## Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial

Deterministic and stochastic simulation for equipmet sizing and selection and for selecting surface mining alternatives

Oswaldo Ortiz S., Godelia Canchari S., Silvia Iglesias L., Mario Gonzales T.\*

#### RESUMEN

La elección óptima de equipo en minería superficial es una tarea compleja donde intervienen muchas variables técnicas, geométricas y económicas en un ambiente donde existen muchas marcas, modelos y tamaños que compiten por el usuario. El técnico que efectúa la selección no tiene una herramienta apropiada que le permita evaluarlos y decidir por el mejor. La simulación contribuye a efectuar esta selección. En este estudio se desarrolla los modelos determinístico y probabilístico de simulación aplicados a equipos de minado con datos de dos operaciones superficiales. En el caso determinístico se simula la producción proyectada de un año de una cantera y en base a costo unitario mínimo se elige la flota de equipos tanto en perforación como en acarreo. En la simulación probabilística se usa el lenguaje GPSS para simular modelos de excavación y acarreo para varias combinaciones de cargadores y transportadores eligiendo el mas apropiado para las características de la operación en base a costo unitario mínimo y máxima producción unitaria.

Palabras claves: Operación superficial, equipo de carguío, acarreo, simulación, modelo, ciclo.

#### **ABSTRACT**

Mine equipment selection is a complex task due to numerous technical, geometrical and economical variables involved. The variety of equipment manufacturers and agents carrying different models, types and sizes make the selection procedure even more complex. The mine planner does not have a tool to correctly select the equipment or fleet for a project. Simulation fills the gap and contributes to this goal. This study tries to apply deterministic and probabilistic simulation approaches in selecting mining equipment using field data from two surface mine operations. The deterministic model uses a one year production plan from a guarry. The equipment fleet is selected on the basis of minimum unit cost for both drilling and excavation-haulage equipment fleets. For the probabilistic approach the GPSS language is applied. Programs were prepared for various combinations of loaders and haulers and data from a metallic open pit mine was processed. The optimum fleet was selected by combining minimum cost per ton mined and maximum production tonnage per time unit.

Keywords: Surface operation, loading equipment, haulage, simulation, model, cycle.

Docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM. E-mail: osoos41@hotmail.com

OSWALDO ORTIZ S., GODELIA CANCHARI S., SILVIA IGLESIAS L., MARIO GONZALES T.

#### INTRODUCCIÓN

La simulación es una técnica de muestreo estadístico controlada para calcular el desempeño de sistemas determinísticos y probabilísticas complejos. Se aplica cuando los modelos analíticos no son suficientes para explicar un fenómeno o este es muy complejo para traducirlo en expresiones matemáticas. Los experimentos de muestreo se efectúan sobre el modelo y no en el sistema real porque sería muy costoso y muchas veces imposible de efectuarlo.

#### **Objetivo**

Diseñar modelos que representen la excavación y el acarreo en minería superficial para seleccionar el equipo de perforación y la mejor combinación cargador-transportador tanto en tamaño como en modelos y marcas. Las medidas de efectividad elegidas son el menor costo por tonelada de material extraído de mina y la máxima producción en la unidad de tiempo.

#### Justificación del estudio

La explotación minera superficial se caracteriza por ser una industria equipo intensivo de alto costo de inversión con una gran variedad de marcas, modelos y tamaños de equipos cuyos fabricantes o sus representantes tienen como meta vender y donde cada uno trata de convencer que es el mejor. Esto hace que el operador minero tenga que analizar con gran cuidado las propuestas recibidas para elegir la combinación óptima de equipos para su operación.

Para hacer frente a este reto, el técnico minero necesita contar con herramientas propias que evalúen a los equipos de uno o mas fabricantes o combinación de ellos. El método tradicional de selección de equipo de mina se efectúa basado en: a) la experiencia o información obtenida de un equipo operando en algún yacimiento sin pensar que tal equipo o flota podría estar trabajando en forma ineficiente y b) el temor a fracasar al cambiar un equipo por otro de tecnología poco o nada conocida en el medio.

#### PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS

### Metodología

Se efectuó una investigación bibliográfica sobre estudios anteriores encontrando que existen paquetes de simulación de uso específico y también lenguajes de propósito general (Coss, 1999), cuyo uso requiere el conocimiento de cada uno. Algunos fabricantes, como Caterpillar (1990), han desarrollado su propio modelo de aplicación para sus equipos y hacen recomendaciones a sus clientes en base a la información entregada por cada usuario. No se encontró sin

embargo una herramienta para el analista externo que le permita diferenciar las propuestas.

Se procedió a recopilar información histórica incluyendo catálogos, rendimientos, costos de equipos en el minado superficial, desarrollando un modelo determinístico usando el sistema operativo Excel y otro probabilístico con la aplicación del lenguaje GPSS por ser un sistema de fácil aplicación a modelos aleatorios.

#### Tipos de simulación de acarreo

Se estableció diferencias entre los modelos determinístico y probabilístico, considerando la dificultad en la interpretación de las variables como por ejemplo el tiempo de transporte en el primer caso y de acuerdo a Sturgal (2000), la gran cantidad de información requerida para la confiabilidad de los resultados en el segundo caso.

#### Simulación determinística

Usa valores constantes para los parámetros como tiempos de carga, viaje, descarga y demoras. La suma de estos datos constituye el ciclo determinístico del modelo. La figura 1 presenta los requerimientos para el proceso determinístico en el acarreo minero superficial entre los puntos de carguío y de descarga.

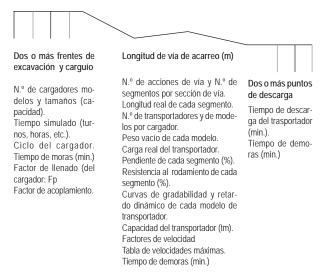


Figura 1. Perfil de acarreo de simulación determinística.

#### Simulación Probabilística

Requiere curvas de densidad de probabilidad para generar tiempos de carguío, descarga, posicionamiento para cargar y descargar, viajes ida y regreso, demoras y destreza del operador. Las funciones de distribución de probabilidad f(x) representan el sistema real. La Fig. Nº 2 muestra la información requerida para el proceso de simulación probabilística.

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR FOLIPO Y ELEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

Se emplean números pseudo aleatorios R o funciones rectangulares para determinar la variable aleatorio "x" para la cual la distribución acumulada F(x) de la función de probabilidad f(x) es R, o F(x) = R ó x = 1/F(R). Los R se obtienen de tablas de números aleatorios o se generan en el computador mediante programas simples. Los cálculos se simplifican si estos números siguen distribuciones conocidas como la normal tipificada (Ramani, 1990).

De esta manera sin tener la información de campo pero con conocimiento de la función de distribución teórica del sistema, se puede generar gran cantidad de datos o variables aleatorias para la simulación.

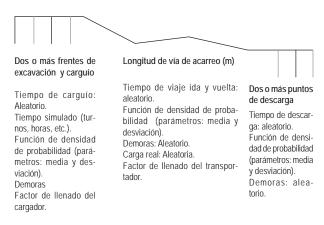


Figura 2. Perfil de acarreo de simulación aleatoria.

#### Ciclo del Equipo y del Sistema

Ciclo es la suma de tiempos fijos y variables recurrentes y secuenciales de la operación unitaria del equipo de carguío, acarreo o del sistema (Fig. Nº 3). El ciclo puede ser determinístico o probabilístico.

#### Ciclo Determinístico

Procesa tiempos reales numéricos constantes. Consta de los tiempos de carguío, descarga, viajes cargado y vacío del equipo. El cálculo requiere ábacos de gradabilidad y retardo dinámico de cada modelo y tamaño de equipo de acarreo. Las figuras 4 y 5 presentan ábacos típicos para el cálculo de los tiempos de viaje. El tiempo de viaje total (cargado y vacío), puede calcularse por dos métodos:

1) Usando las características de la vía de acarreo (longitud de cada segmento de vía, pendiente y resistencia a la rodadura), y el peso total del equipo cargado y vacío. En el ábaco se estima velocidad máxima y luego velocidad media por aplicación de la tabla de factores de velocidad los cuales varían para traducir dos variables: a) el estado de movimiento del equipo en el segmento de vía que puede ser estacionado o a velocidad y b) la longitud de los segmentos.

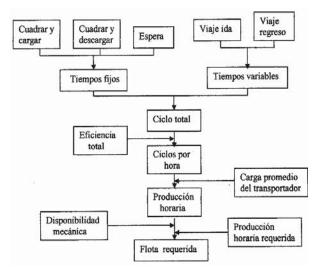


Fig. 3. Etapas de cálculo de dimensionamiento Flota de equipo de acarreo

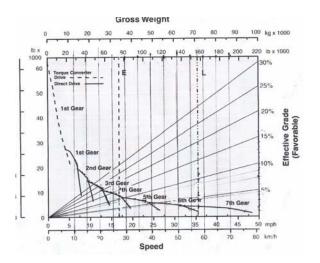


Fig. 4. Ábaco de gradabilidad de equipo de acarreo.

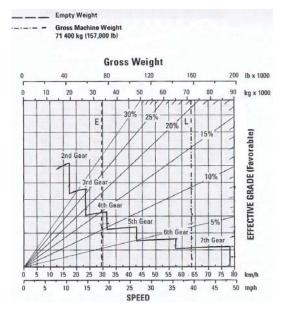


Fig. 5. Ábaco de retardo dinámico de equipo de acarreo.

La velocidad media no debe exceder la tabla de límites máximos de velocidad segura del equipo en vía plana (a nivel), pendiente positiva (subida) y negativa (bajada). El tiempo de viaje es la suma de los tiempos de viaje cargado y vacío.

2) Usando la segunda ley de Newton F = m.a donde F = fuerza, a = aceleración y <math>m = masa.

En los cálculos la fuerza ejercida no cambia y esto se consigue si la masa y la aceleración son constantes y entonces por derivación:

$$\delta v = a.\delta t$$
  $y$   $\delta 2 s = a.\delta t^2$ 

Donde: v, t, y s son velocidad, tiempo y, distancia recorrida del equipo respectivamente.

La velocidad y distancia de viaje en cualquier punto se obtiene por integración de las dos expresiones anteriores lo que produce:

$$V = Vo + a.t y S = Vo.t + \frac{1}{2} a. t^{2}$$

La fuerza tractiva genera la aceleración y la velocidad del vehículo y depende de varios factores como el coeficiente de adherencia entre las llantas del equipo y la superficie de la vía, la carga transportada que varía de un viaje a otro, y las resistencias a la rodadura y a la gradiente del perfil de acarreo. Adicionalmente, al aumentar el número de transportadores en la vía se originan colas o interferencias debido a diferencias en las velocidades de los equipos.

El movimiento del transportador se simula por pequeños incrementos de tiempo  $\Delta t$  a aceleración constante para calcular la velocidad y posición del vehículo en cada intervalo de tiempo. También se requiere los ábacos de gradabilidad y retardo dinámico, el perfil de la vía de acarreo, los segmentos de la vía con sus longitudes, gradientes, resistencia a la rodadura y máximas velocidades.

En el modelo de simulación, se tiene un transportador con peso Wt y velocidad V1 ubicado en un punto x de la vía en el tiempo t (Fig. 6). Si K es el % de la resistencia a la rodadura en el tramo x-y de pendiente G, entonces usando el ábaco del camión se tiene que en el tiempo  $\Delta t$  a la velocidad V1 la tracción es R1 y la resistencia al movimiento es Q = (G+K). 20Wt siendo 20 lb. la resistencia por cada ton de peso del transportador. En el nuevo punto x1, la fuerza disponible para acelerar (F) será:

$$F=R1-Q=R1-(G+K).$$
 20.  
Wt y la aceleración  $a=F\ /\ m;$ 

$$a = (R1 - (G + K). 20. Wt) / (Wt 2000/g))$$

donde g es la aceleración de la gravedad.

En x1 la velocidad será: V2 = V1 + a.  $\Delta t$  y la distancia recorrida S = D: D = V1..  $\Delta t$  + ½ a.  $(\Delta t)^2$ 

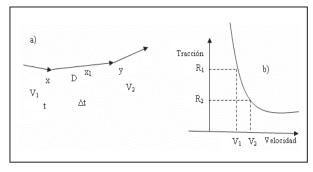


Fig. 6. Simulación del movimiento del equipo de acarreo.

- a) Segmentos de vía de acarreo.
- b) Curva característica (ábaco) del transportador.

La nueva velocidad  $\rm V_2$  se usará para calcular la nueva tracción  $\rm R_2$  en el ábaco, repitiendo el proceso hasta recorrer todo el segmento x-y. Al finalizar el tramo x-y se registra la distancia y los tiempos de viaje para ubicar la posición del vehículo. Se inicializa la información para el próximo segmento y la simulación continúa hasta el punto de descarga del transportador.

#### Ciclo Probabilístico

Se basa en el estudio de la información de tiempo. La vía de acarreo puede dividirse en varios segmentos registrando el tiempo de viaje de cada segmento. Se analiza y agrupa la información y se describe mediante una función de distribución probabilística conocida o empírica. Si se cambian los tipos de trasportadores y los segmentos de vía, se cambiará también los parámetros de la distribución.

El tiempo de viaje de cualquier segmento de vía se obtiene mediante muestreo montecarlo de la distribución acumulativa de probabilidad.

#### Factor de Acoplamiento

Determina el número de unidades de transporte para cada unidad de carguío.

Si: N = Número total de transportadores

n = Número total de cargadores

T = Ciclo de cada unidad de transporte.
 Número aproximadamente constante

t = Ciclo de cada unidad de carguío.Número aproximadamente constante

z = Número de transportadores por unidad de carguío. Cifra entera y constante

y = Número de pases (paladas), requeridos para llenar la tolva del transportador. (mínimo 4 y máximo 6).

Se establece que: z = T / (y. t).

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR FOLIPO Y FLEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

Multiplicando esta expresión por n se tiene:  $n \cdot z = T \cdot n / (y \cdot t)$ . Pero  $(n \cdot z) = N$ .

Entonces: N. y. t = T. n \( \text{o} \) N. y. t / (T. n) = 1 = FA = Factor de Acoplamiento, o

$$FA = \frac{(\text{Ciclo cargu\'{io} del transportado\'{r}}) \, (\text{N}^{\circ} \ \text{de transportadores})}{(\text{N}^{\circ} \ \text{de cargadores}) \, (\text{Ciclo} \ \text{del transportador})}$$

Elegida la marca del cargador, se procede a seleccionar el tamaño de la cuchara tal que la tolva del camión en prueba sea llenada con 4 a 6 paladas (D.W. Gentry et al., 1992). La producción requerida decide el número de cargadores para lo cual debe conocerse el modelo y tamaño de cada cargador y las producciones aproximadas.

El número óptimo de transportadores se obtiene cuando:

$$FA = 1 = (N. y. t) / (T. n)$$
 ó  $N = T. n / (y. t)$ 

La figura 7 muestra el número óptimo teórico de transportadores que cumple la producción estimada por el equipo de carguío. La producción real está por debajo de la teórica requiriendo mas transportadores para alcanzar la máxima producción del cargador debido a factores como distinto estado de conservación de transportadores, interferencias en las zonas de carguío, de descarga y en las vías de acarreo, espaciamiento diferente entre transportadores, destreza variable de los conductores.

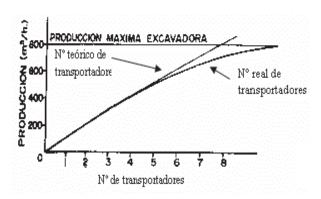


Fig. 7. Curvas de producción teóricay real.

#### Objetivos de la Flota de Acarreo

Minimizar costo por unidad de peso y/o maximizar producción por unidad de tiempo. Estos dos fines generalmente no son coincidentes como puede verse en la figura 8. La figura 9 muestra que la eficiencia es función del grado de acoplamiento.

 ${\rm FA}<1$  cuando hay exceso de cargadores y la eficiencia del transporte es 100%

 ${\rm FA}>1$  cuando hay exceso de transportadores y la eficiencia del carguío es 100% ).

FA = 1 cuando el acoplamiento es perfecto.

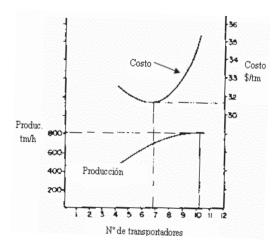


Fig. 8. Máxima producción y mínimo costo no coincidentes.

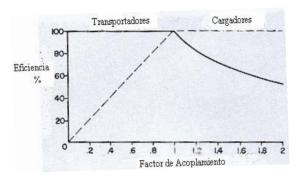


Fig. 9. Eficiencia vs factor de acoplamiento.

## SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA DEL ACA-RREO EN UNA CANTERA

La figura 10 muestra la información requerida para la simulación y los resultados obtenidos. Los datos incluyen: producción requerida de caliza y de estéril, relación D/M para un año de producción proyectada, niveles o bancos de extracción, perfiles de acarreo (10 en total), longitudes de segmentos de cada perfil, tonelaje de cada nivel, pendiente en % de cada segmento de vía (subida, bajada, plano), resistencia a la rodadura en %, equipos de carguío y acarreo (marca, modelo, capacidad, potencia), factor de llenado, factor de eficiencia de flota, densidad del material, ciclo del cargador, costos horarios de propiedad y de operación de los equipos de carguío y transporte, ábacos de gradabilidad y retardo dinámico de los equipos de acarreo.

La simulación comprendió el área de derribo (mina, nivel máximo 2940), donde se perfora, dispara, carga y acarrea mineral y desmonte y el área de la plataforma de la chancadora (nivel 2700), donde por gravedad se recibe el mineral de mina, se acumula y acarrea a la chancadora mediante camiones. Se simularon diez

perfiles en el derribo y dos perfiles en la plataforma de la chancadora. Los perfiles de desmonte también se reportan por separado.

El tiempo de carguío del transportador se calculó con el número de pases por carga del camión y el ciclo del cargador medido en el campo o dado por el fabricante. El ciclo total del transportador se estimó en el computador para lo cual se usaron los ábacos de gradabilidad y retardo dinámico y la aplicación de los factores de velocidad para obtener velocidad media. Igualmente, se aplicó tablas de velocidades máximas permisibles en subida, bajada y a nivel para chequear en forma mecanizada, las velocidades medias corrigiendo aquellas superiores a las permisibles. El ciclo total incluye tiempos de espera en la descarga y en el carguío. El ciclo del sistema permite calcular el número de camiones y el factor de acoplamiento que oscila en el rango de 0.85 a 1.10 para los diferentes perfiles. Con estos resultados se calculó las capacidades horarias de los equipos de acarreo y carguío y las horas de operación de los cargadores y transportadores para mover los tonelajes programados.

El costo total de operación de la flota es la suma de los costos totales parciales del cargador y de los camiones los cuales se obtienen de sus costos horarios totales y de sus horas netas operadas. Lo anterior permite calcular el costo total unitario y luego el costo total medio de carguío y transporte mina (\$ 0.25/tm) y el costo de carguío y transporte simulado a nivel de la chancadora (\$0.28/tm). Si a este costo le agregamos el costo de desbroce simulado (\$ 0.05/tm), se obtiene \$ 0.58/tm como costo total de carguío y transporte para la combinación de equipos analizados.

Con el objeto de comparar las flotas para este proyecto, se simuló otras combinaciones posibles de flotas de carguío y acarreo repitiendo el proceso anterior. En la Fig. Nº 11 se presenta el resumen de 4 flotas de carguío y acarreo simulados bajo los mismos parámetros de la cantera encontrando que desde el punto de vista del costo mínimo unitario, la combinación de cargadores y transportadores de menor costo (\$0.25/tm) y \$ 0.28/tm respectivamente son las formadas por: Camión Komatsu HD 325-6 de 24 m³, 448 HP y cargador Komatsu WA600-3 de 6.1 m³, 440 HP para el área de derribo. Camión Komatsu HD405-6 de 27.3 m³, 448 H P y Cargador Komatsu WA600-3 de 6.1 m³, 400 HP para el área de plataforma chancadora.

### SIMULACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORA-CIÓN

Para la cantera de caliza, se simuló la operación de un año de 6 modelos diferentes de tres fabricantes de perforadores. Estos equipos son: Fabricante TamRock: Panteras hidráulicas 900 y 1100; Fabricante

Atlas Copco: ROC 460 PC neumática y DTH ROC L6 hidráulica; Fabricante Ingersoll Rand ECM 350 ARH 750 CFM neumática y CM 780D hidráulica.

Se preparó un modelo para el procesamiento de la información de cada equipo. La simulación calculó el costo operativo unitario de cada equipo de perforación en base al tonelaje de materiales por perforar (desmonte y mineral), velocidad de perforación en m/h, horas programadas de operación, altura de banco, sobre perforación, malla de perforación, densidades del mineral y del estéril y eficiencia de operación.

Los resultados de 2 de estos análisis se presentan en las Figs. Nº 12 y 13. Los costos unitarios se dan al final de cada cuadro.

Los resultados de la comparación de los 6 perforadores se presenta en la Fig. Nº 14. Los perforadores Tamrock Pantera 900 hidráulica y ROC 460 PC neumática tienen el menor costo total unitario de operación. Se elige La Pantera 900 de Tamrock en razón de su tecnología avanzada y un solo equipo cumple la producción requerida. Es un equipo hidráulico de un nivel de contaminación ambiental muy bajo en ruido y polvo lo que es muy importante dadas las restricciones medioambientales actuales.

# SIMULACIÓN PROBABILÍSTICA DE UNA OPERACIÓN MINERA SUPERFICIAL

La aplicación del sistema probabilístico se efectuó en lenguaje GPSS por permitir el uso de variables aleatorias en forma simple y rápida.

La información para la simulación probabilística se resume en la Fig. Nº 15 y corresponde al acarreo en un tajo metálico a cielo abierto. La producción anual de la operación es de 2'400,000 tm/año de mineral y desmonte o 500 tm/h en 4,800 h/año de operación trabajando 2 turnos de 8 h por día y 6 días por semana. Los frentes de excavación producen 50% mineral de alta ley, 30% baja ley y 20% desmonte. En la simulación se probaron cargadores de 2, 3, 4 y 5 m³ de capacidad con producciones medias dadas en la figura 15. En los puntos de descarga del material acarreado, la chancadora recibe 60%, las pilas de baja ley 15% y los botaderos de estéril 25%. Los factores de llenado de cargadores y camiones son 0.70 y 0.85 respectivamente.

El número de cargadores se estimó dividiendo la producción anual requerida entre la producción anual de cada cargador. Igualmente, se probaron camiones de 15, 18, 25 y 30 tm de capacidad con velocidades medias dadas en la Fig. Nº 15. Se dan los costos horarios totales (propiedad + operación), de cargadores y camiones y las longitudes de los tramos de las vías de acarreo. El tiempo de estacionamiento del camión para cargar en la pala es de 30 seg. y el

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR EQUIPO Y ELEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

Camión Ko Cargador I Camión Ko Cargador I PERFILES D pc =	matsu HD325-6 Comatsu WA600 matsu HD405-6 Comatsu WA600	A 1' 186,667 TM/AÑO ESTERIL 256,455 TM/AÑO 5-6-24 M3 446 HP (en derribo) 50-3-6-1 M3 440 HP (en derribo) 6-27.3 M3 440 HP (en plataforma) 100-3-6-1 M3 440 HP (en plataforma)  ARA CALCULO OFI. CICLO 50 = %LOGIS Cergistó 1v = topada vicio												Capacidad camion (m3) Capacidad Nominal Cargador (m3) Factor de Linaco Derribor: Capacidad Real Cargador (m3) Nimero paese cargado en derribo Nimero Real de paese en derribo Carga Real del Camion (m3) Factor de Effic. de la flota: Censidad mineral: Im/m3				24 6.1 0.9 5.49 4.3715947 4 21.96 0.69 1.63		Capacidad camion (m3) Capacidad Nominal Carpador (m3) Factor de Llenado Platidorne. Sector de Llenado Platidorne. Signado de Llenado Platidorne. Nominal Red de Carpador (m3) Nicolado de La Carpador (m3) Nicolado de Capac				
OPERAC	LUGAR	NIVEL	PERFIT DE ACAMPED	DISTAN (MTS)	TOW METR (TM)	Resist. a la Pend.	Resist a la Roded	RESIT. TOTAL N	Rango de Veloc	Maxima Velocie(H m/hr)	Factor del Velocid	Velocid media Km / hr	Tiempo d Viaje (ciclo) (min.)	le Tietspo de Viaje (kla + Viselta) (min)	ciclo del cargador elegido min/pane	paladas por camion elegido	tiempo para cargar carrion ( min )	tierepos muertos (descarga + espera) (min)	tiempo de espera para iniciar el carguio (min)	ciclo total de la combinacion flota: camion / pala (min)	numero camiones al 100 % cargador	numero rea de camione	factor de acoptami ento	
Derribo	audmircs norte	2920	be	480.00	141703	-2.10	4.50	2.40	15	52.00	0.65	20.00	1,44	2.58	0.50	4	2.00	1.30	0.30	6.18	3.09	- 3	0.971	
	oju <b>A</b> e	2910 2760 2760	pc pv	480.00 420.00 420.00	101955	0.00	4.50 4.50	6.60 4.50	15 15	39.00 45.00 52.00	0.65	25.35 29.25 33.80	1.14 0.86 0.75	1.61	0.50	4	2.00	1.30	0.30	5.21	2.60	3	1.152	
	ojule	2750 2750	po pv	90.00	100000	0.00	4.50 4.50	4.50	15 15	45.00 52.00	0.50	22.50 26.00	0.18	0.40	0.50	4	2.00	1.30	0.30	4.00	2.00	2	1.001	
	ojule	2750 2750	pc pv	400.00	50985	0.00	4.50	4.50	16	45.00 52.00	0.65	29.25 33.80 22.50	0.82	1.53	0.50	4	2.00	1.30	0.30	5.13 3.90	2.57	3	1,169	
	ojule quilo	2740 2740 2740	pc pv pc	60.00 60.00 430.00	200000 0 141273	0.00	4.50 4.50 4.50	4.50 4.50	15 16	45.00 52.00 45.00	0.50 0.60	26 00 29 25	0.16 0.14 0.88	1.65	0.50	1	200	1.30	0.30	5.25	2.62	3	1.026	
	ojule	2740	pv pc	430.00 70.00	160000	0.00	4.50 4.50	4.50 4.50	16 16	52.00 45.00	0.65	33.80 22.50	0.19	0.35	0.50	4	2.00	1.30	0.30	3.95	1.97	2	1,013	
	ojule .	2730 2730	pc	70.00 430.00	71593 0	0.00	4.50	4.50	16 16	52.00 45.00	0.65	26.00 29.25 33.80	0.16 0.86 0.76	1.65	0.50	4.	2.00	1.30	0.30	5.25	2.62	3	1,144	
	quie	2730 2720 2720	pc pc	430.00 450.00 450.00	116347	0.00	4.50 4.50	4.50 4.50	15	52.00 45.00 52.00	0.65 0.65	29 25 33 80	0.92	1.72	0.50	4	2.00	1 30	0.30	5.32	2.66	. 3	1.127	
	ojule	2710 2710	pc pv	450.00 450.00	102721	0.00	4.50 4.50	4.50	16 15	45.00 52.00	0.65	29.25 33.80	0.92	1.72	0.50	4	2.00	1 30	0.30	5.32	2.66	3	1.127	
Total Derrito	F-1-1-10	1700		400	1186667							20.0	0.49	0.04	0.50		250	1.30	0.30		2.02		0.000	
Acarreo	Echad 03 Chancadora Echadero 1	2700 2700 2700	sv sc	160 160 323	1044574 0 141793	7.5 7.5 0.8	4.00 4.00 4.00	-3.5 11.5 4.8	f7 f5	70 34 34	0.6 0.6 0.65	20.0 20.4 22.10	0.48 0.47 0.88	1.45	0.50	5	2.50	1.30	0.30	5.05	2.02	2	0.990	
	Chancadora rma 2700 Echad.0	2700	by ncadora	323	0 1186667	-0.8	400	32	16	52	0.65	33.80	0.57											
Desmonte							422					20.44	0.53		7.50		244	1.50	- 0.55	4.67	200		0.000	
	Judmirca cjule norte	2920 2920 2790	pv pv	280 280 250	6678 0 6421	0.00	4.50 4.50 4.50	4.50 4.50 4.50	16 16	45.00 52.00 45.00	0.65 0.65	29.25 33.80 29.25	0.57 0.50 0.51	0.98	0.50	4	2.00	1.30	0.30	4.67	2.34	2 2	0.856	
	ojule norte	2760 2750	pv bc	290 510	7000	9.80	4.50	4.50	16	52.00 70.00	0.65	33.80	0.44	3.15	0.50	4	200	1.30	0.30	8.75	3.37	3	0.889	
	ojule norte	2780 2750	ev pc	510 250	0 6540	9.80	4.50 4.50	14.30 4.50	54 16	27.00 45.00	0.70	18.90 29.25	0.51	0.96	0.50	4	2.00	1.30	036	4.56	2.28	2	0.876	
	ojule norte	2750 2740 2740	pv pc pv	250 530 530	60000	0.00	4.50 4.50	4.50 4.50	16	52.00 45.00 52.00	0.66	33.80 31.50 36.40	0.44 1.01 0.87	1.86	0.50	4	2.00	1.30	0.30	5.48	2.74	3	1.094	
	ojule norte	2740 2740	pc pv	220 220	51376 0	0.00	4.50	4.50	16	45.00 52.00	0.60	27 00 31 20	0.49	0.91	0.50	4	2.00	1.30	0:30	4.51	2.26	2	0.887	
	ojuše norte	2730 2730	pe pv	430	50000	0.00	4.50 4.50	4.50 4.50	16	45.00 52.00	0.65	29.25 33.80 29.25	0.88	0.99	0.50	4	2.00	1.30	0.30	4.59	2.62	3	1.144	
	ojule norte	2730 2700 2720	pc pv pc	260 260 240	37434 0 14044	0.00	4.50 4.50 4.50	4.50 4.50 4.50	fis fis	45.00 52.00 45.00	0.65 0.65	33.80	0.46	0.99	0.50	4	2.00	1.30	0.30	4.52	2.30	2	0.871 0.885	
	ojule norte	2720 2710	pv pc	240 220	0 16962	0.00	4.50	4.50	15 f5	52.00 45.00	0.65	33 80 29 25	0.43	0.84	0.50	4	2.00	1.30	0.30	4.44	2.22	2	0.901	
Total Desmo	nte	2710	pv	220	0 256455	0.00	4.50	4.50	n	52.00	0.65	33.80	0.39											
				-	_					_						-						10		
27.3 6.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45		740.95 21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40	Cost Cost Cost Cost	acidad horar o Propiedad to Propiedad to Operación o Operación to Operación to Operación	Camión \$/i- d Cargador n Cargador Camión \$/i- n + Propies	lora r \$/Hora r \$/Hora Hora dad Camid	on (\$/Hora	<b>a</b> )			740,95 22.93 32.04 34.36 28.23 48.16 66.40	Costo	Propi a Prof p Oper o Oper o	iodad Cam pledad Ca ración Ca ración Can ración + I	iel cargad nión \$/htm argador \$/ argador \$/hion Propledad Propledad	i Hora Hora ii Camlón	(\$/Hor	ra)						
6.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 0.50	capacidad horaria	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40	Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad  o Propiedad  o Operación  o Operación  o Operación  o Operación	Camión \$/i- d Cargador n Cargador Camión \$/i n + Propiec n + Propiec horas de	fora r \$/Hora r \$/Hora fora dad Camid dad Carga horas de	on (\$/Horador (\$/Ho	a) ora) to total	costo li		22.93 32.04 34.36 26.23 48.16 66.40	Costo Costo Costo Costo Costo	Propi a Prof i Oper i Oper i Oper i	iedad Carr pledad Ca ración Ca ración Can ración + I ración + I	argador \$/ argador \$/ argador \$/ nión \$/Hon Propledad Propledad	Hora Hora a Camión Cargado	(\$/Hor or (\$/He	ra) ora) Costo Tot			costo	I	1	
6.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 0.50 capacidad horaria del cargador al 1 % de	borarie camion al 100%	21,11 32,04 34,36 23,63 44,74 66,40 capecida horaria ra camión	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad in Propiedad in Propiedad in Operación o Operación o Operación o Operación o Operación o Operación in Propiedad in India real in operación in Propiedad in Operación operación operación in Propiedad in Operación in Propiedad in India real in Operación in Propiedad in India real India real in India real India rea	Camión \$/i- d Cargador n Cargador Camión \$/i n + Propiec n + Propiec horas de peración a cargador	lora r \$/Hora r \$/Hora Hora dad Camid dad Carga	cos:	a) ora) to total ración + piedad)	(operaci propied	ión + (	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16	Costo Costo Costo Costo Costo	Propi a Propi a Opei a Opei a Opei a Opei a	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte	osto total ernativa (\$)	costo acarred 3 / ton		1	
6.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 0.50	borarie camion al	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad  o Propiedad  o Operación	Camión \$/i- d Cargador n Cargador Camión \$/i- n + Propiec n + Propiec horas de paración	fora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora fora dad Camid dad Carga horas de operacióneta flota o	cos:	a) ora) to total ración + i	(operaci	ión + (	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40	Costo Costo Costo Costo Costo	Propi a Propi a Opei a Opei a Opei a Opei a	ración Carración Caración Caración + I ración + I ración + I costo 1 Cargui Transport	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora B Camlón Cargado Dato Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carguio y Transport	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 0.50 capacidad horaria del cargador al 1 % de Utilización (tnhr)	horarie camion al 100% utilizacion	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40 capecida horaria ra- camión (tri/hr)	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Oper	Camión Siñ- d Cargador or Cargador Camión Siñ n + Proplec n + Proplec horas de sparación a cargador (h)	r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora Hora dad Camik dad Carga horas de operació neta flota camiones (h)	cosi de programie	a) ora) to total ración + predad) on sinora	(operaci propied cargador G6.4	ión + (sad) Sihora	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40	Costo Costo Costo Costo Costo Costo Costo Costo S/1	Propi a Propi a Propi a Oper a	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 0.50 capacidad horaria dei cargador al 1 % de utilización (Inhtr) 741 0	horaria camion al 100% utilizacion pala (tr/fiv) 239.9	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40 capecida horaria ra camión (twh/r) 239.9	Costs Costs Costs Costs Costs Costs Cost Cost	o Propiedad  o Propiedad  o Propiedad  o Operación  o Ope	Camion \$6 d Cargador n Cargador Camion \$7 n + Proplec n + Proplec horas de paración a cargador (h) 196,99	fora r \$/Hora r \$/Hora Hora dad Camid dad Carga horas de operació seta flota camiones (h) 590 95	cosi (s/Horidor (s/Hor	a) ora) to total ración + predad) on sitrora	(operaci propied cargador 66.4	ión + sad) Sihora	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40 costo operaci fiota 5	Costo	Propi si Pro	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5 5.27.45 0.50 capacidad homita del cargador al 14 See de Utilización (Inhr) 741 0	horaria camion al 100% utilizacion pala (trifiv) 239.9 284.6	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40 capecida horaria ra camelón (tr/hr) 239.9	Costs Costs Costs Costs Costs Costs Costs Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Oper	Camion \$# d Cargadon n Cargadon Camion \$# n + Proplec horas de peración a cargador (h) 136,99 137,60	hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora dad Camlid dad Carga horas de operación recta flota o camionas (h) \$90.96	cost (seperate programme)	a) ora) to total ración + piedad) on Shora	(operaci propied cargador 66.4 66.4	ión + (sad) Sahora D O	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40 costo operaci- fiota \$ 39518.59 27605.30	Costo	Propi a Propi a Propi a Opei a Opei a Opei a Opei a Opei a Opei a	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5.27.45 0.50 capacidad horaria del cargadod di Norda (Norda) 741.0 741.0	borarie 200 carrion al 100% utilizacion pula (trifu) 239.9 284.6 370.7	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40  capecida horaria ra caseidon (trolhy) 239.9 247.0 370.5	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Operación o Operación o Operación o Operación internal	Camion \$6* d Cargador n Cargador Carnón \$6* n + Propiec horas de paración a cargador (h) 196.99 137.60 134.96 68.81	fora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora fora dad Camid dad Carga horas de operacióneta flota camionet (h) 590.96 412.60 269.92	cos: dor (\$/Horidor (\$	a) to total ración + piedad) on \$hora 4.74 4.74 4.74	(operaci propied cargador 66.4 66.4 66.4	ión + (sad) (sad) Sihora ()	22.93 32.04 34.36 28.23 48.16 66.40 costo operaci flota \$ 27605.30 21037.79	Costo	Propi a Propi	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5 5.27.45 0.50 capacidad homita del cargador al 14 See de Utilización (Inhr) 741 0	horaria camion al 100% utilizacion pala (trifiv) 239.9 284.6	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40 capecida horaria ra camelón (tr/hr) 239.9	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Operación o Operación o Operación secidad hisianal o operación net 19.8 41.0 41.0	Camion \$# d Cargadon n Cargadon Camion \$# n + Proplec horas de peración a cargador (h) 136,99 137,60	hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora dad Camlid dad Carga horas de operación recta flota o camionas (h) \$90.96	cost (self-dor (	a) ora) to total ración + piedad) on Shora	(operaci propied cargador 66.4 66.4	ión + (dad) Sihora 0 0 0	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40 costo operaci- fiota \$ 39518.59 27605.30	Costo Costo Costo Costo Costo Costo Costo Costo Costo 0.2 0.2 0.2 0.2	Propi a Propi a Propi a Opei a Opei a Opei a Opei a Opei a Opei a	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5.27.45 0.50 capacidade for an appending of the Cargador at a cargador at	borarie carrion al 100% usitaccion pala (trifu) 239.9 284.6 370.7 288.6	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40  capacida horaria ra camion (tri/hr) 239.9 247.9 370.5	Costs Costs Costs Costs Costs Costs Costs Costs Costs Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Oper	Camión \$iii d Cargador or Cargador Carmón \$ii n + Propiec n + Propiec horas de paración a cargador (h) 196.99 137.60 134.96 68.81	fora r \$/Hora r \$/Hora r \$/Hora fora dad Camid dad Carga horas de operació neta flota camionas (h) 590.96 412.80 269.92 206.43	cost (s/Horridor (	a) ora) to total (action + predad) on Silvora 4.74 4.74 4.74	(operaci propies cargador 66.4 66.4 66.4 66.4	(ón + 6 dad) Sihora  0 0 0 0	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40 costo operaci flota \$ 27005.30 21037.79 13804.66	Costo	Propi a Propi	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
6.1 0.9 5.49 4.9727 5.27.45 0.50 capecidad horaria del cargador al 10182acidos (Inhr) 741 C 741 C 741 C 741 C 741 C	borarie carrion al 100% u8traccion pula (trifur) 239.9 284.0 370.7 288.6 390.1	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40  capacida horaria ra camión (m/hr) 239.9 247.0 370.5 247.0	Costs	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Oper	Camión \$iii d Cargadou n Cargadou n Cargadou Camión \$ii n + Propiec n + Propie	horas de operación seta flora (h)	coni (\$/Horn n n n n n n n n n n n n n n n n n n	a) bra) to total ración + piedad) si finora 4.74 4.74 4.74 4.74 4.74	(operaci propied cargador 66.4 66.4 66.4 66.4	(én + (en +	22.93 32.04 34.36 26.23 48.16 66.40 costo operaci fiota \$ 39518.59 27605.30 21037.79 13604.68 42075.58	Costo	Propi si Pro	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 9.549 4.9727 5.27,45 0.50 capacidad horanta del cargador al 110 741.0 741.0 741.0 741.0	borarie carrion al 100% uRizacion puls (trifur) 239.9 284.6 370.7 288.8 380.1 282.5	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40  capecida horaria ra camelón (te/hr) 239.9 247.0 370.5	Costs Costs Costs Costs Cost Cost Cost C	o Propiedad in Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Ope	Camión \$75 d Cargadon n Cargadon n Cargadon n Eargadon n H Propiece n + Propiece n	horas de dond Carga	cos camie ca	a) ora) in total ración + predad) in fibra 4.74 4.74 4.74 4.74 4.74 4.74 4.74	(operaci propied cargador: 66.4 66.4 66.4 66.4	(én + (sad) Sihora 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22.93 32.04 34.36 25.23 48.16 66.40 costo operaci fiota 5 39518.59 27905.30 21037.79 13604.58 4207.58 38251.03	Costo	Propi si Pro	gosto 1 Carguitt	argador \$/hora argador \$/ argador	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
9.1 0.9 5.49 4.9727 5.27,45 0.50 capacidad horanta del cargador al 110 741.0 741.0 741.0 741.0	Dorarie carrion al 100% utilizacion pila (trifu) 239.9 284.6 370.7 288.8 390.1 282.5	21.11 32.04 34.36 23.63 44.74 66.40  capocida horaria ra camión (tn/hv) 239.9 247.0 370.5 247.0 370.5 247.0	Costs Costs Costs Costs Costs Costs Cost Cost	o Propiedad in Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Ope	Camión \$/r d Cargador n Cargador n Cargador n Cargador n H Propiec n + Propiec	Find the state of	cos camio	a) to total ración + piedad) n Mora de A 74 A 7	(operaci propied cargador 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(én + 6 sad) Sihora 0 0 0 0 0 0	22.93 33.04 34.36 25.23 48.16 66.40 2000 30018.50 27005.30 21037.79 13004.66 42075.58 38251.03 33690.49	Costo	Propi si Propi si	iodad Carriodad	mon S/Horn wrgador S/Horn Inden S/Horn Propiedad Propiedad Fotal (o y po po po po po po po po po po po po po	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec \$ / ton			
6.1 0.9 5.49 4.9727 5.27,45 0.50 capacidad horanta del cargador all 110 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0	00 foraris and 00 foraris and 00 foraris and 00 for 100% of 10	21.11 32.04 23.63 23.63 23.63 24.72 66.40 caperida ra cassion (tw/hr) 239.9 247.0 370.5 247.0 370.5 247.0	Costs Costs Costs Costs Costs Costs Cost Cost	o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Propiedad o Operación o Oper	Camido \$i/i di Cargador in Cargador in Cargador in Cargador in Propieto in + Propieto	tora for a f	cosis (s/Hornor) cosis	a) ora) io total cación e cación e de d	(operaci propied cargador: 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(én + 6 sad) Sihora 0 0 0 0 0 0	22.93 33.04 34.36 25.23 48.16 66.40 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2	Costo	Propi si Pro	gosto 1 Carguitt	mon S/Horn wrgador S/Horn Inden S/Horn Propiedad Propiedad Fotal (o y po po po po po po po po po po po po po	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec			
6.1 0.9 5.49 4.9727 5.27,45 0.50 capacidad horanta del cargador all 110 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0	00 foraris and 00 foraris and 00 foraris and 00 for 100% of 10	21.11 32.04 23.63 23.63 23.63 24.72 66.40 caperida ra cassion (tw/hr) 239.9 247.0 370.5 247.0 370.5 247.0	Costs	Projekta Pro	Carrion 57 de Cargadou de Carg	lora for si filora for si filo	costs (\$/Hornor	a) ora) io total ración + piedad) in Minera in	(operaci propied cargader 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(én e dad) Shora 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22.93 32.04 34.36 34.36 22.23 45.18 46.40 66.40  39518.59 27905.30 27905.30 27907.79 13604.98 38251.03 33960.48 19384.50 31502.07 27812.70	Costo	Propi   1   1   1   1   1   1   1   1   1	iodad Carriodad	mon S/Horn wrgador S/Horn Inden S/Horn Propiedad Propiedad Fotal (o y po po po po po po po po po po po po po	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec \$ / ton			
9.1 0.9 5.49 4.977 7 27.45 27.45 capacidade of the cargador at 1 t	200 coarries comitor at 100 % or 100 %	21.11 32.04 34.36 23.63 23.63 24.72 66.40  239.9 247.0 370.5 247.0 247.0 247.0	Costs Cost Cost	Deposition of the control of the con	Camino 15 d Cargadoca (Camino 15 d Camino 15 d Ca	fora * \$Phora of the control of the	camis  camis  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4	a) ora) io total ración + piedad) m Minera na	(operaci propied cargador 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(én e dad) Shora 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22.93 32.04 34.36 34.16 66.40  27065.30 30518.56 27065.30 30518.56	Costo   Cost	Prop   1	iodad Carriodad	who shhors with a state of the short of the	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		acarrec \$ / ton	0.16		
9.1 0.9 5.49 4.977 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77	20 Constite and took with the careful of took will seed to paid (whith) will see to paid (whi	21.11 32.04 34.38 23.53 23.53 24.72 66.40 23.53 66.40 23.53 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0	Costs Cost Cost	Deposition of the control of the con	Camion 57 de Cargado d	lora for S/Hora S/Hora for S/Hora for S/Hora for S/Hora for ded Cample ded Cample ded Cample for S/Hora for for ded Cample for S/Hora for	camis  camis  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4.  4	a) ora) io total ración + piedad) in Minera in	(operaci propied cargader 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(én e dad) Shora 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	22.93 32.04 34.94 34.95 25.21 24.16 66.40 27005 0 operacio fiola \$ 30018.500 42075.58 36251 03 33000.40 42075.98 36251 03 33000.40 42075.98	Costo   Cost	Prop   1   1   1   1   1   1   1   1   1	oodad Cam plendad Co ración Ca ración Can ración (Can ración + I Costo 1 Cargu Transportor (Shorica (S	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	coste Tot Garguio y Transport Incluido	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 0.9 5.49 4.977 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77	20 Constite and took with the careful of took will seed to paid (whith) will see to paid (whi	21.11 32.04 34.38 23.53 23.53 24.72 66.40 23.53 66.40 23.53 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0 247.0	Costs	Deposition of the control of the con	Camino 15 d Cargadoca (Camino 15 d Camino 15 d Ca	fora * \$Phora of the control of the	Cos (\$/Horizon (\$/Hori	a) ora) io total ración + piedad) in Minera in	(operaci propied cargader 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4 66.4	(6n + 4 dad)	22.93 32.04 34.36 34.16 66.40  27065.30 30518.56 27065.30 30518.56	Costo	Prop   1	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.3 9.49 9.727 9.50 0.50  capacidad horarta del capacidad capaci	200 Constitution of the co	21.11 32.94 22.83	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	Projected on Proje	Carrion 51 de Cargado	lora for Fihora for Fihora for Fihora for Fihora for Cardinal Cardina Cardinal Cardinal Cardinal Cardinal Cardinal Cardina Cardina Cardina Cardina	2   Cosa   Self-Horor College   Cosa	s) ora) to total ración + 1	(operation) (opera	(6n + 1	22.93 32.04 34.14 34.34 34.16 66.40  cools operacine for a \$ 30518.26 27005.30 30518.26 27005.30 30504.66 42075.58 30521.03 33000.40 42075.58 34521.03 33000.40 43077.40 43077.40 43077.40 43077.40 43077.40 43077.40	Costo	Prop   Pr	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 0.9 5.49 4.9727 5.27,45 0.50 capacidad horaria del caragoria del car	50 Constite and the second of	21.11 32.04 34.28 32.04 32.06 32.06 32.36 32.44 44.74 66.40 66.40 66.40 239.9 247.0 370.5 247.0	Costs Cost Cost Cost Cost Cost Cost Cost	Projected on Proje	Carrion 51 de Cargado	lora Filhora Filhora Filhora Filhora Geranional Fil	2 cosador (SHC) n n n n n n n n n n n n n n n n n n n	s) to total ración + 1	(operation) propiety (operation) (operatio	(6n + 1) (6n	22.93 32.04 34.16 44.16 66.40  20.21 20.22 20.23 20.21 20.20	Costo	Prop   Pr	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 0.9 5.49 4.9727 5 27.45 27.45 capacidade of the cargador at the cargador a	50 Constite carriers at 150 Constite carriers	21.11 32.04 34.28 32.04 32.04 32.34 32.44 68.40 68.40 68.40 68.40 239.9 247.0 370.5 247.0	Constitution Const	Projected on Projected or Projected Original Projected O	Carrion 51 de Carguelo de Carg	lora Filhora Filhora Filhora Filhora Gerandonal Fil	## 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	a) ora) to total carrier and c	(operation) (opera	66n e 61 e 6 e 6 e 6 e 6 e 6 e 6 e 6 e 6 e	22.93 32.04 34.16 44.16 66.40  25.21 26.22 27.05 30518.50 27.05 30518.50 27.05 30518.50 27.05 30518.50 27.05 30518.50 27.05 30518.50 27.05 3052.07 305	Costo	Prop   Pr	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.9 9.49 9.749 9.749 9.745 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.	200 Caratile (amillo at 160%) will associate (amillo at 160%)	21,11 32,04 34,26 34,26 23,63 24,74 66,40 66,40 239,9 247,0 277,0 247,0	Costs	Projektad Directors	Camion 51 de Cargador de Carga	lora Filhora Filhora Filhora Filhora Ged Cardia Ged Car	### de	a) to total ración + predad) m #mora m	(operacles) (00.4) (00.	(60 + 6 (60 + 60 +	22.93 32.04 34.94 34.95 32.22 44.16 66.40 30518.50 30518.	Costo	Prop.   Prog.   Prog.	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.9 9.49 9.749 9.745 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.5	200 Caratina (annion of the caratina of the ca	21.11 23.24 23.63 24.04 24.74 66.40 23.63 24.74 24.74 66.40 22.63 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.74 24.75	Constant Con	Projekta Director Program (1997)   Projekta Director Projekta Dire	Carvino 15 d Carguedo Carvino 15 d Carguedo Carvino 15 d Carguedo Carvino 16 d Carguedo Carvino 16 d Carguedo 16 d Carguedo 16 d Carguedo 16 d Carvino 17 d Carvi	fora fora filter in the filter	1	a) to total raction + specials) on a process of the specials of the special	(operation) (00.4) (00.	(sign + (sign	22.93 32.04 34.36 25.23 44.16 66.40  1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000	Costo	Prop.   Prog.   Prog.	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.9 9.49727 27.45 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.5	200 Constitution of the co	21.11 23.24 23.63 24.70 247.0 257.0 247.0 257.0 247.0 257.0 247.0 257.0	Costs	Projekta De Projek	Carvins 15 d Carguedo (Carvins 15 d Carguedo (Carguedo (Carguedo)))))) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (	lora for phore of pho	1	a) to total raction + specials) on a brown of the specials of the special of	(operation) (in the control of the c	(sin + (s	22.93 32.04 34.36 34.16 66.40  1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000	Costo	Prop	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.9 5.49 4.9727 27.45 9.50 9.50 9.50 6.20 6.20 6.20 6.20 6.20 6.20 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0 741.0	200 Constitution of the co	21.11 23.24 23.63 24.70 247.0 252.6 247.0 252.6 247.0 252.6 247.0 252.6 247.0 252.6 247.0 252.6 247.0 252.6	Costs	Projekta Signatura (1997)  De Projek	Carvino 15 de Carguelo 15 de Carguelo de Carguelo de Carguelo de Carguelo 15 de C	lora for Shiftora (Shiftora Shiftora Shiftora ded Carmina ded Carm	n cos of the control	a) to total (ración + specials) m brova (ración + specials	(operacles) (opera	Idental   Iden	22.93 32.04 34.34 34.94 34.95 36.66 36.40 36.71	Costo	Propi   Prop	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16		
9.1 9.9 9.49727 27.45 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.50 9.5	200 Constitution of the co	21.11 23.24 23.63 24.70 247.0 257.0 247.0 257.0 247.0 257.0 247.0 257.0	Costs	Projekta Signatura (1997)  De Projek	Carvins 15 d Carguedo (Carvins 15 d Carguedo (Carguedo (Carguedo)))))) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (	lora for phore of pho	n cos of control of cost of co	a) to total raction + specials) on a brown of the specials of the special of	(operation) (in the control of the c	Idental   Iden	22.93 32.04 34.36 34.16 66.40  1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000	Costo	Prop   Pro	ocada Carria  Cesto Carria  Ca	with sthems and the state of th	Hora Hora Camión Cargado Cargado osto Desb	(\$/Hor or (\$/Ho	costo Tot Carquio Transport Incluido Destroce (\$i	e alte		### 0.09	0.16	D/M	

Fig. 10. Simulación del carguío y Acarreo de la Cantera de Caliza mostrando Perfiles de Transporte en derrumbe y en chancado.

ciclo del cargador 33 seg. con una desviación de 24 seg. Se da los tiempos de carguío de cada tamaño de camión y se estimó en 45 seg. el tiempo de descarga y 18 seg. su desviación.

Se preparó esquemas de carguío y acarreo para 2, 3, 4 y 5 cargadores con 3 puntos de descarga como máximo (chancadora, pilas de baja ley y botadero de desmonte). La Fig.  $\rm N^{\circ}$  16 muestra el bosquejo del sistema de acarreo para dos palas en el carguío que es la combinación óptima de acuerdo a los resultados mostrados en la figura 18.

#### PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

Para cada esquema se preparó un programa de simulación en GPSS. Estos programas son estructuralmente similares por lo que solo se detalla el programa para dos cargadores (Fig. Nº 17).

En cada programa se cambian los parámetros de codificación de cada transacción del modo siguiente:

- Las velocidades de cada transportador varían dependiendo de su peso cargado y vacío.
- La cantidad de camiones que se simulan y los Advance que tienen como códigos: ACV, ACL, ACVP1, etc. que aparecen al inicio del programa, se refieren al tiempo empleado en realizar ese avance los cuales están en función de la distancia por recorrer dividido entre la velocidad de la transacción.

T1 es tiempo de recorrido del equipo entre el estacionamiento y el punto de control.

ACV y ACL son las vías de recorrido de los camiones vacíos y cargados respectivamente.

ACVPi y ACLPi (i= 1 a 4), son las vías de recorrido hacia pala i de los camiones vacíos y cargados respectivamente.

COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS DE FLOTAS DE CA En derribo y a nivel de Chancadora (	attorio i i i di mitteo
FLOTAS	COSTO UNITARIO \$/TM
Camión KOMATSU HO 325-6 448 HP 24.0 M3 Altura de Tolva 3.20 Mt Cargador komatsu WA600-3 440 HP 6.1 M3 Altura Máxima del labio de la cuchara en la descarga 3.80 mts.	0.23
Camión KOMATSU HD 405-6 448 HP 27.3 M3 Altura de Tolva 3.43 Mt. Cargador komatsu WX4503-3 440HP 6.1 M3 Altura Máxima del labio de la cuchara en la descarga 3.80mts.	0.28
Camión KOMATSU HD 325-6 448HP 17.7 M3 Altura de Tolva 2.94 mts- Cargador CAT 980-G 300 HP 50 M3 Altura Máxima del labio de la cuchara en la descarga 3.27 a 3.49 mts.	0.39
Camión KOMATSU HO 325-6 448HP 17.7 M3 Altura de Tolva 2.94 mts - Cargador VOLVO LZQEE 334 HP 4.9M3 Altura del labio de la cuchara en la descarga 3.22 mts. Neumáticos 875665R L4	0.49

**Figura 11.** Costos unitarios de flotas de carguío y acarreo simulados para la cantera de caliza

ACVCH y ACLCH son las vías de recorrido de los camiones vacíos (V) y cargados (L) a la chancadora.

ACVPI y ACLPI son las vías de recorrido de los camiones vacíos (V) y cargados (L) a la pila de baja ley.

ACVBO y ACLBO son las vías de recorrido de los camiones vacíos (V) y cargados (L) al botadero de estéril.

El parámetro tal como ADVANCE 195, I5 es el tiempo de carguío del camión que depende del número de paladas. El promedio es de 33 seg. por ciclo de pala y se le agregó 30 seg. por el tiempo que demora el camión en estacionarse junto a la pala.

La transacción ASSIGN1, FN\$DA asigna el tipo de carga que el camión lleva de acuerdo a la probabilidad de una función escalón. Es desmonte si el parámetro es 1 y va al botadero de desmonte de lo contrario es mineral y va a chancadora o a la pila de baja ley.

La transacción ASSIGN 2, 15 asigna el tonelaje que lleva el camión, en este ejemplo es 15 toneladas. Va cambiando de acuerdo a la capacidad del camión.

La transacción TEST E P1,1,BOTA determina si la carga va al botadero de desmonte o si es mineral va a chancadora o a la pila de baja ley.

La transacción TRANSFER 0,1,CHAN, PILA transfiere el mineral con cierta probabilidad, hacia la chancadora o hacia la pila de baja ley.

La transacción SAVEVALUE CHANC+,P2 guarda el tonelaje depositado en cada facilidad de descarga como el botadero de desmonte, pila de baja ley o la chancadora.

La transacción CONTR TEST L C1,3600, FIN controla el tiempo del proceso. Si todavía no ha pasado una hora de simulación lo transfiere a la vía de acarreo mediante TRANSFER, APALA. Si ya pasó el tiempo programado, el camión regresa al estacionamiento y termina la simulación.

#### DETALLES DEL COSTO DE PERFORACION PRIMARIA PERF. ROC 460 PC . , 4.5 " diámetro 25 bar, 650 mm/min = 39 mt/m x 0.50 = 19 mt/m

Velocidad de Perforación (mt/hr)		16.56
Toneladas de Mineral por año TM)		631474.00
Toneladas de Estéril por año (TM)		165961 DD
Horas programas por año		2200.00
Costo Horario Total ( \$hr)		46.45
Eficiencia de Operación		0.70
	Estéril	Mineral
Velocidad de perforación m/hr	16.56	16.56
Altura de banco mt	10.00	10.00
Malla de Perforación M2 Mineral (4.5x4.0), Estéril (4.5x4.0)	18.00	18 00
Sobreperforación	1.00	1.00
Diármetro de Taladro en Pulgadas	4 1/2"	4 1/2"
Densidad ton / m3	1.39	2.69
TM material/Taladro	175.14	338.94
TM por metro de taladro	15.92	30.81
TM de material / Hora	263.67	510.26
Horas al Año de Perforación	629.44	1237.56
Taladros Requeridos al Año	947.59	1863.08
Taladros Perforados por Año	3312.00	3312.00
% de Utilización	28.61	56.25
Utilización Total al año: %		84.86
Número perforadoras requeridas (69% Eficiencia)		0.85
Horas de Operación al Año (total)		1866.99
Costo de Operación Primaria /Año	29237.40	57484.49
Costo de Perforación Primaria Unitaria \$ /tm	0.18	0.091
relación estéril/mineral	0.26	
Costo total unitario de perforación primaria por ton m. de caliza		0.14

Figura 12. Simulación Perforador Neumático ROC 460PC.

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR EQUIPO Y ELEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

PERF. TAMROCK PANTERA 900 4.5 " diametro		
240 HP		
Velocidad de Perforación (mt/hr)		25.00
Toneladas de Mineral por año TM)		631474.00
Toneladas de Iviliteral por año (TM)		165961.00
Horas programas por año		2200.00
Costo Horario Total (\$/hr)		71.05
Eficiencia de Operación	F-4	0.70
	Esteril	Mineral
Velocidad de perforación m/hr	25.00	25.00
Altura de banco mt	10.00	10.00
Malla de Perforación M2 :Mineral (4.5x4.00), Esteril (4.5x4.0)	18.00	18.00
Sobreperforación	1.00	1.00
Diámetro de Taladro en Pulgadas	4 1/2"	4 1/2"
Densidad ton / m3	1.39	2.69
TM material/Taladro	175.14	338.94
TM por metro de taladro	15.92	30.81
TM de material / Hora	398.05	::770.32
Horas al Año de Perforación	416.94	819.76
Taladros Requeridos al Año	947.59	1863.08
Taladros Perforados por Año	5000.00	: 5000.00
% de Utilización	18.95	37.26
Utilización Total al año: %		56.21
Número perforadoras requeridas (69% Eficiencia)		0.56
Horas de Operación al Año (total)		1236.70
Costo de Operación Primaria /Año	29623.57	58243.76
Costo de Perforación Primaria Unitaria \$ /tm	0.18	0.092
relación esteril/mineral	0.26	All the great
Costo total unitario de perforación primaria por ton m. de caliza		0.14
Costo Unitario de Perforación (\$/TM)	0.18	0.09

Figura 13. Simulación perforador hidráulico Pantera 900.

			PANTE	RA 900	ROC4	160 P C	DTH F	80 C L6	I.R.350 -	750 CFM	PANTE	RA 1100	I.R CI	M 780D
AÑO	CALIZA	OTROS	COSTO	No.	COSTO	No.	COSTO	No.	COSTO	No. PERF.	COSTO	No.	COSTO	No.
				PERF.		PERF.		PERF.				PERF.		PERF.
	TM	TM	\$/T.M	No:	\$/TM	No:	\$/TM	No:	\$/T.M	No:	\$/T.M	No:	\$/TM	No:
01	631,474	165,961	0.14	0.56	0.14	0.85	0.15	0.56	0.16	0.88	0.17	0.65	0.18	0.56

Fig. 14. Comparación de perforadores neumáticos e hidraúlicos de 4.5 pulgadas de diámetro.

OSWALDO ORTIZ S., GODELIA CANCHARI S., SILVIA IGLESIAS L., MARIO GONZALES T.

Producción anual de	2,400,000						
(mineral + desmonte) (tm)							
Producción por turno	4,000	500		Densidad mat. roto tm/m3	1.6		
de 8 horas (tm)							
Tiempo de operación anual h	r 4,800	(5U s	em * 6dias/ser	m * 2 turnos/día * 8 h/turno)			
Producción por frente minado	Total Control	50%		D	chancadora	60%	-
Production por frente minado	pilas baja ley	30%		Descarga:	pilas baja ley	15%	
	desmonte	20%			botadero	25%	-
	desinonte	2070			Dotadoro	2070	
Factor llenado cargador (pala)	: 0.7			Factor llenado camión :	0.85		
		de palas de a	cuerdo a la c	capacidad del balde			
(para 2 guardias por día/ 8 horas	por guardia)						
capacidad de palas en m3	producción anu	ial aprox. (tm)		# de palas necesarias			
2	657,8		3.64823405	4			
3	978,2		2.453354564	3			
4 5	1,311, 1,649,	,126 000	1.830487319	2 2			
5	1,649,	,502	1.454561265				
		Costos Ho	orarios				
Palas	CFc	000,0811		Camiones	CFt		
2	45			15	35		
3	55			18	42		
4	65			25	48		
5	80			30	52		
	Cor	nsideraciones	para el GPS:	s			
		nsideraciones	para el GPS:				
Ciclo de una Pala	Segundos	nsideraciones	para el GPS	Ciclo de Camión	Segundos		
Cuadra a Pala	Segundos 30	nsideraciones	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra	30		
Cuadra a Pala Tiempo por palada	Segundos 30 33	nsideraciones	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala	Segundos 30	nsideraciones	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra	30		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación	Segundos 30 33	nsideraciones	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada	Segundos 30 33 24		para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación Velocidades Camiones	Segundos 30 33	m/s	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones 15 tm (vacío) 15 tm (cargado)	Segundos 30 33 24 Km/h 40.00 32.90	m/s 11.11 9.14	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacio) 15 tm (cargado) 18 tm (vacio)	Segundos 30 33 24 Km/h 40.00 32.90 25.336	m/s 11.11 9.14 7.04	para el GPS:	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones 15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 18 tm (cargado)	Segundos 30 33 24 Km/h 40.00 32.90 25.36 24.05	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 18 tm (cargado) 25 tm (cargado) 25 tm (vacío)	Segundos 30 33 24  Km/h 40.00 32.90 25.35 24.05	m/s 11.1.11 9.14 7.04 6.68 6.50	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala	Segundos 30 33 24 <b>Km/h</b> 40.00 32.90 25.36 24.05 23.40 22.20	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 18 tm (cargado) 25 tm (vacío) 25 tm (cargado) 30 tm (vacío)	Segundos 30 33 24 Km/h 40.00 32.90 25.35 24.05 23.40 22.20 17.50	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala	Segundos 30 33 24 <b>Km/h</b> 40.00 32.90 25.36 24.05 23.40 22.20	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17	para el GPS:	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo	30 45		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (cargado) 25 tm (cargado) 25 tm (cargado) 25 tm (cargado) 30 tm (cargado) 30 tm (cargado)	Segundos 30 33 24 Km/h 40.00 32.90 25.36 24.06 23.40 22.20 17.50 15.80	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación	30 45 18		
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones 15 tm (vacío) 15 tm (vacío) 18 tm (vacío) 18 tm (vacío) 25 tm (vacío) 25 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (cargado) Tramos de acarreo	Segundos 30 33 24  Km/h 40.00 32.90 25.36 24.05 23.40 22.20 17.50 15.80  Long (m)	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	para el GPS	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempo de volteo Desviación	30 45 18	25.	l an
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 18 tm (cargado) 18 tm (cargado) 25 tm (cargado) 25 tm (cargado) 30 tm (cargado) 30 tm (cargado) 30 tm (cargado)  Tramos de acarreo  Acv	Segundos 30 33 24  Km/h 40.00 32.90 25.36 24.06 23.40 22.20 17.50 15.80  Long (m) 800	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86		Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de atendo	30 45 18 18	25 129	30 96
Cuadra a Pala   Tiempo por palada	Segundos   30   33   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de atence 15 228	30 45 18 18	129	96
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (cargado) 18 tm (cargado) 25 tm (cargado) 30 tm (cargado) 30 tm (cargado) 30 tm (cargado) Tramos de acarreo Acv Acy	Segundos 30 33 24  Km/h 40.00 32.90 25.36 24.06 23.40 22.20 17.50 15.80  Long (m) 800	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de atendo	30 45 18 18		
Cuadra a Pala   Tiempo por palada	Segundos   30   33   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de atenda 15 228 261	30 45 18 18 18 18 162 195	129 129	96 129
Cuadra a Pala           Tiempo por palada           Desviación           Velocidades Camiones           15 tm (vacio)           15 tm (cargado)           18 tm (cargado)           25 tm (cargado)           25 tm (cargado)           30 tm (cargado)           30 tm (cargado)           Tramos de acarreo           Acv           Acvp1           Acvp2	Segundos   30   30   33   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala   Tiempo por palada	Segundos   30   30   33   24   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala   Tiempo por palada	Segundos   30   33   33   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala           Tiempo por palada           Desviación           Velocidades Camiones           15 tm (vacio)           15 tm (cargado)           18 tm (vacio)           25 tm (vacio)           25 tm (vacio)           25 tm (cargado)           30 tm (cargado)           30 tm (cargado)           Tramos de acarreo           Acv           Acvp1           Acvp2           Aclp3           Aclp3           Aclp3           Aclp3           Aclp4           Acvp4	Segundos   30   30   33   24   24   24   24   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   25   36   36   36   36   36   36   36   3	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 25 tm (vacío) 25 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (cargado)  Tramos de acarreo Acv Acl Acup1 Acup2 Acup3 Acup3 Acup4 Acup4 Acup4 Acvy4 Acvy4 Acvy4 Acvy4 Acvy4 Acvy4 Acvy4 Acvy4	Segundos   30   33   33   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones 15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 18 tm (vacío) 25 tm (vacío) 25 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (vacío) 40 tm	Segundos   30   33   34   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 25 tm (vacío) 25 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (cargado)  Tramos de acarreo Acv Acl Acvp1 Acip1 Acvp2 Acip3 Acvp4 Acvi4 Acvi4 Acvi4 Acvi6 Acip1 Acvp4 Accip1 Acvp4 Accip1 Acvp4 Accip4 Acvi4 Acvi6 Acip1 Acvp4 Acvi6 Acvi7 Acip1 Acvp4 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acip2 Acvp4 Acvi7 Accip1 Acvi7 Acip3 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acvi7 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acip1 Acvi7 Acip1 Acip2 Acvi7 Acip2 Acvi7 Acip2 Acvi7 Acvi7 Acip1 Acip2 Acvi7 Acip3 Acvi7 Acip1 Acip1 Acip2 Acvi7 Acip1	Segundos   30   30   33   324	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones 15 tm (vacío) 15 tm (cargado) 18 tm (vacío) 18 tm (vacío) 25 tm (vacío) 25 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (vacío) 30 tm (vacío) 40 tm	Segundos   30   33   34   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala   Tiempo por palada	Segundos 30 30 33 24  Km/h 40.00 32.90 25.35 24.05 23.40 22.20 17.50 15.80  Long (m) 800 600 600 650 650 680 680 670 1000 1000 700	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162
Cuadra a Pala Tiempo por palada Desviación  Velocidades Camiones  15 tm (xacio) 15 tm (cargado) 18 tm (cargado) 18 tm (cargado) 25 tm (xacio) 30 tm (xacio) 30 tm (xacio) 30 tm (xacio) 40 tm (xacio) 30 tm (xacio)	Segundos   30   33   34   24	m/s 11.11 9.14 7.04 6.68 6.50 6.17 4.86	2m3 3m3 4m3	Ciclo de Camión Tiempo de cuadra Tiempo de volteo Desviación  Tiempos de ateno 15 228 261 327	30 45 18 18 18 18 162 195 228	129 129 195	96 129 162

Fig. 15. Información Requerida para la Simulación Aleatoria con GPSS.

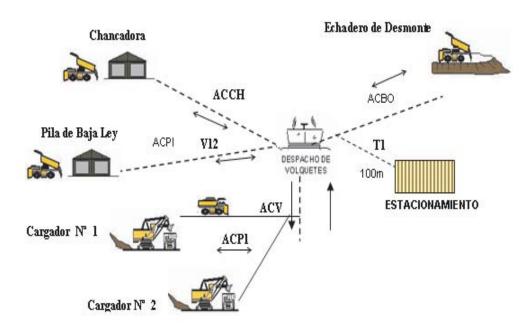


Fig. 16. Esquema de carguío y acarreo de 2 cargadores y 3 puntos de descarga con camiones para el transporte de mineral y desmonte

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR FOLLIPO Y ELEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

0,0/.1,.1 .6,.915/.7	7,1.2/.75,1. .9,2.3/.92,2	(100/4.86) (800/4.86) (600/4.36) (600/4.39) (650/4.39) (850/4.39) (800/4.39) (1000/4.39) (1000/4.39) (700/4.39) (700/4.39) (700/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39) (750/4.39)
.998,6.2/ DA	.999,7/.9998 FUNCTION	RN1,D2
0	.9,1/1.0,2/	
	GENERATE	180, FN\$EXPO,,10
	ADVANCE	Tl
APALA	ADVANCE	ACV
PALA1	TRANSFER ADVANCE	O.4, PALA1,PALA2 ACVP1
	QUEUE	QP1
	SEIZE	PAl
	DEPART ADVANCE	QP1
	ASSIGN	195,15 2,30
	ASSIGN	1,FN\$DA
	RELEASE	PA1
	ADVANCE ADVANCE	ACLP1 ACL
PALAZ	ADVANCE	ACVP2
	QUEUE	QP2
	SEIZE	PAZ
	DEPART	QP2
	ADVANCE ASSIGN	195,15 2,30
	ASSIGN	1,FN\$DA
	RELEASE	PA2
	ADVANCE	ACLP2
	ADVANCE	ACL
	TEST E	P1,1,BOTA
	TRANSFER	O.1,CHAN,PILA
CHAN	ADVANCE	ACLCH
CHAN	QUEUE	QCH
	SEIZE	CHA
	DEPART	QCH
	ADVANCE SAVEVALUE	75,15 CHANC+,P2
	RELEASE	CHA
	ADVANCE	ACVCH
PILA	ADVANCE	ACLPI
	QUEUE	QPI
	SEIZE	PIL
	DEPART ADVANCE	QPI 75,15
	SAVEVALUE	PIBL+,P2
	RELEASE	PIL
	ADVANCE	ACVPI
CONTR	TEST L TRANSFER	C1,3600,FIN ,APALA
BOTA	ADVANCE	ACLBO
	QUEUE	QBO
	SEIZE	BOT
	DEPART ADVANCE	QBO 75,15
	SAVEVALUE	BO+,P2
	RELEASE	BOT
	ADVANCE	ACVBO
FIN	TRANSFER ADVANCE	,CONTR T1
	TERMINATE	1
	START 1	

Fig. 17. Programa GPSS para 2 unidades de carguío y 3 puntos de descarga.

#### RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Los resultados entregados por el simulador se presentan en la figura 18.

Para Nc = 4 cargadores de Cc = 2 m³ de capacidad c/u se probaron 5 a 10 camiones de 15, 18, 25 y 30 tm de capacidad c/u. El costo unitario y la producción horaria de cada flota puede leerse en la quinta columna contando de la última y en la última columna respectivamente \$660.28/tm y \$210 tm/h. para Nt = 100

5 camiones de Cv = 15 tm de capacidad c/u.

Similares pruebas se efectuaron para Nc = 3 cargadores de Cc = 3 m³ de capacidad c/u. y para Nc = 2 cargadores de Cc = 4 m³ de capacidad c/u.

Para Nc = 2 cargadores de Cc = 5 m3 de capacidad c/u se probó 5, 8 y 10 camiones de 15, 18, 25 y 30 tm de capacidad c/u. El resultado indica que se sobrepasa la producción requerida de 500 tm/h con las flotas de 2 cargadores de 5 m³ c/u y 8

camiones de 25 tm c/u al mínimo costo de \$ 364.88/ tm y producción máxima de 550 tm/h. Por lo tanto la flota elegida es 2 cargadores de 5 m 3 de capacidad c/u con 8 camiones de 25 tm de capacidad c/u.

#### **CONCLUSIONES**

Mediante simulación determinística y/o probabilística puede modelarse el ciclo de excavación y acarreo del sistema de manipuleo de materiales de una operación minera superficial. Conociendo el ciclo se calcula la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo.

Carguío y acarreo constituyen los componentes mas gravitantes en el costo de minado de una operación minera superficial. La simulación puede manejar gran parte de estos dos factores constituyéndose en la herramienta básica de análisis del sistema de minado.

Los tipos de equipos de perforación, carguío y acarreo en una operación minera superficial deciden el sistema de minado superficial (tajo a cielo abierto, transferencia, dragado, etc.)

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. Coss Bu Raúl (1999). Simulación. Un enfoque Práctico. Editorial Limusa S.A., México.
- 2. Caterpillar Inc. (1990). Fleet production and cost analisis. Caterpillar Tractor Co., Peoria, Illinois,
- 3. Sturgal John R. (2000). Optimización y simulación de operaciones mineras. UNI, 2000-II. Ciclo de Charlas de Planeamiento Minero.
- 4. Stanley C. Suboleski, Robert E. Cameron and Eric K. Albert (1992). Sistems Engineering, SME. Mining Enigineering HandBook, V. 1, Ch. 8.3, Littleton Colo. USA.
- Ramani R. V. (1990). Haulage systems simulation analysis. Surface Mining, 2nd. edition, Kennedy A. Bruce Editor, SME, Littleton, Colo., USA.
- Donald W. Gentry and William Hustrulid (1992).
   Surface mine development, Section 13. SME.
   Mining engineering Handbook, Littleton, Colo USA.

Oswaldo Ortiz S., Godelia Canchari S., Silvia Iglesias L., Mario Gonzales T.

Nc:	4				Cc (m3):	2															
NC:	-4	-			Cc (ms):																
de camiones Nt	Cv	Tc	Tv	Td	Tr	Ct		U(pala2)				Prc2	Prc3	Prc4	Prt	р	p efectivas		CTC	CTT	Costo hor Sist.
5	15		72.914		18.4782	386.68	0.335	0.346	0.453	0.402	0.1727	0.1784	0.2336	0.2073	139.65	5.69	6.00	0.72223604	180	175	355
6	15	219.98			13.624	378.22	0.285	0.461	0.614	0.553	0.1492	0.2414	0.3215	0.2896	142.773	5.69	6.00	0.87243443	180	210	390
8	15		72.914			389.99	0.302	0.589	0.723	0.595	0.1597	0.3115			138.465		6.00	1.11707847	180	280	460
10	15		72.914			425.14	0.362	0.68	0.741	0.62		0.3453	0.3762	0.3148			6.00	1.33423061	180	350	530
5	18	248.47		75.292	5.58933	436	0.264	0.278	0.459	0.441		0.1289	0.2128	0.2045		6.83	7.00	0.71234865	180	210	390
8	18	259.33				446.14	0.531	0.389	0.656	0.602		0.1728	0.2914		145.245		7.00	1.16255009	180	336	516
10	18 25	253.44			35.238 4.57283	470.44 523.67	0.614	0.62	0.779	0.641	0.2791	0.2818	0.3541	0.2914		6.83 9.49	7.00 9.00	1.34678487 0.77737401	180 180	420 240	600 420
8	25				53.3973		0.364	0.362	0.718	0.429	0.1277	0.1574	0.151	0.1898	156.539	9.49	9.00	1.13796295	180	384	564
10	25	316.91				564.59	0.531	0.537	0.718	0.62	0.1202	0.1952	0.2628	0.1050	159,408	9.49	9.00	1.40328778	180	480	660
5	30		158.52			680.15	0.112	0.327	0.65	0.435	0.0325	0.0948	0.1885	0.1261	158.788	11.38	11.00	0.73019109	180	260	440
8	30	376.75			77.6537	688.41	0.683	0.591	0.597	0.383	0.2088	0.1807	0.1825	0.1171	156.884	11.38	11.00	1.09455546	180	416	596
10	30				111.331		0.691	0.607	0.737	0.516		0.1885			151.183		11.00	1.29826811	180	520	700
		0.0.00					0.00	0.00.	0.1.0.	0.0.0	0.21.10	0.1000	O.EECO	0.1002							
Nc:	3 Cv	T.	т.	Td	Cc (m3):	3 Ct	11(14)	11(1-2)	1161-20		D4	D2	D2		Dut				стс	CTT	Contraction Class
de camiones Nt	15	Tc 160.56	73.786	76.495	10.9985	321.84	0.341	U(pala2) 0.465	0.415		0.367	Prc2 0.5004	Prc3 0.4466		Prt 167.783	<b>p</b> 3.79	p efectivas	FA 0.83148162	165	175	Costo hor Sist.
8	15		73.786		26.1542	325.9	0.341	0.465	0.583		0.4677	0.6926	0.4349		165,696		4.00	1.26371313	165	280	445
10	15	154.93			36.9185	338.05	0.528	0.624	0.615		0.5889	0.696	0.4573		159.74	3.79	4.00	1.52772024	165	350	515
5	18	193.51			12.2864	385.14	0.382	0.398	0.402			0.3554	0.2393		168.252		5.00	0.83740102	165	210	375
8	18	192.19			25.2474		0.426	0.569	0.506		0.383	0.5116	0.3033		163.496	4.55	5.00	1.29309608	165	336	501
10	18	193.22	107.93	75.139	69.4698	445.76	0.423	0.47	0.615		0.3783	0.4203	0.3667		145.371	4.55	5.00	1.44487609	165	420	585
5	25	231.06	116.92	73.459	15.4807	436.93	0.315	0.369 0.624	0.441 0.542		0.2356	0.276	0.2199		205.984	6.32	6.00	0.88139998	165	240	405
8	25	217.95	116.92	73.031	49.3444	457.25	0.575				0.4559	0.4947			196.829	6.32	6.00	1.27108234	165	384	549
10	25	220.9	116.92	74.281	96.9852	509.09	0.598	0.597	0.638		0.4678	0.467	0.3327		176.787	6.32	6.00	1.44637226	165	480	645
5	30	278.78		71.948	18.8063	529.95	0.312	0.391	0.454		0.1934	0.2424	0.1876		203.792		8.00	0.87674538	165	260	425
8	30		160.42			610.7	0.612	0.621	0.474			0.3926	0.1998		176.847		8.00	1.19363013	165	416	581
10	30	282.29	160.42	78.219	155.572	676.5	0.617	0.678	0.474		0.3777	0.415	0.1934		159.646	7.59	8.00	1.39093049	165	520	685
Nc:	2	1			Cc (m3):	4															
de camiones Nt	Cv	Tc	Τv	Td	Tr	Ct		U(pala2)			Prc1	Prc2			Prt	р	p efectivas		CTC	CTT	Costo hor Sist.
5	15	124.85	74.783	78.49	8.501	286.62	0.381	0.478			0.7031	0.8821			188.403	2.85	3.00	1.08894515	130	175	305
8	15		74.783	77.248	23.8134	301	0.519	0.655			0.9555	1.2058			179.404		3.00	1.66315739	130	280	410
10	15		74.783			318.81	0.524	0.73			0	1.3366			169.379		3.00	1.97353975	130	350	480
5	18	126.15	109.39		9.4404	324.08	0.375	0.373			0.6849				199.953		3.00	0.97317146	130	210	340
8	18	126.33	109.39	71.369	25.529	332.61	0.479	0.523			0.8736	0.9539			194.822		3.00	1.51919813	130	336	466 550
5	25	127.05	109.39	74.704 67.263	17.5896 31.3218	328.73 413.15	0.532	0.61			0.9648	1.1062 0.6122			197.123 217.837	3.42 4.74	5.00	1.93241849	130	420 240	370
8	25	196.91	118.5	76.126		448.2	0.434	0.705			0.5078	0.8249			200.801	4.74	5.00	1.7573654	130	384	514
10	25	193.44	118.5	70.306			0.612	0.717			0.7289	0.854			203.444		5.00	2.18630279	130	480	610
5	30	226.42	162.59	74.275	63.038	526.32	0.203	0.509			0.2066	0.518			205.199		6.00	1.07548459	130	260	390
8	30	220.26	162.59		45.5664		0.552	0.699			0.5774	0.7312			215.193		6.00	1.75546057	130	416	546
10	30	220.05	162.59	69.376	65.0392	517.05	0.546	0.702			0.5717	0.735			208.878	5.69	6.00	2.12792172	130	520	650
		1			Cc (m3):	5															
Nc:	2			Td	Tr	Ct		U(pala2)			Prc1	Prc2			Prt	р	p efectivas		CTC	CTT	Costo hor Sist.
de camiones Nt	Cv	Tc	Tv								0.7312	1.3149			326.432		2.00	1.38695028	160	175	335
de camiones Nt 5	Cv 15	91.775	Tv	73.246	0.405	165.43	0.233	0.419				4 FROM							400		
de camiones Nt 5 8	15 15	91.775 97.169	Tv	73.246 73.259	0.405 20.0334	165.43 190.46	0.35	0.532			1.0374	1.5768			283.523		2.00	2.04070589	160	280	440
de camiones Nt 5 8 10	Cv 15 15 15	91.775 97.169 95.944	Tv	73.246 73.259 76.989	0.405 20.0334 17.5978	165.43 190.46 190.53	0.35	0.532 0.571			1.0374 1.2878	1.714			283.419	2.28	2.00	2.51779723	160	280 350	440 510
de camiones Nt 5 8 10 5	15 15 15 15	91.775 97.169 95.944 126.15	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095	0.405 20.0334 17.5978 9.0538	165.43 190.46 190.53 214.3	0.35 0.429 0.375	0.532 0.571 0.373			1.0374 1.2878 0.8561	1.714 0.8515			283.419 302.378	2.28 2.73	2.00 3.00	2.51779723 1.47166984	160 160	280 350 210	440 510 370
6 camiones Nt 5 8 10 5 5 8	15 15 15 15 18	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22	0.35 0.429 0.375 0.479	0.532 0.571 0.373 0.523			1.0374 1.2878 0.8561 1.092	1.714 0.8515 1.1923			283.419 302.378 290.292	2.28 2.73 2.73	2.00 3.00 3.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952	160 160 160	280 350 210 336	440 510 370 496
de camiones Nt 5 8 10 5 8 10	15 15 15 15 16 18 18	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33 127.05	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369 74.704	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529 17.5896	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22 219.34	0.35 0.429 0.375 0.479 0.532	0.532 0.571 0.373 0.523 0.61			1.0374 1.2878 0.8561 1.092 1.206	1.714 0.8515 1.1923 1.3828			283.419 302.378 290.292 295.429	2.28 2.73 2.73 2.73	2.00 3.00 3.00 3.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952 2.89613105	160 160 160 160	280 350 210 336 420	440 510 370 496 580
de camiones Nt 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 5 8 10 5 5 8 10 5 5	15 15 15 15 18 18 18 18 25	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33 127.05 160.48	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369 74.704 70.519	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529 17.5896 19.5285	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22 219.34 250.53	0.35 0.429 0.375 0.479 0.532 0.284	0.532 0.571 0.373 0.523 0.61 0.459			1.0374 1.2878 0.8561 1.092 1.206 0.5097	1.714 0.8515 1.1923 1.3828 0.8237			283.419 302.378 290.292 295.429 359.246	2.28 2.73 2.73 2.73 2.73 3.79	2.00 3.00 3.00 3.00 4.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952 2.89613105 1.60141203	160 160 160 160 160	280 350 210 336 420 240	440 510 370 496 580 400
de camiones Nt 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 8 10 5 8 8	Cv 15 15 15 18 18 18 25 25	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33 127.05 160.48	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369 74.704 70.519 77.717	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529 17.5896 19.5285 21.0704	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22 219.34 250.53 253.98	0.35 0.429 0.375 0.479 0.532 0.284 0.568	0.532 0.571 0.373 0.523 0.61 0.469 0.598			1.0374 1.2878 0.8561 1.092 1.206 0.5097 1.0541	1.714 0.8515 1.1923 1.3828 0.8237 1.1097			283.419 302.378 290.292 295.429 369.246 354.357	2.28 2.73 2.73 2.73 2.73 3.79 3.79	2.00 3.00 3.00 3.00 4.00 4.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952 2.89613105 1.60141203 2.44417898	160 160 160 160 160 160	280 350 210 336 420 240 384	440 510 370 496 580 400 544
de camiones Nt	Cv 15 15 15 18 18 18 25 25 25	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33 127.05 160.48 155.19 163.96	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369 74.704 70.519 77.717 72.152	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529 17.5896 19.5285 21.0704 63.5808	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22 219.34 250.53 253.98 299.69	0.35 0.429 0.375 0.479 0.532 0.284 0.568 0.498	0.532 0.571 0.373 0.523 0.61 0.459 0.598 0.705			1.0374 1.2878 0.8561 1.092 1.206 0.5097 1.0541 0.8748	1.714 0.8515 1.1923 1.3828 0.8237 1.1097 1.2384			283.419 302.378 290.292 295.429 359.246 354.357 300.31	2.28 2.73 2.73 2.73 3.79 3.79 3.79	2.00 3.00 3.00 3.00 4.00 4.00 4.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952 2.89613105 1.60141203 2.44417898 2.73544935	160 160 160 160 160 160	280 350 210 336 420 240 384 480	440 510 370 496 580 400 544 640
de camiones Nt 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 10 5 8 8 10 5 8 8	Cv 15 15 15 18 18 18 25 25	91.775 97.169 95.944 126.15 126.33 127.05 160.48	Tv	73.246 73.259 76.989 79.095 71.369 74.704 70.519 77.717	0.405 20.0334 17.5978 9.0538 25.529 17.5896 19.5285 21.0704	165.43 190.46 190.53 214.3 223.22 219.34 250.53 253.98	0.35 0.429 0.375 0.479 0.532 0.284 0.568	0.532 0.571 0.373 0.523 0.61 0.469 0.598			1.0374 1.2878 0.8561 1.092 1.206 0.5097 1.0541	1.714 0.8515 1.1923 1.3828 0.8237 1.1097			283.419 302.378 290.292 295.429 369.246 354.357	2.28 2.73 2.73 2.73 3.79 3.79 3.79 4.55	2.00 3.00 3.00 3.00 4.00 4.00	2.51779723 1.47166984 2.26365952 2.89613105 1.60141203 2.44417898	160 160 160 160 160 160	280 350 210 336 420 240 384	440 510 370 496 580 400 544

							in the same of	Tiemen	de Viaie en	Vacio para l	los diferente	s tramos del s	deterna				Tiems	es de Viale es	Bene para l	es diferente	s trames del s	istensa		
Tel	Tc2	Tel	Tc4	Tdch	Tille	Tab	Acv	Acvet	Penh5	Acvp3	Acvpl	Acych	Acupi	Acube	Tacv	Act	Acts 1	Acls2	Aclp3	Ach4	Adda	Acfei	Action	Tacl
219.25	226.44	222.30	225.69	EB 47	74.27		72.00	54.00	58.50	61.20	60.30		63.00	67.50		87.54		71.12	74.41	73.31	109.42	76.60	82.07	80
222.55	224.55	217.44	215.38	74.75	72.82	67.54	72.00	54.00	58.50	61.20	60.30		63.00	67.50		87.54			74.41	73.31		76.60	82.07	80
220.17	214.72	219.61	216.81	72.46	70.46	74.53	72.00	54.00	58.50	61.20	60.30		63.00	67.50		87.54			74.41	73.31		76.60	82.07	80
				71.97		74.53		54.00								87.54		71.12	74.41					
222.42	228.34	228.04	228.77		72.76		72.00		58 50	61.20	60.30		63.00	67.50						73.31	109.42	76.60	82.07	80
262.35	220.67	260.48	250.38	71.72	78.67		113.61	85.21	92.31	96.57	95.15		99.41	106.51		119.75		97.30	101.79	100.29		104.78	112.27	109
261.17	254.64	258.15	263.17	73.00	78.20	3.70	113.61	05.21	92.31	96.57	95.15		99.41	106.51		119.75		97.30	101.79	100.29		104.78	112.27	100
257.73	260.27	251.24	244.60	75.44	73.24	76.60	113.61	05.21	92.31	96.67	95.16		99.41	106.61		119.75		97.30	101.79	100,29		104.78	112.27	109
329 58	330.56	328.76	313.79	78.59	77.19		123.08	92.31	100.00	104.62	103.08	153.85	107.69	115.38	112.50	129.73	97.30	105.41	110.27	108.65	162.16	113.51	121.62	118
330.55	325.02	336.49	326.45	75.96	81.79		123.08	92.31	100.00	104.62	103.08	153.85	107.69	115.38	112.50	129.73	97.30	105.41	110.27	108 65	162.16	113.51	121.62	116
323.51	326.68	293.41	323.65	74.72	72.76		123.08	92.31	100.00	104.62	103.08	153.85	107.69	115.30	112.50	129.73	97.30	105.41	110.27	108:65	162.16	113.51	121.62	118
405.90	395.71	393.22	394.43	80.66	81.54	66.91	164.57	123.43	133.71	139 89	137.83	205.71	144 00	154.29		182.26	136.71	148 10	154.94	152.06	227.65	159.49	170.69	166
389.87	393.45	340.75	382.93	68.79	82.18		164.57	123.43	133.71	139.89	137.83		144.00	154 29		182.26		148 10	154.94	152.66		159.49	170.89	166
367.44	397.34	361.72	337.41	75.74	71.34		164.57	123.43	133.71	139.89	137.83		144.00	154.29		182.28		148.10	154 94	152.66		159.49	170.89	166
							100000																	
Tet 182.37	Te2 161.08	158.25	-	79.36	77.82	72.32	Acv 72.00	Acqt1 54.00	Acvp2 58:50	Acq3 61.20	_	Acych 90.00	Acvpi 63.00	Acybe 67.50	Tacv 66.60	Act 87.54	Acip1	Act2 71.12	Aclp3 74.41		Aclch 109.42	Adpl 76.60	Adhe 82.07	Tacl 80
158.94	156.78	147.60		72.83	72.01	69.72	72.00	54.00	58.50	61.20		90.00	63.00	67.50		67.54		71.12	74.41		109.42	76.60	82.07	80
161.47	152.87	150.45		71.85	75.66	69.72	72 00	54.00	58.50	61.20		90.00	63.00	67.50		87.54		71.12	74.41		109.42	76.60	82.07	80
202.68	187.97	169.67		70.63	72.20	W/A	113.61	85.21	92.31	96.57		142.01	99.41	106.51		119.76		97.30	101.79		149.69	104.78	112.27	110
197.47	191.64	187 463		69.097	72.851		113.61	85.21	92.31	96.67		142.01	99.41	106.51		119.75		97.30	101.79		149.69	104.78	112.27	110
196.26	193.47	189.93		77.77	72.5t		113.61	85.21	92.31	96.57		142.01	99.41	106.51		119.75		97.30	101.79		149.68	104.78	112.27	110
232.61	227.69	232.90		72.73	69.05	77.80	123.00	92.31	100.00	104.62		153.05	107.69	115.38		129.73			110.27		162.16	113.51	121.62	120
206.69	226.43	218.73		70.61	75.25	77.00	123.00	92.31	100.00	104.62		153.85	107.69	115.30		129.73			110.27		162.16	113.51	121.62	120
						22.40															162.16			
216.25	215.06	230.59		72.76	72.60	77.48	123.08	92.31	100.00	104.62		153.85	107.69	115.38		129.73			110.27			113.51	121.62	120
290.07	289.09	249.19		63.15	74.90	77:80	164.57	123.43	133.71	139.89		205.71	144.00	154.29		182.26		148.10	154.94		227.85	159.49	170.89	168
294.15	365.46	260.45		77.53	84 90		164.57	123.43	133.71	139.89		205.71	144.00	154.29		182.28		148.10	154.94		227.85	159.49	170.89	168
296.72	209.66	260.49		64 04	72.39		164.57	123.43	133.71	139.89		205.71	144 00	154.29	152.23	162.26	136.71	148.10	154.94		227 86	159.49	170.09	168.1
Tcf	Tc2			Tdch	Tilly	Tab	Acv	Acvp1	Acva2			Aceth	Acrei	Acute	Tacv	Ad	Acts 1	Aclp2			Arlth	Adpl	Adho	Tad
130.01	119.68			75.01	81.53	78.93	72.00	54.00	58 50			90.00	63.00	67.50		67.54	65.65				109.42	76.60	82.07	82
126.65	121.66			78.27	75.53	77.94	72.00	54.00	58.50			90.00	63.00	67.50		87 54		71.12			109.42	76.60	82.07	62
129.08	122.60			75.94	68.66	80.14	72.00	54.00	58.50			90.00	63.00	67.50		87.54					109.42	76.60	82.07	82
126.54	125.77			79.89	73.69	83.71	113.61	05.21	92.31			142.01	99.41	106.61		119.76		97.30			149 69	104.78	112.27	112
129.13	123.52			69.55	73.19	0371	113.61	85.21	92.31			142.01	99.41	100.51		119.75		97.30			149.69	104.78	112.27	112
129.95	124.15			73.04	75.26	75.81	113.61	85.21	92.31			142.01	99.41	106.51		119.75		97.30			149.69	104.78	112.27	112
190.39	201.74			71.47	63.05	.42.01	123.08	92.31	100.00			153.85	107.69	115.38		129.73					162.16	113.51	121.62	121
196.00	196.95			73.39	74.23	80.75	123.08	92.31	100.00			153.05	107.69	115.30		129.73					162.16	113.61	121.62	121
				77.51																				
192.99 225.62	193.66			70.04	69.75	63.66	123.08 164.67	92.31	100.00			153.65 206.71	107.69	115.38 154.29		129.73 102.20		148.10			162.16 227.86	113.51	121.62	170
				71.78		74.00	164.57	123.43	133.71				144 00	154.29										
225.90	214.61				74.02	74.60						205.71				182.26		148.10			227.85	159.49	170.89	170
223.90	216.12			86.59	69.07	72.47	164.57	123.43	133.71			205.71	144 (0)	154.29	154.29	192.26	136.71	148.10			227.86	159.49	170 89	170
Tct	Te2	1		Tdch	Tdo	Tab	Acv	Acupt	Acvp2			Acych	Acvpi	Acybo	Tacv	Ad	Actp1	Acts2			Add	Adpi	Action	Tacl
94.05	89 53			73.02	73.47		72.00	54.00	58.50			90.00	63.00	E7 50	67.50	87.54		71.12			109.42	76.60	82.07	82
97.73	96.61			76.18	71.76	71.04	72.00	54.00	58.50			90.00	63.00	67.50		67.54		71.12			109.42	76.60	82.07	82
97.50	94.39			76.02	70.61	05.45	72.00	54.00	98.50			90.00	63.00	67.50		67.54		71.12			109.42	76.60	82.07	82
126-54	126.77			79.02	73.69	83.71	113.61	95.21	92.31			142.01	99.41	106.51		119.76		97.30			149.00	104.78	112.27	112
129.13				69.55		40077							99.41					97.30			149.69			
	129.52				73.19		113.61	95.21	92:31			142.01		106.51		119.75						104.78	112.27	113
129.95	124.15			73.04	75.26	75 B1	113.51	05.21	92.31			142.01	99.41	106.51		119.75		97.30			149.69	104.78	112.27	112
158.05	162:90			73.94	67.10		123.00	92.31	100.00			153.05	107.09	115.38		129.73					162.16	113.61	121.62	121
161.57	148.82			80.07	77.34	75.74	123.08	92.31	100.00			153.05	107.89	116.30		129.73					162.16	113.51	121.62	12
166.20	161.71			71.81	72.49		123.08	92.31	100.00			153.05	107.69	115.38		129.73					162.16	113-51	121.62	121
192.28	199.68			71.84	67:66		164.57	123.43	133.71			205.71	144.00	154.29		182.28		148.10			227.85	159.49	170.89	170
187.72	195.48			76.76	74.75		164.57	123.43	133.71			205.71	144.00	154.29	154.29	182.20	136.71	148.10			227.85	159.49	170.89	170
195.46	179.74			70.96	70.29		164.57	123.43	133.71			205.71	144.00	154.29	154.29	182.29	136.71	148 10			227.85	159:49	170.89	170

Fig. 18. Resultados de la Simulación con GPSS para Seleccionar Flotas de Carguío y Acarreo. Continúa

SIMULACIÓN DETERMINÍSTICA Y ESTOCÁSTICA PARA DIMENSIONAR, Y SELECCIONAR EQUIPO Y ELEGIR ALTERNATIVAS DE MINADO EN LA EXPLOTACIÓN MINERA SUPERFICIAL

		Tiempos de	retrasor e	n el sistema			1											
Opa1	Opa2	Opa3	Opa4	Och	Opi	Qbo	Tq	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	Pp	Pc	Costo/tm	Too SyChane	Tm SvPibl	Tm SvBe	Total Tm
35.48	40.24	34.51	0.65	0.00	0.00	200	18.48	45.34	46.83	61.31	54.41	51.97	0.54	660.28	105.00	105.00	1111 3400	210.0
0.00	56.26	35.32	1.53	0.00	2.26	0.00	13.62	39.18	63.37	84.40	76.02	65.74	0.70	560.92	75.00		30.00	180.0
0.00	80.37	112.10	0.81	0.00	14.11	0.00	26.77	41.93	81.77	100.37	82.60	76.67	0.79	584.98	75.00		30.00	195.00
0.00	95.90	136.32	81.15	0.00	4.43	0.00	52.97	48.25	90.63	98.76	82.63	80.07	0.75	703.54	105.00		30.00	210.00
0.00	0.20	23.24	10.09	0.00	0.00		5.59	37.49	39.47	65.17	62.62	51.19	0.47	830.49	90.00			180.00
108.64	0.00	86.53	4.53	0.00	0.00	0.00	28.53	72.24	52.92	89.24	81.90	74.07	0.66	776.96	90.00			198.00
188.15	37.43	17.36	3.73	0.00	0.00	0.00	35.24	85.47	86.31	108.44	89.23	92.36	0.79	764.01	126.00		18.00	252.00
18.80	4.96	0.23	3.45	0.00	0.00	0.00	4.57	50.28	50.42	75.21	59.75	58.92	0.45	933.28	75.00		10.00	150.00
18.80	117.36	181.38	2.85	0.00	0.00		53.40	50.47	61.98	99.56	74.74	71.69	0.60	1130.83	100.00			175.00
12.53	103.08	198.08	36.69	0.00	0.00		58.40	76.00	76.86	103.48	88.74	86.27	0.61	1079.81	125.00			225.00
0.00	284.74	51.16	0.00	0.00	0.00	0.00	47.99	15.63	45.63	90.70	60.70	53.16	0.31	1407.30	30.00		30.00	90.00
452.10	2.66	11.17	0.00	0.00	0.00	9.50	77.65	100.51	86.97	87.85	56.36	82.92	0.48	1236.99	60.00			120.00
443.12	17.14	190.59	17.14	0.00	0.00		111.33	103.27	90.71	110.14	77.11	95.31	0.53	1311.69	90.00			150.00
Opa1	Opa2	Opa3		Och	Opi	Obo	Tq	Pp1	Pp2	Pp3		Pp	Pc	Costo/tm	Tm SvChane	Tm SvPibl	Tm SvBe	Total Tm
14.15	49.47	2.37		0.00	0.00	0.00	11.00	64.22	87.58	78.16		76.66	0.71	475.86	90.00	90.00	30.00	210.00
36.56	111.99	8.37		0.00	0.00	0.00	26.15	81.85	121.20	114.15		105.73	0.97	457.20	135.00		45.00	300.00
31.19	130.39	55.94		0.00	3.99	0.00	36.92	103.06	121.79	120.04		114.96	1.02	504.80	150.00		15.00	300.00
55.11	1.63	0.00		0.00	4.68		12.29	74.62	77.75	78.53		76.96	0.60	625.51	108.00	108.00		216.00
53.525	40.712	26.141		0.00	6.859		25.25	83.79	111.91	99.52		98.41	0.74	672.61	108.00	126.00		234.00
40.91	22.05	280.18		0.00	4.21		69.47	82.75	91.95	120.31		98.34	0.66	883.92	144.00	126.00		270.00
72.24	9.53	1.65		0.00	9.47	0.00	15.48	61.84	72.44	86.57		73.62	0.51	801.26	100.00	125.00	25.00	250.00
160.80	66.21	19.71		0.00	0.00		49.34	119.67	129.87	112.80		120.78	0.79	692.80	150.00	125.00		275.00
74.33	169.25	338.32		0.00	0.00	0.00	96.99	122.79	122.59	131.01		125.46	0.74	872.39	125.00	125.00	25.00	275.00
108.57	4.26	0.00		0.00	0.00	0.00	18.81	67.69	84.83	98.49		83.67	0.47	897.31	90.00	60.00	30.00	180.00
460.84	12.17	5.55		0.00	0.00		95.71	135.41	137.40	104.87		125.89	0.62	939.47	90.00	60.00		150.00
460.21	306.94	10.71		0.00	0.00		156.57	132.19	145.26	101.55		126.34	0.56	1222.67	120.00	60.00		180.00
	-												_					
Opa1	Opa2			Och	Opi	Obo	Tq	Pp1	Pp2			Pp	Pc	Costo/tm		Tm SvPibl		
4.33	29.03			0.00	9.16	0.00	B.50	92.29	115.78			104.03	0.73	420.15	135		15	315.00
58.04	53.93			0.00	7.09	0.00	23.81	125.40	158.27			141.84	0.94	435.04	180		60	420.00
45.30	169.50			0.00	1.59	0.00	43.28	125.92	175.43			150.67	0.95	507.82	195		60	435.00
32.01 71.18	7.60			0.00	7.60	0.00	9.44	89.89	89.41			89.66	0.55	614.52	72		36	234.00
	30.94			0.00	0.00		25.53	114.66	125.20			119.93	0.72	646.20	216		100	414.00
63.86	24.09			0.00	0.00	0.00	17.59	126.63	145.19			135.91	0.83	665.15	234		18	
44.89	80.39			0.00	0.00	0.00	31.32	88.43	133.93			111.18	0.54	687.49	200		25	350.00
78.04	205.26			0.00	0.00	0.00	66.66	111.08	180.44			145.76	0.65	790.25	225		25	
49.59	251.10			0.00	0.00	0.00	60.14 63.04	159.45	186.81			173.14 95.09	0.78	779.31	250 180	200	25	475.00 360.00
34.41	215.53				2.22	0.00	45.57	54.22	135.96				0.36	1079.28			90	270.00
58.06 54.26	157.33 269.83			0.00	1.10	0.00	65.84	151.57 150.07	191.94			171.76	0.68	797.71 979.80	60 180		30	
Opa1	Opa2			Och	Opi	Qbo	Tq	Pp1	Pp2			Pp	Pc	Costo/tm		Tm SvPibl	Tm SvBe	
1.62	0.00			0.00	0.00		0.41	63.98	115.05			89.52	1.08	309.54	165			360.00
34.99	61.43			0.00	3.75	0.00	20.03	90.77	137.97			114.37	1.20	366.37	180		45	405.00
37.88	50.11			0.00	0.00	0.00	17.60	112.68	149.98			131.33	1.38	369.96	225	210	15	450.00
32.01	7.60			0.00	5.66	0.00	9.05	112.36	111.76			112.06	1.05	353.78	72		36	234.00
71.18	30.94			0.00	0.00		25.53	143.33	156.50			149.91	1.34	369.28	216	198		414.00
63.86	24.09			0.00	0.00	0.00	17.59	158.28	181.49			169.89	1.55	374.42	234	216	18	468.00
11.54	66.58			0.00	0.00		19.53	89.19	144.15			116.67	0.93	429.44	200			375.00
61.912	43.44			0.00	0.00	0.00	21.07	184.46	194.20			189.33	1.49	364,88	250	250	50	550.00
80.14	173.52			0.00	0.66		63.58	153.08	216.71			184.90	1.23	518.67	275			525.00
42.39	52.82			0.00	0.00		23.80	101.58	132.12			116.85	0.81	520.33	270			450.00
61.63	88.94			0.00	0.00		37.64	163.75	170.65			167.20	1.10	525.35	240			420.00
79.13	127.68			0.00	2.44		62.31	195.45	212.58			204.02	1.31	517.51	180	210		390.00

Figura 18. Resultados de la Simulación con GPSS para seleccionar flotas de carguío y acarreo.