

Recibido 12/08/2011 , aprobado ...

INFLUENCIA DE SISTEMAS DE TRABAJO Y DE TIEMPOS PERDIDOS EN EL CÁLCULO DE EQUIPO PARA EL MINADO A CIELO ABIERTO DEL YACIMIENTO ANTILLA, APURIMAC.

Oswaldo Ortiz S.*, Godelia Canchari S.*, Emiliano M. Giraldo P.*

RESUMEN

Se estima el equipo de minado a cielo abierto para el Yacimiento Antilla que tiene un movimiento total de 544 millones de toneladas métricas incluyendo mineral y desmonte en 20 años de operación. Se estudian las alternativas de equipamiento desde el punto de vista de los sistemas de trabajo y del posible ahorro de tiempos perdidos en el sistema de performance. El proceso consiste en elegir el nivel de explotación anual del yacimiento basado en las reservas minables y luego analizar 3 sistemas de trabajo (Sistemas 1, 2, y 3). La alternativa 1 consiste en 6 días de trabajo por semana con 3 turnos/día, la alternativa 2 analiza 7 días semanales con 3 turnos/día y la alternativa 3 consiste en 7 días de trabajo a la semana con 4 turnos de 6 horas/día. Se elige el tamaño de los equipos en función de la geometría del tajo a cielo abierto incluyendo altura de banco, ángulo de trabajo y espacio requerido para la operación segura de cada tipo de equipo. Utilizando los mismo parámetros de rendimiento de equipo para las tres alternativas se calculan los requerimientos de equipo (perforadores, cargadores, camiones y equipo auxiliar), para cada alternativa y la inversión necesaria en cada caso eligiendo el sistema de menor costo. Como no existe historial de rendimientos de equipo en el área, se toman los rendimientos de 3 operaciones mineras similares en el país con el objeto de estimar la productividad horaria de cada tipo de equipo para el cálculo de las unidades requeridas en cada sistema. Se efectúa además un análisis de los tiempos perdidos por diferentes causas tendientes a mejorar los rendimientos y disponibilidades de los equipos para optimizar la utilización de los 4 tipos de equipo usados en la operación minera superficial (perforador, cargador, acarreador y auxiliar).

Palabras claves: Parámetros de performance, reservas, alternativas, equipamiento, rendimiento, tajo a cielo abierto.

ABSTRACT

The Antilla ore body open pit mining equipment is estimated for a total movement of 544 million metric tons of ore and waste in 20 years of active operation. Mining equipment is evaluated from the point of view of 3 working systems and time savings on the performance system. Three working alternatives are analyzed: Alternative 1 consists of three-8 hour shifts per day, six day per week operation. Alternative 2 includes three-8 hour shifts per day, 7 day per week and alternative 3 consists of four-six hour shifts per day 7 day per week work. Equipment size is chosen as a function of daily production, pit geometry, bench height, working angle and space requirements for safe operation of each equipment. Performance parameters used in equipment estimation were taken from 3 similar mining operations. Lost time analysis on the equipment performance were also considered in order to improve utilization of the 4 types of equipment required in the open pit operation.

Key words: Performance parameters, ore reserves, alternatives, equipment, productivity, open pit operation

* Docente EAP de Ingeniería de Minas
e-mail osoo1990@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto Antilla se ubica en el distrito de Sabino, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac, en las cercanías del poblado Antilla. El acceso se efectúa por la carretera Cusco-Abancay-Santa Rosa, con un total de 366 Km de recorrido de los cuales 294 Km. están asfaltados. Las reservas son de 154 millones de ton. m. de minerales sulfurados de cobre con una ley media de 0.47% Cu. y 0.009 % Mo.

De acuerdo a los estudios preliminares efectuados el yacimiento Antilla puede explotarse económicamente por sistemas superficiales de minado (Cielo abierto), por lo que en base a esta información el presente estudio efectuará el cálculo del nivel de producción anual y la estimación del equipo requerido en tamaño y número, analizando 3 sistemas de trabajo y las pérdidas de tiempo para optimizar el sistema de performance. Se efectuará el cálculo de las flotas de cada una de las etapas unitarias de la operación minera basados en información de performance de equipos de operaciones a cielo abierto similares dentro del ámbito nacional ya que por ser un proyecto nuevo no existen datos reales de operación de equipos en el lugar.

Debido a que la explotación minera es una industria "equipo intensivo" de alto costo de inversión y operación, es de gran importancia la elección y cálculo apropiado del equipo de mina. El costo unitario de minado depende principalmente del tipo y tamaño del equipo elegido y de la adecuada utilización de los tiempos de operación. Adicionalmente, como cada operación minera tiene un método de cálculo de la performance y utilización de los tiempos disponibles del equipo, se dará una metodología para estandarizar los diferentes índices de performance y disponibilidad con el objeto de que la información generada en una operación minera pueda ser utilizada en otra operación o proyecto minero para el control de la operación misma o para el dimensionamiento y cálculo de equipos similares.

II. METODOLOGÍA DE ANALISIS

Se revisó la bibliografía sobre métodos de estimación de equipo de mina, cálculo de performance y disponibilidades así como control de pérdidas de tiempo. Se encontró que ninguna de las operaciones mineras tiene un sistema de estimación y cálculo de performance uniforme por lo que no eran comparativos y extrapolables a otras operaciones.

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO

Yacimiento porfirítico, tabular inclinado 30°.

Reservas minables: 80 millones tm.

Tipos de mineral : Óxidos	3 millones tm
Sulfuros secundarios	37 millones tm
Sulfuros primarios	40 millones tm

Ley media Cu 0.60 %

Ley Media Mo 0.09%

Densidad in situ: Sulfuros 2.44 tm/m³

Óxidos /desmonte 2.41 tm/m³

Desmonte por remover: 179 millones

Movimiento total : 259 millones (mineral + estéril)

Relación E/M : 2.23/1

Roca encajonante: Arenisca, cuarcita. Rocas de tipo diorítico, granodiorítico y andesítico del batolito andahuaylas-Yauri.

2.2 PARÁMETROS DE EXPLOTACIÓN

Se estimó el nivel de explotación anual del yacimiento Antilla basado en las reservas minables y en métodos empíricos de cálculo. (Hustrulid W. y otro, 1995).

Tajo a cielo abierto: 1,200 x 1,400 m

Profundidad de tajo: 200 m

Talud general: 45°

Talud de banco: 68°

Bancos de 10 m de altura

Bermas de 14 m en paquetes de 2 bancos.

Rampa : 20 m de ancho a 10 % pendiente.

Vida óptima de extracción: $6.5 (80)^{0.25} = 19 \pm 0.2Re$ (Arteaga Rodriguez R.y otros, 1997)

15 a 23 años

$5.35(80)^{0.273} = 18$ años

2.3 VIDA ELEGIDA DE LA EXPLOTACIÓN Y RITMO DE EXPLOTACIÓN

Ritmo de extracción anual 4 millones tm mineral

Desmonte asociado: 8.92 millones tm/año

III. SISTEMAS DE TRABAJO

3.1 ALTERNATIVA "A"

Seis días semanales de trabajo, con 3 turnos/día

350 días laborables/año

Horas disponibles/año: $6 \times 8 \times 3 \times 50 = 7,200$

Demoras:

Cambio de guardia 0.5 horas

Refrigerio 0.5 "

Traslado a/de refrigerio 0.5 "

Sub total 1.5 horas

Total demoras/día $1.5 \times 3 = 4.5$ horas,

3.2 ALTERNATIVA "B"

Siete días semanales de trabajo, 3 turnos por día.

350 días laborables/año

Horas disponibles/año: $7 \times 8 \times 3 \times 50 = 8,400$

El personal trabajará la semana usual de 6 días, pero los días libres serán escalonados.

Se utilizarán trabajadores de turno para reemplazar a los que se encuentren en sus días libres respectivos.

Total demoras, igual que la Alternativa A.

3.3 ALTERNATIVA "C"

7 días semanales de trabajo, 4 turnos por día.

350 días laborables/año

Horas disponibles/año: $7 \times 6 \times 4 \times 50 = 8,400$

El descanso del personal será similar a la Alternativa B.

En este sistema se trabajará 5.5 horas/turno con demoras de 30 min. por cambio de guardia y refrigerio.

Total de demoras/día: 2 horas

En el sistema de 3 turnos/día se tiene 4.5 horas/día en demoras, en el sistema de 4 turnos se tendrá 2.5 horas mas de trabajo/día ó $2.5 \times 350 = 875$ horas de trabajo adicionales por año en comparación al sistema de 3 turnos/día.

IV. CONTROL Y ANÁLISIS DE TIEMPOS PERDIDOS

4.1 RENDIMIENTO DEL EQUIPO

Como parámetros de referencia se calculó los rendimientos de equipos mas importantes que operan en 3 minas de similar tamaño (Marcona, Tintaya y cantera Atocongo).

Las fórmulas del rendimiento de equipo varían de acuerdo a los usos o técnicas de cada operación minera no existiendo un patrón común que los haga comparables. Para uniformizar cifras se usó las fórmulas teóricas existentes y los datos proporcionados por las 3 operaciones mineras indicadas.

4.2 DISPONIBILIDADES (SENSE J. J., 1968)

4.2.1 DISPONIBILIDAD MECÁNICA (DM)

Muestra la disponibilidad del equipo en relación al tiempo perdido por razones mecánicas:

$DM = \frac{\text{Hrs. trabajadas}}{\text{hrs. trabajadas} + \text{hrs. Reparación}}$

Los datos obtenidos para las operaciones dadas son:

	Marcona	Tintaya	Atocg.
Perforador BE 45R	88	76	---
Pala P&H 1600	68	71	67
Camión M-85	89	71	74

4.2.2 DISPONIBILIDAD FÍSICA (DF)

Muestra la disponibilidad operacional total y toma en cuenta el tiempo perdido por cualquier razón:

$DF = \frac{\text{Hrs. Trabajadas} + \text{hrs. en demoras}}{\text{Hrs. program.}}$

Las cifras obtenidas para las operaciones de comparación son:

	Marcona	Tintaya	Atocg.
Perforador BE 40R	64	72	----
Pala P&H 1600	63	82	65
Camión M-85	82	87	78

4.2.3 UTILIZACIÓN (UT)

Medida de la eficiencia de operación del equipo disponible. Se usa la siguiente expresión: $\frac{\text{Hrs. Trabajadas}}{\text{Hrs. trabajadas} + \text{demoras}}$.

trabajadas + demoras).

Los resultados de las 3 operaciones analizadas son:

	Marcona	Tintaya	Atocg.
Perforador BE 40R	84	59	----
Pala P&H 1600	83	72	67
Camión M-85	89	77	78

4.2.4 USO DE LO DISPONIBLE (UD)

Es el porcentaje de horas trabajadas del total de horas programadas.

Es factor básico en cálculo de equipo para proyectos nuevos. Las cifras obtenidas para los principales equipos de las 3 operaciones dadas son:

	Marcona	Tintaya	Atocg.
Perforador BE 40R	79	55	----
Pala P&H 1600	81	64	78
Camión M-85	87	56	71

4.3 CONTROL DE TIEMPOS PERDIDOS

La buena operación del equipo se consigue controlando tres aspectos:

El máximo tiempo de trabajo del equipo, el trabajo a capacidad máxima y el mejor sistema de trabajo.

El método tiende a controlar y optimizar estos 3 aspectos con la restricción que para alcanzar el mejor sistema de trabajo se requiere personal con experiencia y conocimientos apropiados.

El método se explica considerando la operación con las siguientes características:

Perforación tricónica, rotativa con perforadoras eléctricas, camiones Diesel-eléctricos y track drill, Carguío y transporte con el sistema pala-camión, con pala eléctrica y camiones diesel-eléctricos.

Equipo auxiliar compuesto por cargadores frontales, tractores de oruga, tractores de llantas, motoniveladores, caminos livianos de servicio y de regadío.

Se supondrá que la operación enfrenta múltiples problemas administrativos y técnicos.

4.3.1 GRUPOS DE DEMORAS

En toda operación minera superficial se puede determinar cinco grupos de demoras a los que se les puede codificar.

100 - Horas no disponibles (H.N.D.). Son los domingos, feriados y el tiempo de refrigerio.

200 - Horas no programables (H.N.P.). Son demoras que escapan el control de la operación y/o mantenimiento.

300 - Mantenimiento preventivo (M.P.). Son demoras por mantenimiento programado.

400 y 500 - Demoras de mantenimiento (D.Mn). Son los tiempos de reparaciones mecánicas y/o eléctricas controlado por el personal de mantenimiento.

600 - Demoras de operación (D.O.). Son demoras controladas por el personal de operaciones.

4.3.2 ACTIVIDADES CONTROLADAS

Horas no disponibles (H.N.D.)

101.- Refrigerio

102.- Domingos

103.- Feriadas

Horas no programables (H.N.P.)

201.- Falta de energía eléctrica

202.- Falta de agua en matriz

203.- Preparación para mantenimiento

204.- Condiciones climáticas

205.- Huelga

206.- Pago de personal

207.- Demoras de personal por transporte

208.- Falta de personal

- 209.- Falta de movilidad interna
- 210.- Demoras por orden de gerencia
- 211.- Falta de repuestos y/suministros en almacén
- 212.- Demoras por trámite de seguro de equipo
- 213.- Overhaul o reparación total
- Mantenimiento preventivo (M.P.)
 - 301.- Mantenimiento programado
- Demoras de mantenimiento (D.Mn.)
 - 401.- Reparación mecánica
 - 402.- Inspección mecánica
 - 403.- Esperando mecánico
 - 404.- Esperando soldador
 - 405.- Esperando equipo auxiliar
 - 406.- Falta de mecánico
 - 407.- Soldando
 - 408.- Falla de arranque
 - 409.- Servicio de rutina
 - 410.- Cambio de cable en palas
 - 411.- Llantas
 - 412.- Error mecánico
 - 501.- Reparación eléctrica
 - 502.- Inspección eléctrica
 - 503.- Falta de caseta
 - 504.- Falta de luces
 - 505.- Falta de cables
 - 506.- Esperando electricista
 - 507.- Falta de electricista
 - 508.- Error eléctrico
- Demoras de operación (D.O.)
 - 601.- Inspección de equipo
 - 602.- Entrenamiento
 - 603.- Traslado de equipo
 - 604.- Parado o traslado por disparo
 - 605.- Pala en frente duro
 - 606.- Tractor limpiando área
 - 607.- Falta de operador
 - 608.- Accidente
 - 609.- Cambio o extensión de cable
 - 610.- Refrigerio extendido
 - 611.- Cambio de guardia
 - 612.- Pala esperando camión
 - 613.- Camión esperando servicio o reparación de pala
 - 614.- Falta tractor
 - 615.- Error de operación
 - 616.- Falta de herramientas en perforadora
 - 617.- Rotura de cable eléctrico por disparo
 - 618.- Falta de puntos de perforación
 - 619.- Limpiando taladros de perforación
 - 620.- Cambio de broca, cuello, barreno
 - 621.- Barreno atracado en taladro
 - 622.- Falta de agua en equipo
 - 623.- Haciendo cola en chancadora
 - 624.- Chute atorado
 - 625.- Alimentador atorado
 - 626.- Sacando cuerpo extraño de chancadora
 - 627.- Atoro en chancadora primaria
 - 628.- Tractor limpiando piso

- 629.- Camión esperando pala
- 631.- Parada por orden superior

4.3.3 PERFORMANCE DE EQUIPO POR GRUPO DE TIEMPOS PERDIDOS

Esta información debe prepararse para cada grupo general de tiempos perdidos y para cada flota de equipo: Perforadores, track drills, palas, camiones, cargadores frontales, tractores de oruga, tractores de llanta, motoniveladores, camiones livianos se servicio y de regadío.

Se debe mostrar Horas calendarias, Horas disponibles, (H.D.), Horas programadas (H.P.), Horas programadas para operación (H.P.O.), Horas disponibles para operación (H.D.O.), Horas trabajadas (H.T.), Disponibilidad mecánica (D.M.), Eficiencia de operación (E.O.) y Utilización efectiva (U.E.)

V. RESERVAS Y ESTIMADO DE PRODUCCIÓN

5.1 RESERVAS

Las reservas son de 154 millones de ton. m. de minerales sulfurados de cobre con una ley media de 0.47% Cu. y 0.009 % Mo. El movimiento total a una relación D/M = 2.53/1 es de 544 millones de ton. métricas. El cálculo del equipo se efectuará para este nivel de movimiento de materiales..

5.2 PRODUCCIÓN ESTIMADA

Se usará el siguiente cálculo de producción anual para comparar las 3 alternativas.

Óxidos mas desmante	9'170,000 tm
Sulfuros	3'750,000 tm
Total	12' 920,000 tm

Días de operación por año: 350

Producción diaria: Mineral	11,500 tm
Desmante	25,500 tm
Total	37,000 tm

5.3 ESTIMADO DE EQUIPO

5.3.1 PERFORACIÓN:

Perforador eléctrico BE-45R (Bucyrus Erie catalog, 2010)

Parámetros: Altura de banco: 10 m

Sobre perforación: 1.20 m

Diámetro tal. : 9-7/8" (0.25 m)

Malla de perf. : 7 m x 7 m

Disponibilidad Física: 82.7 %

Uso de la Disponibilidad: 64.2 %

5.3.2 PRODUCTIVIDAD PERFORADOR 45-R

Velocidad de Perforación: 100 m/turno

Velocidad de penetración: 0.32 m/min.

Tiempo perforación/taladro $11.2/0.32 = 35$ min.

Tal. perfor./hr de 50 min. $50/35 = 1.43$

Volumen perforado/hr: $7 \times 7 \times 10 \times 1.43 = 700.7$ m³

Productividad/Hr.:

Óxidos/desmonte: $700.7 \times 2.41 = 1,688.68$ tmh
Sulfuros: $700.7 \times 2.44 = 1,709.71$ tmh

5.3.3 REQUERIMIENTO DE PERFORACIÓN

Alternativa A:

3 guardias, 6 días/semana, Horas/año 7,200

Horas efectivas disponibles/año $7,200 \times 0.642 = 4,622.4$

Perforador BE- 45R :

Horas-equipo requeridas/año:

Óxidos/desmonte: $9'170,000 \times 1,688.68 = 4,622.3$ hrs.

Sulfuros $3'750,000 \times 1,709.71 = 2,193.4$ “

Total horas requeridas: 6,815.7

Perforadores requeridos: $6,815.7/4627.4 = 1.5$

Unidades de perforación requeridas: 2

Alternativa B:

3 guardias, 7 días/semana, 8,400 hrs/año

Hrs. efectivas disponibles/año: $8,400 \times 0.642 = 5,393$

Perforador BE-45R

Total horas requeridas/año: 6,815.7

Perforadores requeridos: $6,815.7/5,393 = 1.3$

Unidades de perforación requeridas: 1

Alternativa C:

4 guardias, 7 días/semana, 8,400 hrs/año

Horas adicionales trabajadas 875 Hrs./año

Hrs. efectivas disponibles/año: $8400 \times 0.642 + 875 = 6,268$

Perforador BE-45R

Total horas requeridas/año: 6,815.7

Perforadores requeridos: $6,815.7/6,268 = 1.08$

Unidades de perforación requeridas: 1

5.4 CARGUÍO

En el carguío se usa pala eléctrica de tipo P&H 1900 de 11 yd. cu. en desbroce y minado de mineral.

5.4.1 PRODUCTIVIDAD CARGADOR DE 11 YD.CU.

Parámetros: Capacidad: 11 yd. Cu. = 8.4 m.c.

Factor de llenado: 85 %

Capacidad neta: $8.4 \times 0.85 = 7.2$ m.c.

Ciclo: 30 seg.

Utilización: 65%

Productividad/h

Ciclos/h de 50 min.: $30 \times 60/50 = 36$ seg.

Nº de pases por hora de 50min.: $3600/36 = 100$

Óxidos/desmonte: Esponjamiento: 45.45%, factor de esponjamiento = $1/(1+0.4545) = 0.69$

Densidad esponjada: $2.41 \times 0.69 = 1.66$ ton.m./m.c.

Producción horaria: $7.2 \times 1.66 \times 100 = 1,195$ tmph

Sulfuros: Densidad esponjada: $2.44 \times 0.69 = 1.68$ ton.m./m.c.

Producción horaria: $7.2 \times 1.68 \times 100 = 1,209$ tmph

5.4.2 REQUERIMIENTO DE CARGADOR (PALA) DE 11 YD.CU.

Las palas de 11 yd.cu trabajarán también en sulfuros.

Alternativa A.

Horas anuales: 7,200

Horas efectivas disponibles/año: $7200 \times 0.65 = 4,680$

Horas requeridas/año en óxidos/desmante

$$9'170,000/1,195 = 7,670$$

Nº de palas requeridas en óxidos/desmante: $7,670/4680 = 1.64 \approx 2$

Horas requeridas/año en sulfuros

$$3'750,000/1,209 = 3,100$$

Nº de palas requeridas en sulfuros: $3,100/4,680 = 0.7 \approx 1$

Alternativa B

Horas anuales 8,400

Horas efectivas disponibles/año: $8,400 \times 0.65 = 5,460$

Horas requeridas/año en óxidos/desmante

$$9'170,000/1,195 = 7,670$$

Nº de palas requeridos en óxidos/desmante: $7,670/5,460 = 1.5 \approx 2$

Horas requeridas/año en sulfuros

$$3'750,000/1,209 = 3,100$$

Nº de palas requeridas en sulfuros: $3,100/5,460 = 0.6 \approx 1$

Alternativa C

Horas anuales 8,400

Horas efectivas disponibles/año: $8,400 \times 0.65 + 875 = 6,335$

Utilización efectiva: $6,335/8,400 = 75.4\%$

Horas requeridas/año en óxidos/desmante

$$9'170,000/1,195 = 7,670$$

Nº de palas requeridos en óxidos/desmante: $7,670/6,335 = 1.2 \approx 1$

Horas requeridas/año en sulfuros

$$3'750,000/1,209 = 3,100$$

Nº de palas requeridas en sulfuros: $3,100/6,335 = 0.5 \approx 1$

VI. ESTIMADO DE INVERSIÓN EN EQUIPO PRINCIPAL

El estimado de inversión en equipo se efectuó en base a cotizaciones de fabricantes, mas los gastos de fletes, derechos de importación y costos de instalación de los siguientes equipos:

Perforador 45-R B-E
Pala a cables P&H 1900 de 11 yd.cu.
Camión Wabco 85 tc.
Equipo auxiliar Caterpillar.

El resumen de las inversiones en equipo principal de mina para las alternativas estudiadas es el siguiente:

Alternativa	US \$
A	12'630,000
B	11'130,000
C	8'640,000

Si se elige la alternativa B se ahorraría una inversión inicial del orden de US \$ 1'500,000. Eligiendo la alternativa C se tendría un ahorro de US \$ 3'990,000 con respecto a la inversión de la alternativa A. Comparando las alternativas B y C se obtendría un ahorro de US \$ 2'490,000 a favor de la alternativa C.

VII. CONCLUSIONES

-El sistema de trabajo continuado planteado en la alternativa C y consistente en 4 guardias de 6 horas c/u durante los 7 días de la semana, es la mas adecuada desde el punto de vista económico por requerir menor inversión en equipo

-Es necesario efectuar un análisis posterior teniendo en cuenta los problemas y costos operacionales y los reglamentos o costumbres laborales existentes.

-De implementarse esta alternativa sería la mas adecuada para las condiciones actuales en razón de los recursos limitados de capital y considerando además la abundante mano de obra ya que esta alternativa es la que absorberá mas personal laboral.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arteaga Rodríguez R., López Jimeno C., Cámara Rascón A., Fernández Gutiérrez del Álamo L, Montes Villalón J.M., Román Ortega F. y De la Vega Panizo R. (1997). Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión, p. 178. Instituto Tecnológico Geomecánico de España (ITGE), Madrid. Editorial Diseño Gráfico.

Bucyrus Erie,(BE, (2009). Catálogo de perforadores., p.5.

Caterpillar tractor co., (2010). Caterpillar performance handbook. Catálogos de equipos de movimiento de tierra, p. 300.

Harnischfeger Corporation, (2009). Catálogo equipo palas (P&H)

Hustrulid W. and Kuchta M., (1995). Open pit mine planning and design, v. 1. Fundamentals, p. 102. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.

Sense J.J., (1968). Equipment scheduling including utilization and availability, p. 664. Surface mining., Pfeider E.P., editor. The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. New York, N.Y.

Wabco construction and mining equipment, (2006). Haulpak mechanical trucks, p. 10.