

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA
GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA**



**"SELECCION DEL EQUIPO DE CARGUIO - ACARREO Y
TRANSPORTE PARA LA MINA CHAPI "**

TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

Roland S. Olazabal Vera - Porocarrero

LIMA - PERÚ - 1983

'' SELECCION DEL EQUIPO DE CARGUIO - ACARREO
Y TRANSPORTE PARA LA MINA CHAPI ''

PREPARADO POR: ROLAND S. OLAZABAL V-P,

PROLOGO

El presente trabajo es una ampliación al estudio solicitado por la Gerencia de la Compañía de Minas de Cobre de Chapi - S.A., a la Compañía Servicios y Maquinarias S.A., distribuidora de los equipos de bajo perfil fabricados por Wagner Mining Equipment Co.

La finalidad fue dar un aporte operacional a la decisión de adquisición de los equipos de acarreo y transporte.

Cabe mencionar que la utilización del Sistema Trackless o - Sistema de Minado sin Rieles ya había sido tomada por la Gerencia de Chapi, dentro del plan de expansión de la Mina.

Lima, Junio de 1983

INDICE

1.0. INTRODUCCION

- 1.1. Objetivo
- 1.2. Alcance
- 1.3. Sistema Trackless

2.0. ANTECEDENTES GENERALES

- 2.1. Características del Yacimiento
- 2.2. Reservas
- 2.3. Criterios de Diseño
- 2.4. Método de Explotación

3.0. SELECCION DEL EQUIPO DE CARGUIO-ACARREO Y TRANSPORTE

- 3.1. Alternativas de Selección
- 3.2. Producción diaria y utilización real de los equipos
- 3.3. Inversión
- 3.4. Selección de la alternativa
- 3.5. Transporte

4.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.0. INTRODUCCION

1.1. OBJETIVO

Seleccionar el tamaño del equipo y el número de unidades requeridas para cumplir las metas de producción, fijada en 1,000 T.M. por día.

1.2. ALCANCE

Comprende la extracción de mineral de los mantos inferior e intermedio del yacimiento oeste de la Mina Chapi, a explotarse por el sistema de minado sin rieles: "Trackless Mining".

1.3. SISTEMA TRACKLESS

El sistema trackless es producto de la tendencia a aumentar el rendimiento y productividad de los métodos de explotación actualmente conocidos y del convencimiento que la mecanización y automatización de los mismos es completamente factible.

Esto como una consecuencia del constante incremento de los costos de materiales y mano de obra; así como la necesidad de mantener un costo de producción competitivo y hacer frente a las condiciones adversas del mercado de las cotizaciones, y un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

Las principales ventajas de la mecanización son: elevar la productividad, mejorar el rendimiento del personal, disminuir el esfuerzo físico de los trabajadores y elevar su nivel de vida, así como mejorar la velocidad y flexibilidad de las operaciones unitarias y reducir el tiempo de preparación de una mina.

El sistema de minado sin rieles -trackless mining- es principalmente la aplicación de equipos mecanizados de bajo perfil que se desplazan sobre neumáticos, diseñados especialmente para su uso -

en minería subterránea. Estos equipos vienen siendo fabricados -- y desarrollados desde los primeros años de la década del 60 por -- compañías como Wagner Eimco, Jarvis Clark y otras.

1.3.1. Aplicación del Sistema Trackless

El trackless viene siendo aplicado a casi todos los métodos de - explotación conocidos y el desarrollo de estos depende de la me- canización y automatización, teniendo en cuenta la necesidad de mantener las condiciones ambientales adecuadas.

La aplicación del sistema puede ser total, para el caso de minas nuevas, o parcial para el caso de minas en operación. Estas úl- timas en condiciones favorables podrían efectuar un cambio total en forma paulatina.

La productividad, referida en toneladas por hombre guardia, para los diferentes métodos de explotación, con la aplicación del trackless, podría estar en el siguiente rango:

- Vetas Angostas	Tm/H.G.
Corte y relleno	8-15
Acumulación	15-30
Tajeos abiertos	20-40
Circado	10-25
- Mantos	
Cámaras y Pilares con 0° - 15° de buzamiento	15-40
Frontón-Pilar 15° 40° de buzamiento	10-30
- Vetas potentes y Cuerpos Minera <u>l</u> lizados	
Corte y relleno	15-30
Derribo por subniveles	20-40
Hundimiento por subniveles	20-60
Hundimiento por bloques	30-100

1.3.2. Mecanización del Trackless

La mecanización de los métodos de explotación y principalmente - del equipo de extracción y acarreo, trae consigo necesariamente la mecanización y automatización del resto de operaciones unitarias en el proceso de explotación, tales como: La perforación , la voladura, el transporte, los servicios auxiliares, sostenimiento, ventilación, etc. Todo esto, además, requiere de una organización y operación eficiente del correspondiente Departamento de Mantenimiento y Reparación de los equipos.

Los equipos en minería sin rieles se caracterizan por ser autopropulsados, con accionamiento por motores diesel, neumáticos o eléctricos, además de ser montados sobre llantas.

Tiende a eliminar o disminuir el uso del siguiente equipo convencional:

- Línea decauville
- Locomotoras
- Carros mineros sobre rieles
- Perforadoras livianas
- Winchas, rastras, poleas.
- Winchas de izaje; etc.

En las diferentes operaciones unitarias son usados los siguientes equipos:

- a) Perforación.- Jumbos de 1, 2 ó 3 brazos, con muy alta velocidad de perforación; pueden perforar taladros horizontales, verticales o inclinados, son generalmente autopropulsados, y tienen la ventaja de perforar varios frentes en un turno de trabajo.

Los vagones de perforación, para taladros verticales o con una inclinación fija son bastante usados en el realce de los

tajeos.

- b) Voladura.- Se dispone de equipos especialmente acondicionados para transportar explosivos y efectuar el llenado de los taladros.

El uso de ANFO y sus derivados ha permitido una mecanización acelerada en esta operación, así como el uso de iniciadores eléctricos y otros de alta velocidad y mayor seguridad que el sistema convencional de guías con pólvora.

- c) Limpieza y Acarreo.- Se usan los equipos LHD (carga - transporte - descarga), autopropulsados, con accionamiento eléctrico o motor diesel. La capacidad de transporte varía de 1 a 13 yd³. El LHD es un equipo que carga el material - roto de los frentes o lugares de trabajo y lo transportan a los echaderos, canchas o directamente al equipo de transporte. Recorre distancias hasta de 1,000 mts., con gradientes hasta de 25%, siendo su desplazamiento a otra labor muy rápido, al terminar la limpieza de una de ellas.

- d) Transporte.- Desde el interior de la mina a la planta concentradora u otros lugares distantes, se realiza por medio de camiones volquete de bajo perfil, con capacidades que varían de 5 a 50 T.M. por unidad; se desplazan a velocidades de 10 a 20 Km./hora, en gradientes recomendables hasta de - 10% de subida, con carga. Actualmente se está desarrollando la aplicación de camiones-volquete accionados por motores eléctricos.

- e) Chimeneas.- Esta labor tan importante como dificultosa, dentro de operación minera se viene desarrollando con el

uso de máquinas "Raise Boring", las que permiten lograr chimeneas con diámetro de 0.90 a 3.80 mts. y de 100 a 1,000 metros de profundidad.

Otra técnica actualmente desarrollada es la del "Drop Raising", usando taladros largos y paralelos, permitiendo perforar chimeneas de 10 a 50 mts., a gran velocidad. Esta técnica depende de una excelente perforación y el uso de nuevos sistemas de voladura.

- f) Servicios.- Existe variedad de equipos para abastecer de materiales, transporte de personal, supervisión, etc., en el interior de la mina, lo cual repercute directamente en la rapidez de las operaciones.

Para la fortificación y sostenimiento de las zonas debilitadas y rocas suaves en las labores mineras se usa la técnica del "shotcrete", que consiste en el revestimiento con una mezcla de cemento con agregados finos por medio de máquinas rociadoras, accionadas neumáticamente.

Existe también máquinas que permiten la colocación automatizada de pernos de anclaje y/o inyección de cemento o resinas especiales.

Para el "desate" de labores altas se usan los equipos desquinchadores.

Para el mantenimiento de las vías de acceso se usan niveladores de bajo perfil.

- g) Mantenimiento de Equipos.- Un buen programa de mantenimiento tiene una doble finalidad: prevenir paralizaciones imprevistas que trastornen los programas de trabajo; y alargar la

vida del equipo.

Una estrecha colaboración entre los departamentos de operación y mantenimiento es necesaria para el éxito de la operación en su conjunto. Como parte de este programa es necesario realizar un constante plan de entrenamiento y capacitación del personal de operación y mantenimiento.

Los talleres deberán estar cerca a los lugares de mayor concentración de los equipos, ya sea dentro o fuera de la mina.

1.3.3. Criterios para la Aplicación del Sistema

La aplicación del Trackless implica una serie de variaciones y cambios en los sistemas tradicionales, principalmente en los conceptos de diseño de los sistemas de acceso, desarrollo, preparación y explotación de las minas.

Los equipos para su operación eficiente requieren de personal calificado y entrenado.

A fin de justificar la inversión inicial requerida en adquisición de equipo, es fundamental conocer las reservas del yacimiento y así efectuar un planeamiento integral de las operaciones.

La inversión en viviendas e infraestructura es menor, sobretodo en el caso de las minas nuevas.

Los tamaños de los equipos necesarios así como las dimensiones de las labores mineras a efectuarse, se determinan de acuerdo al tipo de yacimiento y la escala de producción deseada. Los rendimientos y costos de operación son proporcionales al tamaño del equipo seleccionado.

a) Accesos.- Para el acceso a las partes bajas de la mina se emplean galerías inclinadas llamadas "rampas". Sus dimensio

nes varían de acuerdo al equipo a usar.

Normalmente las rampas son de 4 a 5 mts. de ancho por 3 mts. de alto, con gradientes de 8 a 10% para los accesos de extracción y hasta de 25% para servicio de equipos sin carga .

- b) Preparación.- Se hace generalmente en bloques de 100 a 600 metros de longitud por 100 a 300 mts. de altura. La preparación del bloque, por lo general sólo necesita el "zig-zag" - de acceso y el ore-pass.

Con el sistema trackless se reduce el número de bloques en producción, con un alto rendimiento y una mejor supervisión.

Las labores de zig-zag se usan para el servicio, transporte de maquinaria y para conectar diferentes puntos de trabajo .

Se preparan normalmente en una de las cajas y su ubicación - depende del tipo de yacimiento. La aplicación de los zig-zag es limitada, por la poca visibilidad, inseguridad del personal y el equipo y el mayor desgaste de los mismos.

Los echaderos de mineral son chimeneas verticales o inclinadas y se preparan en una de las cajas, dependiendo del buzamiento del depósito y condiciones de dureza de las cajas.

- c) Minado.- El sistema de perforación, limpieza y acarreo mecanizado hace que los métodos de explotación se simplifiquen - considerablemente, incrementándose la eficiencia y velocidad de producción en casi todos ellos.
- d) Ventilación.- Debido a que los equipos diesel expelen gases tóxicos que es conveniente disipar, se hace necesario el diseño de un conveniente sistema de ventilación y tratamiento de los gases de escape.

Generalmente se usa la ventilación mecánica, con ayuda de ventiladores eléctricos y ductos que llevan el aire fresco hasta los lugares de trabajo.

Los equipos poseen accesorios que permiten limpiar los gases de escape, comúnmente llamados purificadores o scrubbers, los que pueden ser: PTX, oxi-catalíticos - lavadores con agua, etc.

- e) Comunicaciones.- Es siempre conveniente la instalación de un sistema de comunicación rápida (teléfono, radio, etc.) a fin de aprovechar al máximo la flexibilidad de los equipos

2.0. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO

2.1.1. Aspectos Generales

Las minas de Chapi se encuentran ubicadas en el Distrito de Polobaya, Provincia y Departamento de Arequipa, a una altitud de --- 2,500 m.s.n.m., al S.E. de la ciudad de Arequipa. El acceso a la mina se realiza por una carretera afirmada de 68 Km., desde dicha ciudad.

El clima es moderadamente caluroso y seco, con escasas precipitaciones pluviales. La topografía es poco accidentada y varía de los 2,300 a 2,800 m.s.n.m.

El agua para las operaciones es abastecida desde una distancia - de 30 Km.

Los materiales para la operación minera son traídos de la ciudad de Arequipa.

La explotación del yacimiento se inició en 1936, obteniéndose los minerales oxidados de cobre de los afloramientos, en 1956 se amplió a 50 TMD, con leyes de 3 a 4% de Cu., en 1965 fue adquirida en exploración por compañías japonesas como la Nippon Mining Co. Ltd. y Mitsui, etc., y en 1969 se amplió la producción a 800 TMD. En mayo de 1978 fue transferida a la actual administra----- ción.

Durante 1979 se desarrolla el proyecto de ampliación a 1,200 TMD.

2.1.2. Aspectos Geológicos

El distrito minero de Chapi está constituido por sedimentos, batolitos y volcánicos. Los yacimientos forman parte de la faja -

cuprífera del sur del Perú, ubicándose en la zona central, entre las minas de Cerro Verde y el grupo de minas Cuacone, Toquepala y Quellaveco.

Las zonas económicas están constituidas por Mantos, Vetas y Dise_{minaciones}.

Los mantos constituyen la zona más conocida y la de actual y futura explotación. Los principales son denominados Superior, Intermedio e Inferior, existiendo además sub-mantos cercanos a estos.

Se ubican en un área de 5 Km², la cual sólo ha sido explorada en un 40%. Yacen en forma paralela, separados a distancias de 20 a 50 mts., con potencias variables de 1 a 15 mts., buzamiento --- S-SO de 10°/25°. No se nota mayor fallamiento en la zona.

La mineralización consiste en pirita, calcopirita diseminada y calcocita-digenita, los cuales se encuentran formando finas veni_{llas} y en forma pelicular sobre la pirita.

2.2. RESERVAS

Las reservas minerales calculadas por la firma PROMINA, en base a una explotación actual por el Sistema Convencional que deja un 30% de las reservas geológicas, en pilares, y por el sistema Trackless que deja el 20%; son:

	Probado - Probable		Prospectivo	
	T.M.	%Cu.	T.M.	%Cu.
Convencional	281,106	1.79	303,905	1.82
Trackless	2,153,616	1.56	1,346,624	1.42
TOTAL	2,434,722	1.58	1,650,529	1.49

2.3. CRITERIOS DE DISEÑO

Los principales criterios de diseño utilizados para el planeamiento del plan de ampliación de la mina Chapi, empleando el Sistema Trackless son:

- Producción concentrada, con pocas zonas de trabajo de alta productividad.
- Condiciones adecuadas para utilizar equipos trackless.
- Mejores y seguras condiciones de trabajo.
- Posibilidad de maximizar la utilización del equipo.
- Incremento de la productividad, disminución de costos de operación y mayor recuperación del mineral.
- Posibilidad de recuperar los pilares, en retirada.
- Preparación de la mina en plazos cortos y mayor nivel de exploraciones. Permite que los desarrollos y preparaciones sean --- efectuados mayormente sobre mineral.

2.3.1. Parámetros de Diseño

- | | | |
|---|---------|--|
| - Peso Específico del Mineral: | in-situ | 2.70 TM/m ³ |
| | roto | 1.93 TM/m ³ |
| - Potencia Promedio de los Mantos: | | 2 - 12 mts. |
| - Buzamiento Promedio: | | 10°- 25° |
| - Producción diaria requerida por el Sistema Trackless: | | 933 TM. |
| Zonas a Minarse: | | Mantos Inferior e Intermedio, - zona oeste |
| - Gradiente de los Accesos: | | Máximo 10% |
| - Guardias de Trabajo por Día: | | 3 |

2.4. METODO DE EXPLOTACION

El método de explotación a emplearse será el de Cámaras y Pilares,

en retirada, el cual es actualmente empleado con el sistema tradicional de limpieza y extracción, pero sin la modalidad de cámaras en retirada. En un inicio la tercera parte de la producción será obtenida por el sistema convencional y paulatinamente se cambiará hasta obtener un 100% por el sistema trackless.

El siguiente cuadro sintetiza los cambios a efectuarse con la mayor mecanización del actual método de explotación.

<u>ITEM</u>	<u>ACTUAL</u>	<u>AMPLIACION</u>
1) Método de Explotación	Cámaras y pilares	Cámaras y pilares en retirada
2) Recuperación del Mineral	70%	80%
3) Perforación	- Máquinas Jack-leg - Jumbo Neumático para los accesos	- Jumbo Hidráulico - Jumbo Neumático - Jack-legs en menor proporción
4) Voladura	- Dinamita	- Anfo - Dinamita
5) Carguío	- Winchas neumáticas de 5 y 10 HP - Winchas eléctricas de 24 HP - Rastras de 24" , 36" y 48"	- Equipo L.H.D. (Scoops) de bajo perfil
6) Transporte	- Locomotoras a batería de 4 TM - Carros tipo Granby de 1.1 m ³	- Camiones de bajo perfil
7) Servicios Auxiliares		- Se ha planeado la instalación de nuevos talleres de mantenimiento mecánico y eléctrico
8) Productividad en Mina	4.6 TM/Tarea	25.9 Ton/Tarea

3.0. SELECCION DEL EQUIPO DE CARGUIO-ACARREO Y TRANSPORTE

3.1. ALTERNATIVAS DE SELECCION

3.1.1. De acuerdo a los parámetros de diseño de la Mina Chapi, - los equipos, fabricados por Wagner, que se adaptan para cumplir la meta de 933 TMD serían:

- a) Scooptrams modelo ST-2D
- b) Scooptrams modelo ST-3 1/2
- c) Camiones-volquete MT-413-30
- d) Camiones-volquete MT-411-30

Las características de capacidad y dimensiones están mostradas en el cuadro # 1.

3.1.2. Se ha calculado el tamaño de cuchara a usarse y la carga - efectiva del equipo en cada uno de los modelos a seleccionar, - en base a las siguientes consideraciones:

- a) Capacidad de transporte, proporcionada por el fabricante
- b) Peso específico del material suelto: 1.93 TM/mt^3
- c) Factor de llenado: correspondiente a la capacidad "al ras" de la cuchara del scoop.
- d) El tamaño de la cuchara ha sido aproximado a las opciones - dadas por el fabricante en función a la siguiente fórmula:

$$T = \frac{CT}{f \times pe \times 0.765}$$

donde:

- T = Tamaño de cuchara en yd^3
- CT = Capacidad de transporte en TM
- f = factor de llenado
- pe = peso específico del material suelto

e) La carga efectiva en TM. es calculada por la siguiente fórmula:

CUADRO No. 1

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS FABRICADOS POR WAGNER
MINING EQUIPMENT

MODELO	ST-2D	ST-3 1/2	MT-411-30	MT-413-30
Tipo	Scooptram	Scooptram	Rear Dump	Rear Dump
Capacidad de Transporte (TM.)	3.629	5.443	9.98	11.80
Altura, con operador (mts.)	1.98	1.73	2.13	2.13
Ancho (mts.)	1.55	1.83	1.91	1.91
Largo (mts.)	6.51	8.48	6.96	6.96
Capacidad de cuchara (yd ³)	2;2.5	3.5;4	5.6	6.7
Tipo de Motor	Deutz F6L-912W	Deutz F8L-413 FW	Deutz F6L-413 FW	Deutz F6L-413 FW
Compensador de altitud	Si	No	Si	Si
Potencia de Motor (HP)	81	185	135	135
Purificador de gases de escape	PTX	PTX	PTX	PTX
Tamaño de llantas	1200 x 24	1400 x 24	1200 x 24	1200 x 24

$$C = T \times p_e \times f \times 0.765$$

- f) Para llenar los camiones a su capacidad semi-colmada se ha considerado el uso del sistema Eject-O-Dump (E-O-D), que permite vacear la carga de la cuchara del Scoop en posición horizontal, aumentando de esta manera la altura de carguío y la eficiencia de llenado.

El cuadro No. 2 muestra los resultados de éstos cálculos.

3.1.3. Las alternativas para una utilización eficiente de los equipos en función a la capacidad de transporte de los equipos y el peso específico del material, son las siguientes:

a) Alternativa I:

- Scooptrams ST-2D con cuchara de 2.5 yardas cúbicas con sistema E-O-D
- Camiones MT-413-30

b) Alternativa II:

- Scooptrams ST-3 1/2 con sistema E-O-D
- Camiones MT-413-30

c) Alternativa III:

- Scooptrams ST-3 1/2 con cuchara de 4 yardas cúbicas, con sistema E-O-D
- Camiones MT-413-30

3.2. PRODUCCION DIARIA Y UTILIZACIÓN REAL DE LOS EQUIPOS

3.2.1. Planeamiento de Minado

Para poder cumplir los requerimientos de producción diaria, leyes de cabeza y una explotación racional del yacimiento se ha considerado tener 2 zonas de trabajo:

- a) Zona 1.- Manto inferior, que con el método de Cámaras y Pi-

CUADRO No. 2

CALCULO DEL TAMAÑO DE CUCHARA Y CARGA EFECTIVA POR VIAJE

MODELO	ST-2D	ST-3 1/2	MT-411-30	MT-413-30
Capacidad de transporte (TM.)	3.629	5.443	9.980	11.800
Factor de llenado	0.875	0.830	1.000	1.000
Peso específico suelto	1.930	1.930	1.930	1.930
Carga con cuchara Standard (*)	2.0 yd ³ TM	3.5 4.29	---	---
Carga con cuchara Opcional	2.5 yd ³ TM	4.0 4.90	---	---
Capacidad de carga de los camiones (**)	---	---	5.6 10.81	6.7 12.93
No. de pases con:				
ST-2.5	---	---	3.35	4.00
ST-3 1/2	---	---	2.52	3.01
ST-4	---	---	2.20	2.64

(*) Se descarta el uso de cuchara standard en el modelo ST-2D por la poca eficiencia de utilización de la capacidad de la máquina

(**) En la Mina Pasto Bueno se ha demostrado prácticamente que los camiones pueden transportar hasta 13 TM., dependiendo del peso específico del material y la capacidad de tolva y en gradientes hasta de 10%.

lares en Retirada, tendrá una longitud de acarreo máxima de 1,000 mts.

- b) Zona 2.- Manto intermedio, que con el método antes descrito, tendrá una longitud de acarreo máxima de 650 mts.

Las longitudes de transporte han sido medidas desde los lugares de trabajo, hasta una tolva principal de almacenamiento, ubicada en la cota 8820 E - 10142 N. La distancia de transporte desde esta tolva hasta las tolvas de gruesos de la planta concentradora será de 600 mts.

La Figura 1 muestra el croquis del sistema de trabajo a emplearse.

3.2.2. Cálculo de la Producción y Utilización Real

Para el cálculo de la producción diaria por alternativas se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Tiempos fijos de los equipos: carguío, descarga, manipuleo y giros; en base a datos experimentales de toma de tiempos de equipos en operación en otras minas.
- b) Velocidad Promedio: en base a las longitudes de tramos horizontales y con 10% de gradiente, también por experiencias en otras minas.
- c) El desplazamiento de los scooptrams, desde el lugar de carguío hasta los camiones, estará en un radio de 15 a 30 mts. a fin de obtener la máxima eficiencia de los mismos.
- d) Los camiones harán el acarreo desde el lugar de carguío, en las zonas de trabajo (cámaras), hasta la tolva de almacenamiento.

YACIMIENTO OESTE

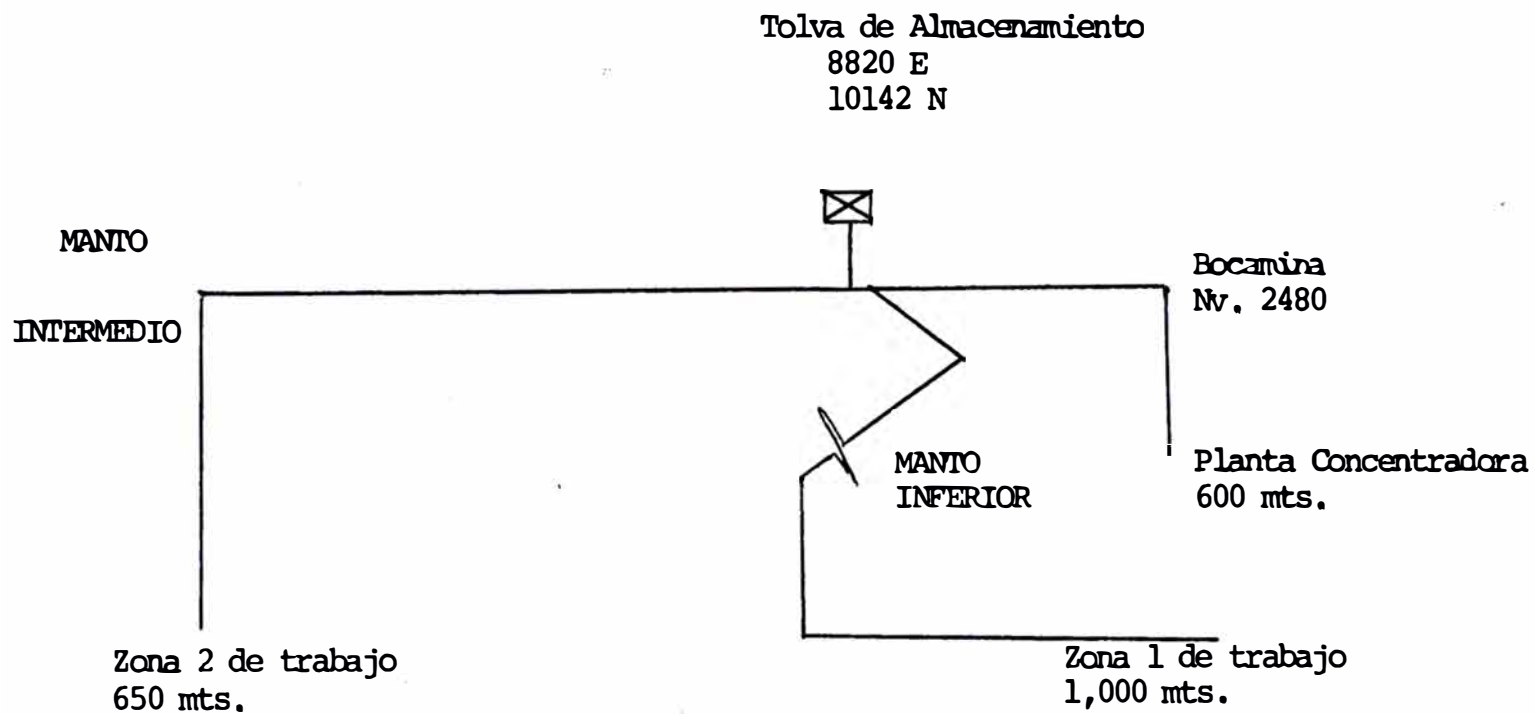


Figura 1 : Croquis del Sistema de Trabajo

- e) Disponibilidad real de los equipos: 60%, debido a las paradas por refrigerio, desplazamientos, lubricación, mantenimiento programado, fatiga del personal, tiempos muertos, tiempos ociosos, etc.

Luego el número de horas efectivas de trabajo de cada uno de los equipos será de 14.4 horas, en 3 turnos de trabajo por día.

- f) Se ha utilizado las siguientes fórmulas:

$$Uc = H \times dr$$

$$Vp = \frac{Uc}{T}$$

$$Us = Vp \times t \times n$$

$$Pd = Cc \times Vp$$

donde:

Uc = Tiempo de uso de los camiones, en horas

H = Horas programadas por día

dr = Disponibilidad real

Vp = Viajes posibles del camión

T = Ciclo completo del camión, en horas

t = Ciclo completo del Scooptram, en horas

n = No. de cucharas o pases para el carguío

Pd = Producción diaria en TM.

Cc = Capacidad del camión en TM.

El cuadro No. 3 muestra los resultados de estos cálculos, por ca da una de las alternativas.

CUADRO No. 3

CALCULO DE LA PRODUCCION DIARIA Y UTILIZACION REAL DE LOS EQUIPOS

ALTERNATIVA	I	II	III	
SCOOPTRAM	ST-2D	ST-3 1/2	ST-3 1/2	
CAMION	MT-413-30	MT-413-30	MT-411-30	OBSERVACIONES

CALCULO DE SCOOPTRAMS

Capacidad Transp.	3.629 TM	5.443 TM	5.443 TM	
Factor de llenado	0.875	0.830	0.830	
Tamaño de Cuchara	2.5 yd ³	3.5 yd ³	4 yd ³	
Tipo de cuchara	E-O-D	E-O-D	E-O-D	
Carga x viaje	3.23 TM.	4.28 TM.	4.90 TM.	Cuchara al ras
% de Utilización	89%	78%	90%	
Tiempos fijos	1.069 min.	1.150 min.	1.150 min.	
Velocidad promedio	55 m/min.	65 m/min.	65 m/min.	
Ciclo de Scoop (min)	$t = 1.069 + 0.036 d$	$t = 1.15 + 0.31 d$	$t = 1.15 + 0.31 d$	$d = \text{recorrido de Scoop en 1 dirección}$
Desplazamiento	1.614 min.	1.612 min.	1.612 min.	$d = 15 \text{ mts.}$
Desplazamiento	2.160 min.	2.073 min.	2.073 min.	$d = 30 \text{ mts.}$

CALCULO DE CAMIONES

Capacidad Transp.	12.93 TM.	12.93 TM.	10.81 TM.	Tolva semi-colmada
No. de Cucharas	4	3	2	
Tiempos fijos	1.38 min.	1.38 min.	1.38 min.	
Velocidad	140 m/min.	140 m/min.	140 m/min.	
Tiempo carguío 15 m.	6.456 min.	4.834 min.	3.222 min.	
Tiempo carguío 30 m.	8.64 min.	6.219 min.	4.146 min.	
Carga Real	12.92 TM.	12.84 TM.	9.8 TM.	

ALTERNATIVA	I	II	III	
SCOOPTRAM	Dos ST-2D	Dos ST-3 1/2	Dos ST-3 1/2	
CAMION	Dos MT-413-30	Dos MT-413-30	Dos MT-411-30	OBSERVACIONES
Ciclo de camión 15 m. (min)	T=7.836+0.014D	T=6.214+0.14D	T=4.602+0.14D	D=recorrido ca- mión en 1 di- rección
Ciclo de camión 30 m. (min)	T=10.02+0.014D	T=7.599+0.014D	T=5.526+0.014D	
	<u>ZONA 1 DE TRABAJO : 1,000 MTS.</u>			
Prod/día, 15 mts.	504 TM.	541 TM.	449 TM.	
Prod/día, 30 mts.	460 TM.	507 TM.	427 TM.	
	<u>ZONA 2 DE TRABAJO : 650 MTS.</u>			
Prod/día, 15 mts.	652 TM.	717 TM.	606 TM.	
Prod/día, 30 mts.	576 TM.	654 TM.	569 TM.	
	<u>UTILIZACION DE LOS EQUIPOS</u>			
Horas de Scoop	11.54	9.37	7.03	
Horas de Camión	28.80	28.80	28.80	

PRODUCCION TOTAL POR DIA

Dist.Scoop=15 m.	1,156 TM.	1,258 TM.	1,055 TM.
Dist.Scoop=30 m.	1,036 TM.	1,161 TM.	996 TM.

UNIDADES REQUERIDAS

Scooptram (*)	2	2	2
Camiones	2	2	2

(*) Debido a la longitud de desplazamiento entre las dos zonas de trabajo, se requiere un Scooptram por zona para cumplir con las metas de producción.

El tiempo ocioso de espera a los camiones, puede ser utilizado preparando la carga en otras zonas y en trabajos de servicio.

3.3. INVERSION

La inversión requerida para la adquisición de los equipos en cada una de las alternativas sería:

ALTERNATIVA	I	II	III
Scooptrams	Dos ST-2.5	Dos ST-3.5	Dos ST-4
Camiones	Dos MT-413	Dos MT-413	Dos MT-411
Precio Total de lista FOB US\$	357,000	400,000	398,000

3.4. SELECCION DE LA ALTERNATIVA

La Alternativa que cumple con los requisitos de producción mínima por día, aún considerando las máximas distancias de acarreo y una inversión menor es la I, o sea:

- Dos scooptrams Wagner modelo ST-2D con cuchara de 2.5 yardas - cúbicas, sistema de vaceado de cuchara E-O-D, motor con compensador de altitud.
- Dos camiones Wagner modelo MT-413-30, motor con compensador de altitud.

La mayor utilización será de los camiones y para cumplir los requerimientos de desarrollos, exploraciones y equipo en stand by ,

sería recomendable adquirir una unidad más de cada tipo.

3.5. TRANSPORTE

El transporte de la tolva de almacenamiento a la Planta Concentradora se podrá hacer con el camión MT-411-30 que actualmente opera en la Mina Chapi.

El cuadro No. 4 muestra el cálculo de la capacidad de carga de dicho equipo, la cual puede ser mayor si se disminuyen los tiempos muertos y ociosos.

CUADRO No. 4

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE 1 MT-411-30
DE LA TOLVA PRINCIPAL A LA CON-
CENTRADORA

1.0. DATOS GENERALES

1.-	Peso específico del material suelto	:	1.93 tm/m ³
2.-	Capacidad de tolva semi-colmado	:	5.6 m ³
3.-	Factor de llenado	:	1.0
4.-	Carga efectiva	:	10.8 T.M.
5.-	Distancia de transporte	:	600 mts.

2.0. CALCULO DE LA PRODUCCION

1.-	Tiempos fijos	:	1.38 min.
2.-	Tiempo de carguío	:	0.80 min.
3.-	Velocidad promedio	:	140 m/min.
4.-	Tiempo de ciclo	:	8.9 min.
5.-	Viajes por hora	:	6.74
6.-	Producción por hora	:	74.15 T.M.
7.-	Horas efectivas	:	14.4 (60% disponibilidad)
8.-	Producción por día	:	1,067.8 T.M.

4.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 4.1. El sistema trackless permite que en 2 zonas se concentre la -- producción total requerida por dicha modalidad de operación.
- 4.2. Una mayor productividad y eficiencia de los equipos se obten-- drá si los camiones ingresan a las cámaras, deseándose no tener más de 30 metros de desplazamiento de los scooptrams.
- 4.3. Para cumplir la meta de 1,000 TMD requeridas será necesario ad-- quirir el siguiente equipo:
 - Dos Scooptrams Wagner modelo ST-2D con cuchara E-O-D de 2.5 yd³, motor de 81 HP con compensador de altitud.
 - Dos Camiones Wagner MT-413-30 de 13 Tbn., motor de 135 HP con -- compensador de altitud.
- 4.4. Con el camión MT-411-30, actualmente en operación, se cumple - con extraer la producción fijada
- 4.5. Con la finalidad de cumplir las metas de exploración, desarro-- llo y preparaciones, será conveniente adquirir una unidad más de ca da tipo.