahorro anual se tiene en cuenta que:

El equipo de reemplazo Simone ACY -10 de 1,4 yd³ moviliza anualmente 334 526 t, reemplazando en la expresión 6.7 se obtiene un ahorro anual de US\$ 164 921 por equipo y considerando los siete scooptrams de reemplazo, el ahorro alcanza un monto de US\$ 1 154 449 anual

Para el caso de los equipos Simone ACY – 2 que movilizan 184 237 t/año, con los valores de costo unitario reemplazados en la expresión 6.7 se obtiene un ahorro de 92 487 US\$ anuales por equipo. Para la flota de siete scooptrams el ahorro total se muestra en la tabla 7.2

Tabla 7.2 Ahorro anual por reemplazar los equipos de la Flota de Scooptrams

		Scooptram de 1,4 yd³	Scooptram de 2,6 yd³	Flota de Scooptram
Mineral movilizado	t/año	334526	184237	
B/C equipo de la flota	US\$/t	0.879	1.433	
B/C equipo de reemplazo	US\$/t	0.386	0.931	
Ahorro por equipo	US\$	164921	92487	
Unidades de la flota		7	7	14
Ahorro anual	US\$	1154449	647409	1801858

En ambos casos el ahorro anual calculado es conservador debido a que se ha asumido que todos los scooptrams de la flota tienen el mismo rendimiento que los seleccionados para la evaluación, pero en realidad estos se seleccionaron por su mejor desempeño.

Para obtener este ahorro anual se debe aumentar la inversión, que en el método actual es de US\$ 1 505 000 a US\$ 2 275 000 con un incremento neto de US\$ 770 000. Se realiza una evaluación con tasas de interés anual de 8, 10 y 12 % anual. Los resultados se muestran en la tabla 7.3

Tabla 7.3 Relación B/C del ahorro obtenido por la inversión adicional realizada por aplicar del método propuesto, a tasas de interés de 8; 10 y 12 %

Inversiones		US\$		
Metodo propuesto		2275000		
Metodo actual		1505000		
Inversión adicional		770000		
Tasa de interés, %		8	10	12
		US\$	US\$	US\$
Ahorro total anual		1801858	1801858	1801858
Años	1	1668387	1544803	1608802
	2	1544803	1489139	1489139
	3	1430373	1353763	1282527
VPN		4643563	4387704	4380468
B/C		6.03	5.70	5.69

Se observa que aún para la tasa de interés de 12 %, la relación B/C es de 5,69 que resulta una relación muy atractiva. Esto se debe a que el ahorro anual es grande, debido a la diferencia de rendimientos de los equipos nuevos con respecto a los antiguos.

7.3 Método recomendado

Los resultados de la aplicación de ambos métodos son completamente diferentes, La evaluación de estos resultados demuestra las ventajas técnicas y económicas de la aplicación del método propuesto. Por tanto, para este caso se recomienda la aplicación del método propuesto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- La aplicación del método actual no optimiza el costo operativo de la flota. En este caso, el 75 % de los scooptrams de la flota resultante propuesta por su aplicación, repotenciados, tendrían un costo operativo mayor al costo óptimo de un equipo similar nuevo disponible en el mercado.

2.- La aplicación del método propuesto optimiza el costo operativo de la flota, porque el 100 % de los scooptrams de la flota tiene un menor costo operativo que cualquier otro equipo similar disponible en el mercado.

3.- La permanencia de un equipo nuevo en la flota debe ser de tres años. La evaluación económica y financiera muestra que el costo anual uniforme equivalente para un periodo de tres años es menor que para un periodo de seis años. Esto debido a que en los seis años, la depreciación acumulada reduce casi en 50% el valor de recuperación del equipo y esto influye en el flujo de caja.

4.- La aplicación del método actual tiene poca influencia sobre el Programa de Mantenimiento actual y sus costos. El actual programa de mantenimiento aplicado a la flota es correcto porque sigue todas las recomendaciones de los fabricantes. Su poca influencia del método se debe a que antes y después de la repotenciación y reemplazo de equipo el programa de mantenimiento se aplica

a una flota de equipos de diferentes marcas y modelos con motores de potencia también diferentes.

5.- La aplicación del método propuesto requiere de un nuevo programa de mantenimiento y su aplicación tiene ventajas técnicas y económicas. El requerimiento de un nuevo programa de Mantenimiento resulta del hecho que en la flota actual es de la marca y modelo de los equipos de reemplazo acorde con las recomendaciones del fabricante de los nuevos equipos. Las ventajas técnicas y económicas resultan de tener una flota estandarizada con scooptrams de una sola marca y dos modelos. La necesidad de dos modelos se debe a que se necesitan scooptrams de dos capacidades diferentes.

6.- De acuerdo al análisis costo/beneficio realizado para la adquisición de scooptrams de 2,2 yd³, es más rentable la adquisición de un Scoop SINOME ACY-2 frente a un Scoop WAGNER ST-2G o un Scoop TAMROCK LH203.

7.- De acuerdo al análisis costo/beneficio realizado para la adquisición de scooptrams de 1,5 yd³, es más rentable la adquisición de un Scoop SINOME ACY-10 frente a un Scoop TAMROCK LH202.

8.- La aplicación del método propuesto requiere de una inversión que es aproximadamente un 50 % mayor que la que corresponde a aplicación del método actual. En el primer caso la inversión es de US\$ 2 275 000, en el segundo caso es de solo US\$ 1 505 000.

9.- La aplicación del método propuesto reduce el costo operativo de la flota, en 1 801 858 US\$/año, con respecto al costo que resulta de la aplicación del método actual.

10.- La inversión adicional requerida por aplicar el método propuesto tiene una relación B/C mayor a 5 que la hace muy competitiva. La aplicación del método propuesto requiere una inversión adicional de US\$ 770 000, pero a cambio se obtendrá un ahorro anual de US\$ 1 801 858 que en el período de evaluación de tres años para una tasa de interés de 8 a 12 % anual tiene una relación B/C comprendida entre 5,69 y 6,03.

11.- Las ventajas económicas de la aplicación del método propuesto son tan grandes que varían poco con la tasa de interés.

12.- Se recomienda aplicar el método de optimización propuesto al más breve plazo e implantar el programa de mantenimiento correspondiente complementado con un Programa de Mantenimiento Productivo Total TPM.

BIBLIOGRAFIA

- 1 **Incachaque Oncoy**, Informe de Suficiencia: *“Plan de mejoras en el mantenimiento de equipos de carguío y acarreo de bajo perfil utilizados en minas subterráneas”*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima
- 2 **Miguel Herre Quispe**. Informe de suficiencia.” *Análisis sistémico para el desarrollo del mantenimiento proactivo en equipos de bajo perfil para minas subterráneas*”. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima
- 3 **Lázaro Agustín Emilio**. Tesis de competencia profesional: *“Operación y mantenimiento de maquinaria pesada en base a criterios de seguridad”*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima.
- 4 **Lelant T. Blank**. *“Ingeniería Económica”* Editorial Mc Graw Hill / Interamericana de Mexico SA de CV. Tercera Edición en español. 1992

A N E X O S

ANEXO 1**OFERTA LOCAL DE SCOOPTRAMS**

Empresas con representación local:

ITEM	Empresa	Dirección electrónica
1	FERREYROS S.A.	w.w.w.ferreiros .comp.pe
2	MACHINERY TRADER S.A.C	w.w.w.machinerytrader.comp.pe
3	USED IRON S.A.C.	w.w.w.usediron.pint2.comp
4	VITESS S.A.C	w.w.w.vitessesa.tripod.comp
5	CANAL METAL S,A,C,	w.w.w.canalmetalsolostock.comp
6	IRON PLANET S.A.C.	w.w.w.es.ironplanet.comp
7	MEMPHIS DIESEL POWER S..A.C	w.w.w.memphisdieselpowercomp
8	PROSPEC CONSTRUCTION S.A.C.	w.w.w.prospectconstrucion.comp
9	MGE ARIZONA S,A,C	w.w.w.mge.arizona.comp

ANEXO 2

**DATOS DE CAMPO DE ESTUDIO DE TIEMPOS DE SCOOPTRAMS DE
1,5 Y 2,5 yd³ DE CAPACIDAD**

:DATOS DE CAMPO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS. SCOOPTRAM DE 2,2 YD³

SCOOP 2,2 yd3									
Horometro Inicial	2925,9	13/10/2007	Capacidad:	2,2 yd3	Turno:	1° Turno			
Horometro Final	2930,1	SUR	Mina:	Cabana	Operador:	uis Abanto Castillo			
Tiempo	4,2								
Descripción	Estado	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo	Salida	Llegada	Distan. (m)	Distancia (km)	Veloc.(km/h)
Traslado de equipo	Traslado vacío	13:21:30	13:24:10	0:02:40	Bocamina	Cam. Combustible	187	0,187	4,2
Carguio de combustible	Espera MA	13:24:10	13:28:47	0:04:37	Cam. Combustible	Cam. Combustible	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	13:28:47	13:36:35	0:07:48	Cam. Combustible	CH 1949 S	581	0,581	4,5
Taponeo de scoop	Espera MP	13:36:35	13:40:20	0:03:45	CH 1949 S	CH 1949 S	0	0	0,0
Traslado de agua (11 ciclos)	Traslado cargado	13:40:20	13:53:55	0:13:35	CH 1949 S	CH 1949 S	770	0,77	3,4
Espera carga	Espera MA	13:53:55	14:12:02	0:18:07	CH 1949 S	CH 1949 S	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:12:02	14:14:11	0:02:09	CH 1949 S	Tj 1941	83	0,083	2,3
Espera carga	Espera MP	14:14:11	14:14:36	0:00:25	Tj 1941	Tj 1941	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:14:36	14:17:48	0:03:12	Tj 1941	SN 1947 N	280	0,28	5,3
Carguio de mineral	Carga	14:17:48	14:21:02	0:03:14	SN 1947 N	SN 1947 N	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	14:21:02	14:25:05	0:04:03	SN 1947 N	Camara mineral	275	0,275	4,1
Descarga de mineral	Descarga	14:25:05	14:25:20	0:00:15	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:25:20	14:27:41	0:02:21	Camara mineral	SN 1947 N	275	0,275	7,0
Carguio de mineral	Carga	14:27:41	14:30:48	0:03:07	SN 1947 N	SN 1947 N	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	14:30:48	14:34:40	0:03:52	SN 1947 N	Camara mineral	275	0,275	4,3
Descarga de mineral	Descarga	14:34:40	14:34:58	0:00:18	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:34:58	14:37:16	0:02:18	Camara mineral	SN 1947 N	275	0,275	7,2
Carguio de mineral	Carga	14:37:16	14:39:15	0:01:59	SN 1947 N	SN 1947 N	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	14:39:15	14:43:18	0:04:03	SN 1947 N	Camara mineral	275	0,275	4,1
Descarga de mineral	Descarga	14:43:18	14:43:35	0:00:17	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:43:35	14:46:37	0:03:02	Camara mineral	SN 1947 N	275	0,275	5,4
Carguio de mineral	Carga	14:46:37	14:51:14	0:04:37	SN 1947 N	SN 1947 N	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	14:51:14	14:55:48	0:04:34	SN 1947 N	Camara mineral	275	0,275	3,6
Descarga de mineral	Descarga	14:55:48	14:56:08	0:00:20	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	14:56:08	15:02:13	0:06:05	Camara mineral	SN 1947 N	275	0,275	2,7
Carguio de mineral	Carga	15:02:13	15:08:51	0:06:38	SN 1947 N	SN 1947 N	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:08:51	15:13:40	0:04:49	SN 1947 N	Camara mineral	275	0,275	3,4
Descarga de mineral	Descarga	15:13:40	15:14:05	0:00:25	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	15:14:05	15:17:15	0:03:10	Camara mineral	CH 1949 S	385	0,385	7,3
Carguio de mineral	Carga	15:17:15	15:22:22	0:05:07	CH 1949 S	CH 1949 S	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:22:22	15:26:56	0:04:34	CH 1949 S	Camara mineral	385	0,385	5,1
Descarga de mineral	Descarga	15:26:56	15:27:08	0:00:12	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	15:27:08	15:30:56	0:03:48	Camara mineral	Tj 1941	405	0,405	6,4
Carguio de mineral	Carga	15:30:56	15:37:41	0:06:45	Tj 1941	Tj 1941	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:37:41	15:43:28	0:05:47	Tj 1941	Camara mineral	405	0,405	4,2
Descarga de mineral	Descarga	15:43:28	15:43:45	0:00:17	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	15:43:45	15:47:41	0:03:56	Camara mineral	CH 1949 S	385	0,385	5,9
Carguio de mineral	Carga	15:47:41	15:51:24	0:03:43	CH 1949 S	CH 1949 S	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:51:24	15:56:10	0:04:46	CH 1949 S	Camara mineral	385	0,385	4,8
Descarga de mineral	Descarga	15:56:10	15:56:22	0:00:12	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	15:56:22	15:59:33	0:03:11	Camara mineral	Tj 1941	405	0,405	7,6
Carguio desmonte	Espera MA	15:59:33	16:33:45	0:34:12	Tj 1941	Tj 1941	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	16:33:45	16:37:46	0:04:01	Tj 1941	CR 1938 S	248	0,248	3,7
Descarga desmonte	Descarga	16:37:46	16:37:58	0:00:12	CR 1938 S	CR 1938 S	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	16:37:58	16:41:11	0:03:13	CR 1938 S	Tj 1941	248	0,248	4,6
Carguio de mineral	Carga	16:41:11	16:49:05	0:07:54	Tj 1941	Tj 1941	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	16:49:05	16:54:02	0:04:57	Tj 1941	Camara mineral	405	0,405	4,9
Descarga de mineral	Descarga	16:54:02	16:54:22	0:00:20	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	16:54:22	16:58:48	0:04:26	Camara mineral	CH 1949 S	385	0,385	5,2
Carguio de mineral	Carga	16:58:48	17:02:51	0:04:03	CH 1949 S	CH 1949 S	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:02:51	17:07:45	0:04:54	CH 1949 S	Camara mineral	385	0,385	4,7
Descarga de mineral	Descarga	17:07:45	17:08:10	0:00:25	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Espera por coordinación	Espera MP	17:08:10	17:09:25	0:01:15	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
No realiza ningún trabajo	Espera MA	17:09:25	17:27:40	0:18:15	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Carguio de mineral	Carga	17:27:40	17:27:56	0:00:16	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:27:56	17:31:10	0:03:14	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	8,7
Descarga de mineral	Descarga	17:31:10	17:31:20	0:00:10	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	17:31:20	17:34:48	0:03:28	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,1
Carguio de mineral	Carga	17:34:48	17:35:04	0:00:16	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:35:04	17:38:20	0:03:16	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	8,6
Descarga de mineral	Descarga	17:38:20	17:38:30	0:00:10	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	17:38:30	17:42:00	0:03:30	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,0
Carguio de mineral	Carga	17:42:00	17:42:14	0:00:14	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:42:14	17:45:05	0:02:51	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	9,9
Descarga de mineral	Descarga	17:45:05	17:45:14	0:00:09	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	17:45:14	17:48:29	0:03:15	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,7
Carguio de mineral	Carga	17:48:29	17:48:43	0:00:14	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:48:43	17:52:02	0:03:19	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	8,5
Descarga de mineral	Descarga	17:52:02	17:52:20	0:00:18	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	17:52:20	17:55:42	0:03:22	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,4
Carguio de mineral	Carga	17:55:42	17:55:58	0:00:16	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:55:58	17:59:45	0:03:47	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	7,4
Descarga de mineral	Descarga	17:59:45	18:00:08	0:00:23	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	18:00:08	18:03:26	0:03:18	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,5
Carguio de mineral	Carga	18:03:26	18:03:48	0:00:22	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:03:48	18:07:16	0:03:28	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	8,1
Descarga de mineral	Descarga	18:07:16	18:07:32	0:00:16	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	18:07:32	18:10:44	0:03:12	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,8
Carguio de mineral	Carga	18:10:44	18:11:06	0:00:22	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:11:06	18:14:38	0:03:32	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	8,0
Descarga de mineral	Descarga	18:14:38	18:14:57	0:00:19	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	18:14:57	18:18:03	0:03:06	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	9,1
Carguio de mineral	Carga	18:18:03	18:18:23	0:00:20	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:18:23	18:22:20	0:03:57	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	7,1
Descarga de mineral	Descarga	18:22:20	18:22:40	0:00:20	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	18:22:40	18:26:02	0:03:22	Tolva en superficie	Camara mineral	469	0,469	8,4
Carguio de mineral	Carga	18:26:02	18:26:30	0:00:28	Camara mineral	Camara mineral	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:26:30	18:30:30	0:04:00	Camara mineral	Tolva en superficie	469	0,469	7,0
Descarga de mineral	Descarga	18:30:30	18:30:55	0:00:25	Tolva en superficie	Tolva en superficie	0	0	0,0
Traslado de equipo	Traslado vacío	18:30:55	18:34:11	0:03:16	Tolva en superficie	Camara mineral	0	0	0,0

DATOS DE CAMPO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS DE SCOOPTRAM DE 1,5 YD³

SCOOP 1,5 yd3							
Horometro Inicial	2915,5	12/10/2007	Capacidad:	1,5 yd3	Turno:	1° Turno	
Horometro Final	2921,3	SUR	Mina:	Cabana	Operador:	Luis Abanto C.	
Tiempo	5,8						
Descripción	Estado	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo	Salida	Llegada	Distan. (m)
Carguo de cilindro combustib	Espera MP	13:12:30	13:14:50	0:02:20	Cancha de made	Cancha de made	0
Traslado de cilindro combustib	Traslado cargado	13:14:50	13:17:41	0:02:51	Cancha de made	Cam. Combustibil	249
Descarga cilindro combustibil	Descarga	13:17:41	13:19:23	0:01:42	Cam. Combustibil	Cam. Combustibil	0
Carguo de combustible	Espera MA	13:19:23	13:24:19	0:04:56	Cam. Combustibil	Cam. Combustibil	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	13:24:19	13:26:25	0:02:06	Cam. Combustibil	Cancha de made	249
Carguo de madera	Carga	13:26:25	13:29:10	0:02:45	Cancha de made	Cancha de made	0
Traslado de equipo con made	Traslado cargado	13:29:10	13:43:05	0:13:55	Cancha de made	SN 1947 N	720
Descarga de madera	Descarga	13:43:05	13:43:10	0:00:05	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	13:43:10	13:50:20	0:07:10	SN 1947 N	Cancha de made	720
Carguo de cables	Carga	13:50:20	13:54:52	0:04:32	Cancha de made	Tope BP 2011 S	650
Descarga de cables	Descarga	13:54:52	13:54:56	0:00:04	Tope BP 2011 S	Tope BP 2011 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	13:54:56	14:02:45	0:07:49	Tope BP 2011 S	SN 1947 N	440
No realiza ningun trabajo	Espera MP	14:02:45	14:07:22	0:04:37	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Traslado de equipo	Traslado vacio	14:07:22	14:09:20	0:01:58	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Apovo colocar tubería de agu	Otros	14:09:20	14:31:45	0:22:25	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	14:31:45	14:33:32	0:01:47	CR 1938 S	TI 1941	248
Acondicionam. de vias (2 cicl	Otros	14:33:32	14:38:00	0:04:28	TI 1941	TI 1941	120
Traslado de equipo	Traslado vacio	14:38:00	14:40:15	0:02:15	TI 1941	CH 1949 S	83
Traslado de agua (11 ciclos)	Traslado cargado	14:40:15	14:52:20	0:12:05	CH 1949 S	CH 1949 S	770
Traslado de equipo	Traslado vacio	14:52:20	14:58:08	0:05:48	CH 1949 S	TI 1941	83
Carguo de mineral	Carga	14:58:08	14:58:20	0:00:12	TI 1941	TI 1941	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	14:58:20	15:03:30	0:05:10	TI 1941	Camara mineral	405
Descarga de mineral	Descarga	15:03:30	15:03:42	0:00:12	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:03:42	15:05:48	0:02:06	Camara mineral	SN 1947 N	275
Carguo de mineral	Carga	15:05:48	15:05:59	0:00:11	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:05:59	15:08:18	0:02:19	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:08:18	15:08:26	0:00:08	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:08:26	15:09:38	0:01:12	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Carguo de mineral	Carga	15:09:38	15:09:42	0:00:04	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:09:42	15:11:01	0:01:19	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:11:01	15:11:14	0:00:13	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:11:14	15:12:25	0:01:11	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Carguo de mineral	Carga	15:12:25	15:12:48	0:00:23	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:12:48	15:14:05	0:01:17	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:14:05	15:14:14	0:00:09	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:14:14	15:15:13	0:00:59	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Carguo de mineral	Carga	15:15:13	15:15:22	0:00:09	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:15:22	15:16:43	0:01:21	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:16:43	15:17:53	0:01:10	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:17:53	15:18:50	0:00:57	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Carguo de mineral	Carga	15:18:50	15:19:00	0:00:10	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:19:00	15:19:18	0:00:18	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:19:18	15:19:45	0:00:27	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:19:45	15:20:35	0:00:50	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Carguo de mineral	Carga	15:20:35	15:20:51	0:00:16	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:20:51	15:22:19	0:01:28	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	15:22:19	15:22:26	0:00:07	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:22:26	15:23:58	0:01:32	CR 1938 S	SN 1947 N	118
Espera carga	Espera MA	15:23:58	15:44:10	0:20:12	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Carguo de mineral	Carga	15:44:10	15:46:15	0:02:05	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:46:15	15:50:25	0:04:10	SN 1947 N	Camara mineral	275
Descarga de mineral	Descarga	15:50:25	15:50:40	0:00:15	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	15:50:40	15:54:38	0:03:58	Camara mineral	TI 1941	405
Carguo de mineral	Carga	15:54:38	15:58:41	0:04:03	TI 1941	TI 1941	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	15:58:41	16:03:25	0:04:44	TI 1941	Camara mineral	405
Descarga de mineral	Descarga	16:03:25	16:03:40	0:00:15	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	16:03:40	16:07:35	0:03:55	Camara mineral	TI 1941	405
Espera carga	Espera MA	16:07:35	16:29:11	0:21:36	TI 1941	TI 1941	0
Carguo de mineral	Carga	16:29:11	16:40:15	0:11:04	TI 1941	TI 1941	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	16:40:15	16:45:20	0:05:05	TI 1941	Camara mineral	405
Descarga de mineral	Descarga	16:45:20	16:45:35	0:00:15	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	16:45:35	16:49:08	0:03:33	Camara mineral	SN 1947 N	275
Espera carga	Espera MA	16:49:08	16:54:45	0:05:37	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Carguo de mineral	Carga	16:54:45	17:01:56	0:07:11	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:01:56	17:05:35	0:03:39	SN 1947 N	Camara mineral	275
Descarga de mineral	Descarga	17:05:35	17:05:52	0:00:17	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	17:05:52	17:08:35	0:02:43	Camara mineral	SN 1947 N	275
Espera carga	Espera MA	17:08:35	17:30:35	0:22:00	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Carguo de mineral	Carga	17:30:35	17:31:10	0:00:35	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:31:10	17:34:45	0:03:35	SN 1947 N	Camara mineral	275
Descarga de mineral	Descarga	17:34:45	17:35:00	0:00:15	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	17:35:00	17:38:09	0:03:09	Camara mineral	TI 1941	405
Espera carga	Espera MA	17:38:09	17:39:58	0:01:49	TI 1941	TI 1941	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	17:39:58	17:43:10	0:03:12	TI 1941	SN 1947 N	280
Espera por coordinación	Espera MP	17:43:10	17:46:30	0:03:20	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Carguo de mineral	Carga	17:46:30	17:46:38	0:00:08	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:46:38	17:53:15	0:06:37	SN 1947 N	Tolva en superfic	724
Descarga de mineral	Descarga	17:53:15	17:53:21	0:00:06	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	17:53:21	17:58:55	0:05:34	Tolva en superfic	SN 1947 N	724
Carguo de mineral	Carga	17:58:55	17:59:06	0:00:11	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	17:59:06	18:06:01	0:06:55	SN 1947 N	Tolva en superfic	724
Descarga de mineral	Descarga	18:06:01	18:06:09	0:00:08	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:06:09	18:09:00	0:02:51	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:09:00	18:09:09	0:00:09	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:09:09	18:12:00	0:02:51	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:12:00	18:12:10	0:00:10	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:12:10	18:15:14	0:03:04	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:15:14	18:15:26	0:00:12	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:15:26	18:18:59	0:03:33	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:18:59	18:19:25	0:00:26	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:19:25	18:22:59	0:03:34	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:22:59	18:23:31	0:00:32	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:23:31	18:27:20	0:03:49	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:27:20	18:27:28	0:00:08	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:27:28	18:30:46	0:03:18	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:30:46	18:31:13	0:00:27	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:31:13	18:34:20	0:03:07	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:34:20	18:34:40	0:00:20	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:34:40	18:38:15	0:03:35	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:38:15	18:38:49	0:00:34	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:38:49	18:41:45	0:02:56	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:41:45	18:41:55	0:00:10	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:41:55	18:44:58	0:03:03	Tolva en superfic	Camara mineral	469
Carguo de mineral	Carga	18:44:58	18:46:07	0:01:09	Camara mineral	Camara mineral	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:46:07	18:49:10	0:03:03	Camara mineral	Tolva en superfic	469
Descarga de mineral	Descarga	18:49:10	18:49:20	0:00:10	Tolva en superfic	Tolva en superfic	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:49:20	18:52:55	0:03:35	Tolva en superfic	SN 1947 N	724
No realiza ningun trabajo	Espera MP	18:52:55	18:55:43	0:02:48	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Carguo de mineral	Carga	18:55:43	18:55:57	0:00:14	SN 1947 N	SN 1947 N	0
Traslado de equipo	Traslado cargado	18:55:57	18:57:10	0:01:13	SN 1947 N	CR 1938 S	118
Descarga de mineral	Descarga	18:57:10	18:57:21	0:00:11	CR 1938 S	CR 1938 S	0
Traslado de equipo	Traslado vacio	18:57:21	18:59:06	0:01:45	CR 1938 S	SN 1947 N	118

ANEXO 3

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE SCOOPTRAMS

SIMONE ACY 2

SIMONE ACY 10

ST – 2G

LH – 203

LH 202

ANEXO 4

ORDENES DE TRABAJO REALIZADOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

Orden de trabajo de mantenimiento general

Ordenes de trabajo Preventivo

Sistema de Mantenimiento

Archivos Backlogs Componentes Control Control Operacional Energía Equipos Herramientas Lubricación Mantto Correctivo Mantto.Preventivo Presupuesto Consumo Energía
 Presupuestos, Costos e Indicadores Reportes/Indices Sistema RCM Tablas Sistemas Ayuda

Mannto.Preventivo
 Control
 Lubricación
 Reportes/Indices
 Tablas Sistemas
 Mannto Correctivo

Solicitud de Servicio
 Orden de Trabajo
 Confirmación Trabajo

Componentes
 Energía
 Presupuesto Consumo E
 Herramientas
 Equipos
 Backlogs
 Sistema RCM
 Control Operacion
 Costos, Costos e In

Orden de Trabajo

Consulta Edición

Buscar Desde 02/06/2008 Hasta 02/06/2008 Estado

Orde...	Fecha	CdR	ActivosFijos	Est...	Responsable	Proveedor	Tipo
99096	02/06/2008	MANTENIMIENTO GENERAL	... 2007_00408 - CARRO MINERO...	P	ALFARO QUISPE, NILO ENRIQ...		Correctivo Programado
RECTIFICAR RUEDA DE CARRO MINERO SEGUN MUESTRA							
99097	02/06/2008	MANTENIMIENTO GENERAL	... 2007_00408 - CARRO MINERO...	P	ALFARO QUISPE, NILO ENRIQ...		Correctivo Programado
FABRICACION DE PINES DE EJE PIVOTE TOLVA CARRO MINERO G180 SEGUN MUESTRA							
99067	02/06/2008	MANTENIMIENTO GENERAL	... AL-02 - LANZADORA DE CO...	P	SIERRA TAPIA, ROMMEL		Correctivo Programado
UNIDAD DE POTENCIA / REEMPLAZO DE BRIDAS DE BOA							
99064	02/06/2008	ENERGIA Y CONTROL DE PR...	BE-16 - BOMBA SUMERGIB...	P	ZVALETA GUTIERREZ, DAVI...		Correctivo Programado
MANTENIMIENTO DE BOMBA BE-16-MILAGROS							
99084	02/06/2008	PLANTA	... CH009 - CHANCADORA SA...	P	MIRANDA ANAMPA, OSCAR		Preventivo
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 3500 HORAS A CHANCADORA SANDVIK							
99091	02/06/2008	PLANTA	... CH009 - CHANCADORA SA...	P	MIRANDA ANAMPA, OSCAR		Servicio
SE SOLICITA RECTIFICAR HILOS DE PERNO Y TUERCA DE SUJECION DE LA CHANCADORA SANDVIK							
99087	02/06/2008	MANTENIMIENTO GENERAL	... EX-01 - EXCAVADORA CAT...	P	ZAVALA SANCHEZ, WALTER ...		Correctivo Programado
SISTEMA ELÉCTRICO / REPARACIÓN DE TABLERO, ARRANCADOR Y ALTERNADOR							
99073	02/06/2008	PLANTA	... IECNC - INSTALACIONES E...	P	ZVALETA GUTIERREZ, DAVI...		Servicio
INSTALACION DE TUBO FLUORESCENTE EN CONCENTRACION							
99071	02/06/2008	PLANTA	... IEMOL - INSTALACIONES E...	P	ZVALETA GUTIERREZ, DAVI...		Servicio
INSTALACION DE TUBO FLUORESCENTE EN MOLIENDA							
99076	02/06/2008		IF001 - INFRAESTRUCTUR...	P	GUZMAN GOMEZ, RICHARD A...		Correctivo Programado
AJUSTE DE SETTING DE CHANCADORAS							
99081	02/06/2008		IF014 - INFRAESTRUCTUR...	P	GUZMAN GOMEZ, RICHARD A...		Correctivo Programado
ORDENAR TALLER							
99069	02/06/2008	LABORATORIO QUIMICO	... IF017 - INFRAESTRUCTUR...	P	ZVALETA GUTIERREZ, DAVI...		Servicio
INSTALACION DE PUESTA A TIERRA OFICINA LQ							
99080	02/06/2008		IF022 - INFRAESTRUCTUR...	P	GUZMAN GOMEZ, RICHARD A...		Correctivo Programado
AJUSTE DE EMPAQUETADURAS DE TODAS LA BOMBAS							
99083	02/06/2008		IF022 - INFRAESTRUCTUR...	P	GUZMAN GOMEZ, RICHARD A...		Correctivo Programado

Record: 1 of 47


Orden de Trabajo | ALVA | 8:37:45 PM | 06/03/2008

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Sc 16 SCOOP WAGNER ST 2G 2.2 YD³

Report Designer - inf_man_ordentabajofecha.frx - Sistema de Mantenimiento

Archivos Índice Gestión Mto. Correctivo Mto. Preventivo Mto. Servicios Ayuda

04/06/2003 08:50:10 PM
Pág. 1

 **Orden de Trabajo 24274**

TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
SOLICITADO POR NULL
DEPENDENCIA MINA
EQUIPO SC-16 - SCOOP WAGNER ST 20 2.2 Y3
UBICACION
USO
HOROMETRO NULL
PRORIDAD NORMAL

FECHA APERTURA 01/06/2003 12:42:04 PM
FECHA CIERRE
SOLICITUD SERVICIO 24443
HOROMETRO : _____

RESPONSABLE ORCON PATILLA, NELSON FLORENCIO
OBSERVACION Fin : SCOPTRAMS A fijo : SC-16 SCOOP WAGNER ST 20 2.2 Y3 Ad : MANTENIMIENTO PREVENTIVO 150 Parám. : HORAS DE OPERACION

PERSONAL ASIGNADO

Código	Apellidos y Nombres	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Fin	Hora Fin	Horas Trab.
P00000711	CRUZ VALDIVIA, SANTOS					
P00001095	LAVADO PEREZ, VICTOR GREGORIO					
P000025611	ONOFRE OSORIO, JULIO					

TAREA

Código	Descripción	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Fin	Hora Fin	Horas Trab.
00003	OBTENER MUESTRA DE ACEITE PARA ANALISIS (APA)					
00005	REEMPLAZAR ACEITE DE MOTOR					
00006	REEMPLAZAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR					
00007	REEMPLAZAR FILTRO DE COMBUSTIBLE					
00009	INSPECCIONAR FUGAS DE ACEITE					
00013	INSPECCIONAR NIVEL DE ELECTROLITO DE					
00015	INSPECCIONAR Y LIMPIEZA DE BATERIAS					
00074	INSPECCIONAR NIVEL DE ACEITE EN CUBOS Y					

ANEXO 5

DATOS TECNICOS DE MOTORES DE SCOOPTRAM

MOTOR BF4M1013C (SCOOPTRAM WAGNER ST-2G)

MOTOR F6L912W (SCOOPTRAM TAMROCK LH203)

DEL MOTOR BF4M1013EC (SCOOPTRAM SINOME ACY-2)

MOTOR BF4M2011 (SCOOPTRAM SINOME ACY-10)

DATOS TECNICOS DEL MOTOR BF4M1013C (SCOOPTRAM WAGNER ST-2G)

► Technical data

Engine type		BF4M1013	BF4M1013C	BF6M1013	BF6M1013C	BF6M1013CP
Number of cylinders		4	4	6	6	6
Bore/stroke	mm	108/130	108/130	108/130	108/130	108/130
Displacement	l	4.76	4.76	7.14	7.14	7.14
Compression ratio		17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
Max. rated speed	min ⁻¹	2300	2300	2300	2300	2300
Mean piston speed	m/s	9.97	9.97	9.97	9.97	9.97
Power ratings for construction equipment engines ^h						
Power ratings for automotive engines ^g	kW	93	115	141	170	190
at speed	min ⁻¹	2300	2300	2300	2300	2300
Mean effective pressure	bar	10.4	12.59	10.29	12.41	13.87
Power ratings for industrial engines ^g						
highly intermittent operation	kW	88	112	133	161	181
at speed	min ⁻¹	2300	2300	2300	2300	2300
Mean effective pressure	bar	9.86	12.27	9.71	11.75	13.18
intermittent operation ^g	kW	84	104	126	153	171
at speed	min ⁻¹	2300	2300	2300	2300	2300
Mean effective pressure	bar	9.42	11.39	9.2	11.17	12.48
Max torque	Nm	464	572	697	847	946
at speed	min ⁻¹	1400	1400	1400	1400	1400
Minimum idle speed	min ⁻¹	650	650	650	650	650
Specific fuel consumption ^g	g/kWh	200	195	200	195	195
Weight to DIN 70020, Part 7A ^h	kg	530	550	676	702	702

DATOS TECNICOS DEL MOTOR F6L912W (SCOOPTRAM TAMROCK LH203) Y
MOTOR F5L912W (SCOOPTRAM TAMROCK LH202)

► Technical data

Engine type		F3L912W	F4L912W	F5L912W	F6L912W
Number of cylinder		3	4	5	6
Bore/stroke	mm	102/125	102/125	102/125	102/125
Displacement	l	3.064	4.086	5.107	6.128
Compression ratio		22	22	22	22
Max. rated speed	rpm	2800	2800	2800	2800
Mean piston speed	m/s	11.6	11.6	11.6	11.6
Power ratings for underground mining engines					
Power ratings ¹⁾	hp	47	62	76	93
at speed ²⁾	rpm	2500	2500	2500	2500
Mean effective pressure	bar	5.48	5.40	5.36	5.40
Max. torque	Nm	149	198	249	298
at speed	rpm	1550	1550	1550	1550
Minimum idle speed	rpm	650	650	700	650
Spec. fuel consumption ³⁾	g/kWh	230	230	230	230
Weight to DIN 70020, Part 7A ⁴⁾	kg	277	300	380	410

DATOS TECNICOS DEL MOTOR BF4M1013EC (SCOOPTRAM SINOME ACY-2)

Engine type		BF 4 M 1013 EC	BF 4 M 1013 FC	BF 6 M 1013 EC	BF 6 M 1013 ECP	BF 6 M 1013 FC
Number of cylinders		4	4	6	6	6
Bore/stroke	mm	108/130	108/130	108/130	108/130	108/130
Displacement	l	4.7	4.7	7.1	7.1	7.1
Max. rated speed	rpm	2300	2300	2300	2300	2300
Power ratings for construction equipment engines¹⁾						
Power ratings for automotive engines to ISO 3046-1 IFN ²⁾	kW	118	129	174	195	235
at speed	rpm	2300	2300	2300	2300	2300
Mean effective pressure	bar	12.93	14.13	12.71	14.25	17.56
Max. torque	Nm	577	700	854	954	1050
at speed	rpm	1400	1400	1400	1400	1400
Minimum idle speed	rpm	600	600	600	600	600
Specific fuel consumption ³⁾	g/kWh	205	204	195	195	207
Weight to DIN 70020, Part 7A ⁴⁾	kg	432	432	572	572	572

DATOS TECNICOS DEL MOTOR BF4M2011 (SCOOPTRAM SINOME ACY-10)

► Technical Data

Engine type		F2M2011	F3M2011	BF3M2011	F4M2011	BF4M2011
Numer of cylinder		2	3	3	4	4
Bore/stroke	mm	94/112	94/112	94/112	94/112	94/112
Displacement	l	1.55	2.33	2.33	3.11	3.11
Compression ratio		18.5	18.5	17.5	18.5	17.5
Max. rated speed	rpm	2800	2800	2800	2800	2800
Mean piston speed	m/s	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45
Power ratings for construction equipment engines ⁴⁾						
Power ratings for automotive- and industrial engines ²⁾	kW	24.2	36.5	48.5	48.5	65.0
at speed	rpm	2800	2800	2800	2800	2800
Mean effective pressure	bar	6.69	6.71	8.92	6.69	8.96
Power ratings for cont. operation ²⁾	kW	23.0	34.7	46.0	46.1	62.0
at speed	rpm	2800	2800	2800	2800	2800
Mean effective pressure	bar	6.38	6.38	8.46	6.38	8.55
Max. torque	Nm	93	140	190	195	270
at speed	rpm	1700	1700	1600	1700	1600
Minimum idle speed	rpm	900	900	900	900	900
Specific fuel consumption ⁴⁾	g/kWh	224	219	210	213	205
Weight to DIN 70020, Part 7A ⁵⁾	kg	168	208	213	245	247

ANAEXO 6

NORMAS Y CERTIFICACIONES

Normas OHSAS 11800

Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional

CERTIFICACION ASHAS 18001

NORMAS OHSAS 11800

Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional

Obtenida el 2004. Estas normas buscan asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el trabajo. Permiten formular una política de objetivos específicos asociados al tema, considerando requisitos legales e información sobre los riesgos inherentes a la actividad minera y efectuar una gestión sistemática y estructurada del control de los equipos, materiales y procesos (GEMA: Gente, Equipo, Medio Ambiente y el Proceso)

Ventajas de certificar bajo esta norma

1. Reducción del número de personal accidentado mediante la prevención y control de riesgos en el lugar de trabajo.
2. Reducir el riesgo de accidentes de gran envergadura.
3. Asegurar una fuerza de trabajo bien calificado y motivado a través de la satisfacción de sus expectativas de empleo.
4. Reducción de los materiales perdidos a causa de accidentes, por interrupciones de producción no deseados.
5. Posibilidad de integración de un sistema de gestión que incluya calidad, ambiente, salud y seguridad.
6. Asegurar que la legislación respectiva sea cumplida.

CERTIFICACION ASHAS 18001

Consortio Minero Horizonte, plenamente consciente de sus responsabilidades medioambientales frente a las comunidades donde desarrolla sus operaciones, ha manifestado siempre un profundo respeto y compromiso hacia el medio ambiente realizando un estricto control sobre los posibles impactos que sus actividades pudieran originar sobre las personas y el entorno, en el fiel cumplimiento de los compromisos declarados en su Política Ambiental.

Prueba de esto es que en la instalaciones operativas se tiene implementado un Sistema de Gestión Ambiental bajo los estándares internacionales ISO 14001 evaluado y auditado por Bureau Veritas Quality International BVQI en

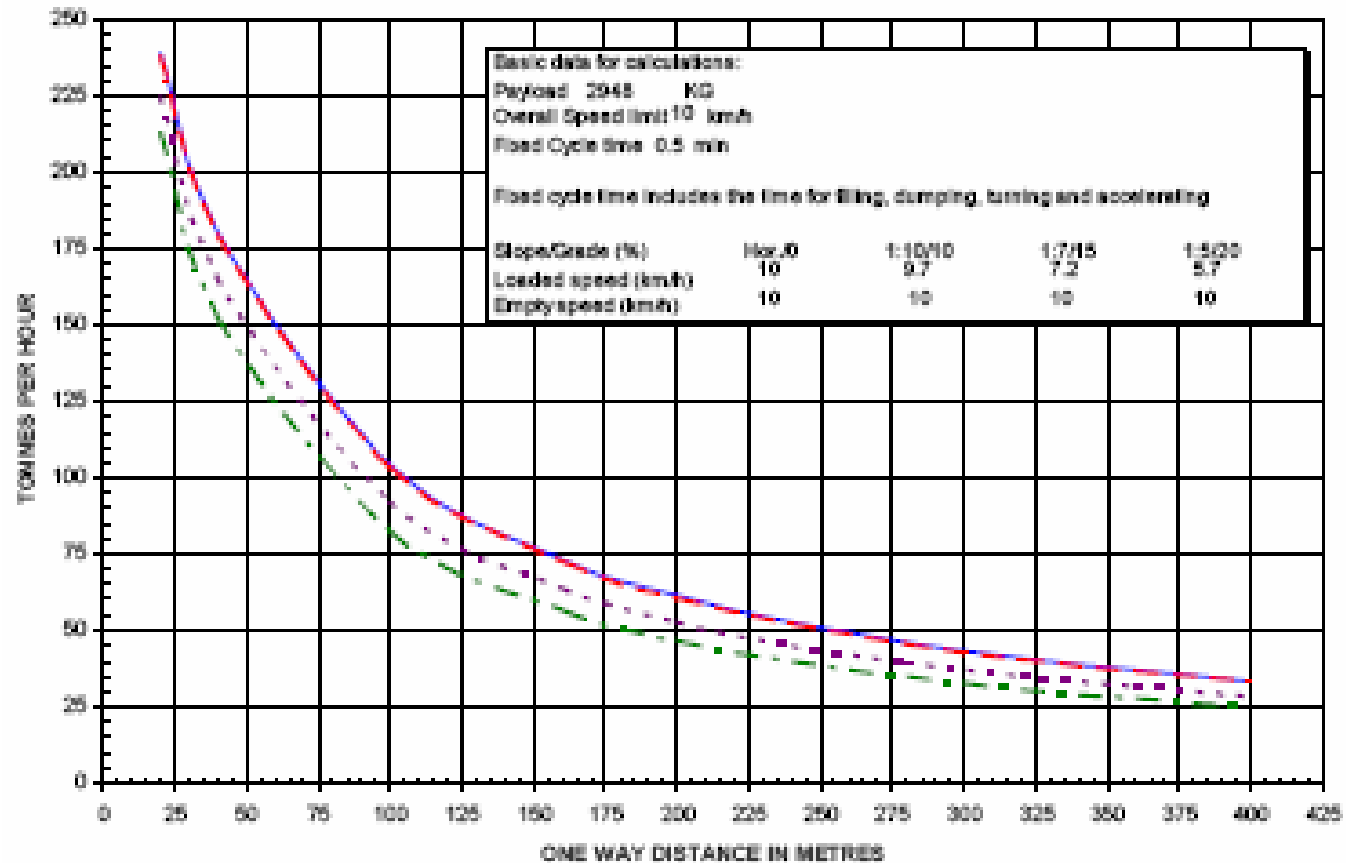
ANEXO 7

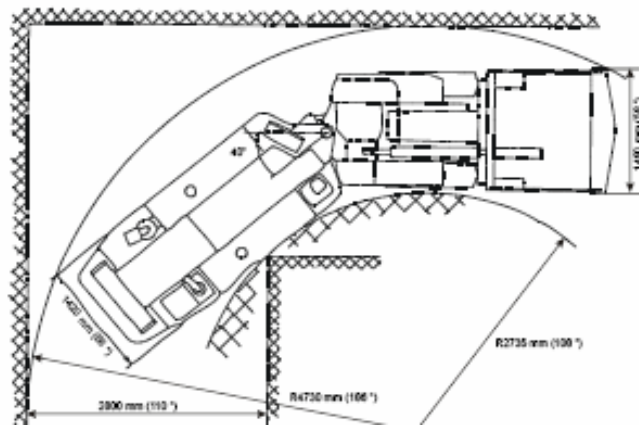
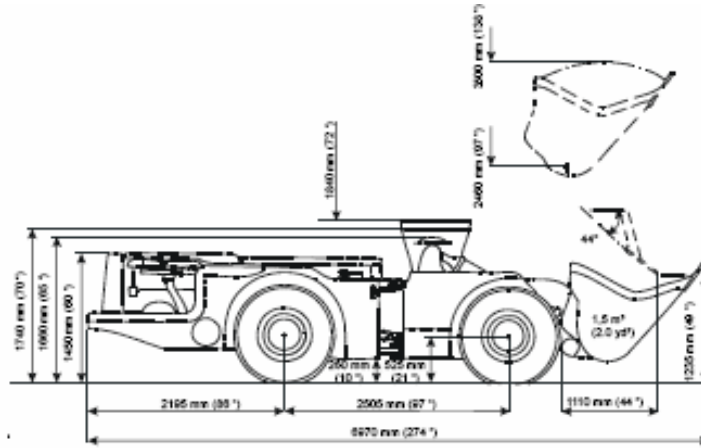
CALOGOS DE FABRICANTES DE SCOOPTRAMS

SCOOPTRAM TAMROCK LH202

Productivity Curve (Metric Units)

LH202 PRODUCTIVITY CURVE





UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

FACULTAD: INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD: INGENIERIA MECANICA

NOMBRE DEL AUTOR: ISMAEL ALVA ALVA

TITULO DE LA TESIS: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN DE UNA FLOTA DE SCOOPTRAMS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA

RESUMEN DE LA TESIS:

El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el costo total de la flota de scooptrams de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A., formada por 16 unidades con una potencias comprendidas entre 47 y 147 HP mediante la elaboración de un PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE EQUIPOS DE LA FLOTA DE SCOOPTRAMS, con el que se obtenga el costo anual mínimo. El estudio será una herramienta de orientación para optimizar el costo de operación de la flota de equipos Trackless, considerando los costos de operación, mantenimiento, repotenciación y reemplazo.

Presentamos un resumen de las condiciones generales del mantenimiento de los scooptrams, los costos de operación de la flota y el rendimiento actual de los equipos. Se estudian los criterios de optimización, el método de cálculo de la repotenciación y el cálculo de sus costos. Se ha desarrollado en forma detallada el método actual utilizado por la empresa y se aplica a la flota de scooptrams. Primero se determinan los costos del equipo similar nuevo, los de repotenciación y se realiza la selección de los equipos que se repotencian y los que se reemplazan. Luego se seleccionan los equipos de reemplazo para lo cual se determinan los costos de operación previstos y se realiza un análisis costo/beneficio para cada uno de ellos, seleccionándose al de menor valor. La nueva flota se conforma con los equipos repotenciados y de reemplazo.

Se describe el método propuesto y se aplica a la flota, determinándose los costos económicos y financieros. Se determina el costo total anual equivalente de los costos de inversión, operación y mantenimiento de los equipos de la flota actual

y de sus similares de reemplazo para períodos de evaluación de tres y seis años. Se determina la nueva flota con los que tienen el menor costo anual equivalente. Finalmente, se evalúan los resultados de la aplicación de ambos métodos.

Al finalizar el estudio se llegan a las siguientes conclusiones principales:

- 1.- La aplicación del método actual no optimiza el costo operativo de la flota. En este caso, el 75 % de los scooptrams de la flota resultante propuesta por su aplicación, repotenciados, tendrían un costo operativo mayor al costo óptimo de un equipo similar nuevo disponible en el mercado.
- 2.- La aplicación del método propuesto optimiza el costo operativo de la flota, porque el 100 % de los scooptrams de la flota tiene un menor costo operativo que cualquier otro equipo similar disponible en el mercado.
- 3.- La permanencia de un equipo nuevo en la flota debe ser de tres años. La evaluación económica y financiera muestra que el costo anual uniforme equivalente para un periodo de tres años es menor que para un periodo de seis años. Esto debido a que en los seis años, la depreciación acumulada reduce casi en 50% el valor de recuperación del equipo y esto influye en el flujo de caja.
- 4.- La aplicación del método a propuesto requiere de una inversión un 50 % mayor que la que corresponde a aplicación del método actual. En el primer caso la inversión es de US\$ 2 275 000, en el segundo caso es de solo US\$ 1 505 000.
- 5.- La aplicación del método propuesto reduce el costo operativo de la flota, en 1 701 787 US\$/año, con respecto al costo que resulta de la aplicación del método actual.
- 6.- La inversión adicional requerida por aplicar el método propuesto tiene una relación B/C mayor a 5 que la hace muy competitiva. La aplicación del método propuesto requiere una inversión adicional de US\$ 770 000, pero a cambio se obtendrá un ahorro anual de US\$ 1 701 787 que en el período de evaluación de tres años para una tasa de interés de 8 a 12 % anual tiene una relación B/C comprendida entre 5,70 y 5,37.