

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA**  
**MINERA Y METALURGICA**



**EVALUACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE COSTOS**  
**COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR**  
**WALTER GREGORIO LEYVA BARZOLA**  
**PROMOCION 1994-II**

**LIMA – PERU**  
**2002**

## **EVALUACION DE LA PROYECCION DE COSTOS CÍA MINERA PODEROSA**

<b>1. META</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
3.1 Comparación de los costos realizados en 1999 y los programados en 2000	
3.2 Costo de Operación Realizado 2000	3
<b>4. PROYECTO CABLE CARRIL</b>	<b>4</b>
4.1 Antecedentes	5
4.2 Proyecto Cable Carril: Mina Consuelo, Cedro-Trocha Estrella	6
4.3 Ubicación Física	6
4.4 Evaluación económica	6
4.5 Cronograma de actividades	8
<b>5. MECANIZACIÓN DE LA MINA PAPAGAYO</b>	<b>8</b>
5.1 Sistema actual de Explotación	9
5.2 Sistema Propuesto	10
5.3 Condiciones de la labor para la aplicación del sistema	12
5.3.1 Geológicas	12
5.3.2 Operación Mina	14
5.3.3 Mantenimiento	14
5.4 Ventajas y desventajas del uso de gatas hidráulicas	15
5.4.1 Ventajas	15
5.4.2 Desventajas	16
5.5 Evaluación técnica	16
5.5.1 Productividad estimada	16
5.6 Aplicación práctica y resultados	19
5.6.1 Características De La Labor	19
5.6.2 Resultados	19
5.7 Comparación de Gatas Hidráulicas Vs Madera	20
5.7.1 Producción por Tajo	20
5.8 Inversión Requerida	22
5.9 Costos de Sostenimiento	23
5.10 Ahorro Estimado	24
5.11 Tasa Interna de Retorno de la Inversión	25
5.12 Conclusiones y Recomendaciones	26
5.12.1 Conclusión	26
5.12.2 Recomendaciones	27
<b>6. AHORRO POR INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA CONSUELO</b>	<b>29</b>
6.1 Antecedentes	29

6.1.1. Programa anual de Producción Consuelo	29
6.2 Evolución de las Eficiencias desde Enero a Mayo 2000	30
6.3 Planeamiento de las Operaciones de Explotación en Mina Consuelo	33
6.3.1 Objetivos	34
6.3.2 Introducción	34
6.3.3 Situación actual	35
6.3.4 Método propuesto	36
6.3.5 Tareos	41
6.4 Conclusiones y Recomendaciones	42
7. <b>OTROS AHORROS</b>	42
1. Menor Consumo de Energía	
2. Menor consumo de Explosivos	
3. Disminución de Pies perforados por Tonelada	

# **EVALUACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE COSTOS CÍA.**

## **MINERA PODEROSA**

### **1. META**

Estimar la reducción de costos de operación en la Compañía Minera Poderosa por mejora en el transporte de mineral de Mina Consuelo hacia Planta Marañón, por mecanización en la explotación de la unidad de Papagayo, y por la Mecanización y mejora de las productividades de la unidad de Consuelo.

### **2. OBJETIVOS**

El resumen mostrado a continuación es el resultado de la meta planteada, se especifica el ahorro en US\$ por tonelada calculado para cada rubro. El detalle de cómo se alcanza estos objetivos se evalúa en el desarrollo del presente trabajo.

	<b>US\$/TM</b>
1. POR TRANSPORTE EN CABLE CARRIL	3.60
2. POR MECANIZACIÓN DE MINA PAPAGAYO	2.27
3. POR INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN CONSUELO	3.89
4. OTROS	0.12
<b>5. TOTAL</b>	<b>US\$/TM 9.55</b>

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS REALIZADOS EN 1999 Y LOS PROGRAMADOS EN 2000

REALIZADO			PROGRAMADO	
1999			2000	
Centro de Gasto	US\$/tm	US\$/Onz Au	US\$/tm	US\$/Onz Au
Mina	31.44	84.36	21.89	53.83
Planta	14.05	37.71	14.01	34.45
S. Generales	14.40	38.63	16.23	39.91
Reservas	7.91	21.23	6.46	15.89
<b>TOTAL</b>	<b>67.80</b>	<b>181.93</b>	<b>58.59</b>	<b>144.08</b>

*Tabla 1. Costo comparativo 1999, 2000*

En el cuadro anterior se detalla la disminución del costo de operación, entre el realizado de 1999 y el programa de 2000 lo que representa US\$ 9.21/tm o US\$ 37.85/Onz Au en el total; en mina la disminución es de US\$ 9.55/tm y US\$ 31.53/Onz lo que sustentará con el uso del Cable carril desde la Mina Consuelo hasta la trocha de Estrella, la mecanización de la Mina Papagayo y el mayor tonelaje explotado en la Mina Consuelo. Como observaciones se puede apreciar el incremento en lo referente a Servicios Generales por efectos de considerar la repotenciación del Software y del Hardware de Poderosa; así mismo en lo concerniente al costo de reservas se tiene un costo menor por haberse programado un metraje menor a este año que es de 9,070 metros mientras que el

realizado el 1999 fue de 12,996 metros, esto debido a el mayor radio de cubicación por efecto Consuelo, ya que el radio de cubicación de Poderosa desde Enero a Marzo del 2000 es de 35.92 Tm/mt, mientras que el histórico desde 1,982 a Marzo del 2000 fue de 26.72 Tm/mt.

### 3.2 COSTO DE OPERACIÓN REALIZADO 2000

La evolución del costo realizado durante el año 2000 se muestra en la siguiente tabla:

	ENE			FEB			MAR			ABR			MAY			
	US\$	US\$/TMT	US\$/ONZ	US\$	US\$/TMT	US\$/ONZ	US\$	US\$/TMT	US\$/ONZ	US\$	US\$/TMT	US\$/ONZ	US\$	US\$/TMT	US\$/ONZ	US\$
<b>MINA</b>	429.349	24.83	65.5	481.938	31.56	78.53	448.02	28.05	60.36	484.8	30.27	67.4	435.396	25.18	57.34	2259.3
<b>PLANTA</b>	216.723	12.53	33.06	168.043	11.48	28.57	145.211	8.44	19.58	198.02	12.24	27.26	171.029	9.89	22.53	897.022
<b>S.GENERALES</b>	208.593	12.06	31.82	223.954	15.3	38.07	232.826	13.54	31.37	225.87	14.1	31.39	216.956	12.55	28.57	1108
<b>RESERVAS</b>	114.939	6.85	17.54	100.08	6.84	17.01	107.793	6.27	14.52	114.59	7.16	15.94	92.489	5.35	12.18	529.898
<b>COST. OPERACIÓN</b>	<b>969.604</b>	<b>56.07</b>	<b>147.92</b>	<b>954.015</b>	<b>65.18</b>	<b>182.18</b>	<b>933.85</b>	<b>54.3</b>	<b>125.81</b>	<b>1020.9</b>	<b>63.77</b>	<b>141.09</b>	<b>915.87</b>	<b>52.97</b>	<b>120.62</b>	<b>4794.22</b>

**Tabla II. Costo mensual Poderosa**

La diferencia entre el costo del programa anual y el realizado a Mayo 2000, es de US\$ 431,971, este ahorro se debe a algunas medidas tomadas, otras que se van a realizar, a continuación se muestran 3 medidas importantes en la reducción de costos. El Cable Carril que estará operativo en Julio, la mecanización en Papagayo y Consuelo que ya se está implementando y cuyos objetivos en productividad en mano de obra mostrados a continuación son los que se está llegando:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
<b>COST. OPER. MINA</b>	470.010	370.208	384.347	392.717	345.307	359.970	345.693	345.635	353.646	336.369	329.636	331.123	4364.663
<b>PLANTA</b>	272.261	246.461	217.516	243.529	251.224	221.120	247.543	222.629	217.511	214.958	232.224	208.034	2793.051
<b>S.GENERALES</b>	314.885	264.167	272.635	276.053	256.624	293.978	279.406	253.993	252.623	260.867	250.917	257.735	3235.883
<b>EXPL/DESA RESERVAS</b>	143.514	127.796	114.226	129.644	130.986	134.780	93.716	93.762	85.411	80.239	79.026	75.124	1288.264
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>1200.690</b>	<b>1008.632</b>	<b>988.726</b>	<b>1041.943</b>	<b>986.141</b>	<b>1009.848</b>	<b>966.358</b>	<b>916.019</b>	<b>909.193</b>	<b>892.431</b>	<b>891.805</b>	<b>870.016</b>	<b>11681.661</b>

### *III. Costo del programa anual Poderosa.*

## **4. PROYECTO CABLE CARRIL**

### **4.1 ANTECEDENTES**

Al aperturarse la Mina Consuelo en Diciembre de 1998 y al obtenerse una cubicación de reservas importante en 1999, se realizó la estimación de sus costos de transporte mineral, lo que representaba US\$ 6.18/Tm, muy por encima de costo de transporte histórico de Poderosa, esto adicionado a la topografía del terreno, decidieron por realizar la evaluación técnico – económica del transporte de mineral vía Cable Carril.

En la fase inicial de este proyecto se evaluaron 4 alternativas, siendo las ubicaciones de partida y llegada las siguientes:

1. Consuelo – Pataz
2. Cedro – RB4
3. Cedro – Vijuz
4. Cedro – Trocha Estrecha.

Adicional a los resultados económicos (Tasa interna de retorno y Valor actual neto) se tomó en cuenta el período de ejecución del proyecto y el presupuesto a ser gastado, en el caso de Consuelo – Pataz el tiempo de ejecución se

prolongaba 6 meses más por el hecho de tener que desarrollar una carretera adicional a 1.5 Km.

Lo que también representaba un incremento en la inversión y en el costo de operación; en el caso de cedro – RB4, existían problemas operacionales que incrementaban la duración del proyecto, y el problema topográfico ya que en el último tramo se generaba una pendiente positiva mayor a 30° y luego un descenso de 180 metros con 65°. En la alternativa de Cedro a Vijuz, el limitante fue el tiempo de ejecución, la mayor inversión, y la topografía del terreno al igual que en el caso anterior.

<b>Alternativas</b>	<b>TIR</b>	<b>VAN(US\$)</b>	<b>INV(US\$)</b>	<b>Periodo Ejecución (Meses)</b>
1) Cedro – Trocha	48.30%	581,560	656,411	8
2) Cedro – RB4	29.30%	321,233	809,227	12
3) Consuelo – Pataz	38.06%	252,572	707,243	14
4) Cedro – Vijuz	35.27%	254,077	833,267	12

***Tabla IV. Comparación de alternativas evaluadas para el transporte de mineral de la mina Consuelo.***

En la tabla IV, se aprecian que la alternativa I, es la de período de ejecución más corta y la de menor inversión; así mismo su tasa interna de retorno es la más alta y un mayor Valor presente neto, lo que decidió a ejecutar esta alternativa.



## 4.2 PROYECTO CABLE CARRIL: MINA CONSUELO, CEDRO-TROCHA

El Proyecto de cable Carril se desarrolla entre la zona de Consuelo, específicamente la alternativa desde el Cedro hasta la Trocha de Estrella.

Las consideraciones básicas son:

- Evaluación Económica
- Duración del Proyecto

## 4.3 UBICACIÓN FÍSICA

El punto de partida se encuentra en la cota 2,589 ubicada en la zona del Cedro y el de llegada a una cota 1,474 sobre la trocha de Estrella distanciadas 3,411 metros con una inclinación de 18°59'15”

## 4.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación presentada en este informe tanto en inversión y los costos de transporte(volquetes, locomotora y cable carril) esta reactualizada a la fecha.

El monto de inversión es de US\$ 656,411 de los cuales se invertirá US\$ 523,531 en materiales, equipos y herramientas y US\$ 132,880 en mano de obra.

El costo del sistema de cable carril es de US\$1.77/TM, siendo el costo total de transporte de bocamina Consuelo a la tolva RB4 de US\$ 2.58/TM, este incluye transporte en volquetes en un tramo de 2.2 Km y en locomotora en un Km. El costo de transportar actual hasta la planta “Marañón” es de US\$ 6.18/TM. ***Lo que permite un ahorro proyectado de US\$3.60/TM***

La tasa Interna de Retorno es de 48.8% y el valor actual neto US\$581,560. Bajo estos parámetros, el período de recuperación de la inversión se realizará en 16 meses.

El detalle del cálculo se muestra en la tabla V.

**ALTERNATIVA I  
CEDRO TROCHA**

Descripción	und	p.u.\$	cant.	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>INVERSION</b>									
Cable portante 1 1/8"	m	2,25	7,000	15,750					1,575
Cable tractor 3/4"	m	1,30	7,000	9,100					910
Baldes 400 kg	pza	2,150	46	98,900					9,890
Estacones, tensiones y torres	pza			43,475					4,347
Tolva de despacho y recepcion	pza	30,000	2	60,000					6,000
Materiales varios		49,100	1	49,100					
Obras civiles	glob	100,822	1	100,822					
Alimentador de placas	pza	19,788	1	19,788					
Chancadoras de quijadas 15"x24"	pza	34,967	1	34,967					
Instalaciones electricas		80,940	1	80,940					
Reparaciones metal mecanicas	glob	10,689	1	10,689					
Montaje	glob	132,880	1	132,880					
<b>Total Inversion</b>	<b>U\$\$</b>			<b>656,411</b>					<b>22,722</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>									
Tonelaje total	tm		1,000,000		109,500	109,500	109,500	109,500	109,500
Costo unitario volquete	U\$\$/tm-km	0,32							
Distancia	km		2,20						
Costo unitario volquete	U\$\$/tm			0,70					
Costo horario locomotora	U\$\$/hr	17,85							
Rendimiento	tm/hr		171,50						
Costo unitario locomotora	U\$\$/tm			0,10					
Costo horario cable carril	U\$\$/hr	26,58							
Rendimiento	tm/hr		15,00						
Costo unitario cable carril	U\$\$/tm			1,77					
<b>Costo Total Alternativa Cable carril</b>	<b>U\$\$/tm</b>			<b>2,58</b>					
Costo de transporte con volquete	U\$\$/tm-km	0,32							
Distancia cons-morena	km		17,39						
Costo unitario volquete	U\$\$/tm			5,54					
Costo horario locomotora	U\$\$/hr	17,85							
Rendimiento	tm/hr		28,00						
Costo unitario locomotora	U\$\$/tm			0,64					
Costo Total Alternativa Volquetes	U\$\$/tm			6,18					
<b>Ahorro</b>	<b>U\$\$/tm</b>			<b>3,60</b>					
<b>Flujo de Fondos</b>	<b>U\$\$</b>			<b>656,411</b>	<b>394,184</b>	<b>374,475</b>	<b>354,766</b>	<b>335,056</b>	<b>338,07</b>
<b>Valor Neto Actual ( invers + Ahorro)</b>				<b>581,560</b>					
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>				<b>48,80%</b>					

*Tabla V. Calculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno, para el Proyecto Cable Carril*

#### 4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El proyecto se encuentra en su etapa final, las pruebas finales se estarán realizando en el mes de Junio, y se espera su operatividad total el 1ro. De Julio de 1999.

#### 5. MECANIZACIÓN DE LA MINA PAPAGAYO

La mecanización de la mina Papagayo en labores de avance orientadas a la preparación y explotación de la Veta Karola, permitirán reducir el costo de minado en esta zona en **US\$ 1.59/TM debido a:**

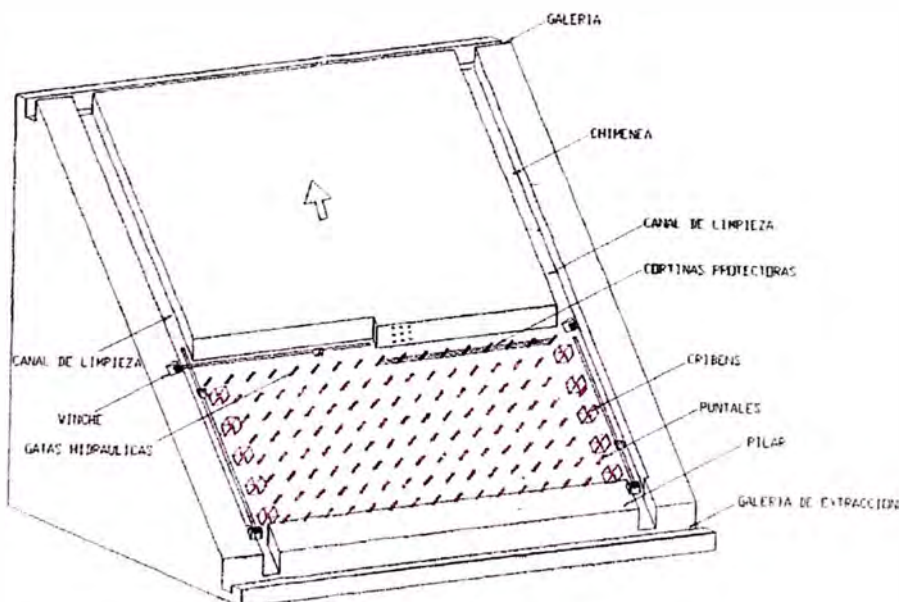
1. Accesibilidad de equipos de bajo perfil a los niveles inferiores y de materiales cuyo manipuleo actual es mediante izaje y manual.
2. Mecanización de la explotación de Papagayo, que actualmente es convencional, menor uso de madera y reducción de mano de obra. Por lo que se estima que entre el punto 1. y 2. El monto a reducir será de US\$11,000/mes o US\$0.65/tm.
3. Mejora de la productividad de la mano de obra que actualmente es de 2tm/tarea que en una primera etapa(los últimos 4 meses) se ha estimado a 4.42 tm/tarea.

<b>Set-Dic 2000</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>TMT</b>	<b>66,978</b>
Rendimiento por tarea	TAR/TMB	0.25
Rendimiento por tarea histórico	TAR/TMB	0.50
Ahorro Unitario	TAR/TMB	0.25
Costo por Tarea	US\$/TAR	10.65
Mineral Roto	TMB/MES	24,000.00
<b>Ahorro</b>	<b>US\$/MES</b>	<b>63,919</b>
<b>Ahorro</b>	<b>US\$/tm</b>	<b>0.95</b>

*Tabla VI. Ahorro adicional por mayor productividad de la mano de obra en Papagayo en los últimos 4 meses del 2000*

## 5.1 SISTEMA ACTUAL DE EXPLOTACIÓN

Actualmente en Poderosa se trabajan dos métodos de explotación, en la zona de La Lima se aplica el método de corte y relleno ascendente donde el modulado de los blocks es de 50 por 50 metros estandarizado según el buzamiento de la veta que en esta zona es mayor de 45°. Para buzamiento menores de 45° el modulado de blocks es de 50 horizontal por 80 en plano inclinado que es característico de la zona de Papagayo y donde se aplica el método de explotación denominado Franjas longitudinales (horizontales o verticales) empleado desde principios de 1997 a partir del nivel 1687 hasta el nivel 1757, (Ver figura 1 del esquema de explotación). Actualmente se está explorando desde el nivel 1467, lo que se estima cubicará 500,000 toneladas con un buzamiento promedio de 25-40°. Estas zonas reúnen las condiciones de aplicación requeridas para la implementación del sistema de gatas hidráulicas como elemento de sostenimiento, materia del presente trabajo.



**Figura 1. Método de Explotación Shortwall Mining, utilizando exclusivamente Gatas Hidráulicas.**

El ciclo de minado es el siguiente:

**Perforación y Voladura:** Se perforan taladros perpendiculares al canal de rastrillaje en una sola fase a través de un canal que inicialmente viene a ser el subnivel y que luego se va desplazando paralelamente a ésta a fin de mantener el canal de rastrillaje adyacente al corte.

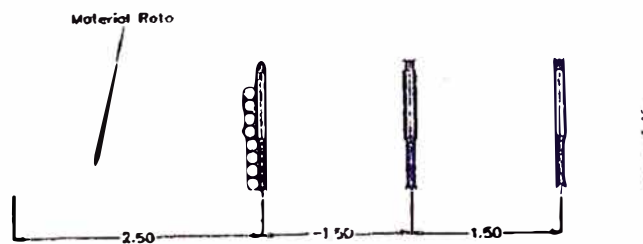
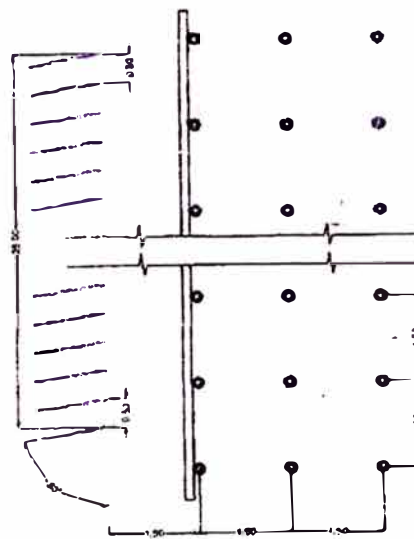
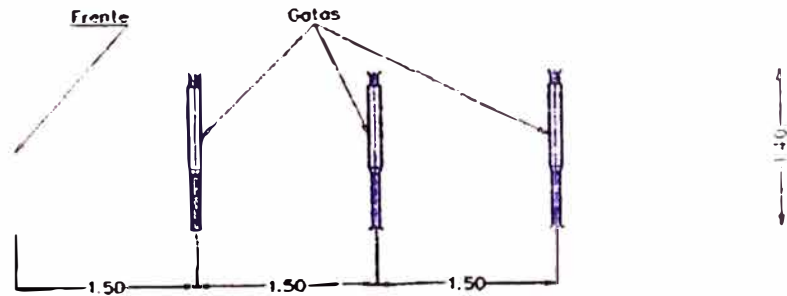
**Limpieza:** El mineral roto se limpia con winches eléctricos de rastrillaje en una sola fase a través de un canal que inicialmente viene a ser el subnivel y que luego se va desplazando paralelamente a ésta a fin de mantener el canal de rastrillaje adyacente al corte.

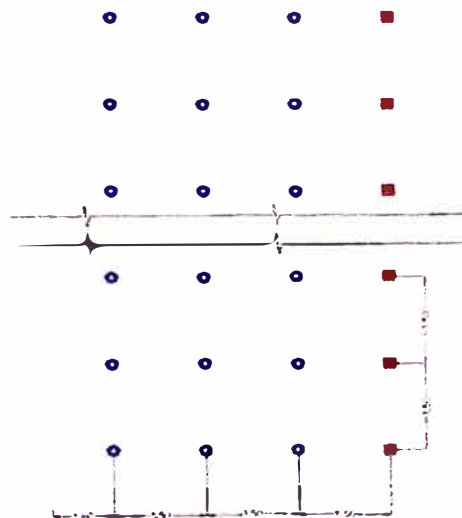
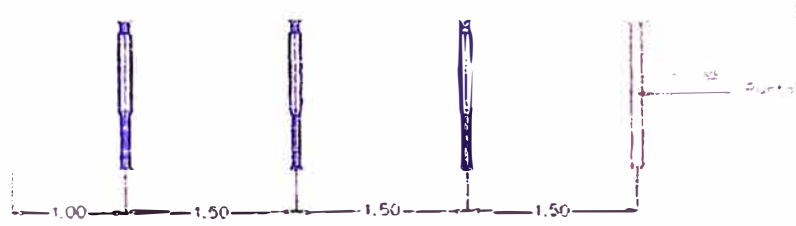
**Sostenimiento:** para el sostenimiento de los tajos se emplean puntales de madera los cuales se colocan en línea y espaciados entre 1.0 a 1.5 metros, siendo paralelas a la cara de corte. Cuando las condiciones de la roca son muy adversas o el techo encajonante presenta falsas cajas o están muy fracturadas se emplean cuadros de madera espaciados 1.5 metros y con un ancho igual. Adicionalmente como pilares de soporte se emplean cribbings de madera en las aberturas a los niveles principales y hacia las galerías, así como en las zonas en donde el tajo requiera mayor refuerzo.

## **5.2 SISTEMA PROPUESTO**

El método de explotación es el mismo que el descrito en la sección superior, la variación se encuentra en el sostenimiento, básicamente en el reemplazo de los puntales por las gatas, Para nuestro caso se realizan longitudes de corte de 25 metros la distancia de la primera fila de gatas a la corona es de 1.5 metros para luego ser protegidas del disparo el espaciamiento entre gatas es de 1.5 metros, se

realiza la instalación de gatas sucesivamente hasta obtener tres cortes que es el ciclo completo de rotación de las gatas en donde se llega a tener nuevamente una distancia a la corona de 1.5 metros. Luego de estos tres cortes se cambia la última fila de gatas por puntuales y se repite esta secuencia de operación.





## 5.3 CONDICIONES DE LA LABOR PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA

### 5.3.1 Geológicas

**Condiciones del Techo-** El techo se debe hundir y no desprenderse en lascas de tamaño inferior a la densidad de gatas por metro cuadrado. El techo más adecuado se hunde conforme avanza el sostenimiento. Sin embargo cuando un techo débil se desmorona en vez de hundirse, se deja un pilar para fortificarlo.

**Condiciones del Piso** - El piso debe ser lo suficientemente fuerte para resistir penetraciones. Esta intrusión o penetración representa un problema para el avance.

**Espesor del manto o Ancho de labor.-** La regularidad del ancho de labor es importante. Las gatas se pueden alargar por medio de sus extensiones. Sin embargo las irregularidades grandes no se pueden satisfacer. Es un inconveniente para los equipos mantener también las secciones muy bajas. por lo tanto se debe hacer un buen estudio del ancho de labor antes de escoger el método de sostenimiento adecuado. El rango de operación para este método es de 0.9 a 2.2 metros.

**Inclinación o Buzamiento del Yacimiento.-** Aunque la operación óptima se hace en yacimientos horizontales y hasta 80 de inclinación, se puede trabajar hasta en 45° de inclinación.

**Fallas.** - Las rocas del techo y del piso suelen estar cortadas por fallas, demasiadas fallas son un problema pues retardan en avance. Las fallas grandes son imposibles de cortar y se hacen necesarias nuevas obras de desarrollo. Los tajos óptimos son los grandes, con pocas o ninguna falla. de manera que cuando se trabaja sobre una corona larga esta no ofrece problemas.



**Agua en el frente.-** El agua en el frente es perjudicial y corrosiva para las gatas, bajo estas condiciones se debe drenar el tajo o se debe escoger gatas con material anticorrosivo. El agua es siempre una desventaja.

### **5.3.2 Operación Mina**

**Corte de la corona.-** El corte de la corona debe ser recta y recomendable para voladuras en tandas de 20 a 30 metros. La producción depende de la longitud de la corona a tajar y de la velocidad de avance. Estos son factores importantes en la vida del tajo y en el número de frentes de trabajo.

**Capacidad de extracción.-** El incremento en la velocidad del ciclo de minado y su mayor volumen de producción en un tiempo menor requeriría de una capacidad de extracción que satisfaga estos factores.

**Número de turnos por día.-** Para maximizar la producción, la operación en la corona debe ser continua, en la práctica dos turnos por día son bastante prácticos. Sin embargo el promedio se inclina a mantener estos 2 turnos por disparo al incrementarse el número de frentes sostenidos mecánicamente, se requiere realizar sobretiempos en mantenimientos y preparaciones.

### **5.3.3 Mantenimiento**

Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de las gatas hidráulicas en la misma labor. El mantenimiento correctivo deberá

efectuarse en los talleres de interior mina, los mismos que cuentan con las bombas y estructuras de prueba.

Es necesario verificar luego de cada disparo el estado de la válvula de ingreso de agua, en donde se debe observar que no exista fuga alguna de agua, con lo que se asevera que la gata está operativa Asimismo, se debe verificar la presión de trabajo en la gata por medio de un bombeo periódico a las gatas ya instaladas

## **5.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE GATAS HIDRÁULICAS**

### **5.4.1 Ventajas**

**Baja Convergencia.** - Los sistemas hidráulicos controlan el techo con mucha eficiencia.

**Producción alta.**- Debido a la mecanización, este sistema pueden realizar más cortes por mes que los sistemas convencionales con sostenimiento con madera. Esto incrementa la producción. disminuye el número de frentes de operación requeridas y se concentran más los trabajos mineros.

**Producción segura.**- El control efectivo del techo minimiza los accidentes causados por las caídas de lajas del techo. Los índices de accidentes en las minas europeas disminuyeron notablemente con el incremento en las 3 últimas décadas con el uso de las gatas.

**Alto rendimiento.** El rendimiento por hombre se incrementa substancialmente en comparación con el sistema convencional de sostenimiento. Ver tabla adjunta.

**Mano de obra no calificada.** Cualquiera puede colocar gatas. el sistema de instalación es sencillo.

#### **5.4.2 Desventajas**

**Costo de Capital.-** Las gatas necesitan una alta inversión de capital. Es necesario que existan tajos adecuados y con gran volumen.

**Alto costo de Mantenimiento.-** El costo de mantenimiento es mucho más alto que el costo correspondiente para el sostenimiento convencional.

**Especificaciones Geológicas.-** Las especificaciones geológicas son difíciles de satisfacer. Se presentan falsas cajas como estratos, así como un fuerte cizallamiento producido por fallas en toda dirección que hacen difícil el uso de gatas hidráulicas.

### **5.5 EVALUACIÓN TÉCNICA**

#### **5.5.1 Productividad Estimada**

En el siguiente cuadro se muestra la secuencia de trabajo para un ciclo, con lo que se proyecta el rendimiento de la mano de obra según la tabla siguiente. El promedio del rendimiento con el método convencional es de 1.8 TM/tarea y se espera alcanzar 4.42 TM/tarea.

	<b>GUARDIA 1</b>	<b>GUARDIA 2</b>
<b>PERFORACION</b> Desatado Traslada equipo Instala equipo Perforación Voladura		
<b>SOSTENIMIENTO</b> Instala gatas primera fila Traslada barricadas Instala barricadas Instala puntales Desinstala gatas última fila		
<b>SERVICIOS</b> Traslada gatas Traslada puntales de superf. Traslada puntales al tajo		
<b>LIMPIEZA</b> Desatado Instala pasteca Limpieza		

**PRODUCTIVIDAD ESTIMADA EN TAJOS**

	Und	Cant
<b>Potencia de Veta</b>	m	1.4
<b>Geometria de Corte</b>		
Densidad	tm/m3	2.85
Esponjamiento	%	0.6
Long. Taladro Efectivo	m	1.07
Angulo de corte	°	80
Corte efectivo	m	1.05
Espac. & Burden	m	0.5
N° Taladros/m2	tal/m2	4.07
Longitud de corte	m	23.5
Area de corte	m2	32.9
<b>Perforación y Voladura</b>		
N° Taladros	tal	134
Pies Perforados	pp	477
Pies Perforados/Tarea	pp/tar	150
Velocidad de perf.	pp/min	1.3
N° Hombres (2 perf. + 1 Ayd)	hom	3
Tiempo Instalación	hr	0:30
Tiempo Perforación (2 perf)	hr	4:04
Tiempo Desinstalación	hr	0:15
Tiempo Carguio	hr	1:07
Tiempo Chispeo	hr	0:05
Total Perf. & Vol.	hr	6:01
Total Tareas	tar	6
<b>Sostenimiento</b>		
Espaciamiento Gatas	m	1.5
Espaciamiento Puntales	m	1.5
Densidad de sostenimiento	s/m2	0.44
Area a sostener/corte	m2	25.1
N° Hombres (1 enmad. + 1 ayd)	hom	2
N° Gatas	Gat	11.0
N° Puntales	Pun	11.0
Tareas/gata inst.	tar/gat	0.04
Tareas/puntal	tar/pun	0.5
Tareas/gata desinst.	tar/gat	0.03
Tiempo Instal./Gata	min	3
Tiempo Desinst./Gata	min	3
Tiempo Instal./Puntal	min	40
Tiempo Instal. Gatas	hr	0:33
Tiempo Instal. Barricada	hr	0:30
Tiempo Instal. Puntales	hr	7:20
Tiempo Desinstal. Gatas	hr	0:33
Tiempo Total Sostenim.	hr	8:23
Total tareas	tar	6
<b>Limpieza</b>		
Volumen Roto	m3	35
Volumen Espnj.	m3	56
Dilución	%	0.15
Toneladas diluidas	tm	115
Cap. Winche (rastra 36")	tm/hr	12
Cap. Winche (rastra 42")	tm/hr	15
Tiempo Limpieza canal Tajo	hr	9:35
Tiempo Limpieza canal Secundario	hr	9:35
Tiempo total limpieza Tajo	hr	19:10
Tiempo Limpieza canal Principal	hr	7:40
Total tarea		10
<b>Servicios</b>		
Traslado puntales de Superficie	und	20
Traslado puntales al Tajo	und	20
Traslado gatas a nueva posición	und	11.0
Numero de hombres	hom	2.0
Total tareas	tar	4
<b>Rendimiento</b>	ton/tar	4.42

## 5.6 APLICACIÓN PRACTICA Y RESULTADOS

### 5.6.1 Características de la Labor

Mina : Papagayo

Tajo : 250

Nivel : 1727

Veta : Mercedes

Se trabajó los blocks 62-2 y 62-4; se considera como alto de labor a la potencia sin diluir, los resultados fueron de 1.39 metros con una sobre rotura que nos da como alto de labor promedio 1.57 metros para el frente de la labor. Sin embargo, esto se controló con una perforación y voladura adecuadas y un sostenimiento oportuno. Se recomienda hacer la perforación con barrenos de 4' a fin de tener una menor probabilidad de afectar la caja techo en coronas con tendencia de reducción de potencia o inflexiones en el buzamiento. El sistema de explotación se realizó por franjas longitudinales.

### 5.6.2 Resultados

MINA	VETA	NIVEL	LABOR	TMB	TAREAS	TMB/TAR
PP	MERC	1727	TJ 230	1.090	463	2.36
PP	MERC	1727	TJ 210 62 1	2.300	760	3.02
PP	MERC	1727	TJ 350 51 1	3.292	1,156	2.85
<b>TOTAL</b>				<b>6,681</b>	<b>2,379</b>	<b>2.81</b>

**Tabla VII. Resultados tajos piloto.**

Los resultados de campo indicaron que en los tres primeros meses se alcanzó un rendimiento de 2.81 TM/tarea. Mejorando en un 56% el rendimiento en las labores trabajadas normalmente en madera que varía actualmente de 1.6 a 18 TM/tarea.

## **5.7 COMPARACIÓN DE GATAS HIDRÁULICAS VS MADERA**

### **5.7.1. Producción por Tajo**

La siguiente tabla muestra el rendimiento en toneladas mensuales que se puede alcanzar mediante la utilización de las gatas, la mayor ventaja es la rapidez de instalación lo que permite efectuar un ciclo de sostenimiento en un tiempo que es el 10% de lo que haría en puntales.

## COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN POR TAJO

### SEGÚN EL METODO DE SOSTENIMIENTO

#### Datos

Potencia de Veta	1.39 mts
Alto de Labor	1.57 ton/m <sup>3</sup>
Peso Específico	2.85 ton/m <sup>3</sup>
Esponjamiento	60%
Nº Taladros/m <sup>2</sup>	4.07
Dilución	15%
Horas efectivas por guardia	4
Distancia entre puntales y/o cuadros y/o gatas	1.5 mts

CICLO DE MINADO	Unid	Cuadros	Puntales	Gatas H.
<b>PERFORACIÓN Y VOLADURA</b>				
LONGITUD DE TALADRO	mts	1.07	1.07	1.07
Nº DE TALADROS	u	15	15	15
PERF. POR DISPARO	mts	160.25	160.25	160.25
LONGITUD DE CORTE	mts	23.5	23.5	23.5
AREA DE CORTE	mt2	36.90	36.90	36.90
VOLUMEN IN SITU/DISP	mt3	39.36	39.36	39.36
VOLUMEN DISPARADO/CICLO	mt3	62.98	62.98	62.98
TONELAJE DISPARADO/CICLO	ton	140.22	140.22	129.00
TIEMPO DE PERF Y VOLADURA	hr	5.50	5.50	5.50
Nº GUARDIAS/CICLO	u	1.375	1.375	1.375
<b>LIMPIEZA (WINCHE FF212)</b>				
RASTRA	mt3	0.255	0.255	0.255
LONGITUD PROMEDIO	mts	50	50	50
RENDIMIENTO	tm/hr	12	12	12
TONELAJE EXTRAIDO/GDIA	tm	48	48	48
Nº GUARDIAS/CICLO	u	2.92	2.92	2.69
<b>SOSTENIMIENTO</b>				
ESPACIAMIENTO	mts	1.5x1.5	1.5x1.5	1.5x1.5
AREA EXPUESTA/CICLO	mt2	25.07	25.07	25.07
AREA INFLUENCIA/SOST.	mt2	2.25	2.25	2.25
REQUERIMIENTO	u	11.14	11.14	11.14
RENDIMIENTO/GDA	u	2	4	40
Nº GUARDIAS/CICLO	u	5.57	2.79	0.28
<b>PRODUCCIÓN POR CICLO</b>				
Nº GUARDIAS PREFORACIÓN/CICLO	u	1.375	1.375	1.375
Nº GUARDIAS LIMPIEZA/CICLO	u	2.92	2.92	2.69
Nº GUARDIAS EN MADERADO/CICLO	u	5.57	2.79	0.28
TOTAL GDIA/CICLO	u	9.87	7.08	4.34
<b>PRODUCCIÓN POR TAJO</b>				
Nº GUARDIAS/MES	u	60	60	60
Nº CICLOS/MES	u	6.08	8.47	13.82
TMD/CICLO	u	140.22	140.22	129.00
<b>TMD/MES</b>		<b>852.63</b>	<b>1188.00</b>	<b>1782.98</b>



## 5.8 INVERSIÓN REQUERIDA

Para una producción mensual se puede simular sobre variaciones mensuales de tonelaje, la inversión requerida varía según la producción mensual que se estime reúne las condiciones apropiadas para el uso de las gatas hidráulicas, debido al alto costo de capital es indispensable cumplir con las condiciones geológicas y de operación requeridas. En nuestro caso particular y para hacer una evaluación estimada sobre un tonelaje exacto lo evaluaremos sobre el tonelaje extraído en un ciclo completo bajo este sistema que es de 1783 toneladas diluidas.

### INVERSIÓN EN GATAS HIDRÁULICAS

DESCRIPCIÓN	UNID	P.UNIT. (US\$)	CANT.	TOTAL
BOMBA Y ACCESORIOS	PZA	1,228.2	3	3,684.64
CABEZALES	PZA	23.0	50	1,148.57
EXTENSIÓN P/GATAS 200MM	PZA	30.4	20	608.64
EXTENSIÓN P/GATAS 300MM	PZA	33.4	20	667.57
EXTENSIÓN P/GATAS 500MM	PZA	40.7	20	813.00
GATAS HIDRÁULICAS	PZA	376.3	50	18,812.50
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>				<b>25,734.93</b>

Si tenemos en cuenta que se utilizó 15 gatas por corte y que se realizan tres cortes para reemplazar las gatas por puntales tenemos que en nuestro caso se utilizó 50 gatas por ciclo: la inversión requerida analizada para el tonelaje extraído en un ciclo de minado es la siguiente:

## 5.9 COSTOS DE SOSTENIMIENTO

El precio de cada gata es de US\$ 376.3 puesta en mina, el precio de cabezales y extensiones es el que se indica en la siguiente tabla. El costo de repuestos y reemplazo de gatas por pérdida se estima en 20% por año del valor de las gatas. En la siguiente tabla se demuestra la variación entre el costo de sostenimiento entre cuadros, puntales y gatas más puntales; se ha considerado que para el caso de explotación con gatas hay que colocar puntales para la posterior recuperación de las gatas; tal como se explicó anteriormente cada tres cortes se reemplaza la última fila de gatas por puntales, adicionalmente a esto hay que considerar el costo de mantenimiento de las gatas, este costo se considera un 20% del valor su valor de adquisición por año, en nuestro caso consideramos una vida útil de las gatas de 5 años y que anualmente el costo de mantenimiento por gata se eleva en un 5% adicional.

### COMPARACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN POR TAJO SEGÚN EL METODO DE SOTENIMIENTO

#### Datos

Costo de madera aserrada(8"x8"x10")	0.369US\$/pie <sup>2</sup>
Cuadro	80.00 pie <sup>2</sup>
Pie <sup>2</sup> madera	2.62 kilos
Costo madera redonda (puesto en bocamina)	56.86 US\$/ton
Peso redondo 6" x 10	42 kg

CALCULO POR CICLO	Unidades	Cuadros	Puntales	Gatas+Punt.
TMD/CICLO	tmd/ciclo	140.22	140.22	129.00
Nº DE ELEMENTOS DE SOST. POR CICLO	unid/ciclo	11.14	11.14	11.14
CANTIDAD DE MADERA POR CICLO	ton	2.34	0.234	0.234
COSTO INSTALACIÓN	US\$/tmd	2.93	0.73	0.86
COSTO DE MANTENIMIENTO CON GATAS	US\$/tmd			0.18
COSTO DE MADERA EN MINA	US\$/tmd	0.37	0.1	0.10
COSTO DE SOSTENIMIENTO	US\$/tmd	3.29	0.83	1.14

## 5.10 AHORRO ESTIMADO

El ahorro más considerable está determinado por el incremento de ciclos por unidad de tiempo debido a la fácil instalación de las gatas de acuerdo a la tabla de producción estimada del tajo piloto se llegaría a 4.42 ton/tarea; considerando sólo el resultado de los tres primeros meses de aplicación de las gatas tenemos:

### AHORRO POR MANO DE OBRA

Rendimiento actual con madera	tar/ton	0.56
Rendimiento actual con gatas	tar/ton	0.36
Tareas Hom-día ord	tareas	1.65
Jornal Promedio (tarea)	US\$	11.35
Ahorro	tar/ton	0.20
Ahorro	US\$/ton	2.27

En el caso de utilizar como rendimiento con las gatas de 4.42 se alcanza un ahorro por tonelada de 359 US\$/ton , valor que utilizado en el flujo de fondos generaría una alta rentabilidad.

Producción Mensual		17000	Tmd		
Espaciamiento entre gatas			1.5	1.65	1.8
Consumo actual vs Estimaciones Futuro	%Tmd Mral.	Tmd Mral	Toneladas de Madera		
Consumo Actual con Cuadros	60%	10,200	232	232	232
Consumo Actual con Puntales	40%	6,800	24	20	16
<b>Total</b>			<b>256</b>	<b>252</b>	<b>248</b>
Consumo Futuro con Cuadros	50%	8,500	193	193	193
Consumo Futuro con Gatas y puntales	50%	8,500	30	24	21
<b>Total</b>			<b>223</b>	<b>217</b>	<b>214</b>
Ahorro TM madera			33	34	34
<b>%de Ahorro en Madera</b>			<b>12.80%</b>	<b>13.42%</b>	<b>13.90%</b>
Consumo Futuro con Cuadros	40%	6,800	154	154	154
Consumo Futuro con Gatas y Puntales	60%	10,200	36	29	24
<b>Total</b>			<b>190</b>	<b>184</b>	<b>179</b>
Ahorro TM madera			65	67	69
<b>% de Ahorro en Madera</b>			<b>25.60%</b>	<b>26.84%</b>	<b>27.81%</b>
Consumo Futuro con Cuadros	20%	3,400	77	77	77
Consumo Futuro con Gatas y puntales	80%	13,600	47	39	35
<b>Total</b>			<b>125</b>	<b>116</b>	<b>110</b>
Ahorro TM madera			131	135	138
<b>% de Ahorro en Madera</b>			<b>51.21%</b>	<b>53.68%</b>	<b>55.62%</b>

Existe otro beneficio adicional a este ahorro, pero se espera mayores resultados para cuantificarlo y es el ahorro por un menor consumo de madera de acuerdo al porcentaje de la producción.

En el año 1998 se adquirió 200 gatas adicionales con lo que el estimado producido por explotación mediante el sistema de gatas fue de 4,260 Tm o el 25% de la producción con lo que se espera llegó a un ahorro de madera de 13% del actual tonelaje.

### 5.11 TASA INTERNA DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

La evaluación de la tasa interna de retorno se ha realizado para un volumen de producción equivalente al ciclo de minado que se va a lograr con las primeras cincuenta gatas adquiridas por la mina Poderosa.

#### Flujo de Fondos Gatas vs Puntales

Descripción	UND	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Capacidad Producción</b>			21,396	21,396	21,396	21,396	21,396
Costo de Operación Gatas+Puntales	US\$/TM		1.14	1.19	1.23	1.28	1.32
Costo Operación Puntales	US\$/TM		0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Total Costo Adicional	US\$/TM		0.32	0.36	0.40	0.45	0.49
Total Ahorro Tareas	US\$/TM		1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Ahorro	US\$/TM		1.12	1.08	1.03	0.99	0.94
Ahorro	US\$/TM		23,950.33	23,009.58	22,068.83	21,128.08	20,187.33
Flujo de Fondos		-25,734.93	23,950.33	23,009.58	22,068.83	21,128.08	20,187.33
<b>VNA</b>	<b>Us\$</b>	<b>42,711</b>					
<b>TIR</b>	<b>%</b>	<b>86%</b>					

Si tenemos en cuenta que la vida útil estimada de las gatas es de 5 años, con un ahorro anual aproximado según se observa en la tabla y una inversión de 25,734 US\$ en el año cero, la tasa interna de retorno será de 86%.

Para una productividad de 4.42 tn/tarea la tasa interna de retorno es de 159% y el valor actual neto de US\$ 94,448.

## **5.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.12.1. Conclusiones**

1. Disminución de la cantidad de personal o aumento de producción debido a la mayor velocidad en el ciclo de minado, dados los rendimientos estimados de capacidad de instalación que son 40 gatas/guardia, 4 puntales/guardia y 2 cuadros/guardia.
2. También permitirá disminuir el número de perforadoras y winches, ya que la producción mensual por cada ala de explotación será de 1,783 TM/mes, versus los 1188 TM/mes que obtienen cuando se emplean puntales y los 853 TM/mes cuando se emplean cuadros.
3. Menor dependencia de la madera, cuyo abastecimiento resulta crítico sobre todo en la época de lluvias cuando las carreteras y vías de acceso a los bosques se deterioran.
4. Dado que el sistema de gatas es posible instalarlo próximo a la cara de corte y es de rápida instalación, se tendrá un mejor control de la dilución, para ello la voladura deberá ser adecuada. Adicionalmente hay un ahorro que no hemos considerado en la evaluación económica debido a que se espera mayores resultados de pruebas en el campo y es que la dilución para el tajo piloto fue del orden del 15% que comparado con el promedio actual de Poderosa del orden del 23%, generaría ahorros en limpieza, transporte y tratamiento.

5. El uso de gatas hidráulicas excede de lejos los límites generados por el soporte convencional, sin ningún efecto destructivo por parte del techo inmediato. La convergencia entre el techo y el piso en el minado convencional de dos pilares es en promedio 3.3 centímetros y esto es suficiente para que el techo colapse. En el sostenimiento con gatas, la máxima convergencia detectada es de más de 20 centímetros y el promedio en ocho lugares es de 6.24 centímetros, sin ninguna ruptura o significativas rajaduras en el techo. Es decir, el sostenimiento activo que se consigue mediante el uso de las gatas permite controlar mayores esfuerzos acumulados en el techo.

### **5.12.2 RECOMENDACIONES**

1. Se pueden realizar cortes más largos cuando se usan gatas hidráulicas como soporte. Asimismo caras más anchas de trabajo, y esta es menos obstruida y puede ser mantenida en condiciones de trabajo apropiadas, manteniendo a los trabajadores en condiciones seguras de trabajo
2. Cuando el techo se mantiene intacto por largo tiempo la oportunidad de un relleno posterior se mantiene intacta, en caso que se requiera, esto es importante en zonas en donde exista una labor cercana a una zona de subsidencia de superficie.
3. Los sistemas hidráulicos controlan el techo con mucha eficiencia se ha observado que adicionalmente al cambio de longitud de perforación al que ha llevado este sistema (la perforación en tajos

con barrenos de 6' o 8' producía una sobrerotura en el techo de la labor, actualmente se realiza con barrenos de 4' pero con mayor longitud de corte de corona) puede controlar el plano de rotura de manera casi lisa.

4. Iniciada la mecanización en el sostenimiento, los sistemas pueden desarrollar mayores tonelajes en el mismo número de guardias que en el sostenimiento con madera: un 50% mayor que en el caso de tajo con puntales y 110% más que en el caso de cuadros al mes. Esto incrementa la producción, disminuye el número de frentes de operación requeridas y se concentran más los trabajos mineros.
5. El control efectivo del techo **minimiza** los accidentes causados por las caídas de lajas del techo, el apoyo y la rapidez de instalación de las gatas (3 minutos) en zonas riesgosas tenderá a disminuir los índices de accidentes Estadísticamente en las minas europeas disminuyeron notablemente con el incremento en las 3 últimas décadas con el uso de las gatas.
6. El rendimiento por hombre se incrementa substancialmente en comparación con el sistema convencional de sostenimiento. Según los primeros resultados en tajos el rendimiento se eleva de 1.8 TM/tarea a 2.36 TM/tarea (además el uso de mano de obra no calificada es más provechoso; cualquiera puede colocar gatas, el sistema de instalación es sencillo). Se espera llegar a 4.42 TM/tarea.

7. Las gatas necesitan una alta inversión de capital. Por lo que se recomienda trabajar en tajos que reúnan las condiciones de aplicación adecuadas y con gran volumen a producir.
8. El costo de mantenimiento es mucho más alto que el costo correspondiente para el sostenimiento convencional, este punto se puede disminuir con un adecuado manipuleo de las gatas en interior mina y con la protección adecuada al momento del disparo.

## 6 AHORRO POR INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MINA CONSUELO

### 6.1 ANTECEDENTES

#### 6.1.1 Programa Anual de Producción Consuelo

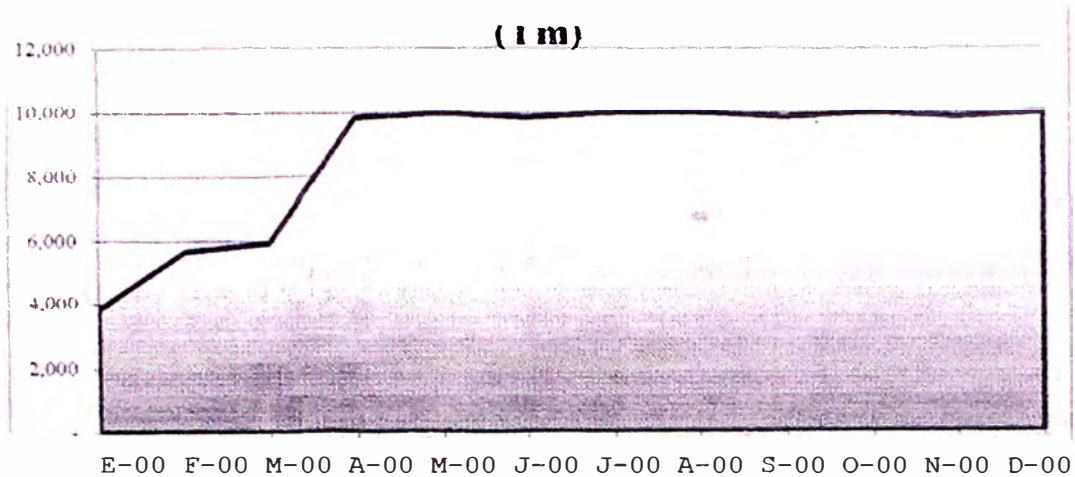
Tratamiento Mensual (en toneladas métricas)													
Mina	Total	Ene00	Feb00	Mar00	Abr00	May00	Jun00	Jul00	Ago00	Set00	Oct00	Nov00	Dic00
La Lima	19,202	6,585	5,627	6,990									
Papagayo	75,383	6,048	3,705	4,000	6,650	7,006	6,650	7,006	7,006	6,650	7,006	6,650	7,006
Consuelo	104,809	3,866	5,673	5,921	9,817	10,016	9,817	10,016	10,016	9,817	10,016	9,817	10,016
Pataz	63,450	4,230	4,230	4,230	5,640	5,640	5,640	5,640	5,640	5,640	5,640	5,640	5,640
<b>Total</b>	<b>362,844</b>	<b>20,729</b>	<b>19,235</b>	<b>21,141</b>	<b>22,107</b>	<b>22,662</b>	<b>22,107</b>	<b>22,662</b>	<b>22,662</b>	<b>22,107</b>	<b>22,662</b>	<b>22,107</b>	<b>22,662</b>
<b>LL+PP+CO</b>	<b>199,394</b>	<b>16,499</b>	<b>15,005</b>	<b>16,911</b>	<b>16,467</b>	<b>17,022</b>	<b>16,467</b>	<b>17,022</b>	<b>17,022</b>	<b>16,467</b>	<b>17,022</b>	<b>16,467</b>	<b>17,022</b>

**Tabla VIII. Programa de producción mensual de 2000 por Minas**

En la tabla VIII se observa el incremento de la producción de la mina Consuelo la cual se triplica de Enero a Diciembre de 2000



## Producción mensual Mina Consuelo 2000



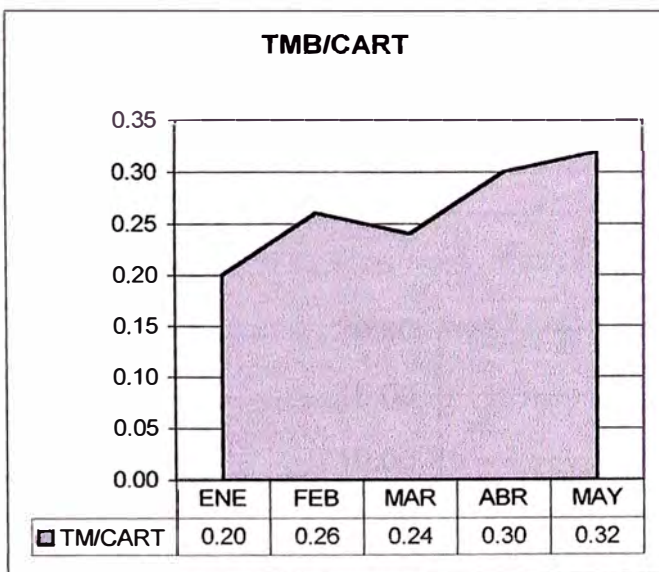
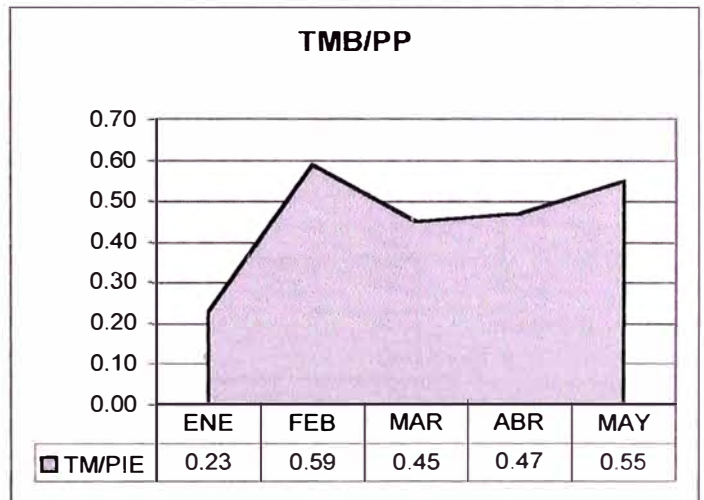
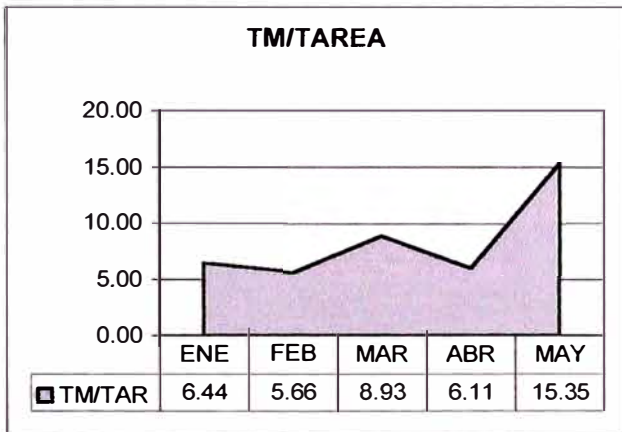
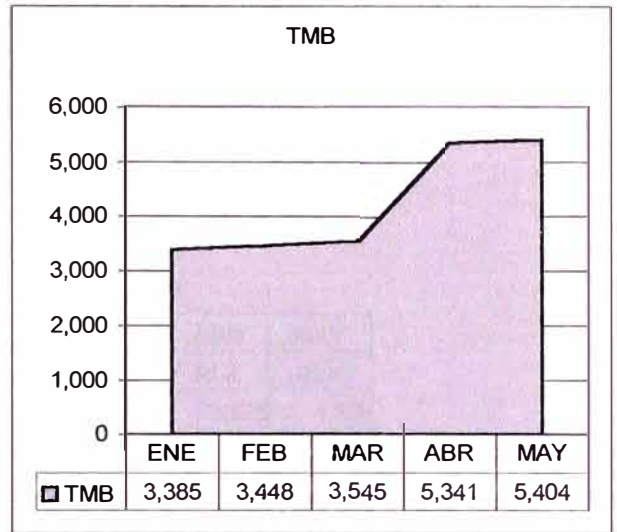
**Gráfico 1. Evolución de la producción de Consuelo 2000**

### 6.2 EVOLUCIÓN DE LAS EFICIENCIAS DESDE ENERO A MAYO 2000

Las eficiencias de Consuelo se han desarrollado según se muestra a continuación:

## Eficiencias en Explotación Mina Consuelo Enero – Mayo 2000

MIN	Datos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
		RLZ	RLZ	RLZ	RLZ	RLZ
CO	TMB	3,385	3,448	3,545	5,341	5,404
	R_PP	14,925	5,852	7,951	11,313	9,912
	R_DNMT	9,232	2,717	3,110	4,507	2,500
	R_ANPO	952	1,349	1,466	1,689	1,783
	R_CART	16,848	13,509	14,835	18,019	16,764
	R_TARE	526	610	397	875	352
	TM/PIE	0.23	0.59	0.45	0.47	0.55
	TM/CART	0.20	0.26	0.24	0.30	0.32
	TM/TAR	6.44	5.66	8.93	6.11	15.35



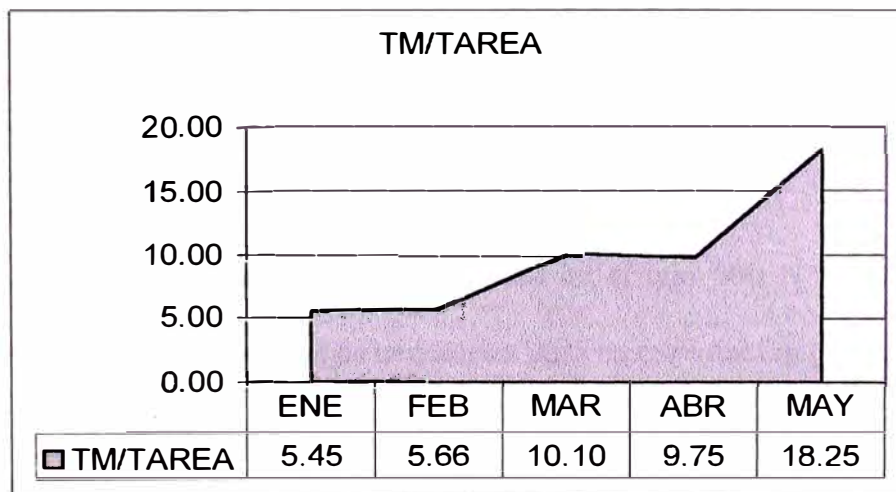
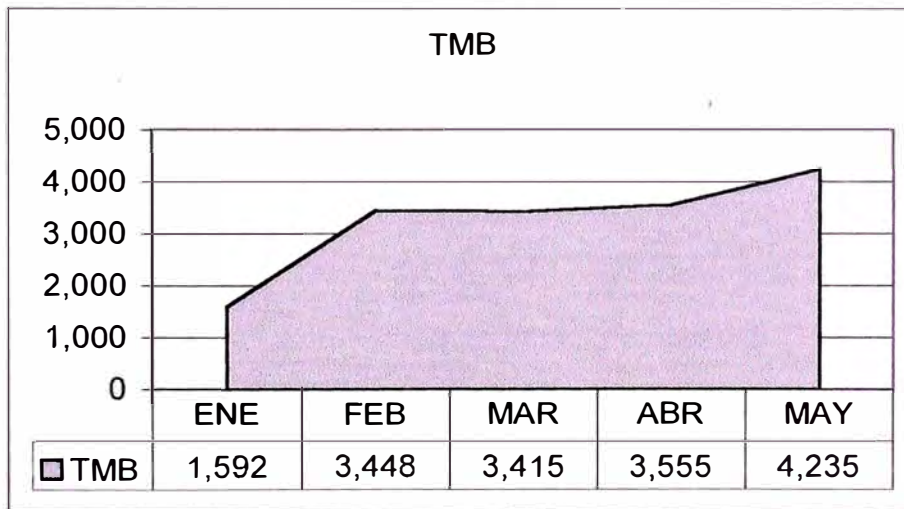
### LEYENDA

- TMB = Tonelada métrica bruta
- R\_PP = Pies Perforados
- R\_DNMT= Dinamita
- R\_ANFO = Anfo
- R\_DN+ AN= Dinamita + equivalente de anfo
- R\_TAR= Tareas
- TMB/PP = tonelada bruta/PIE PERF.
- TMB/CART = tonelada bruta/CART
- TMB/TAR = tonelada bruta/TAR

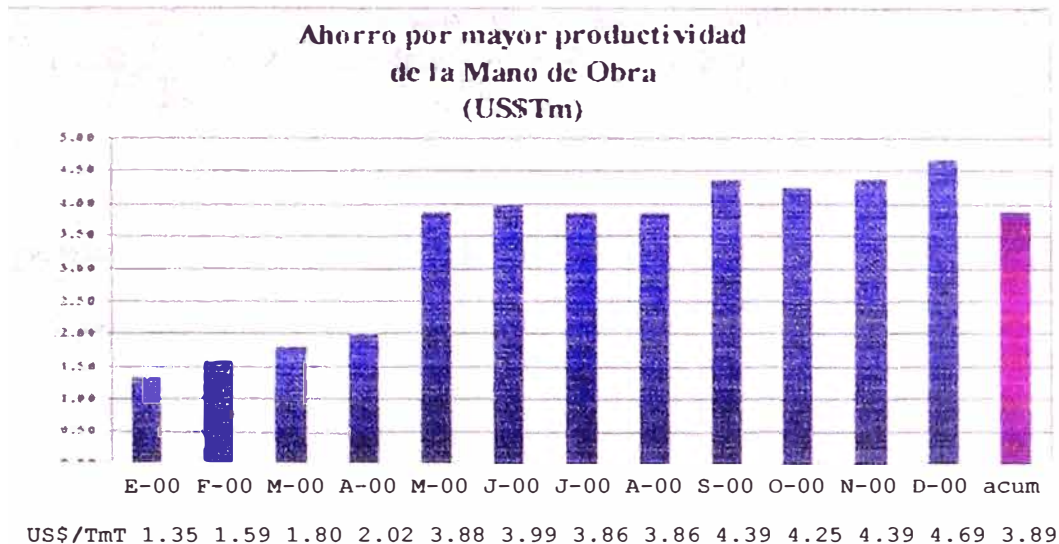
El Objetivo de la aplicación de un planeamiento de las Operaciones en explotación Consuelo es alcanzar las 35.34 toneladas por tarea en labores de las características del Tajo 500, sólo en el tajo 500 se han alcanzado los siguientes rendimientos:

### Detalle de Mineral Roto Tajo 500

MN	NIVEL	LABOR	Datos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
				RLZ	RLZ	RLZ	RLZ	RLZ
CO	2652	TAJO 500	TMB	1,592	3,448	3,415	3,555	4,235
			R_PP	5,281	5,852	7,116	7,132	7,705
			R_DNMT	2,554	2,717	2,560	2,269	1,600
			R_ANFO	401	1,349	1,466	1,284	1,450
			R_CART	5,762	13,509	14,285	12,541	13,200
			R_TARE	292	610	338	365	232
			PP/TMB	0.30	0.59	0.48	0.50	0.55
			CART/TMB	3.62	3.92	4.18	3.53	3.12
			TRS/TMB	0.18	0.18	0.10	0.10	0.05
			TM/TAREA	5.45	5.66	10.10	9.75	18.25



El efecto de este aumento de producción, la mayor potencia de la veta y su continuidad, aumentan las eficiencias y la productividad por mano de obra teniéndose un proyectado de ahorro acumulado en el año de US\$ 3.89/TM



**Gráfico 2. Ahorro por mayor productividad de la Mano de Obra en Poderosa (EFECTO MINA CONSUELO)**

El sustento de este aumento de productividad en la mina Consuelo se desarrolla a continuación.

### **6.3 PLANEAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE EXPLOTACIÓN EN MINA CONSUELO**

El presente informe presenta dos propuestas de planeamiento de operaciones de explotación mecanizada en la mina Consuelo. La primera se sustenta en la programación de las operaciones en el tajo 500 N y S ; y la segunda en la programación simultánea de operaciones en el tajo 500 N - S y 75 S, cuando este presente las condiciones necesarias para su explotación (rampa de acceso).

### 6.3.1. OBJETIVOS

- Establecer estándares del ciclo de minado con corte y relleno ascendente mecanizado.
- Mejorar los índices de productividad hasta ahora alcanzados en la mina consuelo con el método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado. (tm/tar, pp/tm, cart/tm, etc)
- Sentar las bases para la implementación de un sistema de bonificación por incremento de productividad

### 6.3.2. Introducción

Un método de trabajo con un elevado grado de mecanización, tiene que ser sumamente productivo tanto en términos de volumen de producción como en resultados económicos.

Una función del control de la producción que debe ser cuidadosamente revisada para un mejoramiento, es la programación de la producción. Podemos ahorrar mucho tiempo y dinero programando en sucesión adecuada, las actividades del ciclo de minado en varios tajos de explotación, por ejemplo para los tajos 500 y 75 del nivel 2650.

En el planeamiento, las ventajas de la estandarización se ven mejoradas cuando **minimizamos** los tiempos muertos. Una técnica utilizada

frecuentemente para que el obrero no pierda de vista la sucesión de las actividades es que cada uno de ellos conozca el método de trabajo y estándares de materiales e insumos. Coordinando anticipadamente con el jefe de guardia en caso de que dicho método tenga variantes bajo ciertas condiciones.

Es obvio que éste sistema permite mantener al trabajador y al equipo, siempre ocupados, evitando que se tenga que buscar al capataz o jefe de guardia para la siguiente asignación de trabajo.

En conclusión lo que aquí se intenta es usar el planeamiento, para la racionalización del recurso humano, maquinaria, materiales e insumos y una calidad de producto; mediante el planeamiento, programación y control de la producción.

### **6.3.3. Situación Actual**

1. **Método de trabajo:** el método consiste en acumular taladros en lo posible e interrumpir la perforación cada vez que sea necesario para obtener un volumen de producción La deficiencia principal de este método es que no se puede lograr una secuencia de operaciones, generando esto tiempos muertos innecesarios lo cual se ve agravado por lo defectuoso de los empalmes de agua y aire comprimido. Un punto en donde se ha mejorado notablemente es en la limpieza en donde ya se ha definido el echadero de mineral, CH OP1;

anteriormente se cargaba directamente a los Grambys, se almacenaba en la cámara, se descargaba en el echadero o se usaba una combinación de dos o más de estos procedimientos.

2. **Tareos:** actualmente la asignación de tareas al trabajador está en función a las actividades que desempeña esto es: perforación, voladura, sostenimiento, limpieza y relleno, no tomando en cuenta de una manera directa el producto final:

TM de mineral; es mas no corresponde a estándares de trabajo lo que se ve agravado por el bajo salario base que tiene que ser compensado con una asignación mayor, por ejemplo 8.4 hr es decir 1.5 tareas en una jornada de 8 hr.

3. **Productividad.-** A continuación se presenta la productividad obtenida desde enero a mayo de 2000 de la Mina Consuelo.

#### **6.3.4. MÉTODO PROPUESTO**

El método de trabajo propuesto presenta básicamente dos mejoras:

1. La programación y el aprovechamiento de la simultaneidad que pueden tener algunas de las operaciones del ciclo de minado.
2. En los últimos días los ingenieros y técnicos de perforación y voladura han diseñado una nueva malla de perforación. la cual está dando buenos resultados de fragmentación en el tajo 500.

<b>Descripción</b>	<b>Malla actual</b>	<b>Nueva Malla</b>
Burden	0.8	1.0
Espaciamiento	0.9	1.2
Nº taladros, 100m de veta	219	106
Tiempo de perforación hr.	14.57	7.42
Anfo Kg	656	318
Tiempo de voladura, hr	9.75	5.08
<b>Ahorro, hr</b>		<b>11.82</b>

*Tabla 5. Mejora de Malla*

## **METODO DE TRABAJO TAJO 500 N y S**

A continuación se describe la secuencia de operaciones que están graficadas en el diagrama de gantt nº 1.

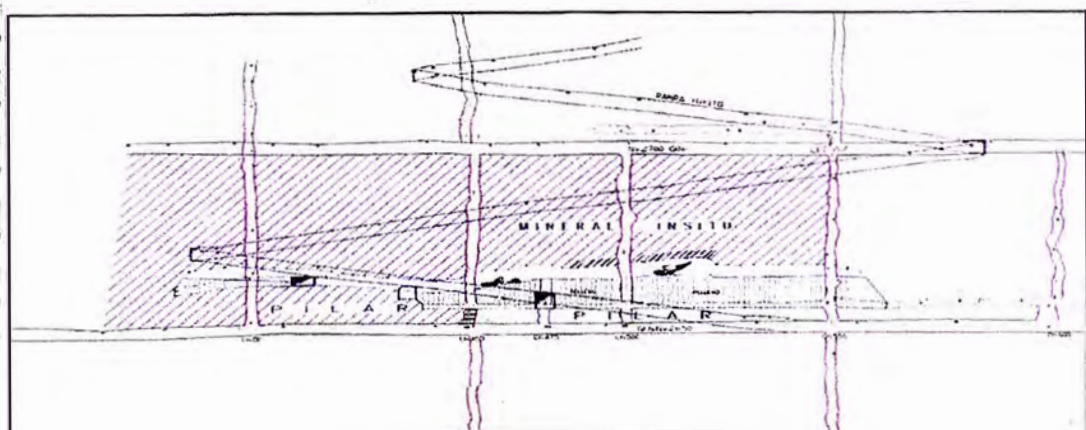
1. La perforación se efectuará con un Jumbo Boomer H -104 de un brazo, COP 1238 y diámetro de taladro de 45 mm.
2. La tanda de perforación es de 106 taladros de 11 pies de largo cada uno. Este trabajo se realiza en 7.42 horas.
3. Después de 5 horas de iniciada la perforación, se iniciará el carguío de 33 taladros, lo que durará 2.02 horas y serán disparados al finalizar la primera guardia. Paralelamente a este trabajo el jumbo continuará con la perforación y se retirará antes del disparo.
4. El sostenimiento se inicia a primera hora de la segunda guardia, y tendrá una duración de 8 horas.
5. La limpieza hacia la CH OPI se hará en las 3 últimas horas de la 2da guardia y continuará durante toda la tercera guardia.



6. La cuarta guardia será exclusivamente de recuperación de finos y de carguío de los taladros restantes, que serán disparados a fin de guardia.
7. La quinta guardia será exclusivamente para sostenimiento.
8. La sexta guardia será para sostenimiento y limpieza simultáneamente.
9. La séptima guardia y las 5 primeras horas de la octava serán para limpieza.



10. Las 6 horas finales de la octava guardia y toda la novena guardia serán para recuperación de finos.
11. Finalmente el relleno comprenderá la 10, 11, 12 guardias y 1/2 guardia de la treceava. Logrando así el primer corte a lo largo de 100 m de tajo.



**ESTANDAR DE MANO DE OBRA, MATERIALES Y EQUIPO**

PARAMETROS	UNID	TJ 500	** TJ 75
potencia de veta	m	2.5	2.5
longitud	m	100	50
ángulo de corte	°	48	48
altura de corte	m	2.9	2.9
key	gr-Au / tm	21	10
<b>PRODUCCION</b>			
tiempo ciclo	hr / corte	112	128
tiempo disponible	hr / gda	9	9
guardias ciclo	gda / corte	13.00	14.22
ciclos	ciclo / mes	4.62	4.22
producción	tm / mes	10,027	3,208
<b>PRODUCTIVIDAD</b>			
taladro	tm/tal	20.46	7.07
guardia	tm/gda	167	53
corte	tm/corte	2,173	760
factor de potencia	kg-Anfo / tm	0.15	0.42
pies perforados	pp / tm	1.11	1.52
mano de obra	tm / tur	35.34	35.34
costo	us\$ / tm	11.95	11.95
<b>CICLO DE MINADO</b>			
<b>Perforación</b>			
mano de obra	bomb.	1	1
equipo	jumbo H-104	jumbo H-104	
burden	m	1	0.8
espaciamiento	m	1.2	0.9
n° taladros	tal	106	108
longitud de taladro	pies	10.78	10.78
díametro	cm	4.5	4.5
tiempo ciclo	hr	7.42	7.50
<b>Voladura</b>			
mano de obra		2	2
volumen de carga	cm <sup>3</sup> / tal	3484	3484
densidad del anfo	gr / cm <sup>3</sup>	0.861	0.861
cantidad de anfo	kg	318	323
emulsión	cart	106	108
fulminante n° 6	pza	106	108
iniciación	línea	línea	
mineral coto	tm	2173	950
fragmentación	pulg	<= 15	<= 15
tiempo ciclo	hr	5.08	4.97
<b>Sostentamiento</b>			
mano de obra	bomb.	2	2
tipo de sostenimiento	pernos 7	pernos 7	
area a sostener	m <sup>2</sup>	410	205
espaciamiento pernos	m	1.5	1.5
n° pernos	pza	182	91
tiempo ciclo	hr	23	12
simultaneidad	%	40	40
<b>Limpieza</b>			
mano de obra		3	3
equipo	scoop 3.5Yd <sup>3</sup>	scoop 3.5Yd <sup>3</sup>	
capacidad	tm	3.63	3.63
distancia de acarreo	m	80	80
tiempo ciclo	hr	11.38	13.73
recuperación de finos	hr	9.95	10.08
<b>Relevo</b>			
mano de obra	bomb.	2	2
equipo	scoop 3.5Yd <sup>3</sup>	scoop 3.5Yd <sup>3</sup>	
volumen a rellenar	m <sup>3</sup>	725	363
distancia de acarreo	m	120	150
tiempo ciclo	hr	29.85	14.59

\*\* En simultáneo con el tajo 500

## TIEMPOS DE EQUIPOS TRACKLESS

### PARAMETROS

EQUIPO	UNID	CANT.
<b>Jumbo Boomer H - 104</b>		
perforadora	COP 1238	1
barra	pies	12
potencia	kw	50
diámetro de taladro	mm	45
long. Nominal	pies/tal	11
long. Real	pies/tal	10.78
rendimiento	tal /hr	16
<b>Scoop Tamrock EJC 151</b>		
capacidad nominal	yd3	3.5
factor de carguío		0.8
capacidad real	yd3	1.73
velocidad promedio	km/hr	6.12
recorrido	m	80
rendimiento	ton /hr	69.23

### DETALLE DE TIEMPOS DE JUMBO

	unid	posic. brazo	perforar	retirar	demoras
n° observ.		585	591	591	227
tiempo total	min	310.12	1597.93	58.40	283.90
tiempo medio	min	0.53	2.70	0.10	
tolerancia	%				13
desv. std	ss	9	47	7	
% error		4.33	2.58	10.22	
tiempo ciclo				3.33	

$$R_{\text{jumbo}} = 16 \text{ tal / hr}$$

### DETALLE DE TIEMPOS DE SCOOP

	unid	cargar	rec.c/carga	descarga	rec.vacio	demoras
n° observ.		284	272	278	270	52
tiempo total	min	245.17	252.00	92.50	230.00	148.65
long. Recorrida	m		24688		24378	
tiempo promedio	min	0.86		0.33		
velocidad	km/hr		5.88		6.36	
tolerancia	%					15
desv. std		17	10	6	10	
% error		4	21	4	18	
ciclo fijo	min			1.20		

$$R_{\text{scoop}} = \frac{51 \cdot C}{t + \frac{2 \cdot D}{16.67 \cdot V}}$$

donde :

- R = rendimiento del scoop en tons/hr
- 51 = min de operación por hora de trabajo (tol. 15%)
- C = capacidad real del scoop
- t = ciclo fijo en minutos
- D = distancia de recorrido en metros
- V = velocidad promedio en km/hr
- 16.67 = constante de conversión de km/hr a m/min

## **MÉTODO DE TRABAJO PARA EL TAJO 500 N-S, EN SIMULTANEO CON EL TAJO 75S**

Esta propuesta presenta ciclicidad en la ejecución de las operaciones con el objetivo de aumentar la capacidad de producción de consuelo con el mismo equipo y un mínimo aumento de la mano de obra, pero manteniendo su productividad. Esta programación se muestra en el diagrama de gantt N° 2.

### **6.3.5. TAREOS**

En este aspecto la mejora consiste en asignar las tareas en relación directa a la producción, es decir debemos fijar un estándar de tareas por tonelada de mineral producido distribuyéndolo proporcionalmente a las horas de participación del trabajador según el tipo de actividad. Para ello es necesario establecer un salario base justo y definir una tarea igual a una jornada de 8 horas trabajadas.

Esto es el punto de partida para establecer un sistema de incentivos a la producción que indudablemente no funcionaria si es que el trabajo no se realiza en equipo.

A continuación se presenta un cuadro de costos y de asignación de tareas según el tipo de actividad.

## **6.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Es necesario pilotear el tajo 500 con el objetivo de lograr una secuencia de operaciones y un trabajo en equipo según un método de trabajo predeterminado.
2. Hacer un control estadístico de tiempos y uso de materiales en el tajo piloto con la finalidad de facilitar el uso de estándares.
3. Debemos tener en cuenta que los trabajadores de la guardia de día y de noche deben trabajar con un mismo objetivo y criterios comunes, pues son parte de un mismo.

## **7 OTROS AHORROS**

1. Menor consumo de energía
2. Menor consumo de explosivos
3. Disminución de pies perforados por tonelada

## COSTO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO

Producción por corte	tm	2,173			Tm/tr	43.03
Producción por guardia	tm	114			Tm/H-gda	5.38
	Unidad	Cantidad	Tareas	P.U. \$	Parcial	Total %
<b>1) PERFORACION</b>						
	ciclo	hr				
	hr	5.21				
Costo Mano de Obra	US\$/tm					0.00%
Op. Jumbo	homb.	1	0.6514	16.07	10.47	
Mecánico	homb.	1	0.6514	16.07	10.47	
Técnico de perforación y voladura	homb.	0.13	0.08	19.64	1.60	
Beneficios Sociales					19	
Total					42	
Costo Materiales, Insumos y Herramientas	US\$/tm					0.19 1.74%
Varillaje	pp	771		0.33	254.35	
energía	kw-hr	54		0.137	38.55	
Costo implementos de seguridad y herramientas	US\$/tm					0.16 1.44%
Costo Equipo				US\$/hr		
Uso y conservación de equipo				65	339	
Alquiler Perforadora	Hr	5.21				
<b>2) VOLADURA</b>						
	ciclo	hr				
	hr	3.64				
Costo Mano de Obra	US\$/tm					0.01 0.11%
Personal	homb.	2.00	0.91	12.50	11.37	
Técnico de perforación y voladura	homb.	0.25	0.11	19.64	2.23	
Beneficios Sociales					11.76	
Costo Materiales, Insumos y Herramientas	US\$/tm					0.13 1.18%
Factor de Potencia	Kg/tm	0.15				
Dinamita	pza	72		0.16	11.39	
Anfo	kg	315		0.50	158.52	
Guia	mt					
Fulminante	pza					
Fanel	pza	72		1.31	94.00	
Cordon Detonante	pza	7.50		0.15	1.10	
Implementos de seguridad y herramientas	US\$	2.00		1.71	3.43	
Energía	cfm	150.00		0.0447	9.27	
Costo Equipo	US\$/tm					0.00 0.00%
<b>3) SOSTENIMIENTO</b>						
	ciclo	hr				
	hr	16				
Costo Mano de Obra	US\$/tm					0.05 0.49%
Personal	homb.	2	3.93	12.50	49.10	
Técnico de perforación y voladura	homb.	0.33	0.65	19.64	12.86	
Beneficios Sociales					54	
Costo Materiales, Insumos y Herramientas	US\$/tm					0.55 5.05%
Implementos de seguridad y herramientas	US\$	2.00		7.41	15	
Pernos	pza	124		7.55	936	
energía	cfm	201		0.0447	141	
brocas y lubricantes	pp	868		0.12	101	
Costo Equipo	US\$/tm					0.09 0.78%
Depreciación	pp	868		0.07	61	
Alquiler y Mantenimiento	pp	868		0.143	124	
<b>4) LIMPIEZA</b>						
	Ciclo Scoop	hr				
	hr	21.34				
	Ciclo recup. Finos	hr				
	hr	6.70				
Costo Mano de Obra	US\$/tm					0.16 1.43%
Operador scoop	homb.	2.00	5.33	16.07	85.74	
Personal recup. Finos	homb.	8.50	7.13	10.71	76.34	
Técnico de perforación y voladura	homb.	0.80	2.79	19.64	54.85	
Beneficios Sociales					121.52	
Costo Materiales, Insumos y Herramientas	US\$/tm					0.25 2.30%
Insumos & Energía & Mano de Obra	\$/hr			24.21	516.638	
Implementos de seguridad y herramientas	US\$	4.78		5.46	26.0968	
Costo Equipo	US\$/tm					0.26 2.41%
Depreciación	\$/hr			11.37	242.59	
Capital	\$/hr			7.73	164.96	
Mantenimiento	\$/hr			7.58	161.73	

**COSTO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO**

Producción por corte	tm	2,173			Tm/tr	43.03	
Producción por guardia	tm	114			Tm/H-gda	5.38	
	Unidad	Cantidad	Tareas	P.U. \$	Parcial	Total	%
<b>5) RELLENO</b>							
	Ciclo	hr	20.30				
Costo Mano de Obra	US\$/tm					0.10	0.95%
Operador scoop	homb.	1.00	2.54	16.07	40.77		
Lampero	homb.	2.00	5.07	10.71	54.36		
Técnico de perforación y voladura	homb.	0.50	1.27	19.64	24.92		
Beneficios Sociales					103.76		
Costo Materiales, Insumos y Herramientas	US\$/tm					0.24	2.20%
Implementos de seguridad y herramientas	US\$	3.00		9.57	28.70		
Insumos & Energía & Mano de Obra	\$/hr			24.21	491.363		
Costo Equipo	US\$/tm					0.25	2.29%
Depreciación	\$/hr			11.37	230.72		
Capital	\$/hr			7.73	156.89		
Mantenimiento	\$/hr			7.58	153.81		
<b>6) LINEAS DE SERVICIOS</b>							
Costo Lineas de Servicios	US\$/tm					0.09	0.87%
Ciclo de corte personal	homb.	112	2	2.8	12.50	35.00	
Beneficios Sociales						30.25	
Depreciación	\$/hr				0.86	96.66	
Capital	\$/hr				0.31	34.80	
Mantenimiento	\$/hr				0.09	9.67	
<b>7) TRANSPORTE</b>							
Transporte Interior Mina	US\$/tm					0.55	5.03%
Costo Equipo Extracción							
Depreciación	\$/hr	2.40					
Capital	\$/hr	1.63					
Mantenimiento	\$/hr	1.60					
Insumos & Energía & Mano de Obra	\$/hr	3.55					
Rendimiento	m3/hr	5.89					
Sub total	\$/m3	1.56					
Personal	homb.	2.00	15.70				
Transporte Mina - Planta	US\$/tm					5.32	48.98%
Costo unitario Volquete	US\$/tm-Km	0.31					
Distancia	Km			17.39			
<b>8) OTROS COSTOS</b>							
Otros Costos	US\$/tm					2.47	22.74%
Mantenimiento de carreteras						0.02	
Supervisión Mina						2.45	
Topografía						0.01	
Ayudantes	un	3	0.375	5.44	3.81		
Topógrafo	un	1	0.125	17.86	4.16		
Muestreros	un	3	0.375	5.44	3.81		
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>US\$/tm</b>					<b>10.86</b>	<b>100.00%</b>

**DETALLE DE SALARIO BASE**

PUESTO	US\$ / Día
Técnico de perforación y voladura	19.64
Op. Jumbo	16.07
Op. Scoop	16.07
Personal de voladura	12.50
Personal de sostenimiento	12.50
Lampero	10.71