

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MINERA  
Y METALURGICA**



**CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL EN EL NIVEL DE  
EXTRACCIÓN DE UNA MINA SUBTERRÁNEA**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**Para Optar El Título Profesional De:**

**INGENIERIO DE MINAS**

**PRESENTADO POR :**

**JUAN OSWALDO LUJÁN MONTES**

**(Promoción 93 - II)**

**LIMA-PERU**

**2001**

**Dedico este trabajo a Dios por enseñarme el camino de la paz y la felicidad, a mis padres y a la persona que más amo en este mundo: mi futura esposa.**

<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	4
<b>Capítulo 1 Generalidades</b>	
1.1 Objetivos	5
1.2 Situación actual del túnel Victoria	5
1.3 Normas legales del Ministerio de Energía y Minas para el Transporte Subterráneo.	7
1.4 Geología General del Túnel Victoria	9
1.5 Geomecánica del área de Construcción.	10
<b>Capítulo 2 Diseño y Construcción</b>	
2.1 Características del Túnel Victoria actual	12
2.2 Ventajas del túnel paralelo	13
2.3 Diseño del túnel paralelo	15
<b>Capítulo 3 Selección de Locomotoras</b>	
3.1 Conceptos teóricos	28
3.2 Selección de locomotoras	29
3.3 Simulación de la extracción de mineral	35
<b>Capítulo 4 Evaluación Económica</b>	
4.1 Costos de construcción del Túnel Victoria Paralelo	41
4.2 Evaluación económica del proyecto Túnel Victoria Paralelo	47
<b>Capítulo 5 Conclusión</b>	
5.1 Conclusión	50
5.2 Bibliografía	51
5.3 Anexos	51

## Introducción

El presente trabajo trata sobre la construcción de un túnel en el nivel de extracción de una mina subterránea donde principalmente vemos el análisis de selección de locomotoras en base a la producción y operación de una mina subterránea, de la cual se establecerán los parámetros que intervendrán en la construcción del túnel de extracción.

Los datos presentados han sido tomados del Túnel Victoria de la minas San Cristóbal y Carahuacra de la Volcan Compañía Minera S.A.A., se parte de la existencia de este túnel en operación y debido a la necesidad de construir un túnel paralelo se analiza la mejor posibilidad para establecer un circuito de extracción simulado en base a la producción a alcanzar.

No se trata de abarcar un proyecto de construcción con todas sus características a desarrollar, sólo hago referencia a lo más importante desde el punto de vista operacional y de construcción, y en la selección de locomotoras sólo se exponen características operacionales.

Actualmente el Túnel Victoria es el nivel principal de extracción de mineral y de drenaje tanto de aguas ácidas como de aguas neutras de las minas de Carahuacra y San Cristóbal de la Volcan Compañía Minera S.A.A., y por lo tanto su uso es de suma importancia. Sin embargo considerando que se aumentará la producción de las minas de San Cristóbal y Carahuacra (de 2300 TMH a 6000 TMH) y se aumentará el caudal de las aguas debido a la profundización de las 2 minas es que se ha verificado que el Túnel Victoria actual quedaría muy reducido tanto en extracción de mineral y drenaje de aguas.

Por lo expuesto es que ha sido aprobado la ejecución del **“Túnel Victoria Paralelo”** de forma tal de cumplir con los requerimientos para la extracción de mineral y drenaje de aguas. Consecuentemente la importancia de este proyecto se ve incrementada con las ventajas adicionales que proporcionará a la operación de ambas minas.

## Capítulo 1

### Generalidades

#### 1.1 Objetivo

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar una reseña del desarrollo del proyecto de construcción de un túnel en el nivel de extracción de una mina subterránea. Y lo principal está basado en el análisis de selección de las locomotoras en base a la producción y operación de una mina subterránea; de lo cual se establecerán los parámetros que intervendrán en la construcción del túnel de extracción.

#### 1.2 Situación actual del Túnel Victoria

El Túnel Victoria tiene una longitud de 6 Km. aproximadamente y se encuentra en el nivel 300 a una cota de 4200 m.s.n.m. y es nivel principal de extracción de las minas de Carahuacra y San Cristóbal, estas dos minas están unidas en este nivel por este túnel.

Antes de pasar a ver la situación actual es necesario mencionar que la extracción de mineral por el Túnel Victoria antes del año 1997 se efectuaba con locomotoras de 6 y 8 ton y carros de 80 pies<sup>3</sup> empleándose líneas de riel de 40 lbs. y trocha 24" y era solamente para la extracción de la explotación de la mina Carahuacra. Y después de setiembre del año 1997 en donde la mina San Cristóbal pasa a ser propiedad de Volcan Compañía Minera debido a la privatización de Centromín Perú S.A. es que se proyecta la extracción del mineral de la mina San Cristóbal a través de este túnel, para ello se hizo la ampliación de la sección del túnel a una sección mínima de 3.00m. x 2.50 m. para que circulen carros de 110 pies<sup>3</sup> y hasta 140 pies<sup>3</sup> con locomotoras de 12 ton; y la instalación de líneas de riel de 60 lbs y trocha 30" que se instalaron paralelo a las líneas de 40 lbs y trocha 24".

En el año 1998 después de la preparación efectuada entra en operación la extracción de mineral de San Cristóbal por el Túnel Victoria empleándose inicialmente carros de 110 pies<sup>3</sup> hasta el reemplazo total con carros de 140 pies<sup>3</sup>. El túnel Victoria pasó a ser el principal

centro de atención operativa de la Empresa ya que se incrementó la extracción de mineral por este túnel de 1,200 TMH x día hasta llegar progresivamente a 2,300 TMH x día.

Actualmente el Túnel Victoria es el nivel principal de extracción de mineral y de drenaje tanto de aguas ácidas como de aguas neutras de las minas de Carahuacra y San Cristóbal de la Volcán Compañía Minera S.A.A., y por lo tanto su uso es de suma importancia. A partir del año 2002 se proyecta aumentar la producción de la mina San Cristóbal y Carahuacra según un programa de producción de corto plazo hasta el año 2010, donde se aumentará la producción de las minas de San Cristóbal y Carahuacra de 2300 TMH x día a 6000 TMH x día y se espera que aumentará el caudal de las aguas debido a la profundización de las 2 minas y es por esto que se ha verificado que el Túnel Victoria actual quedaría muy reducido tanto en extracción de mineral y drenaje de aguas.

Por lo expuesto es que ha sido aprobado la ejecución del “Túnel Victoria Paralelo” de forma tal de cumplir con los requerimientos para la extracción de mineral y drenaje de aguas. Consecuentemente la importancia de este proyecto se ve incrementada con las ventajas adicionales que proporcionará a la operación de ambas minas.

La extracción principal de mineral se realiza con 4 locomotoras de 12 ton y 120 HP y convoys compuestos cada uno de ellos de 10 carros de 140 pies<sup>3</sup>, produciendo un promedio de 2300 TMH x día. Correspondiendo al total de la producción de Carahuacra unas 1200 TMH x día y el 40% de la producción de San Cristóbal unas 1100 TMH x día.

Por lo que se ve el problema es la extracción del mineral de San Cristóbal de la cual sólo se extrae el 40% de total por el túnel y el 60% restante de la producción unas 1650 TMH x día de San Cristóbal se realiza con volquetes desde interior mina cuyo costo resulta ser superior a la extracción con locomotoras por el túnel. El costo total de mina a planta con volquetes es de 4.81 US\$/TMH y usando locomotoras es de 2.60 US\$/TMH.

### **Drenaje de aguas**

El túnel actual debido a su antigüedad presenta problemas en la cuneta en la cual el flujo de las aguas ácidas ha erosionado y sobreexcavado sus paredes, el flujo de las aguas

lixivió el material rocoso del que está conformado las paredes de la cuneta, y esto afectó también la base del piso donde van los durmientes. Es por esto que actualmente se está volviendo a colocar balastro (piedra chancada) y en algunas partes se hace el vaciado de concreto debajo de las líneas de riel junto con el balastro hasta la parte donde ha sido afectado empleándose mayor cantidad de concreto, lo cual trae como consecuencia el retraso de las operaciones de extracción de mineral.

### **1.3 Normas legales del Ministerio de Energía y Minas para el Transporte Subterráneo sobre línea de riel.**

Es conveniente tener en consideración las normas legales y mencionarlas tal como aparece:

#### **CAPITULO III. TRANSPORTE SUBTERRÁNEO EN GALERIAS**

**ARTICULO 62.** En las galerías de transporte se dejará un espacio no menor de 0.70 cm entre los puntos más saliente de los vehículos, cuando menos a uno de los costados de la galería, para permitir la circulación del personal.

**ARTICULO 63.** Cuando por las galerías se realice el tránsito mecanizado de vagonetas, se establecerán refugios a distancias no mayores de (50) metros, con por lo menos un (1) metro de frente por un (1) metro de profundidad cada uno. Estos sitios de refugio se conservarán siempre libres de materiales y de escombros.

**ARTICULO 64.** Los pozos o chimeneas que concurran en las galerías de transporte deberán ser abiertas fuera del eje de las galerías y deberán estar protegidos para evitar la caída de personas o materiales.

**ARTICULO 65.** La pendiente máxima permisible en las galerías y demás labores horizontales en donde haya de utilizarse transporte mecánico sobre rieles será de seis por mil (6 x 1000).

ARTICULO 66. Las dimensiones de los rieles, así como sus empalmes y soportes, se ajustarán a las especificaciones de fábrica dadas a esa clase de material para el peso y velocidad de los vehículos que sobre ellos transitan.

ARTICULO 67. Las locomotoras estarán provistas de faros, frenos y bocinas, además de señales en perfecto estado de funcionamiento. Los vehículos a motor sin línea, deberán tener además luces posteriores de peligro.

ARTICULO 68. La velocidad máxima para las locomotoras en el interior de las minas será de diez (10) kilómetros por hora. En túneles y socavones principales se permitirán velocidades mayores con autorización especial del Ministerio de Energía y Minas.

ARTICULO 69. Es prohibido el transporte de personas sobre las locomotoras, vagones vacíos o cargados, camiones, cargadores frontales, etc. Dicho transporte sólo se permitirá en el caso de que existan carros especialmente dedicados a este objeto y su capacidad máxima de pasajeros deberá ser estrictamente respetada. En ningún caso habrá trenes mixtos.

ARTICULO 70. Se colocarán carteles indicando el número máximo de pasajeros que deben viajar en cada carro en las estaciones de transporte y en el interior de los carros destinados a transporte de personal.

ARTICULO 71. En las galerías o socavones de transporte en donde existan cruces y desvíos se colocarán avisos luminosos o semáforos en ambos extremos de la sección en que ocurran tales cruces y desvíos.

ARTICULO 72. Dentro de las labores subterráneas queda terminantemente prohibido el uso de locomotoras y/o automotores que despidan gases tóxicos o irrespirables. En caso de que se usen motores a combustible aprobados, las locomotoras o automotores estarán provistos de los dispositivos adecuados para el control de dichos gases.

ARTICULO 73. El cable de trole en las instalaciones subterráneas estará instalado de manera tal que quede perfectamente aislado de todo material combustible y con los dispositivos de seguridad convenientes al caso.



**ARTICULO 74.** Los cables de trole deberán estar instalados a una altura no menor de un metro y ochenta centímetros (1.80 mts) sobre los rieles y estarán protegidos en las zonas de circulación intensa de personal, para evitar contactos con las personas o herramientas.

**ARTICULO 75.** Se preparará un reglamento interno para el transporte, el mismo que será colocado en lugares visibles, vigilándose su estricto cumplimiento.

**Comentario:** Todas estas consideraciones son muy importantes y se tomarán en cuenta para el diseño y construcción del túnel paralelo.

#### **1.4 Geología General del Túnel Victoria**

La secuencia estratigráfica del área de San Cristóbal y Carahuacra está dentro del Paleozoico y Mesozoico, rocas similares se hallan en el distrito minero de Morococha.

El contacto filita-volcánico corre paralelo al túnel Victoria aproximadamente 300 a 400 m al nor este. Las filitas no son generalmente hallados dentro del nivel Túnel Victoria. El mayor tramo del túnel Victoria está construido sobre las rocas volcánicas del grupo Mitu la cual es competente y no presenta agua.

El contacto entre el grupo Pucara y Mitu (volcánico-caliza) corre paralelo al túnel Victoria de rocas volcánicas aproximadamente 50 a 200 m al sur-oeste. Las rocas intrusivas consisten de andesita, pórfidos y gabros que cortan a través de la secuencia sedimentaria y volcánica. Muchas fallas mayores existen por todo el área de San Cristóbal y Carahuacra el cual intersecta al Túnel Victoria (ej. La Falla Huaripampa corre perpendicular al túnel Victoria cerca al área del Pique Central). Muchas otras fallas menores y zonas de esfuerzo también existen por todo el área, las cuales son asociadas con las venas hidrotermales dedepósitos subverticales. Dos juntas mayores existen, una es paralelo al eje anticlinal y el otro transversal a este eje.

Hay cuatro áreas de mineralización en la fosa de Andaychagua. Ellos son: Huaripampa, Virginia, Ferramina y San Cristóbal. La mineralización ocurre como estratos a

lo largo del contacto con las rocas sedimentarias y volcánicas, también en vetas (típicamente perpendicular al túnel Victoria y con un buzamiento de 65 grados al sur este) y como cuerpos.

### **1.5 Geomecánica del área de construcción**

En el estudio preliminar del Ing. Carlos Vallejo entre el 31/07/2000 al 04/08/2000 se realizó el mapeo Geomecánico determinándose las clasificaciones geomecánicas (Indices GSI, RMR y Q), el tipo de sostenimiento según la sección final de las diferentes alternativas del túnel que se proyectaron en los 3.5 Kms, considerados entre el portal de entrada actual, y su intercepción con la galería 1426 N.

Las diferentes alternativas que se han propuesto son:

- a) Túnel paralelo de 3.5 m. de ancho y 3.0 m de altura a una distancia de 20.0 m. con respecto al eje del túnel actual.
- b) Ampliación de la sección del túnel actual, mediante la construcción de un túnel piloto paralelo al actual, separado por un pilar de 2.0 m. de espesor y posteriormente la excavación de este pilar con lo cual se obtendría un túnel final de 8.0 m de ancho y 5.0 m de altura.

El túnel Victoria se encuentra excavado íntegramente en rocas volcánicas de la Fm Catalina perteneciendo al grupo Mítu, estos afloramientos consisten en tobas de composición Riolítica, Riodacítica y andesítica de grano medio, con estructuras fluidales y se encuentran afectados por algunas fallas subverticales y subperpendiculares al eje del túnel con anchos de material brechado y con panizo no mayores de 2.0 m, rodeados de cajas competentes y un dique andesítico muy duro y muy fracturado entre las progresivas 3+300 a 3+315, el resumen de la clasificación geomecánica es el siguiente.

Longitud (m)	Indice (GSI)	Indice (Q)	Indice RMR	Tipo de Roca
1075	F / MB	>10	>65	Fracturada, muy buena
539	F / B	5 – 10	55 – 65	Fracturada, buena
984.5	MF / MB	5 – 10	55 – 65	Muy fracturada, muy buena
694.5	MF / B	1 – 5	44 – 55	Muy fracturada, buena
41	MF / R	0.5 – 1	37 – 44	Muy fracturada, regular
30	IF / R	0.1 – 0.5	30 – 37	Intensamente fracturada, regular

El resumen del sostenimiento y clasificación geomecánica de cada alternativa se presentan en los cuadros siguientes:

Alternativa 3.50 m. x 3.0 m. (Tipo de sostenimiento)

Soporte	Tipo A	Tipo B1	Tipo B2	Tipo C1
Pernos		1777	220	150
Shotcrete sin fibra			27 m3	
Shotcrete con fibra				30 m3

Dándonos un total:

Pernos de 7 pies = 2147

Shotcrete sin fibra = 27 m3

Shotcrete con fibra = 30 m3

Alternativa 8.5 m. x 5.0 m (Tipo de sostenimiento)

Soporte	Tipo A	Tipo B1	Tipo B2	Tipo C1	Tipo C2
Pernos		3794	1817	205	150
Shotcrete sin fibra			510 m3		
Shotcrete con fibra				39 m3	54 m3

Dándonos un total:

Pernos de 12 pies = 5966

Shotcrete sin fibra = 510 m3

Shotcrete con fibra = 93 m3

**Diseño y Construcción****2.1 Características del túnel Victoria actual**

Se va describir los siguientes aspectos y determinar las características del túnel Victoria actual:

Vía

Equipos

Vía para el tránsito de personal

Cuneta

- **Via**

La vía está formado por líneas de riel de 40 y 60 lbs. tanto para trocha 24" y 30" respectivamente, los cuales van instalados paralelos desde la mina Carahuacra hasta bocatúnel y desde el área San Cristóbal hasta bocatúnel sólo va trocha 30". Existe 3 locomotoras de 8 ton que usan la trocha 24" uno de ellos se usa para transporte de personal y los otros dos se usa para transportar mineral del área de Carahuacra a las parillas en interior mina y pueden salir también a superficie al final de guardia. La trocha 30" lo usan las locomotoras de 12 ton, los que van principalmente del área de San Cristóbal y Carahuacra hasta bocatúnel.

- **Equipo**

El túnel actual sólo permite trasladar scoops hasta de 1.5 yd<sup>3</sup> pero desarmados en plataforma, este túnel sólo permite usar carros de 140 pies<sup>3</sup>, aunque se puede ensanchar para permitir el uso de carros de mayor capacidad, pero los trabajos de ensanchamiento reducen la extracción de mineral y entonces afecta la producción.

- **Vía para el tránsito de personal**

La vía para el tránsito de personal actualmente es muy reducido llegando en algunos casos hasta 40 cms. de la distancia libre cuando pasa un convoy, es por eso que los refugios son muy importantes para la seguridad.

- **Cuneta**

La dimensiones de la actual cuneta no son uniformes teniendo en promedio en algunos tramos 1 m. de ancho x 0.70 m. de profundidad, el cual conduce un promedio de 250 lts/seg, aumentando a 350 lts/seg. en época de lluvia ó cuando se bombea el agua de los niveles inferiores.

La cuneta necesita siempre un mantenimiento porque se acumula material fino que proviene del mineral que se derrama de los carros que a veces se sobrecarga y van directamente a la cuneta, y entonces esta cuneta necesita continuo mantenimiento para que pueda conducir el caudal previsto porque cuando se bombea el agua de los niveles inferiores de Carahuacra y si la cuneta no ha recibido mantenimiento entonces resulta insuficiente porque la capacidad de la cuneta se reduce. Entonces se produce el rebalse de las aguas que poco a poco van corroendo las líneas de riel

## **2.2 Ventajas del túnel paralelo**

Un túnel paralelo al actual es necesario y tiene las siguientes ventajas:

El nuevo túnel formará parte del plan de minado para incrementar la capacidad de extracción de 2300 TMH a 6000 TMH tanto hacia la planta Victoria y Marh Túnel. Esto conlleva a que la planta Victoria se amplie de 2200 TMH de tratamiento por día a 4000 TMH por día y la planta Marh Túnel se mantendrá en su capacidad normal de 2000 TMH x día.

Reducción en los costos de extracción de mineral de la minas San Cristóbal y Carahuacra. El transporte de mineral al hacerse con locomotoras por el túnel disminuirá el uso de volquetes en San Cristóbal, se reducirá prácticamente los volquetes en los niveles superiores e inferiores (sobre el nivel de extracción) donde el transporte de mineral se hará por un pique utilizando skips para izar el mineral hacia el nivel de extracción solamente y no hasta superficie que se hace con volquetes.

El nuevo túnel será más seguro tanto para el personal como para la extracción ya que tendrá mayor dimensión que será de 4.30 m. x 3.50 m. (ancho por alto respectivamente) y tendrá una sección uniforme en toda su longitud a diferencia del túnel actual que es irregular en toda su longitud.

El caudal de las aguas aumentará con la profundización de la mina San Cristóbal y Carahuacra, pero con el nuevo túnel la capacidad de drenaje aumentará y se podrá separar las aguas ácidas y básicas para disminuir el costo de tratamiento de las aguas ácidas que se hará para evitar la contaminación ambiental, lo cual permitirá también su uso en la planta metalúrgica. Entonces se tendrá dos cunetas uno en el túnel actual y otra en el nuevo túnel paralelo por donde se piensa canalizar por una de ellas las aguas básicas y por la otra las aguas ácidas reduciendo de esta manera el caudal de las aguas ácidas para que la futura planta de tratamiento de aguas ácidas sea de menor dimensión.

Instalación de una línea de Relleno Hidráulico por el túnel nuevo, porque se necesita mayor espacio para su conducción y que tenga instalaciones y soportes seguros y espacio para su mantenimiento, lo cual no deberá interferir en la extracción cuando falla el relleno hidráulico por atoro de tuberías, desacoplamiento etc.

La construcción del nuevo túnel paralelo permitirá la centralización administrativa y de las operaciones en el campamento Victoria, debido a su posición estratégica y a su planta que será la mayor de todas las unidades de la Empresa. El campamento Victoria (4,200 m.s.n.m. aprox.) se encuentra ubicado a menor altura que el campamento San Cristóbal (4,600 m.s.n.m. aprox.) por lo que se piensa que el campamento San

Cristóbal deberá desaparecer y pasar todo a Victoria ó a Yauli un pueblo que está sólo a 10 minutos de Victoria desapareciendo de esta manera un campamento que está muy alto que beneficiará por tanto al personal y sobretodo porque habrá menos costo en campamento.

Reducción de los costos de ventilación, debido a la gran reducción de las unidades diesel para el transporte de mineral como son los volquetes y camiones de bajo perfil (dumpers). Debido a la profundización de la mina San Cristóbal que tiene mayor (incampane que Carahuacra el costo de ventilación forzada para San Cristóbal se incrementará significativamente si no se construye este túnel paralelo.

Reducción del costo de mantenimiento de carreteras y la vía en interior mina debido también a la reducción de los volquetes que actualmente están conformadas de 12 unidades para San Cristóbal, lo que se incrementará con la profundización de la mina y el proyecto de incremento de la producción, pero con el túnel paralelo la reducción de los volquetes será mayor.

### **2.3 Diseño del túnel paralelo**

Para la construcción del túnel se tienen que ver los siguientes aspectos:

Vía

Equipos

Trocha del convoy

Vía para el tránsito del personal

Cuneta

Manga de ventilación

Los cuales van a definir las dimensiones y la forma de la sección del túnel.

- **Vía**

Lo que se va describir es parecido a un procedimiento de trabajo y detalla los parámetros que se tomarán en cuenta en la construcción.

Antes de colocar los durmientes en la vía se colocará balastro (piedra chancada) con una capa que puede variar de 10 a 15 cm. para nivelar el piso, lo cual asentará correctamente las durmientes. Asimismo para impedir deslizamientos laterales se deberá colocar una segunda capa de balastro que deberá envolver las durmientes hasta  $\frac{2}{3}$  de su altura. El balastro estará compuesto de piedra chancada cuyos granos deberán medir de 1" a 2". No se utilizará arena o grava para el balastro por que se puede lavar con el agua que transporta la cuneta en caso de haber contacto.

Los **durmientes** sirven para soportar las rieles, para conservar la distancia, y transmitir la presión a la capa del balastro.

Los durmientes serán de madera cuya medida será de 6" x 8" de sección y 5' de largo que serán colocados sobre el balastro separados 0.60 m de eje a eje. Deberá utilizarse una solución que cubra a la madera para que tenga mayor duración contra el tiempo y contra el desgaste de las aguas ácidas de mina.

Las rieles tendrán una densidad lineal de 60 lbs por yarda o de 30 Kg/m, cuyo patín tiene 10 cm. de ancho x 11 cm. de alto. Hay cálculos que pueden demostrar que para locomotoras de más de 15 ton es necesario que las rieles sean de 30 a 33 Kg/m, como se usan en varias minas.

Para fijar las rieles sobre los durmientes no se usaran clavos rieleros porque malogran las durmientes y para evitar rajaduras es mejor utilizar otro sistema de fijación que emplea tirafones que giran sobre agujeros perforados de tamaño algo menor que el diámetro de los mismos.

Además de los esfuerzos de flexión y de volteo, los carriles sufren esfuerzos longitudinales que pueden ser causa de desplazamiento de la vía en el sentido



longitudinal. Estos esfuerzos se originan por los golpes de las ruedas contra los extremos de los rieles en las juntas, y además durante el arranque y el frenado del tren.

Para aumentar la resistencia de una vía de intenso movimiento se deberá colocar entre las rieles y los durmientes unas planchas de asiento metálicas que se hacen planas o en cuña (para las curvas).

Los durmientes tienen una longitud de 10 m. de longitud. La colocación de las durmientes se hace de tal manera, que los extremos de las rieles queden entre las durmientes (ver plano de diseño mostrado en el anexo), con lo que se alcanza mayor resistencia de toda la unión. Los rieles se unen entre sí mediante bridas (placas de acero que se colocan de ambos lados de los carriles). Para las secciones rectas de las vías se utilizarán bridas planas, que se unen por pernos y tuercas de ambos lados del alma de la riel, mientras que para las partes curvas de la línea se deberán perfilar y doblar para que encaje de acuerdo a la curvatura de la vía.

Se colocaran también en las juntas alambre de cobre que conducirán la corriente eléctrica.

La **trocha** es la distancia entre las caras internas de las cabeza de las colleras y será de 30" de lo cual se permite un sobreaño de +4 mm. y un estrechamiento de -2 mm.

En las partes curvas de la vía, para facilitar el movimiento del convoy, se necesita un aumento de la separación. El ensanchamiento de la vía con respecto a la trocha nominal no debe superar los 25 mm.

El radio de curvatura de una vía se diseñará cumpliendo la siguiente relación:

$$R=kxL$$

Donde:

k : es una constante que puede variar de 7 a 10

L : es la distancia entre los ejes de los carros

R : radio de curvatura

Para nuestro caso  $L = 1.50$  m. y entonces  $R = 10.5$  m. –  $15.0$  m.

Para los radios de curvatura donde  $R \leq 7L$ , se deberán usar contracarriles interiores y exteriores que sirven para prevenir los descarrilamientos.

En nuestro caso las curvas serán diseñados con un radio de curvatura mínimo de  $20$  m. previniendo el uso de locomotoras y carros con mayor separación de ejes lo que da hasta  $2.0$  m. de distancia entre los ejes, esto también dará más estabilidad y para evitar riesgos de descarrilamiento con la velocidad.

En las líneas rectas ambas rieles de la collera están a un mismo nivel. Por el contrario en las curvas llevará un **peralte** o superelevación que es el desnivel existente entre los dos carriles.

Los esfuerzos que se transmiten a la vía (fig 3.1) en las curvas pueden reducirse a un esfuerzo de gravedad  $G$ , resistido bien por el balastro, y un esfuerzo lateral o fuerza centrífuga que dentro de la mina por seguridad no deberá sobrepasar del  $8\%$  de la carga del vagón.

Durante el movimiento de un vehículo de una masa de  $M$  ton. por la curva de un radio  $R$  m. con la velocidad  $v$  m/seg aparece la fuerza centrífuga.

$$F = \frac{Mv^2}{R}$$

Al reemplazar la masa  $M$  por el peso  $G$  y expresando la velocidad en Km/hr se transforma en:

$$F = \frac{Gv^2}{127R}$$

La fuerza centrífuga desplaza al carro o vagón hacia el carril exterior, lo que provoca el aumento de la resistencia al movimiento y puede ser la causa de un vuelco o descarrilamiento.

El riesgo de vuelco aparece cuando la resultante de la gravedad y de la fuerza centrífuga sale del polígono de sustentación.

En ausencia del declive este riesgo es máximo. La resultante (ver fig. 3.2) sale fuera de la trocha si:

$$\frac{F}{G} > \frac{AB}{AC} \quad \text{o} \quad v^2 > 64Rs/h$$

Donde h = altura del centro de gravedad

Pero en las labores mineras esta condición ocurre raramente.

Así para nuestro caso donde la trocha  $s = 30''$  (0.76 m.),  $h = 1$  m. ,  $R = 20$  m , el vuelco puede producirse para  $v = 31$  Km/hr (está velocidad es imposible que se alcance porque lo máximo a alcanzar está previsto en una velocidad máxima de 15 Km/hr)

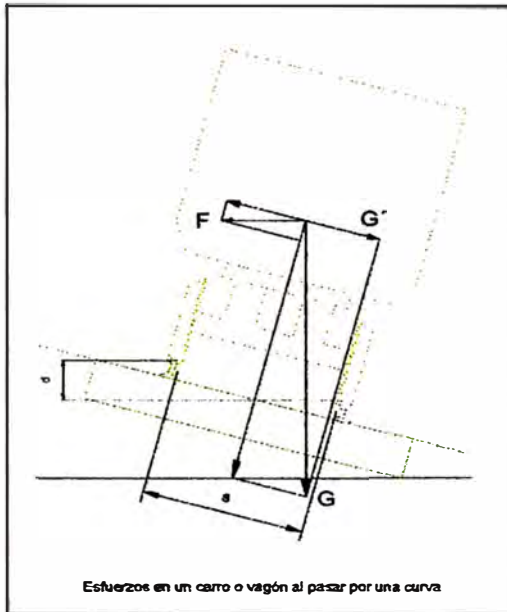


Figura 3.1

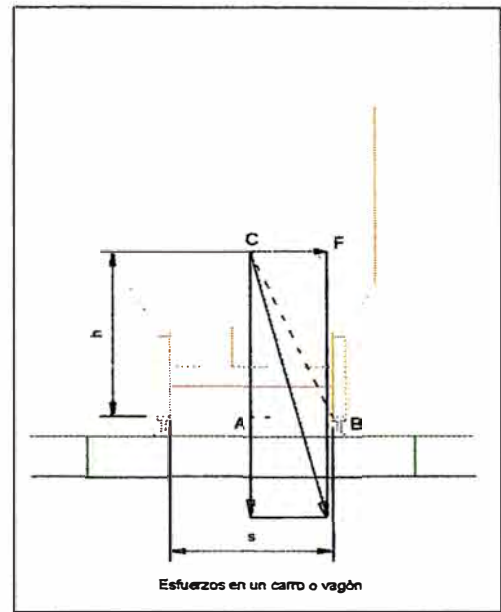


Figura 3.2

Pero el riesgo de desplazamiento de la vía es mucho mayor y en ausencia del peralte aparece desde que:

$$\frac{Gv^2}{127R} > 0.08 G \quad \text{ó} \quad v > 3.2 \sqrt{R}$$

Para un radio de 20 m. el riesgo aparece para  $v > 14 \text{ Km/hr}$ . Pero esta velocidad debe ser reducida siendo indispensable usar el peralte.

Introduciendo ahora el peralte y asimilando la fuerza centrífuga  $F$  con su proyección sobre el plano de la vía, obtenemos el esfuerzo transversal  $T$  como diferencia entre la fuerza centrífuga y la componente respectiva  $G'$  de la gravedad se tiene:

$$T = F - G' = \frac{Gv^2}{127R} - G \frac{d}{s}$$

Para anular la fuerza centrífuga el peralte teórico será:

$$d_t = \frac{v^2 s}{127R}$$

Reemplazando datos para  $s = 0.76$  m,  $R = 20$  m,  $v = 20$  Km/hr su valor será de  $d_t = 12$  cm. lo que corresponde a 24 cm. de diferencia entre los extremos de una durmiente de 1.5 m de longitud.

Pero no es necesario anular los esfuerzos transversales, sino reducirlos a 0.08G. En este caso el peralte práctico será con  $T = 0.08G$ , entonces:

$$d_p = \frac{v^2 s}{127R} - 0.08s = d_t - 0.08s$$

para el caso anterior tenemos  $d_p = 6$  cm. lo cual nos da 12 cm para la diferencia de nivel entre los extremos de una durmiente de 1.5 m de largo.

La introducción del peralte se necesita únicamente si el peralte teórico sobrepasa 0.08s, es decir si sobrepasa el valor de 0.06, para nuestro caso el peralte teórico sale 0.12 m y entonces si se necesita usar el peralte.

Un análisis de estas fórmulas es muy importante si se tiene en consideración que con locomotoras pequeñas de 12 ton y 120 HP se han alcanzado velocidades de 12 Km/h, sería conveniente entonces tomar una velocidad de 20 Km/h como máximo previendo que se van a usar locomotoras más grandes, sin embargo las normas legales del ministerio de Energía y Minas consideran sólo 10 Km/hr pero para túneles más grandes y que muestran mejor seguridad se puede tramitar una autorización especial para permitir una velocidad máxima de 20 Km/hr ó de 15 Km/hr según las circunstancias.

Veamos como varía el peralte teórico y práctico cuando variamos la velocidad y el radio de curvatura.

**VARIACION DEL PERALTE CON LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD**

velocidad (v) m	trocha (s) m	radio ( R ) m	Peralte teórico (dt) m	Peralte práctico (dp) m
12	0.76	20	0.04	-0.02
13	0.76	20	0.05	-0.01
14	0.76	20	0.06	0.00
15	0.76	20	0.07	0.01
16	0.76	20	0.08	0.02
17	0.76	20	0.09	0.03
18	0.76	20	0.10	0.04
19	0.76	20	0.11	0.05
20	0.76	20	0.12	0.06

**VARIACION DEL PERALTE CON LA VARIACIÓN DEL RADIO DE CURVATURA**

velocidad (v) m	trocha (s) m	radio ( R ) m	Peralte teórico (dt) m	Peralte práctico (dp) m
20	0.76	15	0.16	0.10
20	0.76	16	0.15	0.09
20	0.76	17	0.14	0.08
20	0.76	18	0.13	0.07
20	0.76	19	0.13	0.07
20	0.76	20	0.12	0.06
20	0.76	21	0.11	0.05
20	0.76	22	0.11	0.05
20	0.76	23	0.10	0.04
20	0.76	24	0.10	0.04
20	0.76	25	0.10	0.03

Para nuestro diseño podemos trabajar con un peralte promedio entre el teórico y el práctico que será de 9 cm que corresponde a levantar el durmiente una altura de 18 cm en su extremo, en la entrada de la curva será levantado sólo 9 cm aumentando progresivamente hasta su valor definitivo de 18 cm.

- **Equipos**

Se tuvo en cuenta los equipos que se usaran posiblemente en el futuro en el Túnel Victoria, se puede llegar a usar carros de mayor capacidad 180 a 220 pies<sup>3</sup> y locomotoras de 15 ton a 20 ton para el aumento de la producción y la sección del túnel se eligió para cumplir con estos requerimientos ver figura 3.3.

Los primeros 300 a 500 m. en la construcción del túnel se harán con sistema trackless donde el contratista empleará jumbo de 1 brazo, camión de bajo perfil de 20 ton, scoop de 3.5 yd<sup>3</sup> etc. Y luego se instalará el sistema de rieles para que puedan avanzar con jumbo montado sobre riel, Häggloader y Shuttletrain.

- **Trocha del convoy**

Si se tiene en consideración que en 1998 se ha aumentado la trocha de 24” a 30” pasando a usarse locomotoras de 12 ton en reemplazo de los de 8 ton y los carros de 140 pie<sup>3</sup> en reemplazo de los de 80 y 110 pies<sup>3</sup>. Los nuevos carros que se adquiera serán de mayor capacidad pero usarán el mismo chasis, así mismo se tendrá que comprar locomotoras de mayor capacidad siempre con el mismo chasis para trocha 30”. Un cambio de trocha no es necesario porque traería mayor costo económico, y operacionalmente sí se puede trabajar con trocha 30” para carros y locomotoras hasta de 15 ton.

- **Vía para el tránsito del personal**

El personal tendrá una vía libre de 1.40 m. medido desde la pared de los carros que actualmente se utiliza para el transporte de mineral, pudiendo reducirse hasta 1.20 m. si se utilizan equipos de mayor dimensión. La legislación minera establece que se dejará un espacio no menor de 0.70 m. para la circulación del personal. El ancho de 1.20 m. para la circulación del personal es suficiente y será por tanto uno de los túneles más seguros, a su vez se construirán refugios para el personal cada 50 m.

- **Cuneta**

En la vía subterránea el mismo piso de la labor sirve como base para el drenaje de las aguas, pero debido al fuerte caudal que existe de 250 a 400 lts/seg. Es necesario que se profundice el piso a una profundidad determinada por el diseño calculado para este requerimiento. En la construcción será necesario darle importancia a la perforación y

voladura de la cuneta para que no afecte la pared lateral donde va asentada la línea de riel y darle mucha importancia a la gradiente para que permita el flujo de las aguas. El diseño contempla 4x1000 de gradiente, ya establecido debido a lo que presenta el túnel actual.

El caudal de las aguas que se extraen por el túnel se podrán separar en aguas neutras y aguas ácidas, para diseñar una poza de tratamiento de aguas ácidas de menor capacidad.

La cuneta tendrá revestimiento de concreto en la pared lateral de 0.20 m. de espesor para que no sea afectado por las aguas ácidas y proteger de esta manera la base donde van las rieles y durmientes de este nuevo túnel.

Teniendo en cuenta que actualmente el caudal máximo que conduce la cuneta es de 400 lts/seg, y una vez construido el túnel paralelo las aguas saldrán por las dos cunetas de los dos túneles, y preveendo que el caudal total aumentará debido a la profundización de las minas en un 50% y luego de esto podemos considerar un 30% más por sedimentación de lodos, bombeo de agua, época de lluvias y otras previsiones. Entonces el caudal necesario será:

$$400 \text{ lts/seg} \times (1 + 50\%) \times (1 + 30\%) = 780 \text{ lts/seg}$$

$$\text{caudal por cada cuneta : } 780/2 = 390 \text{ lts/seg.}$$

Entonces cada canal conducirá un caudal máximo de 400 lts/seg. El siguiente procedimiento de cálculo es para determinar las dimensiones de la cuneta para que conduzca el caudal que se requiere.



## CANAL DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA

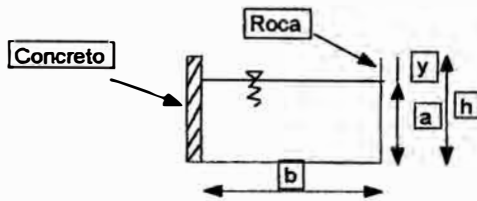
### Diseño de la cuneta

La cuneta es un canal rectangular que va a conducir un caudal máximo de 400 lts/seg

### Cálculos

Aplicando la fórmula de Manning para canal de máxima eficiencia hidráulica

### Datos:



### Formula de Manning:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

### Donde:

- a :** Altura del canal
- b:** Ancho del canal
- y:** Borde libre
- h:** Altura del canal con borde
- Q:** Caudal
- A:** Area mojada
- R:** Radio medio hidráulico
- S:** Gradiente hidráulico
- n:** Coeficiente de rugosidad de Kutter

### Valores:

$$b = 2a$$

$$y = 0.20 \text{ m.}$$

$$Q = 400 \text{ lt/seg} \quad 0.4 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$A = b \times a$$

$$R = \frac{\text{Area mojada}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{ba}{b+2a} = \frac{2a^2}{4a} = \frac{a}{2}$$

$$S = 0.004 \quad 4 \times 1000$$

$$n = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{p_1 + p_2}$$

- $n_1 = 0.015$  , Concreto
- $n_2 = 0.035$  , Roca
- $p_1 = a$  , Perímetro de concreto
- $p_2 = b + a$  , Perímetro de roca
- $b = 2a$  , Para canal de máxima eficiencia hidráulica

Reemplazando datos

$$n = 0.030$$

### Reemplazando datos en la formula de Manning:

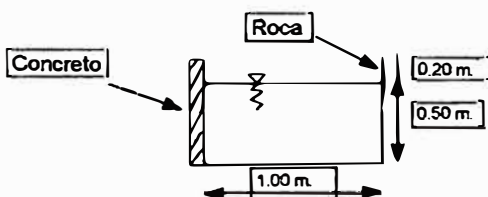
$$a = 0.49 \text{ m}$$

$$b = 0.98 \text{ m}$$

$$y = 0.20 \text{ m.}$$

$$h = 0.69 \text{ m.}$$

### Entonces el diseño será:



- **Manga de ventilación**

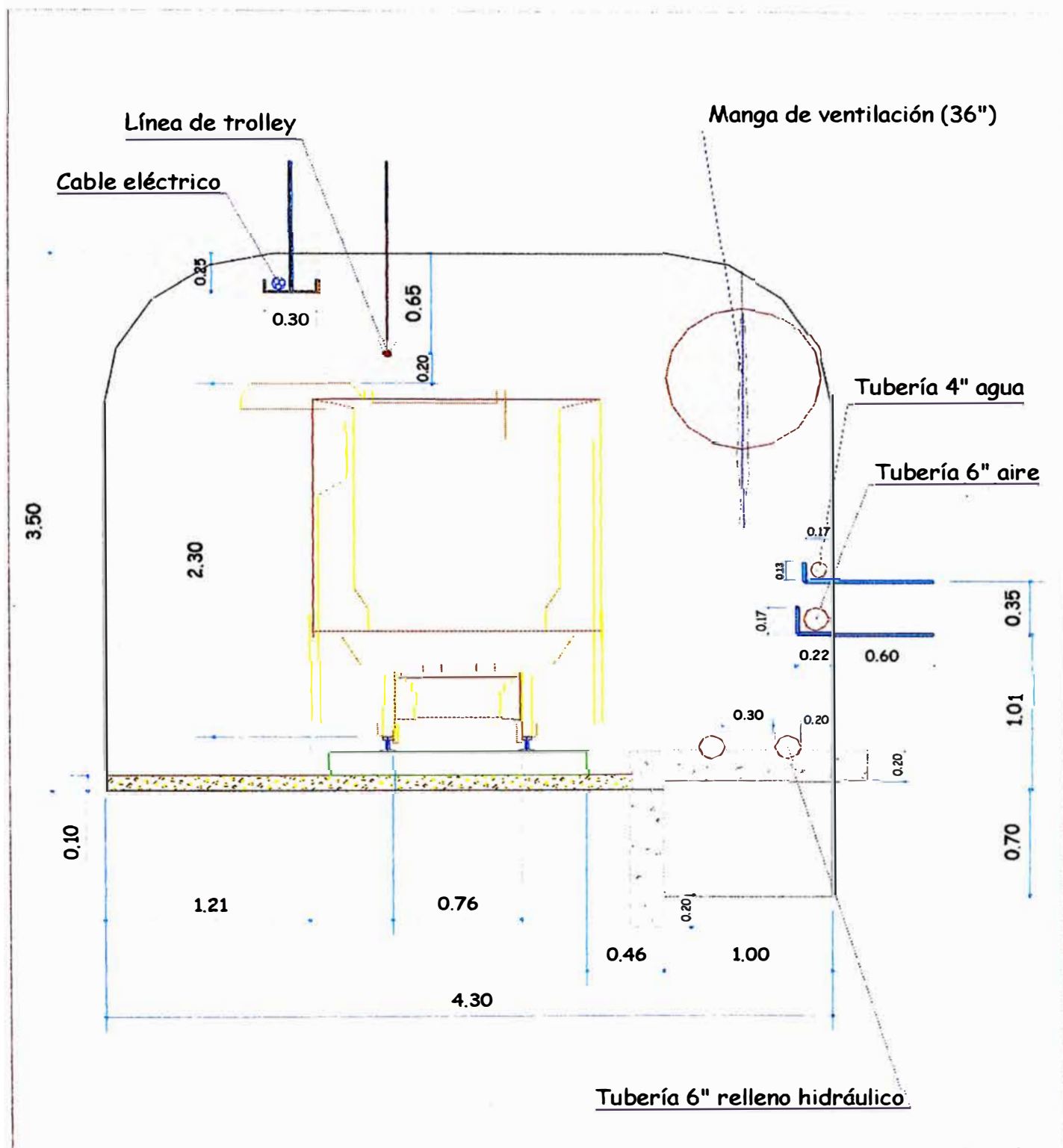
Se diseñó la sección también de acuerdo a la manga de ventilación debido a que se utilizará en su construcción para la ventilación. Después de la construcción la ventilación será natural definiendo los circuitos de ventilación por las chimeneas existentes en las minas de San Cristóbal y Carahuacra y también por el mismo túnel.

La manga de ventilación se colocará a la altura de la cuneta y será de 36” de diámetro pudiendo ser también de 40”.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores se tiene una sección de 4.30 m. de ancho x 3.50 m. de altura que se muestra en la figura 3.3.

Figura 3.3

## Sección del túnel paralelo



## Capítulo 3

### Selección de locomotoras

#### 3.1 Conceptos teóricos

Es necesario saber lo que debemos tener en cuenta para poder seleccionar las locomotoras que trabajarán en la operación del Túnel.

#### **Parámetros para la selección de locomotoras**

**Adhesión (K).** Se refiere a un factor que considera la adhesión que existe entre la riel y las ruedas de la locomotora usamos para nuestro caso el valor de 0.2

**Resistencia a la rodadura de la locomotora (R<sub>2</sub>).** Se refiere a la resistencia que ofrece la riel a las ruedas de la locomotora y podemos considerar 20 lbs/ton.

**Resistencia a la rodadura (R<sub>r</sub>).** Se refiere a la resistencia que ofrece la línea de riel sobre las ruedas del carro o vagón también se considera 20 lbs/ton.

**Eficiencia de frenado (e).** Es un factor que interviene en la distancia dentro del cual la locomotora puede alcanzar a frenar totalmente, consideramos un valor de 0.80 u 80%.

**Eficiencia del motor (eff).** Se refiere a un factor que interviene en la selección de la locomotora el cual es una corrección a la potencia requerida.

**Gradiente de la vía (G).** Es la inclinación del túnel considerada constante en todo su recorrido consideramos 4 ‰ (4 por mil).

**Numero de carros del convoy (n).** Se refiere al número de carros metaleros que jalará la locomotora en su recorrido.

**Velocidad deseada (S).** Es la velocidad del motor que se desea alcanzar y coincide con la velocidad máxima para nuestra selección.

**Peso del carro vacío ( $w_e$ ).** Es el peso de un carro metalero vacío.

**Peso del carro cargado ( $w_f$ ).** Es el peso de un carro metalero cargado.

**Velocidad inicial ( $V_i$ ).** Es la velocidad teórica del movimiento acelerado que alcanza el motor al momento de iniciar su marcha y tiene el valor de 0.

**Velocidad a alcanzar ( $V_f$ ).** Es la velocidad teórica del movimiento acelerado que alcanza el motor en su recorrido, que coincide para nuestra selección con la velocidad máxima a tener en cuenta y coincide también con la velocidad deseada (S).

**Velocidad inicial de frenado ( $V_a$ ).** Es la velocidad inicial que interviene en los cálculos de la distancia de frenado y coincide con la velocidad que se desea alcanzar ó velocidad máxima.

**Velocidad final de frenado ( $V_b$ ).** Interviene en la distancia de frenado y es igual a 0.

Hay mucho más parámetros y fórmulas que no se va a desarrollar por ser muy tedioso su demostración y no es el objetivo de este trabajo.

### 3.2 Selección de locomotoras

Las fórmulas para la selección de locomotoras han sido obtenidas de MSA del Perú que son representantes de las locomotoras Goodman.

Para seleccionar las locomotoras se debe tener en cuenta el límite de la velocidad a emplear que será la velocidad máxima, el peso de la locomotora, la gradiente, las resistencias a vencer, es muy importante también la distancia de frenado y la producción que se desea alcanzar.

La distancia de frenado no debe ser inferior de 30 m. en la condición a favor de la pendiente o descendiendo cargado es una condición que se debe cumplir por seguridad.

La velocidad máxima a emplear en el caso de locomotoras de 12 ton y 120 HP será de 12 Km/hr esto considerando unas vías bien mantenidas, para el túnel actual sólo es de 10 Km/hr, pero se ha visto que puede llegar hasta 12 Km/hr. Las locomotoras más grandes pueden desarrollar mayor velocidad y se puede establecer una velocidad máxima de 15 Km/hr para las locomotoras de 15 a 20 ton.

Es también conveniente no emplear convoy de más de 12 carros porque dificulta la visibilidad y la comunicación en el trabajo de extracción en las tolvas.

### **Selección de locomotoras para la situación actual:**

Ya se tiene las locomotoras de 12 ton y 120 HP para la situación actual que arrastran 10 carros de 140 pies<sup>3</sup> pero veamos este caso y analicemos después.

#### **TRACCIÓN CON LOCOMOTORAS**

##### **Datos:**

Distancia de tramo	6 Km
Gradiente	4 x 1000
Turnos	3
Tiempo de carga de un convoy	20 min
Tiempo de descarga	15 min

#### **SITUACION ACTUAL**

##### **Empleando carros de 140 pies<sup>3</sup>**

No carros	12 carros
Peso del carro vacío	3.8 ton x carro
Peso del carro cargado	11.4 ton x carro
Peso de los carros vacíos	45.6 TMH
Peso de la carga	91.2 TMH
Peso de los carros cargados	136.8 TMH

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo para esta situación:

## Cuadro 4.1

## SELECCIÓN DE LOCOMOTORAS de 11 ton y 90 HP jalando 12 carros de 140 pies3

HAULAGE ANALYSIS		06/01/01	GOODMAN EQUIPMENT CORPORATION			
PROSPECT: VOLCAN CIA MINERA S.A.A.			5430 WEST 70TH PLACE			
filename: HAULBLNK			BEDFORD PARK, ILLINOIS 60638			
EVALUATING PERFORMANCE OF LOCOMOTIVES			PH: 708-496-1188			
			FX: 708-496-3939			
<b>CONSTANTS:</b>						
ADHESION (DECIMAL) =		K	0.2			
LOCOMOTIVE ROLLING RESISTANCE =		R2	20 lbs/ton			
ROLLING RESISTANCE =		Rr	20 lbs/ton			
BRAKING EFFICIENCY =		c	0.8			
MOTOR EFFICIENCY =		eff	0.95			
<b>PROJECT PARAMETERS:</b>						
GRADE IN PERCENT: =		G	climb loaded	descend loaded	climb empty	descend empty
NUMBER OF CARS: =		n	-0.4	0.4	-0.4	0.4 %
DESIRED SPEED =		S	7.5	7.5	7.5	7.5 MPH
WEIGHT OF EMPTY CAR =		we	3.8	3.8	3.8	3.8 tons
WEIGHT OF LOADED CAR =		wf	11.4	11.4	11.4	11.4 tons
STARTING SPEED (ACCELERATING) =		Vi	0	0	0	0 MPH
ATTAINED SPEED (ACCELERATING) =		Vf	7.5	7.5	7.5	7.5 MPH
STARTING SPEED (BRAKING) =		Va	7.5	7.5	7.5	7.5 MPH
			10.9	10.9	10.9	10.9 feet/second
ENDING SPEED (BRAKING) =		Vb	0	0	0	0 MPH
			0.0	0.0	0.0	0.0 feet/second
TRACK GAUGE						
RADIUS OF CURVES						
<b>CALCULATED VALUES:</b>						
GRADE RESISTANCE: Rg =	20 * G	Rg	-8	8	-8	8 pounds/ton
TRAIN RESISTANCE: Rt =	Rg + Rr	Rt	12	28	12	28 pounds/ton
TRAILING LOAD: W =	W	W	137	137	46	46 tons
CALCULATED LOCOMOTIVE WEIGHT: L =	$(W * Rt) / (2000 * (K + .01) * (20 * G + R2))$	Lc	4	10	1	3 tons
<< IF WE USE A LOCOMOTIVE OF THIS WEIGHT >>		L	11	11	11	11 tons
AVAILABLE DRAWBAR PULL: TEa =	L * 2000 * K	TEa	4400	4400	4400	4400 pounds
REQUIRED TRACTIVE EFFORT: TEr =	$L(R2 + 20 * G) + W * Rt$	TEr	1774	4138	679	1585 pounds
HORSEPOWER REQUIRED: HP =	$(TEr * S) / 356.25$	HP	37	87	14	33 hp
KW INPUT TO LOCOMOTIVE: KW =	$(HP * .746) / eff$	KW	29	68	11	26 kw
RATE OF ACCELERATION: A =	$(TEa - TEr) / (100 * (W + L))$	A	0.18	0.02	0.66	0.50 feet/sec/sec
TIME TO ACCELERATE: Ta =	$(VF - VI) / A$	Ta	42.0	421.3	11.3	15.0 seconds
DISTANCE TO ACCELERATE: Da =	$(VF - VI) * TA * 1.47 * 0.5$	Da	230	2309	62	82 feet
BRAKING FORCE: F =	$2000 * k * l + W * (Rr + 20G) + 20 * L * G$	F	5954	8318	4859	5765 pounds
DISTANCE TO BRAKE: Db =	$(L + W) * 2000 * ((Va)^2 - (Vb)^2) / (64.32 * F * E)$	Db	115	83	54	46 feet
DISTANCE TO BRAKE: Db =			35	25	17	14 meters
(note - negative numbers in the acceleration and Ta and Da means must use sand to increase the K factor)						
Los arenadores se usan cuando la linea está húmedo						
<b>SELECCIÓN FINAL DE LA LOCOMOTORA</b>						
PESO						11 tons
POTENCIA						90 HP
<b>CONCLUSIONES</b>						
Una locomotora de 12 ton tiene un esfuerzo tractivo de 4138 lbs que es suficiente para jalar 12 carros de 140 pies3, en la condición más desfavorable y a una velocidad máxima de 12 Km/hr.						
La distancia de frenado es de 35 m. en la condición de cargado a favor de la pendiente.						

Entonces según el cuadro 4.1 tenemos que para arrastrar 12 carros de 140 pies<sup>3</sup> se necesita una locomotora de 11 ton y 90 HP, entonces las locomotoras actuales de 12 ton y 120 HP están un poco sobredimensionadas es decir que pueden arrastrar más carga pero la capacidad actual de los carros no se lo permite y también el estado de la vía actual.

### Selección de locomotora para el túnel paralelo:

Según las características de las locomotoras goodman como se presenta en el cuadro 4.2 se tiene que las locomotoras de 15 a 20 ton usan trocha 36", pero como ya vimos nosotros sólo tenemos trocha 30" entonces podemos usar locomotoras hasta un máximo de 15 ton de peso para ello tendremos que seleccionar los carros adecuados de acuerdo a su capacidad de carga.

METAL MINING – TROLLEY POWERED										
Operating Weight* Type	1-ton Trammer	4-ton Titan	4-ton 76D	6-ton 76B	8-ton 168	11-ton 188	15-ton 136B	15-ton 201	20-ton 81C	20-25-ton 202
T.E. at 25% ADH., lbs.	750	2,000	2,000	3,000	4,000	5,500	7,500	7,500	10,000	10-12,500
Voltage	220	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Number of Motors	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor**	5.5	18.5	20	30	40	60	75	100	120	170
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	520	1,500	2,340	3,450	4,890	6,500	7,900	7,530	9,400	11,840
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	3.4	4.1	6.3	6.4	6	6.8	7	9.7	9.4	10.5
Minimum Gauge, inches	18	18	18	24	24	24	36	36	36	42
Minimum Curve Radius, feet	7	9	20	21	28	33	31	46	50	55
Wheelbase, inches	24	30	54	54	60	68	66	100	100	110
Wheel Diameter, inches	14	16	24	26	30	33	33	30	36	36
Height Over Covers, inches***	31	28	30	32	60	38	42	42	50	44
Overall Width, inches	33 to 43	43	45	45 or 57	54 or 60	52 or 58	59 or 67	58 or 68	61 or 70	67 or 71
Length w/o Couplers, inches	71	122	153	153	178	206	190	261	258	282
* Operating weight is nominal and will vary according to the addition of optional equipment and other customer requests.										
** Horsepower and speed will vary according to actual voltage supplied by the trolley system.										
*** Height over covers is to indicate visibility by operator. Trolley pole base and, in some models, headlights, are also higher.										

Cuadro 4.2

Veamos el procedimiento de cálculo para esta situación:



**PARA EL TUNEL PARALELO****Empleando carros de 220 pies<sup>3</sup>**

No carros	12 carros
Peso del carro vacio	6 ton x carro
Peso del carro cargado	18 ton x carro
Peso de los carros vacios	72 TMH
Peso de la carga	144 TMH
Peso de los carros cargados	216 TMH

**Empleando carros de 200 pies<sup>3</sup>**

No carros	12 carros
Peso del carro vacio	5.5 ton x carro
Peso del carro cargado	16.5 ton x carro
Peso de los carros vacios	66 TMH
Peso de la carga	132 TMH
Peso de los carros cargados	198 TMH

**Empleando carros de 180 pies<sup>3</sup>**

No carros	12 carros
Peso del carro vacio	5 ton x carro
Peso del carro cargado	15 ton x carro
Peso de los carros vacios	60 TMH
Peso de la carga	120 TMH
Peso de los carros cargados	180 TMH

**Cuadro 4.3**

**SELECCIÓN DE LOCOMOTORAS de 15 ton y 160 HP jalando 12 carros de 200 pies3**

HAULAGE ANALYSIS		06/02/01	GOODMAN EQUIPMENT CORPORATION 5430 WEST 70TH PLACE BEDFORD PARK, ILLINOIS 60638 PH: 708-496-1188 FX: 708-496-3939			
PROSPECT: VOLCAN CIA MINERA S.A.A. filename: HAULBLNK						
EVALUATING PERFORMANCE OF LOCOMOTIVES						
CONSTANTS:						
ADHESION (DECIMAL) =	K	0.2				
LOCOMOTIVE ROLLING RESISTANCE =	R2	20 lbs/ton				
ROLLING RESISTANCE =	Rr	20 lbs/ton				
BRAKING EFFICIENCY =	e	0.8				
MOTOR EFFICIENCY =	eff	0.95				
PROJECT PARAMETERS:			climb	descend	climb	descend
			loaded	loaded	empty	empty
GRADE IN PERCENT: =	G	-0.4	0.4	-0.4	0.4	%
NUMBER OF CARS: =	n	12	12	12	12	
DESIRED SPEED =	S	9.3	9.3	9.3	9.3	MPH
WEIGHT OF EMPTY CAR =	we	5.5	5.5	5.5	5.5	tons
WEIGHT OF LOADED CAR =	wf	16.5	16.5	16.5	16.5	tons
STARTING SPEED (ACCELERATING) =	Vi	0	0	0	0	MPH
ATTAINED SPEED (ACCELERATING) =	Vf	9.3	9.3	9.3	9.3	MPH
STARTING SPEED (BRAKING) =	Va	9.3	9.3	9.3	9.3	MPH
		13.7	13.7	13.7	13.7	feet/second
ENDING SPEED (BRAKING) =	Vb	0	0	0	0	MPH
		0.0	0.0	0.0	0.0	feet/second
TRACK GAUGE						
RADIUS OF CURVES						
CALCULATED VALUES:						
GRADE RESISTANCE: Rg =	20 * G	Rg	-8	8	-8	8 pounds/ton
TRAIN RESISTANCE: Rt =	Rg + Rr	Rt	12	28	12	28 pounds/ton
TRAILING LOAD: W =	W	W	198	198	66	66 tons
CALCULATED LOCOMOTIVE WEIGHT: L =	(W * Rt) / (2000 * (K + 0.01) * (20 * G + R2))	Lc	6	14	2	5 tons
<< IF WE USE A LOCOMOTIVE OF THIS WEIGHT >>		L	15	15	15	15 tons
AVAILABLE DRAWBAR PULL: TEa =	L * 2000 * K	TEa	6000	6000	6000	6000 pounds
REQUIRED TRACTIVE EFFORT: TEr =	L(R2 + 20 * G) + W * Rt	TEr	2556	5964	972	2268 pounds
HORSEPOWER REQUIRED: HP =	(TEr * S) / 356.25	HP	67	156	25	59 hp
KW INPUT TO LOCOMOTIVE: KW =	(HP * 0.746) / eff	KW	53	123	20	47 kw
RATE OF ACCELERATION: A =	(TEa - TEr) / (100 * (W + L))	A	0.16	0.00	0.62	0.46 feet/sec/sec
TIME TO ACCELERATE: Ta =	(Vf - Vi) / A	Ta	57.6	5514.8	15.0	20.2 seconds
DISTANCE TO ACCELERATE: Da =	(Vf - Vi) * Ta * 1.47 * 0.5	Da	395	37781	103	139 feet
BRAKING FORCE: F	2000 * k * 1 + W * (Rr + 20 * G) + 20 * L * G	F	8256	11664	6672	7968 pounds
DISTANCE TO BRAKE: Db =	(L + W) * 2000 * ((Va)^2 - (Vb)^2) / (64.32 * F * E)	Db	187	133	88	74 feet
DISTANCE TO BRAKE: Db =			57	40	27	23 meters
(note - negative numbers in the acceleration and Ta and Da means must use sand to increase the K factor)						
Los arenadores se usan cuando la linea esta húmedo						
SELECCIÓN FINAL DE LA LOCOMOTORA						
PESO				15	tons	
POTENCIA + 15%				160	HP	
CONCLUSION						
Una locomotora de 12 ton tiene un esfuerzo tractivo de 5964 lbs que es suficiente para jalar 12 carros de 200 pies3, en la condición más desfavorable y a una velocidad máxima de 15 Km/hr.						
La distancia de frenado es de 57 m. en la condición de cargado a favor de la pendiente.						

Según el cuadro 4.3 tendremos carros de 200 pies<sup>3</sup> y locomotoras de 15 ton, veamos entonces cual será el modelo de tracción para obtener una producción de 6000 ton x día.

### **3.3 Simulación de la extracción de mineral**

Actualmente se está instalando un sistema de comunicación que utiliza el cable flexcom, el sistema instalado completamente permitirá ubicar los motores en el tiempo y el espacio en el túnel en el momento necesario, con lo cual podemos distribuir las locomotoras para que carguen mineral en las tolvas que tienen carga en ese momento.

La simulación que se presenta es un modelo de extracción de mineral que se ha hecho en base a la situación particular del Túnel Victoria para determinar según la producción el número de locomotoras que se va a emplear y en todo sentido se busca optimizar los rendimientos para conseguir mejores resultados utilizando menos equipo.

Se cuenta entonces de 4 locomotoras de 12 ton y 120 HP de los cuales siempre 3 estarán en operación y 1 en stand by. Ahora con la simulación determinaremos cuantas locomotoras de 15 ton y 160 HP necesitaremos para cumplir con la producción de 6000 TMH x día.

No se necesita desquinchar el túnel antiguo por el momento porque las locomotoras de 15 ton y 160 HP sólo van a transitar por el túnel paralelo, aunque convendría desquincharlo en el futuro a una sección mínima de 3.50 m. x 3.00 m. donde también podrán circular las locomotoras de 15 ton y 160 HP, pero como se sabe la velocidad en esta vía será con un máximo de 12 Km/hr, pero por cualquier problema surgido en el túnel nuevo paralelo, este desquinche del túnel antiguo será de mucha importancia para que la extracción no se perjudique.

Como se dijo se necesita locomotoras en stand by uno de 12 ton y otro de 15 ton, estas locomotoras reemplazarán siempre según el programa de mantenimiento preventivo a las otras locomotoras.

La simulación presentada se ha hecho en base a un solo caso más factible de entrar en operación después de construido el túnel y este es el caso1. Veamos los casos:

**Caso1:** El Túnel nuevo servirá para la extracción con las locomotoras de mayor capacidad mientras que el antiguo servirá para las locomotoras de menor capacidad.

**Caso2:** Si se efectua el desquinche se puede simular con locomotoras pequeñas y las de gran capacidad pero la preferencia siempre será con las locomotoras de mayor capacidad, teniendo las locomotoras de menor capacidad dar pase a los de gran capacidad. Esto considerando un circuito cerrado donde el túnel antiguo sirva de ingreso de convoy vacios y el túnel nuevo sirva de salida de convoy cargados.

La simulación sólo se hará para las locomotoras de 15 ton que utilizarán el patio interior mina, las locomotoras de 12 ton ya tienen su ciclo y circuito definido

### **Simulación para San Cristóbal con las locomotoras de 15 ton.**

Primero se determinarán los tiempos de los ciclos operativos y después se hará la simulación gráfica para optimizar la producción.

### **Consideraciones:**

Las locomotoras de 15 ton sólo se trasladarán por el túnel nuevo paralelo.

Habiendo hecho simulaciones previas se ha determinado 1 patio interior mina principal de 4 cámaras y de triple vía. Este patio servirá para hacer el cambio de las locomotoras vacias y las locomotoras cargadas.

Se trabajará con 6 convoy 2 en interior mina y 4 con las 4 locomotoras de 15 ton

- Dos locomotoras estarán cautivas en interior mina y trasladarán el mineral desde los chutes al patio interior mina, las cuales serán jaladas por 2 locomotoras que trasladarán la carga desde patio interior mina a superficie.
- Con respecto a las locomotoras cautivas que trasladan carga desde los chutes hasta el patio interior mina estas siempre dejarán 2 convoy cargados para la siguiente guardia y sacarán 2 convoy cargados a superficie al final de guardia.
- Los trabajos de servicio lo hará la locomotora asignado a San Cristóbal una vez completado su 2 viajes de mineral.
- Los convoys ya no serán pesados en la balanza existente, se usará una balanza en la faja lo cual reducirá el tiempo de pesaje y destare de los carros.
- En lo posible las locomotoras tanto las 2 cautivas como las 2 que salen a superficie tendrán que trabajar juntas para que no haya tráfico.

**Veamos entonces el procedimiento de cálculo:**

## SIMULACION DE LA OPERACION DE EXTRACCION DE MINERAL

### RESUMEN

- Según el procedimiento que sigue se ha determinado que para poder obtener 6120 TMH por día se necesita los siguientes equipos.

EQUIPOS :	
<b>Para San Cristóbal</b>	4 locomotoras de 15 ton de 160 HP 6 convoy con 12 carros (72 carros de 200 pies <sup>3</sup> ) 1 locomotora de 12 ton de 120 HP 1 convoy con 12 carros (12 carros de 140 pies <sup>3</sup> )
<b>Para Carahuacra</b>	2 locomotoras de 12 ton de 120 HP 2 convoy con 12 carros (24 carros de 140 pies <sup>3</sup> )
<b>Stand by</b>	1 locomotora de 15 ton de 160 HP 1 locomotora de 12 ton de 120 HP 1 convoy con 12 carros (12 carros de 200 pies <sup>3</sup> ) 1 convoy con 12 carros (12 carros de 140 pies <sup>3</sup> )
<b>TOTAL</b>	5 locomotoras de 15 ton de 160 HP 4 locomotoras de 12 ton de 120 HP 7 convoy con 12 carros (84 carros de 200 pies <sup>3</sup> ) 4 convoy con 12 carros (48 carros de 140 pies <sup>3</sup> )

## SIMULACION DE LA OPERACION DE EXTRACCION DE MINERAL

### (1) Ciclos de operación

#### 1.1 PARA SAN CRISTOBAL USANDO EL TUNEL PARALELO CON EL PATIO INTERIOR MINA

##### Ciclo de operación desde los chutes hasta el patio interior mina

###### Locomotora de 15 ton

No. Chute	Distancia de boca tunnel (m.)	Distancia del chute al patio interior mina (m.)	Velocidad prom. de ida vacio (Km/hr)	Velocidad prom. de vuelta cargado (Km/hr)	Tiempo de maniobras en patio int. y en chute (min.)	Tiempo de ida vacio (min)	Tiempo por cambios y tráfico (min)	Tiempo de chuteo (min.)	Tiempo de vuelta cargado (min.)	Tiempo total de ciclo por chute (min.)
Chutes Veta S.C	6700	1300	10	9	9	10	8	5	20	51
Ore pass SC820	6200	800	10	9	9	10	5	5	20	45
Promedio										49

Nota: el ore pass 223 será reemplazado por el ore pass SC820 ubicado más cerca de los tajos de producción en el futuro y se harán más tolvas en San Cristóbal

##### Ciclo de operación desde el patio interior hasta superficie

###### Locomotora de 15 ton

Ubicación	Distancia de boca tunnel a patio interior (m.)	Velocidad promedio de ida vacio (Km/hr)	Velocidad promedio de vuelta cargado (Km/hr)	Tiempo de ida vacio desde patio sup. a patio interior (min.)	Tiempo por cambios y tráfico (min)	Tiempo de maniobras en patio int. (min)	Tiempo de vuelta cargado de patio int. a superf. (min.)	Tiempo de descarga (min.)	Tiempo de traslado y maniobras en superficie (min.)	Tiempo total del ciclo (min.)
Patio interior	5400	14	13	23	5	5	25	15	12	85

##### Ciclo de operación desde los chutes de San Cristóbal a superficie

###### Locomotora de 12 ton

Ubicación	Distancia de boca tunnel a patio interior (m.)	Velocidad promedio de ida vacio (Km/hr)	Velocidad promedio de vuelta cargado (Km/hr)	Tiempo de ida vacio (min.)	Tiempo por cambios y tráfico (min.)	Tiempo de chuteo (min.)	Tiempo de vuelta cargado (min.)	Tiempo de descarga (min.)	Tiempo de traslado y maniobras en superficie (min.)	Tiempo total del ciclo (min.)
Chutes Veta S.C	6700	10	9	40	10	20	45	15	12	142

## 1.2 PARA CARAHUACRA USANDO EL TUNEL ANTIGUO

## Ciclo de operación desde los chutes hasta superficie

No. Chute	Distancia de boca a túnel (m.)	Velocidad promedio de ida (Km/hr)	Velocidad promedio de vuelta (Km/hr)	Tiempo de ida vacío (min.)	Tiempo por rambios tráfico y maniobras (min.)	Tiempo de chuteo (min.)	Tiempo de vuelta cargado (min.)	Tiempo de descarga (min.)	Tiempo de traslado y maniobras en superficie (min.)	Tiempo total del ciclo por chute en sup. (min.)
Chutes (Lidia)	4900	10	9	29	10	20	33	15	15	122
Chute 425 (Poc)	4350	10	9	26	10	20	29	15	15	115
Promedio										119

## (2) Producción

2.1 SAN CRISTOBAL  
POR EL TUNEL NUEVO

## Producción de chutes a patio interior mina

## Locomotora de 15 ton

No. Chute	Peso del mineral por convoy (TMH)	No. Viajes x guardia necesarios de cada chute	Producción promedio por guardia (TMH)	Producción promedio por día (TMH)	Tiempo total del ciclo al patio Int. Mina (min.)	Tiempo empleado (min.)	Tiempo productivo de 8 hr. x gd. (min.)	No. de locomot. requeridos
Chutes Veta S.C	132	3	396	1188	51	154	390	1.21
Chute (Poc)	132	7	924	2772	45	316		
Total		10	1320	3960		470		

Nota: Considerando que se aumentará las distancias de los chutes el número de locomotoras está bien que sean 2.

## Producción del patio interior mina a superficie

## Locomotora de 15 ton

No. De viajes por x guardia	Peso del mineral por convoy (TMH)	Producción promedio por guardia (TMH)	Producción promedio por día (TMH)	Ciclo de operación (min.)	Tiempo empleado por guardia (min.)	Tiempo productivo de 8 hr. x guardia (min.)	No. De locomot. requeridos
10	132	1320	3960	85	851	390	2.18

## Locomotora de 12 ton

No. De viajes por x guardia	Peso del mineral por convoy (TMH)	Producción promedio por guardia (TMH)	Producción promedio por día (TMH)	Ciclo de operación (min.)	Tiempo empleado por guardia (min.)	Tiempo productivo de 8 hr. x guardia (min.)	No. de locomot. requeridos
2	90	180	540	142	284	390	0.73
Total			4500				

PRODUCCION POR MOTOR (15 ton) = 1980 TMH x día 660 TMH x guardia

PRODUCCION POR MOTOR (12 ton) = 540 TMH x día 180 TMH x guardia

## 2.2 CARAHUACRA

No. Chute	Peso del mineral por convoy (TMH)	No. Viajes x guardia necesarios de cada chute	Producción promedio por guardia (TMH)	Producción promedio por día (TMH)	Tiempo total del ciclo al patio Int. Mina (min.)	Tiempo empleado (min.)	Tiempo productivo de 8 hr. x gd. (min.)	No. de locomot. requeridos
Chutes (Lidia)	90	2	180	540	122	244	390	1.81
Chute 425 (Poc)	90	4	360	1080	115	460		
Total		6	540	1620		705		1.81

PRODUCCION POR MOTOR (12 ton) = 810 TMH x día 270 TMH x guardia

Producción total: 6120 TMH  
 Total locomotoras (15 ton) : 5 (1 estará en stand by)  
 Total locomotoras (12 ton) : 4 (1 estará en stand by)  
 No. Convoys: 11 convoys

**Ciclo promedio desde el patio interior a los chutes de acuerdo al número de viajes por chutes**

$$\frac{T1*d1 + T2*d2 + T3*d3}{\sum di}$$

Donde : **Ti** : Tiempos de los ciclos de operación a los diferentes chutes de San Cristóbal  
**di** : Distancias de los chutes al patio interior

Ciclo 1 = 85 min Desde patio interior a superficie  
 Ciclo 2 = 49 min Desde los chutes a patio interior

Si partimos de 33 min. (tiempo de llegada de superficie a patio interior mina)  
 El tiempo de patio interior a superficie será de 52 min.

tenemos que los motores estaran en el patio interior en el minuto:

	Ciclos 1	Ciclos 2	
1o ciclo	33	82	
2o ciclo	118	131	
3o ciclo	203	180	
4o ciclo	288	252	Los convoy cautivos esperan 23 min.
5o ciclo	--	337	Los convoy cautivos esperan 36 min.

Las diferencias en los ciclos serán las holguras para cuando San Cristóbal se expande y para que siempre se utilice sólo 2 motores cautivos

**SIMULACION GRAFICA PARA SAN CRISTOBAL CON EL PATIO INTERIOR MINA**

Se parte desde 33 minutos cuando los 2 motores (ciclo1) llegan al patio de maniobra encuentran 2 convoy cargados y recién el cautivo empieza a trabajar

Al inicio de la guardia se encuentra 2 convoy cargados y se deja al final 2 convoy cargados para la siguiente guardia

CICLO1	CICLO2	Situación	Cámaras para convoy vacíos y cargados				tiempo inicial (min)	tiempo acumulado (min)	Observaciones
			cámara1	cámara2	cámara3	cámara4			
1		Situación inicial			●	●	33	33	Los convoy cautivos y los no cautivos ingresan con su convoy
		Situación final	○	○					
1		Situación inicial	○	○			49	82	
		Situación final			●	●			
2		Situación inicial			●	●	36	118	
		Situación final	○	○					
2		Situación inicial	○	○			13	131	
		Situación final			●	●			
3		Situación inicial			●	●	49	180	Los motores cautivos esperan 23 minutos hasta que lleguen los de superficie
		Situación final	●	●	●	●			
3		Situación inicial	●	●	●	●	23	203	
		Situación final			●	●			
4		Situación inicial			●	●	49	252	Los motores cautivos esperan 36 minutos hasta que lleguen los de superficie
		Situación final	●	●	●	●			
4		Situación inicial	●	●	●	●	36	288	
		Situación final			●	●			
5		Situación inicial			●	●	49	337	Termina su ciclo el motor del patio interior y sale a superficie con su quinto viaje
		Situación final			●	●			



Convoy vacíos



Convoy cargados

Las dos locomotoras no cautivas terminarán su ciclo en el tiempo de:  
 Las dos locomotoras cautivas terminarán su ciclo en el tiempo de:

**340 minutos** (incluido el traslado de 52 minutos)  
**389 minutos** (incluido el traslado de 52 minutos)

Al final se ha realizado 10 viajes con 4 locomotoras a planta Victoria es dec **3960 TMH de S.C. x día**



## Capítulo 4

### Evaluación económica

#### 4.1 Costos de construcción del Túnel Victoria Paralelo

El costo total de construcción del proyecto Túnel Victoria Paralelo está valorizado en cinco millones de dólares (US\$ 5'000,000.00) aproximadamente y el costo de inversión en locomotoras y carros nuevos en US\$ 1'500,000.00.

La construcción del túnel Victoria paralelo se compone de 2 etapas, la primera etapa que corresponde a los trabajos desde superficie hasta Carahuacra está valorizado en US\$ 3'577,324.00 y la segunda etapa que corresponde a los trabajos desde Carahuacra hasta San Cristóbal esta valorizado en US\$ 1'422,377.00. Es preciso mencionar que la segunda etapa sólo incluye hasta la veta San Cristóbal.

Veamos entonces la estructura de costos:

#### Precio de los materiales:

El precio de algunos materiales importantes se muestra a continuación

#### COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Descripción	Costo US\$
<b>1RA. ETAPA</b>	
- Construcción de 3627 m de sección 4.30 m. x 3.50 m.	3,122,237
- Colocacion de trolley y rieles en XC-1426, 800 m.	129,875
<b>Costo</b>	<b>3,252,113</b>
<b>Contingencia +10%</b>	<b>325,211</b>
<b>COSTO 1RA. ETAPA</b>	<b>3,577,324</b>
<b>2DA. ETAPA</b>	
- Construcción de 1316 m de sección 4.30 m. x 3.50 m.	1,088,916
- Construcción del patio interior mina	75,278
- Instalación de línea de riel en el XC-810, 800.00 m.	128,875
<b>Costo</b>	<b>1,293,070</b>
<b>Contingencia +10%</b>	<b>129,307</b>
<b>COSTO 2DA. ETAPA</b>	<b>1,422,377</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>4,999,701</b>

## PRECIO DE MATERIALES Y ACCESORIOS DE RIEL

Tipo de cambio : 3.50 \$/ x US\$

Costo de piedra chancada

Empresa:

Ricaldi

Piedra Chancada de 1" a 2" de espesor

Destino	Unidad	Cantidad	Precio (\$/.)	Precio (US\$)
Carahuacra	m3	1	40.00	11.43
Huaripampa-San Cristobal	m3	1	50.00	14.29
Andaychagua	m3	1	60.00	17.14

### Tarifas

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio (\$/.)	Precio (US\$)
Collera de línea instalada (10 m. inc. Durmiente)	m3	1	68.83	19.67
Taladro para alcayata trolley	m3	1	6.96	1.99
Guardariel colocado	m3	1	33.35	9.53

### Línea de Trolley mina - Tunel Victoria

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit. US\$	3850 m.	
				cada 5 m	cada 6m
			Precio Total US\$		
<b>ACCESORIOS DE TROLLEY A UTILIZARSE</b>					
Grampa Bulldog	pzas.	798	4.40	3511.20	
Aisladores tipo H-3	jgos.	798	451.00	359898.00	
Pernos, Tuercas y Arandelas	pzas.	1596	0.38	606.48	
Emplames 4/0	pzas.	25	8.00	200.00	
Interruptor de Línea Trolley	pzas.	6	185.00	1110.00	
Grampa Derivadora	pzas.	8	6.90	55.20	
Templadores aislados	pzas.	8	38.50	308.00	
Rail Bond	pzas.	427	3.95	1686.65	
Cross Bond	pzas.	63	5.32	335.16	
Bifurcador Left-Right	pzas.	8	62.00	496.00	
Accesorios de Anclaje Inicio-Final	pzas.	4	185.00	740.00	
Cajas de seguridad	pzas.	2	285.00	570.00	
<b>Total</b>				<b>369,516.69</b>	<b>307,930.58</b>

Rieles de 60 lbs./yarda tramos de 10 m.	ton		560.36
	0.03 ton/yd		
	0.033 ton/m		
<i>Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley</i>			
Costo por metro lineal en túnel	EA		7.40
Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA		9.80

### VENTILACION

Manga de ventilación	m		5.45
Ventilador	EA		7893.00 FOB
Arrancador	EA		1200.00

## Costos de Construcción Túnel Victoria Paralelo

### PROYECTO TUNEL VICTORIA PARALELO 1ra. ETAPA

**Construcción nueva**

<b>Longitud :</b>	3627	
<b>Sección:</b>	4.30 m. x	3.50 m.
<b>Por desquinchar camaras de refugio de equipo :</b>	7.30 m.	3.50 m.
<b>Longitud a desquinchar :</b>	160.00 m.	
<b>Sección actual :</b>	4.30 m.	3.50 m.

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$/Unidad	Total US\$
1	Perforación y Voladura				
	Túnel Paralelo (incluye cuneta)	m	3,627	408.77	1,482,609
	Refugios y ventanas de 3,0 m. x 3,5 m. x 15 m. (cada 400 m.)	m	105	345.53	36,281
2	Desquinche				
	Desquinche lateral voladura	m3	1,680	8.20	13,776
3	Limpieza y extracción de desmorte con Haggloader y Shuttletrain	m3	57,369	8.00	458,951
4	Instalación de línea de trolley				
	Costo de accesorios para trolley (instalación de alcatayas c/6m)				302,092
	Taladros para alcataya de trolley (1 cada 6 m.)	EA	605	1.99	1,202
	Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley				
	- Costo por metro lineal en túnel	EA	3,627	7.40	26,840
	- Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA	150	9.80	1,470
5	Línea de riel				
	Piedra chancada para balastro (capa de 0.10 m. x 4,30 m.)	m3	1,560	11.43	17,824
	Instalación de collera de línea (10 m.)	EA	378	19.67	7,428
	Rieles de 60 lbs./yarda tramos x 10 m.	ton	248	560.36	138,937
	Durmientes 6"x8"x5" (cada 0,60 m. y 18 x collera)	EA	6,799	3.80	25,835
	Eclisas angulares, norma ASCE (2 por collera)	pares	378	16.40	6,194
	Pernos Fo. para eclisas 3/4" x 3 1/2" (8 por collera)	EA	3,022	0.36	1,088
	Clavos rieleros de 1/2"x5" (60 lbs) (72 clavos ÷ 14,4 kg. x collera)	EA	5,439	1.00	5,439
6	Ventilación				
	Ventiladores de 30,000 CFM, 75 HP, JOY	EA	2	13000.00	26,000
	Mangas de ventilación	m	1,200	5.45	6,540
	Arrancadores	EA	2	1200.00	2,400
	Cable eléctrico	m			
7	Sostenimiento				
	Pernos y shotcrete				450,000
8	Trabajos adicionales				
	Revestimiento de cuneta				
	_Materiales				
	Cemento (8 bls x m3)	bls	6,740	4.29	28,885
	Agregados	m3	842	14.86	12,517
	Vaciado de concreto simple (según diseño)	m3	842	34.34	28,931
	Iluminación				1,000
9	Energía eléctrica				
	Transformadores				40,000
	Cable eléctrico				
	Otros accesorios				
<b>TOTAL US\$</b>					<b>3,122,237</b>
<b>Costo Unitario (US\$ x m.)</b>					<b>861</b>

**PROYECTO TUNEL VICTORIA PARALELO 1ra. ETAPA**

Instalación de línea de riel y trolley XC-1426 :  
 Longitud :

800 m.

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$/Unidad	Total US\$	
1	Instalación de línea de trolley					
	Costo de accesorios para trolley				63,986	
	Taladros para alcayata de trolley (1 cada 6 m.)	EA	133	1.99	265	
	Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley					
	Costo por metro lineal en túnel	EA	800	7.40	5,920	
	Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA		9.80		
	2	Línea de riel				
		Piedra chancada para balastro (capa de 0.10 m. x 4,30 m.)	m3	344	11.43	3,931
Instalación de collera de línea (10 m.)		EA	80	19.67	1,573	
Rieles de 60 lbs./yarda tramos x 10 m.		ton	53	560.36	29,428	
Durmientes 6"x8"x5" (cada 0,60 m. y 18 x collera)		EA	1,440	3.80	5,472	
Eclisas angulares, norma ASCE (2 por collera)		pares	80	16.40	1,312	
Pernos Fo. para eclisas 3/4" x 3 1/2" (8 por collera)		EA	640	0.36	230	
Clavos rieles de 1/2"x5" (60 lbs) (72 clavos ò 14,4 kg. x collera)	EA	1,152	1.00	1,152		
3	Trabajos adicionales					
	Revestimiento de cuneta					
	Materiales					
	Cemento (8 bls x m3)	bls	1,487	4.29	6,371	
	Agregados	m3	186	14.86	2,761	
Vaciado de concreto simple (según diseño)	m3	186	34.84	6,474		
	Iluminación				1,000	
<b>TOTAL US\$</b>					<b>129,875</b>	
Costo Unitario (US\$ x m.)					162	

**COSTO DEL PROYECTO 1ra. ETAPA**

<b>Costo total</b>	<b>3,252,113</b>
--------------------	------------------

**PROYECTO TUNEL VICTORIA PARALELO 2da. ETAPA**

**Construcción nueva**

**Longitud :** 1316.00 m.  
**Sección:** 4.30 m. x 3.50 m.

**Por desquincar cámaras de refugio de equipo :** 7.30 m. 3.50 m.  
**Longitud a desquincar :** 40.00 m.  
**Sección actual :** 4.30 m. 3.50 m.

**Costos de Construcción Túnel Victoria Paralelo**

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$/Unidad	Total US\$
1	Perforación y Voladura Túnel Paralelo (incluye cuneta)	m	1,316	408.77	537,941
2	Desquinche Desquinche lateral voladura	m <sup>3</sup>	420	8.20	3,444
3	Limpieza y extracción de desmonte con Haggloader y Shuttletrain	m <sup>3</sup>	20,226	8.00	161,806
4	Instalación de línea de trolley Costo de accesorios para trolley				105,256
	Taladros para alcayata de trolley (1 cada 5 m.)	EA	219	1.99	436
	Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley				
	_ Costo por metro lineal en túnel	EA	1,316	7.40	9,738
	_ Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA		9.80	
5	Línea de riel Piedra chancada para balastro (capa de 0.10 m. x 4,30 m.)	m <sup>3</sup>	566	11.43	6,467
	Instalación de collera de línea (10 m.)	EA	147	19.67	2,883
	Rieles de 60 lbs./yarda tramos x 10 m.	ton	96	560.36	53,927
	Durmientes 6"x8"x5" (cada 0,60 m. y 18 x collera)	EA	2,639	3.80	10,027
	Eclisas angulares, norma ASCE (2 por collera)	pares	147	16.40	2,404
	Pernos Fo. para eclisas 3/4" x 3 1/2" (\$ por collera)	EA	1,173	0.36	422
	Clavos rieleros de 1/2"x5" (60 lbs) (72 clavos ÷ 14,4 kg. x collera)	EA	2,111	1.00	2,111
6	Ventilación Ventiladores de 30,000 CFM	FA	1	13000.00	13,000
	Mangas de ventilación	m	400	5.45	2,180
	Arrancadores	EA	1	1200.00	1,200
	Cable eléctrico	m			
7	Sostenimiento Pernos y shotcrete				140,000
8	Trabajos adicionales Revestimiento de cuneta				
	_ Materiales				
	_ Cemento (8 bls x m <sup>3</sup> )	bls	2,445	4.29	10,480
	Agregados	m <sup>3</sup>	306	14.86	4,542
	_ Vaciado de concreto simple (según diseño)	m <sup>3</sup>	306	34.84	10,649
9	Energía eléctrica Transformadores				10,000
	Cable eléctrico				
	Otros accesorios				
<b>TOTAL US\$</b>					<b>1,088,916</b>
<b>Costo Unitario (US\$ x m.)</b>					<b>827</b>

**PROYECTO TUNEL VICTORIA PARALELO 2da. ETAPA**

**Construcción del patio interior mina :**

**Longitud :** 300 m.

**Por desquinchar :**

**Longitud a desquinchar :** 300 m x 3.50 m.

**Sección actual :** 4.30 m x 3.50 m.

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$/Unidad	Total US\$
1	<b>Desquinche</b> Desquinche lateral voladura	m3	2,310	8.20	18,942
2	<b>Limpieza y extracción de desmonte</b> con scoop y locomotora	m3	2,310	6.00	13,860
3	<b>Instalación de línea de trolley</b> Costo de accesorios para trolley Taladros para alcayata de trolley (1 cada 6 m.) Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley _ Costo por metro lineal en túnel _ Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA EA EA EA	50 300 300	1.99 7.40 9.80	23,995 99 2,220
4	<b>Línea de riel</b> Piedra chancada para balastro (capa de 0.10 m. x 4,30 m.) Instalación de collera de línea (10 m.) Rieles de 60 lbs./yarda tramos x 10 m. Durmientes 6"x8"x5' (cada 0,60 m. y 18 x collera) Eclisas angulares, norma ASCE (2 por collera) Pernos Fo. para eclisas 3/4" x 3 1/2" (8 por collera) Clavos rieles de 1/2"x5" (60 lbs) (72 clavos ó 14,4 kg. x collera)	m3 EA ton EA pares EA EA	129 30 20 540 30 240 432	11.43 19.67 560.36 3.80 16.40 0.36 1.00	1,474 590 11,036 2,052 492 86 432
<b>TOTAL US\$</b>					<b>75,278</b>
<b>Costo Unitario (US\$ x m.)</b>					<b>251</b>

**PROYECTO TUNEL VICTORIA PARALELO 2da. ETAPA**

**Instalación de línea de riel y trolley XC-810 :**

**Longitud :** 800 m.

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$/Unidad	Total US\$
1	<b>Instalación de línea de trolley</b> Costo de accesorios para trolley Taladros para alcayata de trolley (1 cada 6 m.) Instalación, servicios y herramientas de línea de trolley _ Costo por metro lineal en túnel _ Costo por metro lineal en superficie, echaderos, puentes	EA EA EA	133 800	1.99 7.40 9.80	63,986 265 5,920
2	<b>Línea de riel</b> Piedra chancada para balastro (capa de 0.10 m. x 4,30 m.) Instalación de collera de línea (10 m.) Rieles de 60 lbs./yarda tramos x 10 m. Durmientes 6"x8"x5' (cada 0,60 m. y 18 x collera) Eclisas angulares, norma ASCE (2 por collera) Pernos Fo. para eclisas 3/4" x 3 1/2" (8 por collera) Clavos rieles de 1/2"x5" (60 lbs) (72 clavos ó 14,4 kg. x collera)	m3 EA ton EA pares EA EA	344 80 53 1,440 80 640 1,152	11.43 19.67 560.36 3.80 16.40 0.36 1.00	3,931 1,573 29,428 5,472 1,312 230 1,152
3	<b>Trabajos adicionales</b> Revestimiento de cuneta _ Materiales _ Cemento (8 bls x m3) _ Agregados _ Vaciado de concreto simple (según diseño) Iluminación	bls m3 m3	1,487 186 186	4.29 14.86 34.84	6,371 2,761 6,474
<b>TOTAL US\$</b>					<b>128,875</b>
<b>Costo Unitario (US\$ x m.)</b>					<b>161</b>

**COSTO DEL PROYECTO 2da. ETAPA**

**Costo total** 1,293,070

## 4.2 Evaluación económica del proyecto Túnel Victoria Paralelo

Hay una reducción en el costo de extracción con locomotoras cuando se incrementa la producción como se ve en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.1**

### REDUCCION DEL COSTO DE EXTRACCION CON LOCOMOTORAS DEBIDO AL INCREMENTO DE LA PRODUCCION

AÑO		2001	2002	2003	2004	2005
Producción diaria de 3 guardias normales	TMH	2356	4397	4397	5967	5967
No. Locomotoras	EA	4.00	6.00	6.00	8.00	8.00
Producción de un motor x guardia	TMH	196.30	244.28	244.28	248.64	248.64
Producción por hora (8 HRS X GUARDIA)	TMI	24.54	30.53	30.53	31.08	31.08

COSTO HORARIO							
ITEM	Cantidad	Precio unit.	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
<b>Equipo</b>							
Costo de posesión							
- Locomotora		US\$/hr	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
- Carros mineros (convoy de 12 carros)		US\$/hr	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
Costo de mantenimiento/operación locomotoras y carros mineros (reporte de 1999)		US\$/hr	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
<b>Costo de equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>US\$/hr</b>	<b>10.10</b>	<b>10.10</b>	<b>10.10</b>	<b>10.10</b>	<b>10.10</b>
<b>Personal</b>							
Motorista	1.00	EA	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29
Ayudante de motorista	1.00	EA	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52
Chutero	0.33	EA	5.51	5.51	5.51	5.51	5.51
Capataz	0.33	EA	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83
Implementos			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Herramientas			5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Total costos directos			58.15	58.15	58.15	58.15	58.15
Gastos Generales (15%)			8.72	8.72	8.72	8.72	8.72
Utilidad (10 %)			5.81	5.81	5.81	5.81	5.81
Costo de personal		US\$/guardia	72.68	72.68	72.68	72.68	72.68
<b>Costo de personal</b>		<b>US\$/hr</b>	<b>9.09</b>	<b>9.09</b>	<b>9.09</b>	<b>9.09</b>	<b>9.09</b>
Consumo de energía	Kwh	US\$/Kwh					
	150.00	US\$/hr	0.0505	7.58	7.58	7.58	7.58

<b>Total costo</b>	<b>US\$/hr</b>	<b>26.76</b>	<b>26.76</b>	<b>26.76</b>	<b>26.76</b>	<b>26.76</b>
<b>Costo x tonelada</b>	<b>US\$/TMH</b>	<b>1.09</b>	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>

La evaluación económica se ha hecho en base al ahorro del costo de transporte con volquetes en comparación con el transporte con locomotoras, y se hace sobre el tonelaje de mineral que se incrementa en la mina San Cristóbal (según el plan de producción de 6,000 TMH x día de las minas Carahuacra y San Cristóbal), porque es en esta mina donde sólo se usaría volquetes para transportar el mineral sino se construye el túnel paralelo Victoria.

Para que la recuperación de la inversión se produzca en menos años el incremento de la producción debe darse en los primeros años, para esto se debe aprobar la ampliación de la planta Victoria de 2,200 TMH x día a 3,000 TMH x día la cual deberá entrar en funcionamiento a partir del año 2002, manteniéndose la capacidad de la planta Marh Túnel en 2,000 TM x día, luego a partir del año 2004 la ampliación de la planta Victoria se hará hasta 4,000 TMH x día manteniéndose siempre la capacidad de Marh Túnel. Para esto se deberá incrementar la producción en las minas de Carahuacra y San Cristóbal para cubrir esta ampliación. Es decir que la producción de las dos minas a partir del año 2,002 deberá ser de 4,500 TMH x día, pasando luego a 6,000 TMH x día a partir del año 2004.

El 90% de toda la producción de la mina San Cristóbal saldrá por el túnel Victoria y el 10% restante saldrá de los niveles superiores de San Cristóbal con volquetes. Y toda la producción de la mina Carahuacra saldrá como siempre por este túnel.

La recuperación de la inversión se hará en seis años luego de terminado la construcción con una tasa interna de retorno de 15,5% como se vé en el cuadro 5.2.

La evaluación económica sólo se hizo del beneficio que se obtiene con el ahorro en la reducción de los volquetes para ser reemplazados por las locomotoras en el túnel Victoria. Aparte de este ahorro se debe considerar las ventajas ya mencionadas anteriormente y por lo tanto se puede considerar que si es factible su ejecución.



Cuadro 4.2

## EVALUACION ECONOMICA DEL TUNEL VICTORIA

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
<b>PRODUCCION DE LAS MINAS</b>		<b>ACTUAL</b>							
Producción de San Cristóbal por mes	Mineral	75,000	82,000	82,000	114,000	114,000	114,000	114,000	
Producción de Carahuacra por mes	TMS	30,000	30,000	30,000	38,000	38,000	38,000	38,000	
Producción de Tiello por mes		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Producción de San Cristóbal por mes	TMH	79,500	86,920	86,920	120,840	120,840	120,840	120,840	
Producción de Carahuacra por mes		31,800	31,800	31,800	40,280	40,280	40,280	40,280	
Producción de Tiello por mes		2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	
Producción de San Cristóbal por día	TMH	2,944	3,219	3,219	4,476	4,476	4,476	4,476	
Producción de Carahuacra por día		1,178	1,178	1,178	1,492	1,492	1,492	1,492	
Producción de Tiello por día		79	79	79	79	79	79	79	
Porcentaje de mineral que sale de San Cristóbal a Cancha 500	TMH	60%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
Porcentaje de San Cristóbal enviado a Andaychagua por rampa		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Tratamiento de mineral en planta Victoria por día		2,179	2,453	2,453	4,029	4,029	4,029	4,029	
Tratamiento de mineral en planta Marsh Tunnel por día		2,022	2,023	2,023	2,016	2,016	2,016	2,016	
<b>EXTRACCION DE MINERAL POR EL TUNEL VICTORIA</b>									
Porcentaje actual de extracción de mineral por el Túnel (año 2000-2001)		40%	de San Cristóbal :		1,178	TMH			
Porcentaje de extracción de San Cristóbal por el Túnel		40%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
Extracción total del túnel por día	TMH	2,156	4,079	4,079	5,320	5,320	5,320	5,320	
Extracción total del túnel por mes		63,600	110,028	110,028	149,036	149,036	149,036	149,036	
Extracción total del túnel por año		763,200	1,320,336	1,320,336	1,788,432	1,788,432	1,788,432	1,788,432	
<b>INCREMENTO DE LA EXTRACCION DE MINERAL DE SAN CRISTOBAL POR EL TUNEL VICTORIA</b>									
Incremento por día	TMH	0	1,720	1,720	2,850	2,850	2,850	2,850	
Incremento por mes		0	46,428	46,428	76,956	76,956	76,956	76,956	
Incremento por año		0	557,136	557,136	923,472	923,472	923,472	923,472	
<b>EFECTOS SOBRE EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION</b>									
<b>COSTO DE EXTRACCION CON VOLQUETES</b>									
Extracción a planta Victoria	US\$/TM		2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	
Costo de transporte a C-500			1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	
Costo de transporte de C-500 a Planta Victoria			0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Costos indirectos			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Costo de ventilación			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Total costo			4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	
Porcentaje de extracción de San Cristóbal por el Túnel a planta Victoria		85%	44%	44%	63%	63%	63%	63%	
Extracción a planta Marsh Tunnel			2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	
Costo de transporte a C-500			2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Costo de transporte de C-500 a Planta Marsh Tunnel			0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Costos indirectos			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Costo de ventilación			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Total costo			5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	
Porcentaje de extracción de San Cristóbal por el Túnel a Marsh Tunnel		1%	56%	56%	37%	37%	37%	37%	
<b>Total costo de extracción con volquetes</b>			<b>4.81</b>	<b>4.81</b>	<b>4.68</b>	<b>4.68</b>	<b>4.68</b>	<b>4.68</b>	
<b>COSTO DE EXTRACCION CON LOCOMOTORAS</b>									
Extracción a planta Victoria			1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	
Extracción de Mina a ore pass con volquetes y dumper			0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	
Extracción con locomotora a Planta Victoria			1.98	1.98	1.96	1.96	1.96	1.96	
Total costo			1.98	1.98	1.96	1.96	1.96	1.96	
Porcentaje de extracción de San Cristóbal por el Túnel a planta Victoria			44%	44%	63%	63%	63%	63%	
Extracción a planta Marsh Tunnel			1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	
Extracción de Mina a ore pass con volquetes y dumper			0.95	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	
Extracción con locomotora a tova Victoria			1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
Costo de transporte de tova Victoria a planta Marsh Tunnel			3.09	3.09	3.07	3.07	3.07	3.07	
Total costo			3.09	3.09	3.07	3.07	3.07	3.07	
Porcentaje de extracción de San Cristóbal por el Túnel a Marsh Tunnel			56%	56%	37%	37%	37%	37%	
<b>Total costo de extracción con locomotoras</b>			<b>2.60</b>	<b>2.60</b>	<b>2.37</b>	<b>2.37</b>	<b>2.37</b>	<b>2.37</b>	
<b>Total ahorro en US\$/TMH</b>			<b>2.21</b>	<b>2.21</b>	<b>2.31</b>	<b>2.31</b>	<b>2.31</b>	<b>2.31</b>	
Ahorro por año en extracción de mineral	US\$	Construcción	1,230,170	1,230,170	2,129,915	2,129,915	2,129,915	2,129,915	10,979,999
INVERSION INICIAL	US\$		6,499,701						
<b>Tasa de interés bancaria 15.00 % anual</b>									
Año			1	2	3	4	5	6	
Valor presente de los flujos de fondos			1,069,713	930,185	1,400,454	1,217,786	1,038,944	920,821	6,597,903
Valor presente de las Inversiones			6,499,701						6,499,701
<b>VALOR PRESENTE NETO (NPV)</b>									<b>99,202 US\$</b>
<b>TIR (IRR)</b>									<b>15.5 %</b>

Según este cuadro la inversión se recuperará en aproximadamente 4 años

## Conclusión

### 5.1 Conclusión

- Como se ha visto la construcción de un túnel tiene muchas ventajas como es el aumento de la producción de 2300 TMH x día a 6000 TMH x día, la instalación de la línea de relleno hidráulico a través de este túnel, el drenaje de aguas, la centralización de las operaciones, la seguridad, la reducción en el costo de ventilación forzada en la mina San Cristóbal y la reducción en el costo de mantenimiento de carreteras.
- Se ha llegado a la conclusión de que para obtener un aumento de la producción por el túnel Victoria de 2,300 TMH x día a 6,000 TMH x día, se tendrá que adquirir 5 locomotoras de 15 ton y 160 HP y 7 convoy de 12 carros (84 carros), adicionales a los equipos de menor capacidad que ya existen.
- Se puede determinar que la construcción de este túnel paralelo esta limitado a la trocha que usa el túnel antiguo que es de 30" y esta no permite el uso de locomotoras de más de 15 ton. No se ha hecho un estudio más detallado sobre el uso de la trocha 36" o 40" en reemplazo de la trocha 30". Pero el cambio de trocha se tendrá que hacer a todo el túnel antiguo y esto es un caso que no se ha analizado porque la producción de extracción no debe parar. Pero estoy convencido que el estudio del caso mostrado con el uso de la trocha 30", es la mejor decisión que la empresa puede optar para conseguir la producción de 6000 TMH.
- El costo de construcción del túnel Victoria paralelo es de US\$ 5'000,000.00 aproximadamente sin considerar la adquisición de locomotoras y convoys de mayor capacidad que asciende a US\$ 1'500,000.00. Según la evaluación económica la inversión inicial se recuperará en 6 años con una tasa interna de retorno de 15.5%.

## **5.2 Bibliografía**

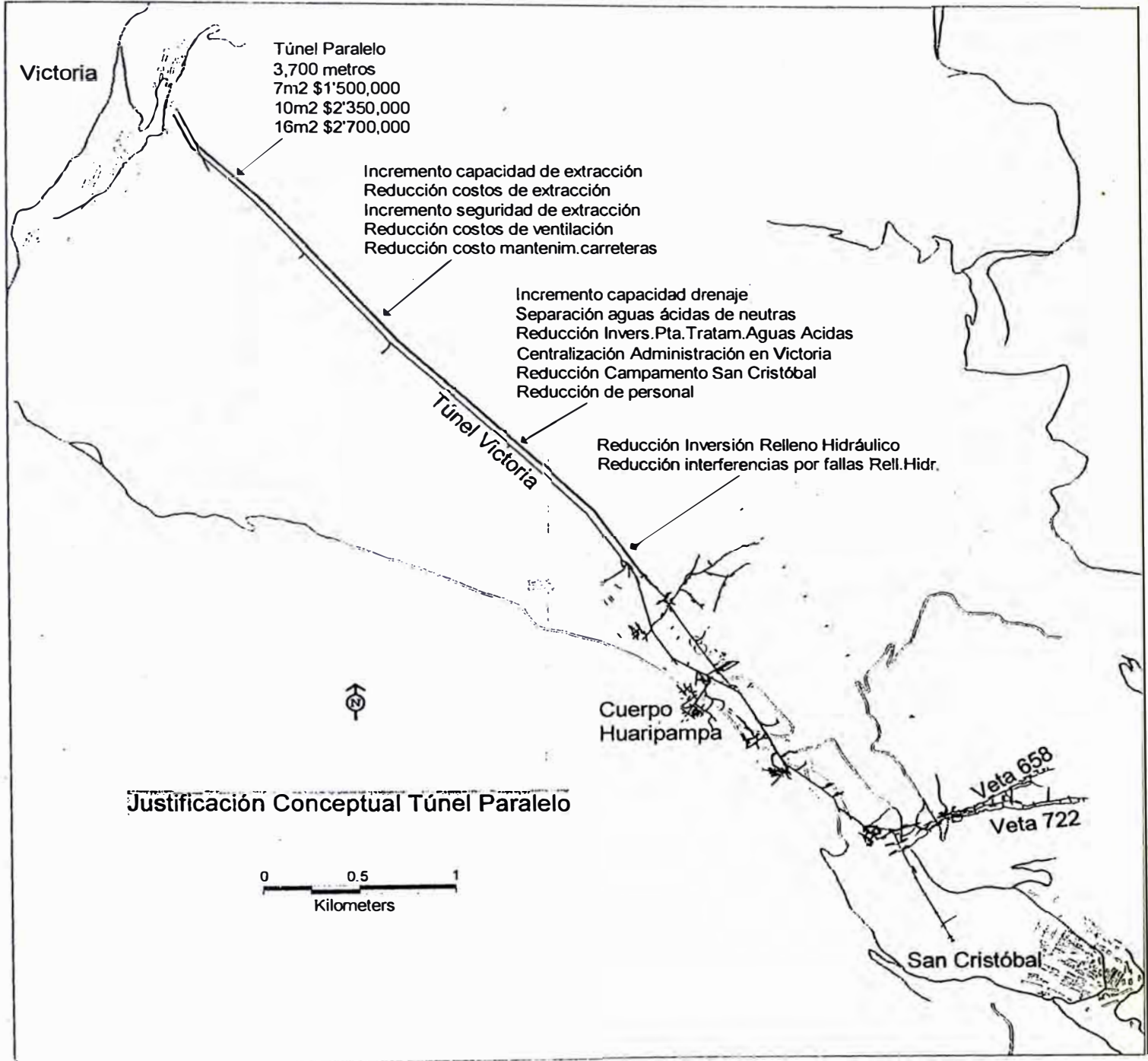
Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Alejandro Novitzky, Buenos Aires 1966.

Información del área de planeamiento de la Volcan Compañía Minera S.A.A.

Apuntes del curso de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

## **5.3 Anexos**

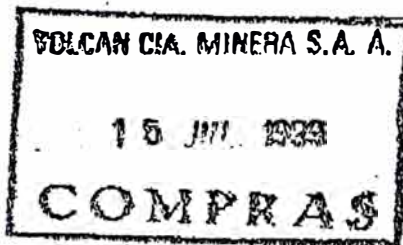
Se presentan información adicional relacionado al Túnel Victoria.





Dirección: Calle Los Telares 139  
URB. VULCANO  
ATE. LIMA 3, PERU

0007-99



Lima, 16 de Julio de 1999

Sañosas  
San Cristobal

Atención: Ing. Miguel Cárdenas  
Superint. de Mantenimiento

De nuestra especial consideración:

En atención a las conversaciones sostenidas el día 14.07.99 en la boca mina del Tunel Victoria, en torno a los factores técnicos que intervienen en la determinación del radio mínimo de curvatura para la rodadura óptima de locomotoras y carros mineros, adjuntamos a la presente el nomograma que permite efectuar dicho cálculo, la cual es función principalmente de las siguientes variables:

- Diámetro de las ruedas
- Distancia entre ejes
- Longitud de la trocha de la línea decauville

Atentamente,

  
Ing. José Quinteros Ch.  
Gerente de Ventas Maquinaria.

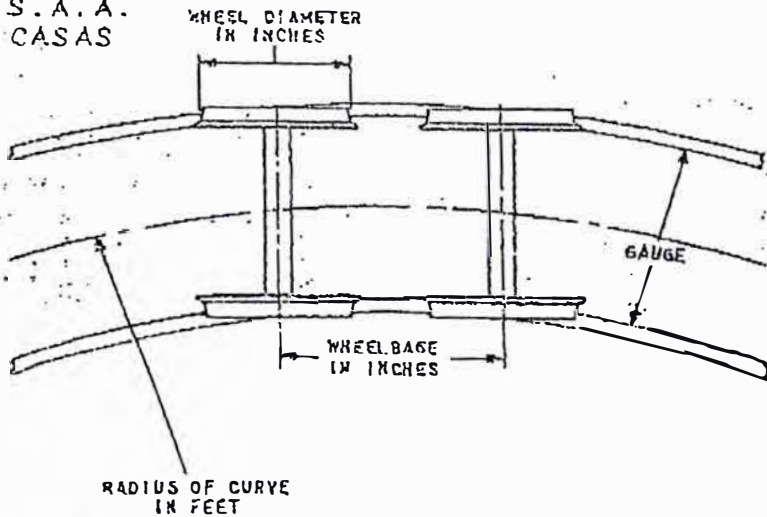
c.c. : Ing. R. Tejada

c.c. : Ing. G Da la Porta  
Ing. H. Aquino  
Sr. M. de las Casas

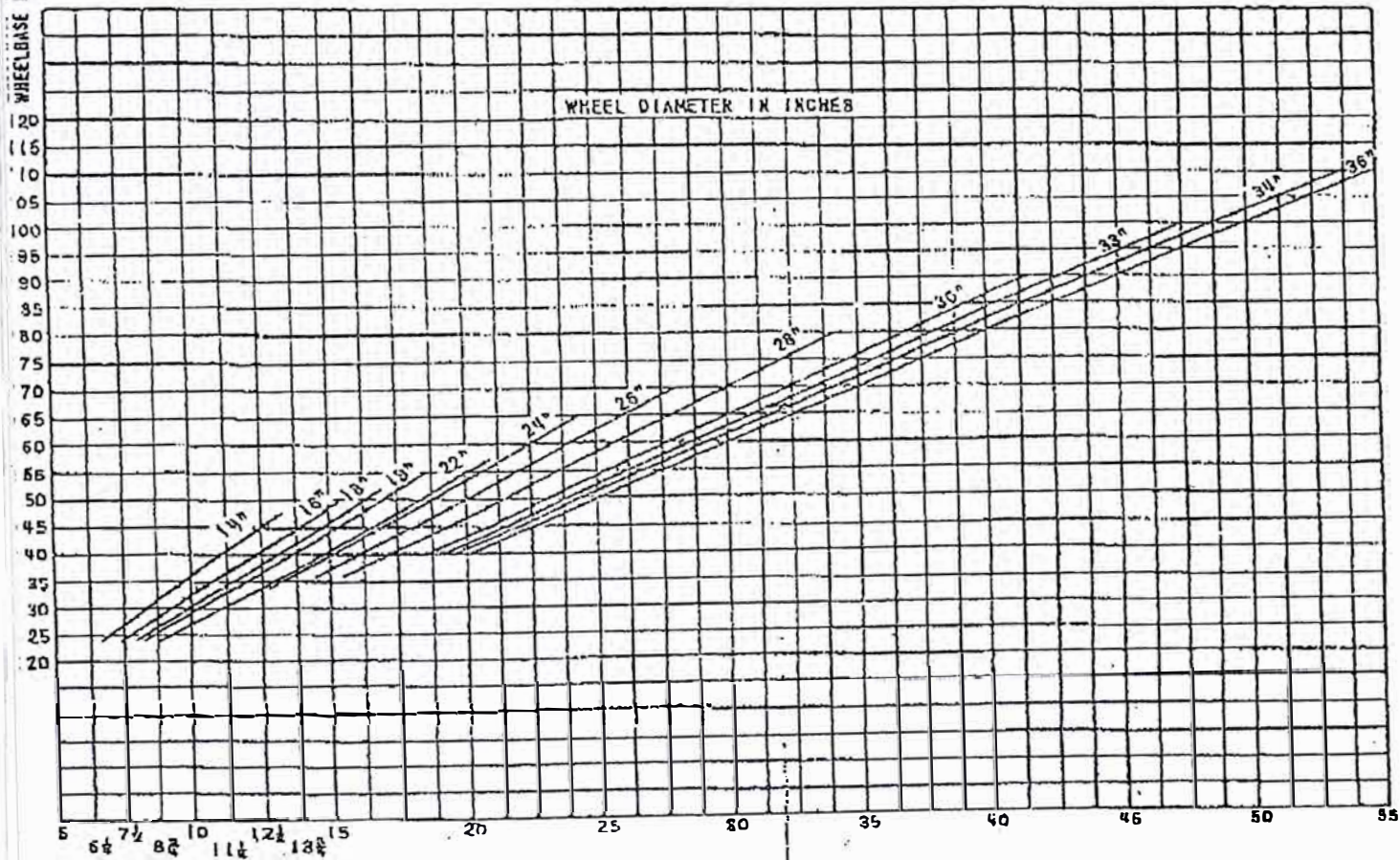
### MINIMUM RADIUS OF CURVE

For Operation of Locomotives With Given Wheel Diameter And Wheelbases.

LCAN CIA MINERA S.A.A.  
T.: SR.M DE LAS CASAS



WHEELBASE IN INCHES



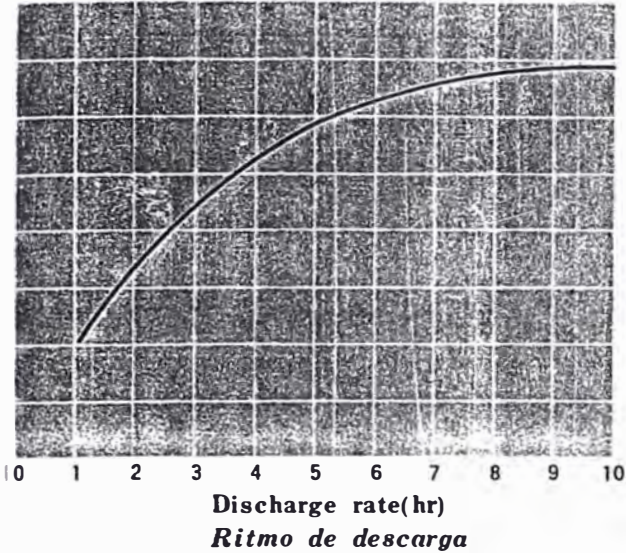
RADIUS OF CURVE IN FEET - CENTER LINE TRACK

# Formulas for Selecting a Locomotive

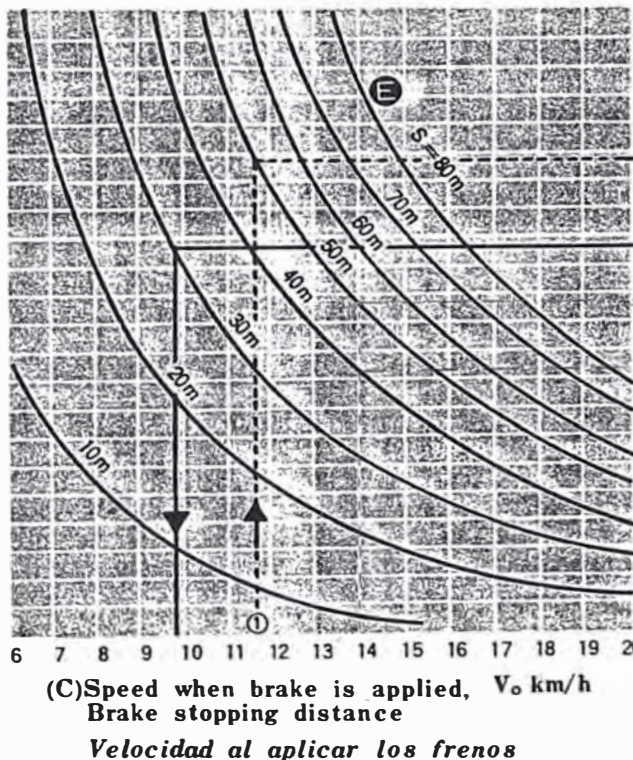
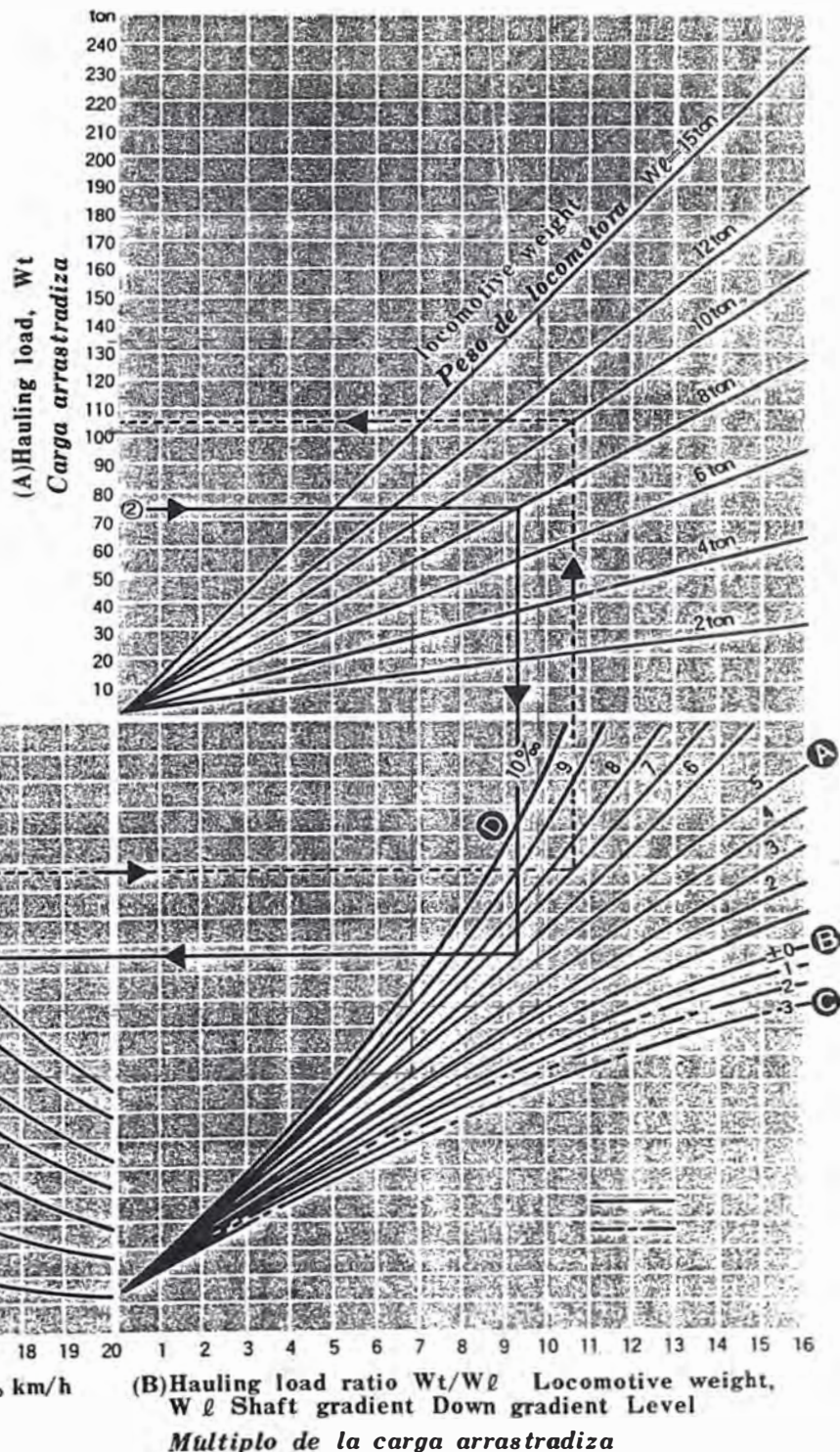
## Formulas Para Seleccionar una Locomotora

Coefficient of Battery capacity according to discharge rate

Coficiente de la capacidad de batería por la cantidad de descarga.



- (A) down gradient (*gradiente negativa*)
- (B) level (*nivel*)
- (C) up gradient (*gradiente positiva*)
- (D) rail gradient (*gradiente de riel*)
- (E) brake distance (*distancia frenado*)



(C) Speed when brake is applied,  $V_o$  km/h  
Brake stopping distance  
Velocidad al aplicar los frenos

(B) Hauling load ratio  $Wt/Wl$  Locomotive weight,  $Wl$  Shaft gradient  
Down gradient Level  
Multiplo de la carga arrastrada

nomogramas para Determinar la Distancia de Frenado y Carga de Arrastre (O Capacidad de Carga).

La fórmula para desarrollar nomogramas (Estándares de la Oficina Japonesa de Minas):

$$S = \frac{V_0 t_0}{3.6} + \frac{(31W_l + 30W_t) V_0^2}{7.2 (F + R)} \quad (m)$$

S: Distancia Frenada hasta la detención (m)

V<sub>0</sub>: Velocidad al aplicar los frenos (km/h)

t<sub>0</sub>: Demora en aplicar los frenos (sec)

W<sub>t</sub>: Peso de la locomotora (ton)

W<sub>l</sub>: Capacidad de carga (ton)

$$F = p \cdot f$$

F: Fuerza de frenado (kg)

F: Fuerza total de frenado (kg)

(peso de la locomotora y eficiencia de los frenos)

Coeficiente de fricción de los frenos (0.2~0.25)

(fricción de la zapata del freno y la rueda)

$$\text{Condición para evitar el patinaje: } \frac{P}{W_l} < \frac{\mu}{f}$$

μ: Coeficiente adhesión

aprox. 0.17~0.2 en las condiciones mineras. (Adhesión entre la rueda y el riel)

$$R = W_l (R_r + R_c \pm R_g) + W_t (R'_r + R'_c \pm R'_g) \quad (kg)$$

R: Resistencia total del tren a rodar (kg)

R<sub>r</sub> or R'<sub>r</sub>: Resistencia a rodar.

aprox. 7~10kg/t para rodamientos de polines.

aprox. 5kg/t para rodamientos de esferas y de rodillos.

R<sub>c</sub> or R'<sub>c</sub>: Resistencia en curvas (kg/t)

(Se omite al calcular la distancia de detención de los frenos.)

R<sub>g</sub> or R'<sub>g</sub>: Resistencia en gradientes (kg/t)

aprox. 1kg/t por 1/1000 de gradiente.

Para el uso eficiente y seguro de una locomotora a batería y el transporte de carga dentro de una mina, debe determinarse el límite de la distancia de detención en frenaje y la capacidad de carga, determinando previamente el límite de velocidad, el peso de la locomotora, gradiente, coeficiente de adhesión y coeficiente de fricción. Los nomogramas de estas páginas permiten la determinación de estos factores en forma sencilla sin la necesidad de efectuar cálculos complicados.

(Ejemplo 1). ¿Cuánta carga puede llevar una locomotora de un peso de 10 tons, para que sea capaz de detenerse dentro de 50 m. a una velocidad de 11.5 km/h en una gradiente negativa máxima de 7/1000? Encuentre el punto de intersección de las líneas para la velocidad de 11.5 km/h y la distancia de detención en frenaje de 50 m. en el nomograma C. A continuación, trace una línea horizontal desde dicho punto de intersección hasta cortar la curva de la gradiente de 7/1000, en el nomograma B. Luego, desde el punto así encontrado, trace una línea vertical hasta intersectar la curva correspondiente a 10 tons. en el nomograma A. Finalmente, refiera este punto mediante una línea horizontal hasta la escala que se encuentra en el eje. (Capacidad de carga, W<sub>t</sub>). En el nomograma A la cantidad así obtenida será entonces la capacidad de carga de la locomotora para las condiciones señaladas.

(Ejemplo 2). ¿Cual es la velocidad máxima para poder detenerse dentro de 30 metros, cuando una locomotora de 8 toneladas lleva una carga de 75 toneladas en una gradiente negativa máxima de 6/1000? Encuentre el punto de intersección de las líneas para la capacidad de carga de 75 tons. y un peso de la locomotora de 8 tons. en el nomograma A. Luego trace una línea vertical desde dicho punto hasta intersectar la curva correspondiente a una gradiente de 6/1000 en el nomograma B. A continuación trace una línea horizontal a partir del punto así encontrado, hasta intersectar la curva correspondiente a 30 m. en el nomograma C. Refiriendo este punto hasta el eje del nomograma C mediante una línea vertical, se obtendrá la velocidad buscada.

Calculo de la Cantidad de Trabajo con una Carga de Batería.

La fórmula para calcular la frecuencia aproximada de uso de la locomotora: (Nota: Deben hacerse cálculos separados para carros vacíos y llenos).

$$P = \frac{W_l (r_r + r_g) + W_t (r_r + r_g) L + (W_c r_r) L_c}{367K} \times \eta p$$

$$Q = CV \quad N = \frac{Q}{P} \times 0.8 + \eta$$

P: Consumo de electricidad (W.h)

L: Distancia de recorrido (m)

W<sub>t</sub>: Peso de la locomotora, en condiciones de uso (ton.)

W<sub>l</sub>: Peso de la carga (ton.)

r<sub>r</sub>: Resistencia al rodado (kg/t)

aprox. 7-10 kg/t para rodamientos de polines.

aprox. 5 kg/t para rodamientos de rodillos.

r<sub>g</sub>: Resistencia a la gradiente (kg/t)

1 kg/t por 1/1000 de gradiente + para gradiente positiva (hacia arriba) - negativa.

W<sub>c</sub>: Peso de los vagones en curvas (t)

L<sub>c</sub>: Longitud en curva

r<sub>c</sub>: Resistencia de las curvas (kg/t)

$$r_c = \frac{1000 \times \mu(G + \ell)}{2 \times r}$$

μ: Coeficiente de fricción (0.2~0.25)

G: Trocha (m)

ℓ: Distancia entre ejes (m)

r: Radio de giro (m)

K: Coeficiente de acuerdo con las condiciones del riel, eficiencia del motor principal, y eficiencia de la transmisión (0.7)

Q: Energía de la batería (W/hr)

C: Capacidad de la batería (Ah/5 hr)

V: Voltaje de la batería, 2V por No. de celdas (V)

N: Número de ciclos de trabajo

ηp: Coeficiente de consumo de electricidad al partir y acelerar

367: 1 W/h = 367.3 kg/m

0.8: Extensión de la descarga (80%), en consideración a la vida de la batería.

η: Coeficiente de la capacidad de la batería de acuerdo con el ritmo de descarga. Cuando la batería se descarga a un ritmo de 5 hrs. vale 1.0, pero cuando la batería se descarga a un ritmo menor, debe determinarse en el gráfico que se muestra más abajo.



**ROCK-MACHINES**

# Häggloader 8HR2

Rail-borne digging arm loader for 2.85, 3.4 or 4.0 metre tunnel widths



## FEATURES OF THE HÄGGLOADER

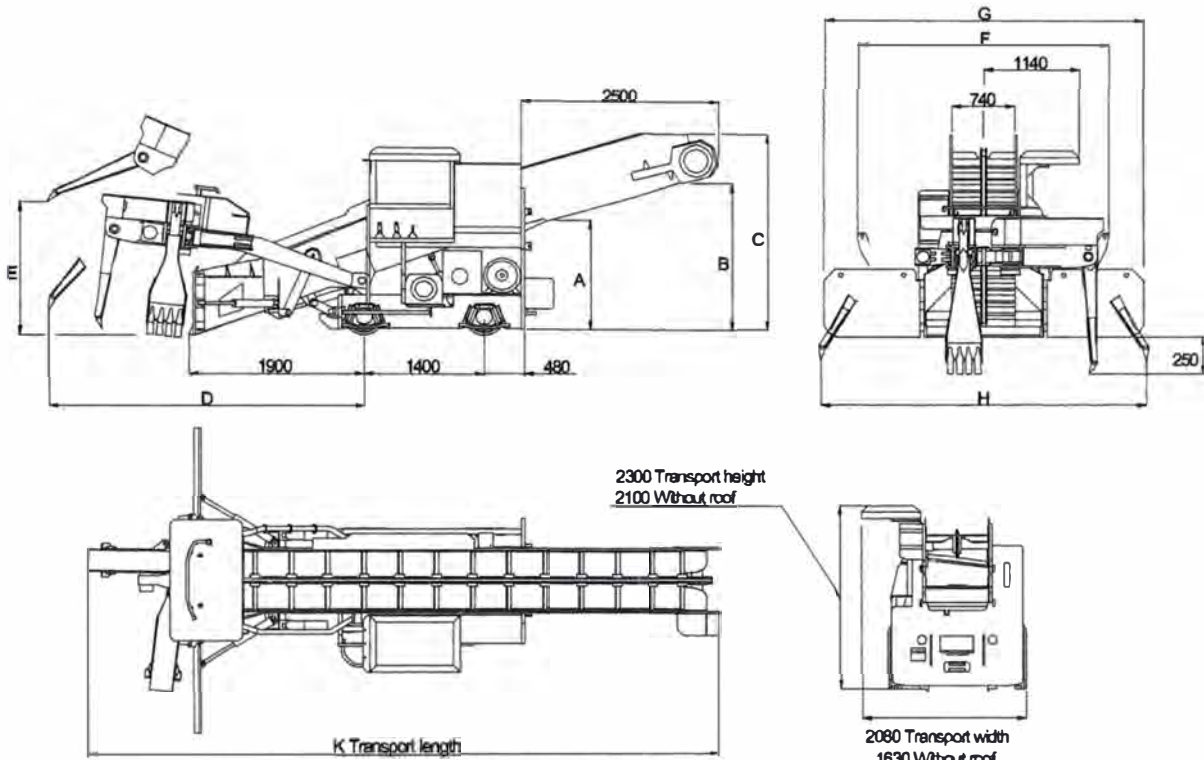
- Hydraulic system powered by electric motor.
- Unique digging arm system loads the muck onto the conveyor, which then fills the haulage vehicle with a constant flow of muck.
- The conveyor can be raised and lowered to suit the loading height of different haulage vehicles.
- Dozer blades clean the sole effectively thus eliminating the need for manual clean up.
- The digging arm system can be used for lifting, scaling and track laying.
- Continuous loading directly at the face makes forward and reverse travel superfluous.
- Built in sprinkler system controls dust effectively.
- Electro-hydraulic drive provides low installation and energy costs, and maintains good air quality due to the absence of diesel exhaust fumes.
- The Häggloader is operated from a well-protected position, which provides a good overall view of the working area.
- The digging system can be repaired with standard sheet metal.
- Our optional back-hoe system provides excellent flexibility.
- Combine the Häggloader with our HRST Shuttlecars. Available in 9m<sup>3</sup>, 11.5m<sup>3</sup>, 14m<sup>3</sup> sizes.



Equipment for High Speed Tunnelling Method

Häggloader 8HR2	DATA
Loading capacity	3m <sup>3</sup> /min.
Digging width	2850,3400,4000 mm
Track gauge	600,750,900,914mm
Max. speed	20m/min.
Max. towing speed	15 km/h
Max. gradient	4%
Weight (4000 mm d.w)	11500 kg
Min. curve radius (towing)	12m

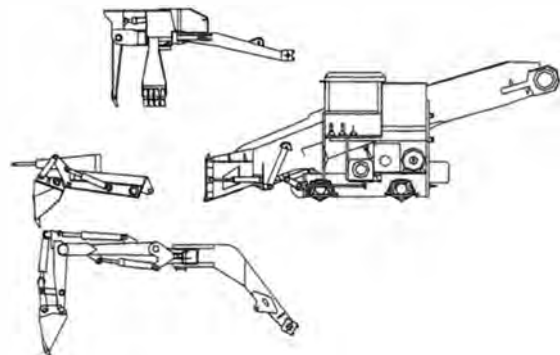
Hydraulic oil volume	130 litres
Electric motor	380V/50Hz, 440V/60Hz
Power	45kW
Rec. feed cable size	4x35mm <sup>2</sup>
Extended conveyor	optional
Drawbar for Shuttlecars	optional
Adjustable roof height	optional
Back hoe system	optional



DIMENSIONS 8 HR-2						
	A	B	C			
Min.	1100	1500	2200			
Max.	1500	2300	2900			
DIMENSIONS DIGGING WIDTH 2850 mm						
	D	E	F	G	H	K
	3350	1900	2350	2550	2850	7400
DIMENSIONS DIGGING WIDTH 3400 mm						
	D	E	F	G	H	K
	3650	2050	2750	3200	3400	7550
DIMENSIONS DIGGING WIDTH 4000mm						
	D	E	F	G	H	K
	4000	2100	3100	3800	4000	7650

## BACK-HOE DIGGING SYSTEM

For ordinary tunnelling, the traditional dual digging arm system is preferred. However when digging trenches, cleaning up the tunnel prior to lining or handling soft material, a back-hoe digging system is more useful. Both types of systems are available for all our Hägglöaders and switching between the two is easy.



# goodman

---

GOODMAN EQUIPMENT CORPORATION

SILVIO M. MARTINO  
Vice President, International Sales

March 9, 1999

Mr. Juan Lujan  
Volcan Compania Minera S A A  
Av Tacna M2J Lte 27  
Urb Canto Chico  
Lima 36, Peru

Dear Mr. Lujan:

Thank you for your recent request for information sent through *Engineering & Mining Journal*.

Goodman Equipment Corporation manufactures an extensive line of electric and diesel-powered locomotives, personnel carriers, jeeps and mechanic's vehicles designed to be used by the COAL and HARDROCK MINING industries.

Enclosed is a brochure describing several of our standard lines of equipment. Since most projects have unique needs, we excel in designing particular equipment for specific projects. We have also enclosed a questionnaire. If you have a specific project in mind, please complete the questionnaire and return it to us.

We invite you to visit our internet web site at <http://www.goodmanequipment.com>. You may also reach us at our e-mail address: [goodmaneq@juno.com](mailto:goodmaneq@juno.com).

We also wish to point out that we are represented in Peru by MSA del Peru, Casilla 1933 (Mail), Calle Los Telares 139 (Street), Lima 100. Mr. Ramiro Tejada, Managing Director, can be contacted at telephone 348-0279 or fax 348-0465.

We look forward to hearing from you.

Yours truly,



Silvio M. Martino

encs.

cc: MSA del Peru

SMM:sd/E&MJ

# goodman

## GOODMAN ELECTRIC LOCOMOTIVES FOR COAL MINING, METAL MINING AND TUNNELING

### COAL MINING

#### BATTERY POWERED

#### COMBINATION; BATTERY/TROLLEY

Operating Weight* Type	5-ton	10-ton	14-ton	15-ton	10-ton	15-ton
	Mule	75DB	Trackmaster	154	75BB	173B
T.E. at 25% ADH., lbs.	2,500	5,000	7,000	5,000	5,000	7,500
Voltage	96	96	128	128	250	250
Number of Motors	1	2	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor**	18	25	41	50	30	50
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	1,450	3,080	4,900	5,300	3,450	6,300
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	4.7	6.0	5.8	7.0	6.4	5.8
Minimum Gauge, inches	42	36	42	36	36	36
Minimum Curve Radius, ft.	18	35	36	46	35	46
Wheelbase, inches	60	89	90	100	89	100
Wheel Diameter, inches	16	26	26	30	26	30
Height Over Covers, in.	32	32	29	38	32	38
Overall Width, inches	64	70	84	75	70	75
Length w/o Couplers, in.	160	223	231	256	223	256

\*Operating weight will vary according to weight of battery used.

\*\*Horsepower and speed will vary according to actual voltage being supplied by the battery.

#### TROLLEY POWERED

Operating Weight* Type	8-ton	11-ton	11-ton	11-ton	15-ton	15-20 ton	20-25 ton
	75BB	Trkmstr	173B	184	Trkmstr	201	202
T.E. at 25% ADH., lbs.	4,000	5,500	5,500	5,500	7,500	7,500-10,000	10,000-12,500
Voltage	250	250	250	250	250	250/500	250
Number of Motors	2	2	2	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor	30	41	50	60	65	100	170
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	3,450	4,800	6,300	6,000	7,550	7,530	11,840
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	6.4	5.8	5.8	7.5	5.9	9.7	10.5
Minimum Gauge, inches	36	42	36	42	42	36	42
Minimum Curve Radius, ft.	31	36	31	34	36	46	55
Wheelbase, inches	78	90	66	84	90	100	110
Wheel Diameter, inches	26	26	30	26	26	30	36
Height Over Covers, in.	32	29	36	28	29	42	44
Overall Width, inches	64	84	60 or 66	74	84	66 or 70	67 or 71
Length w/o Couplers, in.	223	231	167	228	231	261	282

\*Operating weight is nominal and will vary according to the addition of optional equipment and other customer requests.

\*\*Horsepower and speed will vary according to actual voltage supplied by the trolley system.

### TUNNELING

#### BATTERY POWERED

Operating Weight* Type	2-ton	4-ton	6-ton	8-ton	10-ton	15-ton	15-ton	20-ton	30-ton	30-ton
	Trammer	Titan	Mancha	Mancha	75D	158	154	136B	221	201
T.E. at 25% ADH., lbs.	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	7,500	7,500	10,000	15,000	15,000
Voltage	48	80	80	80	80	240	128	240	288	240
Number of Motors	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor**	5.5	14	20	20	19	40	50	75	125***	125***
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	475	1,160	1,300	2,600	2,740	4,890	5,300	8,000	14,000	10,850
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	3.7	4.0	4.9	4.9	5.1	6.0	7.0	6.9	6.6	8.5
Minimum Gauge, inches	18	18	18	18	24	24	33	36	36	36
Minimum Curve Radius, ft.	7	9	14	14	22	28	28	31	47	47
Wheelbase, inches	24	30	37.5	37.5	54	60	60	66	100	100
Wheel Diameter, inches	14	16	21	21	26	30	30	33	32	30
Height Over Battery, in.	44	43	55	55	52	60	63	66	65	64
Overall Width, inches	33 to 43	43	41 or 53	41 or 53	42 or 57	54 or 60	59	64	85	85
Length w/o Couplers, in.	71	122	144	144	153	178	172	186	261	261

\*Operating weight will vary according to weight of battery used.

\*\*\*Horsepower and speed will vary according to actual voltage being supplied by the battery.

\*\*\*Motor rating is with forced ventilation.

## METAL MINING

### BATTERY POWERED

Operating Weight* Type	2-ton Trammer	4-ton Titan	6-ton Mancha	8-ton Mancha	10-ton 75D	15-ton 158	15- 158
T.E. at 25% ADH., lbs.	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	7,500	7,500
Voltage	48	80	80	80	80	240	120
Number of Motors	1	1	1	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor**	5.5	14	20	20	19	40	5
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	475	1,160	1,300	2,600	2,740	4,890	5,300
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	3.7	4.0	4.9	4.9	5.1	6.0	7.0
Minimum Gauge, inches	18	18	18	18	24	24	30
Minimum Curve Radius, ft.	7	9	14	14	22	28	28
Wheelbase, inches	24	30	37.5	37.5	54	60	60
Wheel Diameter, inches	14	16	21	21	26	30	30
Height Over Battery, in.	44	43	55	55	52	60	60
Overall Width, inches	33 to 43	43	41 or 53	41 or 53	42 or 57	54 or 60	54
Length w/o Couplers, in.	71	122	144	144	153	178	178

\*Operating weight will vary according to weight of battery used

\*\*Horsepower and speed will vary according to actual voltage being supplied by the battery

### TROLLEY POWERED

Operating Weight* Type	1½-ton Trammer	4-ton Titan	4-ton 76D	6-ton 75B	8-ton 158	11-ton 188	15-ton 136B	15-ton 201	20-ton 81C	20-25 202
T.E. at 25% ADH., lbs.	750	2,000	2,000	3,000	4,000	5,500	7,500	7,500	10,000	10-12,000
Voltage	220	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Number of Motors	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
1 Hr. HP Each Motor**	5.5	18.5	20	30	40	60	75	100	120	170
T.E. at 1 Hr. HP, lbs.	520	1,500	2,340	3,450	4,890	6,500	7,900	7,530	9,400	11,840
Speed at 1 Hr. HP, MPH**	3.4	4.1	6.3	6.4	6.0	6.8	7.0	9.7	9.4	10.5
Minimum Gauge, inches	18	18	18	24	24	24	36	36	36	42
Minimum Curve Radius, ft.	7	9	20	21	28	33	31	46	50	55
Wheelbase, inches	24	30	54	54	60	68	66	100	100	110
Wheel Diameter, inches	14	16	24	26	30	33	33	30	36	36
Height Over Covers, in.***	31	28	30	32	60	38	42	42	50	44
Overall Width, inches	33 to 43	43	45	45 or 57	54 or 60	52 or 58	59 or 67	58 or 68	61 or 70	67 or 70
Length w/o Couplers, in.	71	122	153	153	178	206	190	261	258	282

\*Operating weight is nominal and will vary according to the addition of optional equipment and other customer requests.

\*\*Horsepower and speed will vary according to actual voltage supplied by the trolley system.

\*\*\*Height over covers is to indicate visibility by operator. Trolley pole base and, in some models, headlights, also are higher.

# goodma

Goodman Equipment Corporation  
5430 West 70th Place, Bedford Park, IL 60638 U.S.A.  
Phone (708) 496-1188  
Fax: (708) 496-3939

We reserve the right to change specification.

## FOR MINING AND TUNNELING LOCOMOTIVES

Enable Goodman Equipment Corporation to offer a locomotive that is best suited for the application, please provide as much information as possible. Use separate sheets if necessary.

### Company

Name of company: \_\_\_\_\_

Name of mine/location: \_\_\_\_\_

Main billing address: \_\_\_\_\_

Main shipping address: \_\_\_\_\_

Main contact: \_\_\_\_\_ Position/Title: \_\_\_\_\_

Phone: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

### Mine or Tunnel

Location: \_\_\_\_\_

Type of mine, tunnel or job: \_\_\_\_\_

Dimensions of tunnel or Drift: \_\_\_\_\_

Product or material being mined: \_\_\_\_\_ Cubic weight of material: \_\_\_\_\_

Altitude: \_\_\_\_\_ Max temp.: \_\_\_\_\_ Min. temp.: \_\_\_\_\_ Humidity: \_\_\_\_\_

### Track Conditions

Track gauge: \_\_\_\_\_ Weight of rail: \_\_\_\_\_

Max. gradient in favor of load: \_\_\_\_\_ Length of gradient: \_\_\_\_\_

Max. gradient against load: \_\_\_\_\_ Length of gradient: \_\_\_\_\_

Does the locomotive have to start with full load against max. gradient: \_\_\_\_\_

Does the locomotive have to control full load at downhill drive: \_\_\_\_\_

Min. radius of curve: \_\_\_\_\_ Length of curve: \_\_\_\_\_

Position of tracks relative to tunnel/drift (center, left or right): \_\_\_\_\_

Is track normally wet or dry: \_\_\_\_\_

Are sanders required: \_\_\_\_\_

Description of general track condition: \_\_\_\_\_

**Rolling Stock**

Type of rolling stock (flat cars, bottom dumps, etc.):

Number of cars per type:

Overall length of rolling stock:

Wheelbase of rolling stock:

Type of axle bearings on rolling stock:

Rolling resistance of rolling stock:

Weight of rolling stock loaded:

Weight of rolling stock empty:

Will locomotive push or pull loaded rolling stock:

What end do you attach rolling stock, operator end or opposite operator:

Coupler type:

Centerline of coupler from top of rail:

Does rolling stock have brakes:

If yes, type:

**Limiting Dimensions**

In tunnels:	Height	Length	Width:	
In cage:	Height	Length	Width:	Weight
Other areas:	Height	Length	Width:	

**Preferred Type of Locomotive ( Please circle )**

Battery	Diesel	Trolley	Combination Battery/Trolley
---------	--------	---------	-----------------------------

**Locomotive Haulage Duty**

Distance traveled per train (one (1) round trip):

Number of round trips per shift:

Hours in shift:

Shifts/day:

Number of cars per train:

Tons/shift required:

Required speed:

Max. allowable speed:

Min. speed (for special loading or dumps):

**Electric Locomotives Only**

Trolley wire voltage:

Position and distance of wire from center of track traveling in towards the face:

Pantograph or trolley pole:

If pantograph, type:

Control system type (Full magnetic or solid state):





## CICLOS DE OPERACIÓN DE LAS LOCOMOTORAS

FECHA	24/4/00
GUARDIA	B

Suma de HORAS				No. viajes x guardia	Tiempo x ciclo (hrs)	Produccion (TMH)	Ton/viaje (TMH)	Promedio TMH/carro
CODEQUIPO	TIPO	ACTIVIDAD	Total					
LOC26	Demora operativa	Cambio de guardia	0.67	2.00	4.00	140.60	70.30	7.03
		Charla de Seguridad	0.50					
		Tráfico en Vía	0.67					
	Total Demora operativa		1.84					
	Trabajo efectivo	Cargando Carros Chutes	2.19					
		Descargando Carga	0.47					
Trasladandose		3.53						
Total Trabajo efectivo		6.19						
Total LOC26			8.03					
LOC27	Demora operativa	Charla de Seguridad	0.48	2.00	4.00	164.30	82.15	8.22
		Parado por Cola	2.15					
		Tráfico en Vía	0.47					
	Total Demora operativa		3.10					
	Trabajo efectivo	Cargando Carros Chutes	0.87					
		Descargando Carga	0.72					
Trasladandose		3.32						
Total Trabajo efectivo		4.91						
Total LOC27			8.01					
LOC28	Demora operativa	Cambio de guardia	0.30	3.00	2.67	237.50	79.17	7.92
		Charla de Seguridad	0.50					
		Parado por Cola	0.25					
		Refrigerio	0.17					
	Total Demora operativa		1.22					
	Trabajo efectivo	Cargando Carros Chutes	0.79					
Descargando Carga		1.50						
Trasladandose		4.47						
Total Trabajo efectivo		6.76						
Total LOC28			7.98					
LOC29	Demora operativa	Charla de Seguridad	0.47	2.00	4.00	143.20	71.60	7.16
		Otras demoras operativas	0.12					
		Parado por Cola	1.03					
		Refrigerio	0.28					
	Total Demora operativa		1.90					
	Trabajo efectivo	Cargando Carros Chutes	0.95					
Descargando Carga		1.40						
Trasladandose		3.75						
Total Trabajo efectivo		6.10						
Total LOC29			8.00					
Total general			32.02	9.00		685.60		
<b>PROMEDIOS</b>				<b>2.25</b>	<b>3.67</b>	<b>171.40</b>	<b>75.80</b>	<b>7.58</b>

### VELOCIDADES POR TRAMOS (Km/hr)

Puntos de control				C1700	C3500	CP	CL	CH223	CH960
Longitud de tramo (km)				1.70	1.80	0.85	0.40	0.45	0.30
DÍA	GUARDIA	LOCOMOTORA	RECORRIDO	0-1700 CBT-C1700	1700-3500 C1700-C3500	3500-4350 C3500-CP	4350-4750 CP-CL	4750-5200 CL-CH223	5200-5500 CH223-CH960
24/04/2000	B	26	IDA	14.57	10.80	5.10	6.00	4.50	3.60
			VUELTA	10.20	10.80	6.38	4.80	6.75	6.00
			IDA	11.33	9.82	10.20			
			VUELTA	9.27	12.00	12.75			
		27	IDA	14.57	8.31	10.20			
			VUELTA	7.29	9.82	3.92	4.80		
			IDA	8.50	8.31	6.38	3.43		
			VUELTA	10.20	9.00	7.29	4.80		
		28	IDA	10.20	7.71	7.29	4.00	5.40	
			VUELTA	10.20	7.71	5.10			
			IDA	7.85	7.71	6.38			
			VUELTA	12.75	7.71	5.10			
		29	IDA	10.20	9.00	3.92	4.80	5.40	3.60
			VUELTA	14.57	8.31	5.10	4.80	5.40	3.60
			IDA	7.85	8.31	5.67			
			VUELTA	8.50	8.31	5.67			
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)				10.26	8.89	6.37	4.68	4.59	3.60
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)				10.31	9.02	6.66	4.26	5.74	4.80

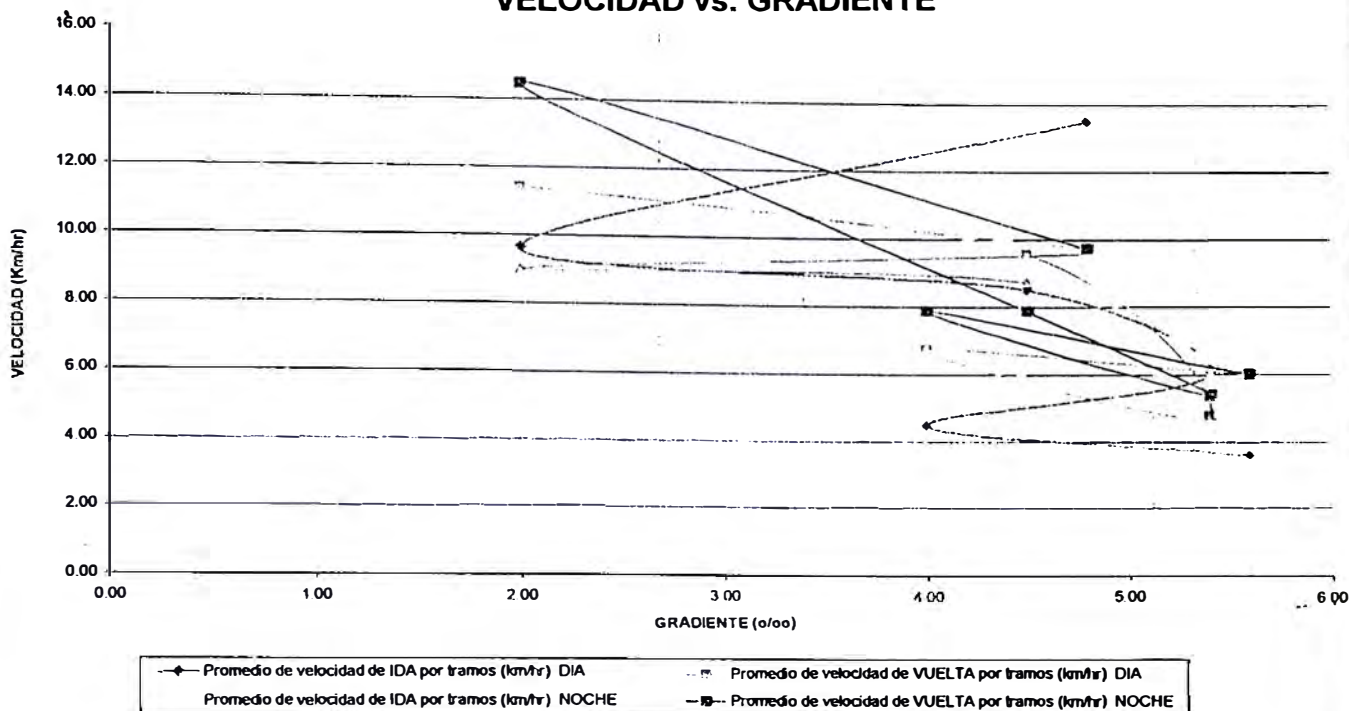
### VELOCIDADES POR TRAMOS (Km/hr)

Puntos de control				C1700	C3500	CP	CL	CH223	CH960
Longitud de tramo (km)				1.70	1.80	0.85	0.40	0.45	0.30
DÍA	GUARDIA	LOCOMOTORA	RECORRIDO	0-1700 CBT-C1700	1700-3500 C1700-C3500	3500-4350 C3500-CP	4350-4750 CP-CL	4750-5200 CL-CH223	5200-5500 CH223-CH960
24/04/2000	C	26	IDA	7.85	9.00	7.29	6.00	9.00	4.50
			VUELTA	10.20	15.43	8.50	6.00	9.00	6.00
			IDA	11.33	9.00	10.20	6.00	4.50	
			VUELTA	9.27	13.50	7.29	4.80	6.75	
		27	IDA	11.33	10.80	5.67	4.80		
			VUELTA	10.20	12.00	8.50	6.00		
			IDA	11.33	12.00	8.50			
			VUELTA	10.20	9.82	7.29			
		28	IDA	11.33	12.00	7.29	3.00	5.40	3.60
			VUELTA	11.33	12.00	6.38	4.80		3.60
			IDA	10.20	8.31	4.25	4.80	2.70	1.80
			VUELTA	6.80	7.20	5.10	3.43		
		29	IDA	10.20	7.20	5.10	4.80		
			VUELTA	6.80	8.31	10.20	4.80		
			IDA	11.33	13.50	10.20	8.00		
			VUELTA	11.33	13.50	10.20	6.00		
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)				12.17	12.08	8.74	5.43	5.40	3.30
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)				9.91	11.88	7.80	5.23	7.88	4.80

## LOCOMOTORA 26

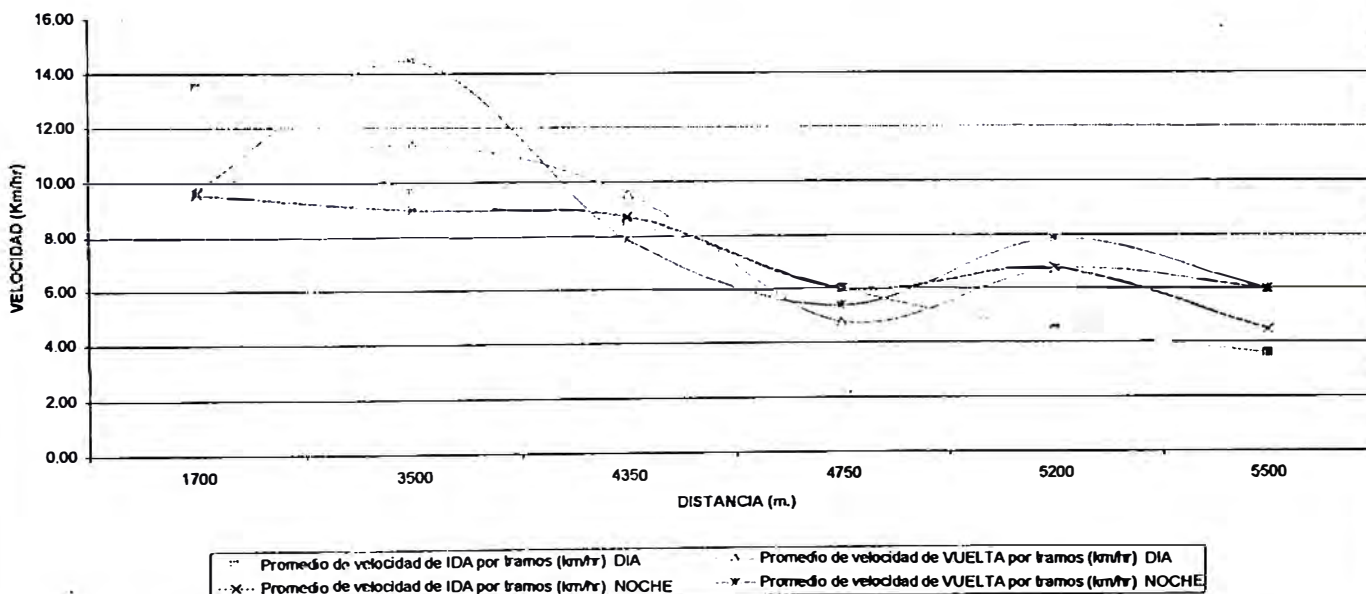
TRAMOS DEL TUNEL	CBT-C1700	C1700-C3500	C3500-CP	CP-CL	CL-CH223	CH223-CH960
Gradiente de los tramos (‰)	4.80	2.00	4.50	5.40	4.00	5.60
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr) DIA	13.49	9.64	8.50	6.00	4.50	3.60
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr) DIA	9.74	11.40	9.56	4.80	6.75	6.00
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr) NOCHE	9.59	9.00	8.74	6.00	6.75	4.50
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr) NOCHE	9.74	14.46	7.89	5.40	7.88	6.00

### VELOCIDAD vs. GRADIENTE



TRAMOS DEL TUNEL	CBT-C1700	C1700-C3500	C3500-CP	CP-CL	CL-CH223	CH223-CH960
COORDENADAS	1700	3500	4350	4750	5200	5500
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr) DIA	13.49	9.64	8.50	6.00	4.50	3.60
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr) DIA	9.74	11.40	9.56	4.80	6.75	6.00
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr) NOCHE	9.59	9.00	8.74	6.00	6.75	4.50
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr) NOCHE	9.74	14.46	7.89	5.40	7.88	6.00

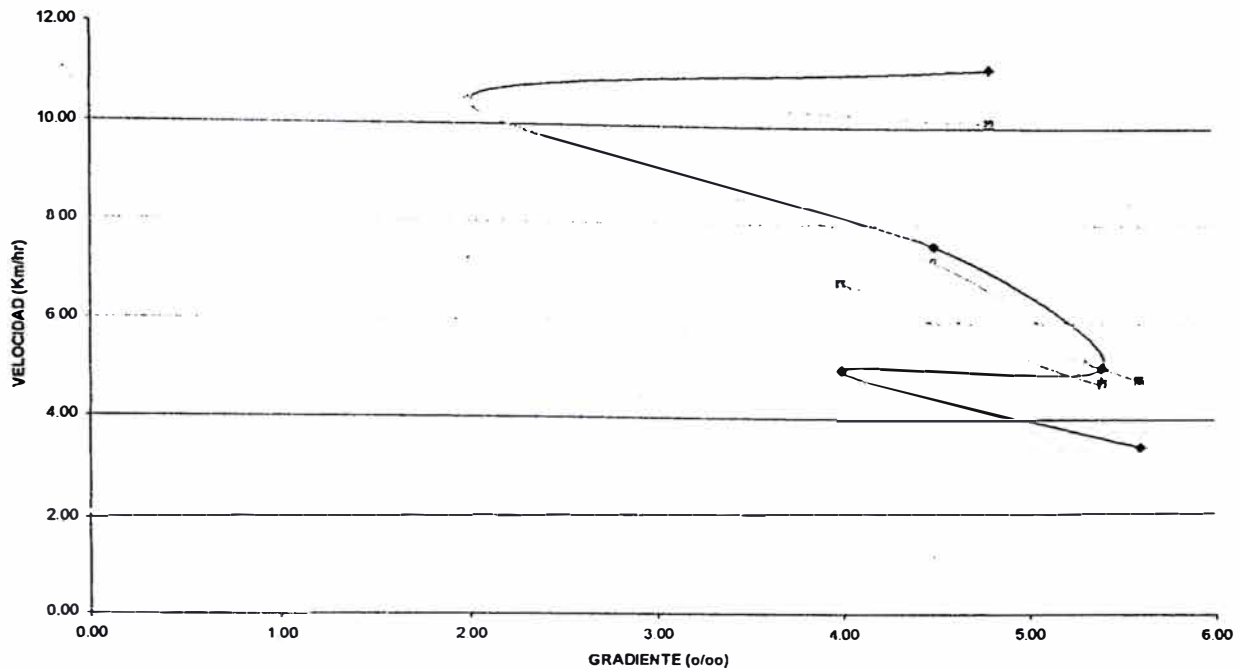
### VELOCIDAD vs. DISTANCIA



Promedio de velocidad GUARDIAS B y C

TRAMOS DEL TUNEL	CBT-C1700	C1700-C3500	C3500-CP	CP-CL	CL-CH223	CH223-CH960
Gradiente de los tramos (o/oo)	4.80	2.00	4.50	5.40	4.00	5.60
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)	11.22	10.48	7.55	5.05	4.99	3.45
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)	10.11	10.45	7.23	4.74	6.81	4.80

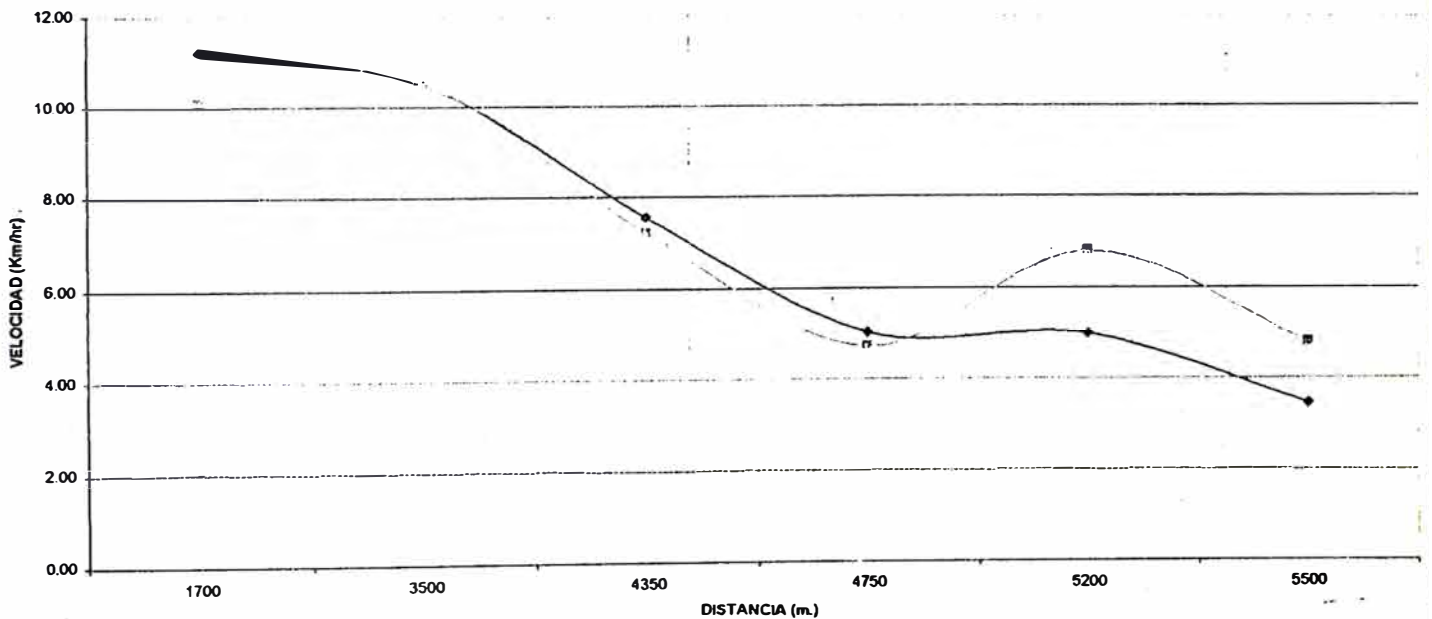
VELOCIDAD vs. GRADIENTE



—◆— Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)    - - - ■ - - - Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)

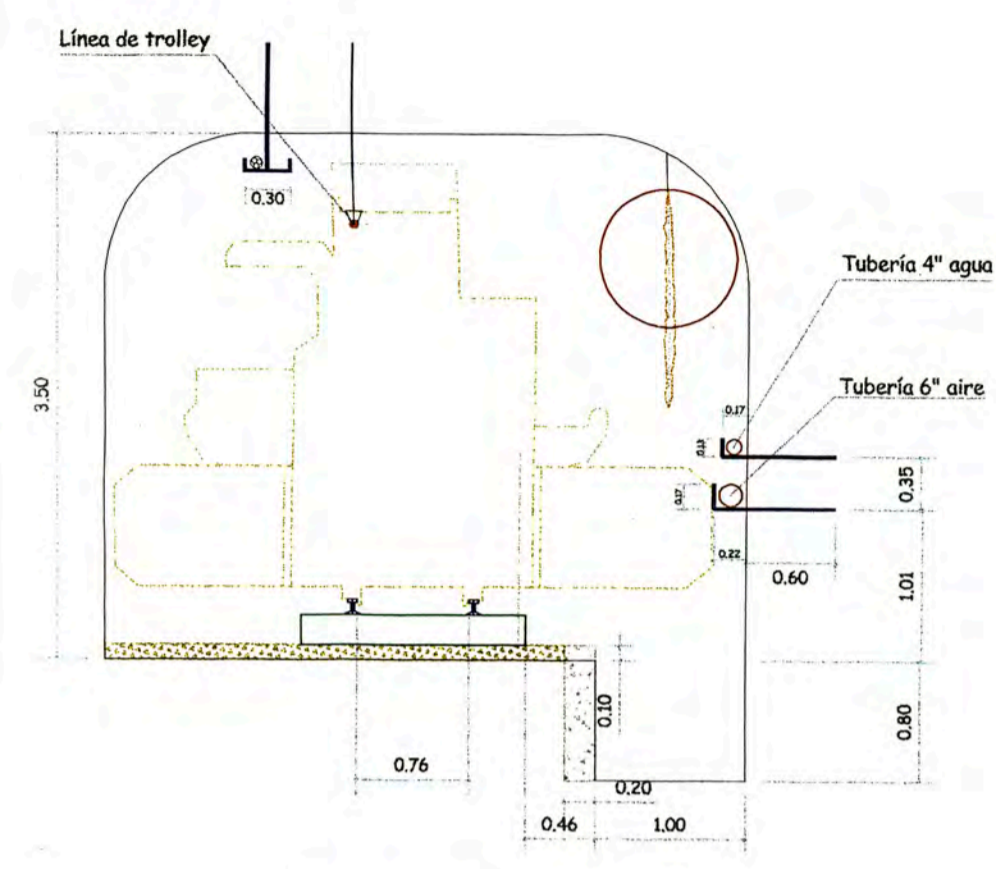
TRAMOS DEL TUNEL	CBT-C1700	C1700-C3500	C3500-CP	CP-CL	CL-CH223	CH223-CH960
COORDENADAS	1700	3500	4350	4750	5200	5500
Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)	11.22	10.48	7.55	5.05	4.99	3.45
Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)	10.11	10.45	7.23	4.74	6.81	4.80

VELOCIDAD vs. DISTANCIA



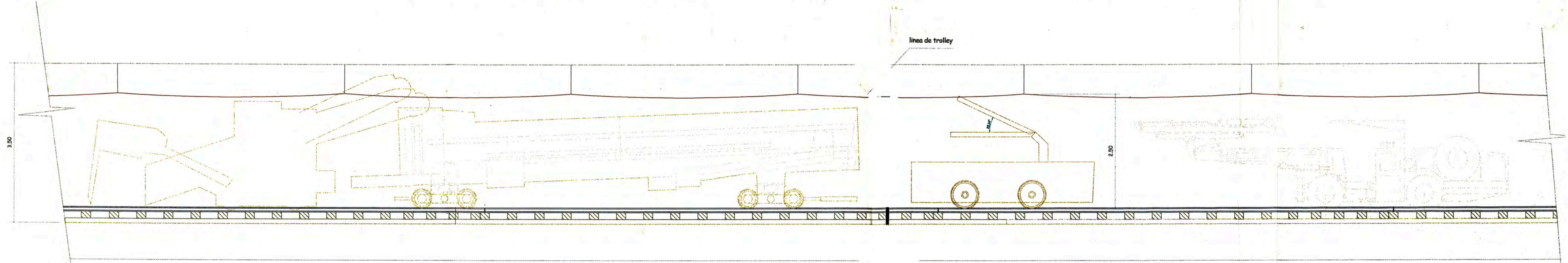
—◆— Promedio de velocidad de IDA por tramos (km/hr)    - - - ■ - - - Promedio de velocidad de VUELTA por tramos (km/hr)

Sección con equipo Hâggloader 8HR2

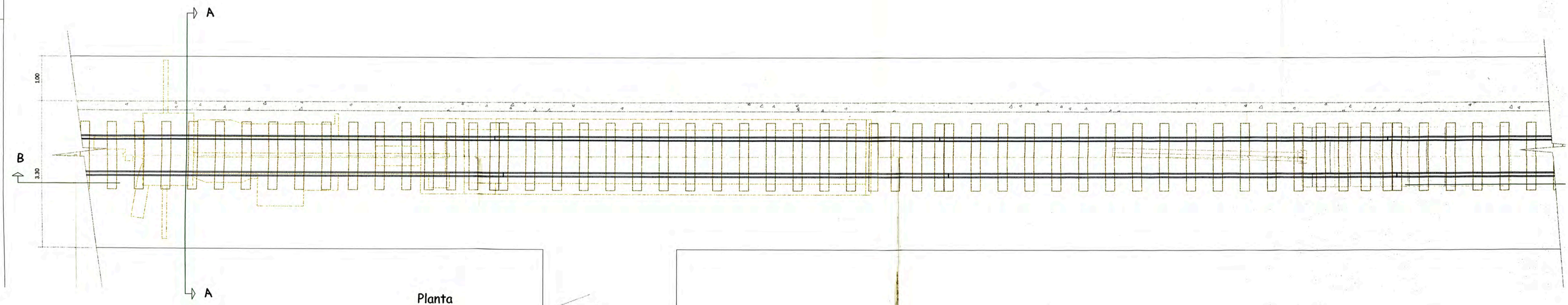


Sección A-A

Sección con equipos : Hâggloader 8HR2, Si tletrain HRST-CE, Locomotora, Jumbo

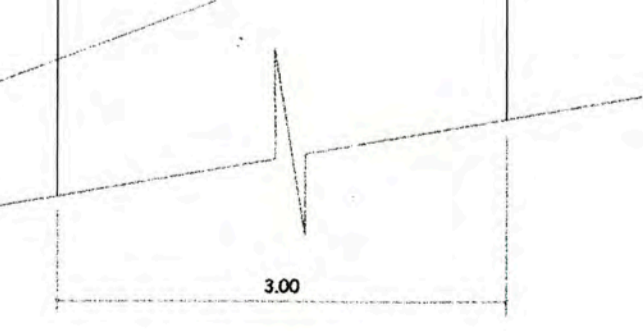


Sección B-B

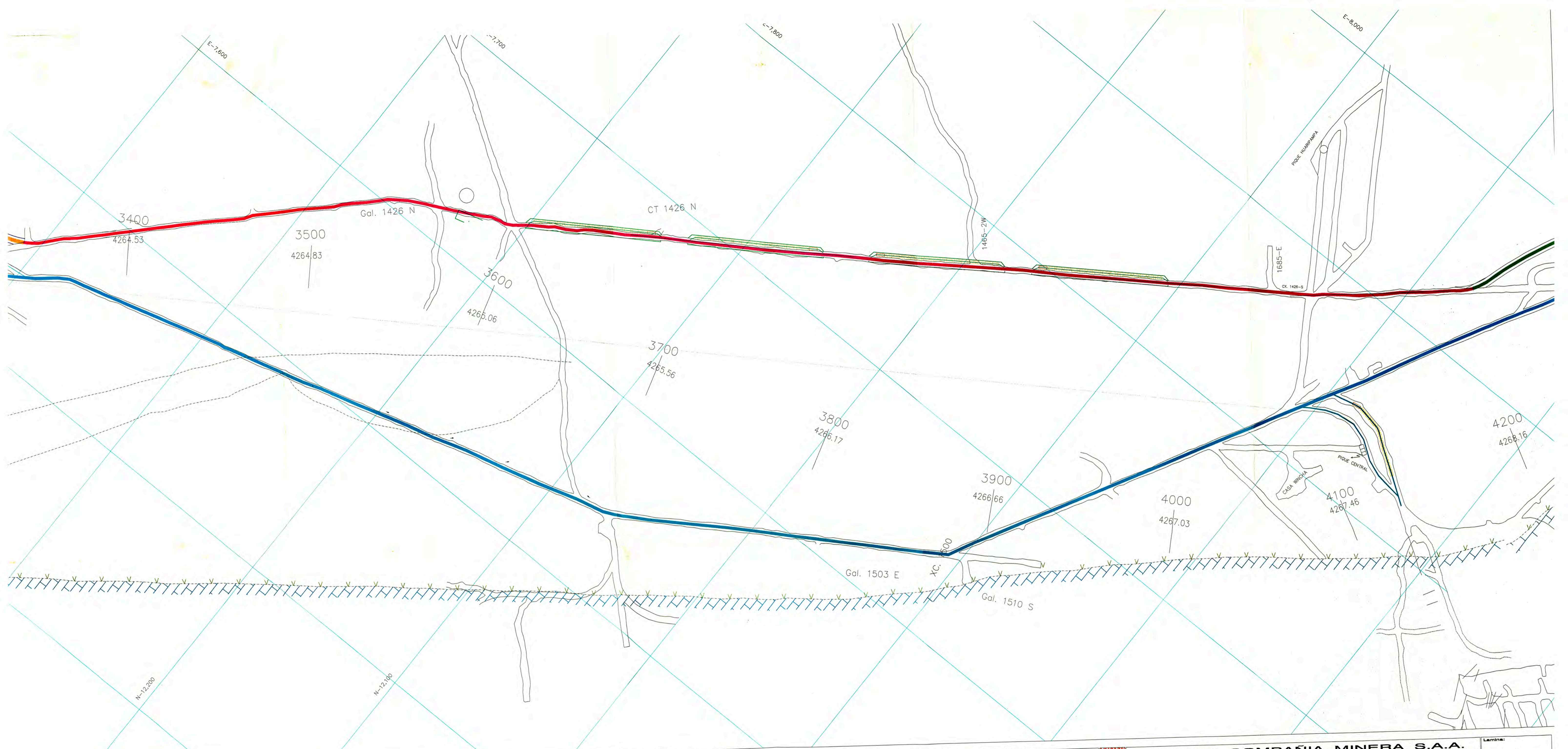


Planta

Ventana de ventilacion conectado con el tunel actual. Cada 400 m.



Planos-referencias:	Consultas:	Revisado: G. Dalia Porta P. Carrión J. Luján L. Rojas		<b>VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.</b>	Lamina:
		Aprobado por:		Diseño: J. Luján	Planeamiento U.P. San Cristóbal Tunel Victoria Paralelo - Planta y Secciones
			Dibujo: T. López B.	Escala: 1/50	Fecha: Julio del 2000



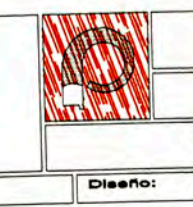
——— TUNEL EJECUTADO (Long. Total = 5,658 m.)  
——— PROYECTO TUNEL PARALELO (1ra. Etapa) Long. = 3,643 m.

Planos-referencias:

Consultas:

Revisado:  
 G. Dalia Porta  
 P. Carrion  
 J. Lujan  
 L. Rojas

Aprobado por:



**VOLCAN COMPANIA MINERA S.A.A.**  
**Planeamiento U.P. San Cristobal**  
**Tunel Victoria Paralelo-Patio Interior mina**  
 Diseño: Planeamiento    Dibujo: T. Lopez B.    Escala: 1/1000    Fecha: Julio del 2000

Lamina:  
 Archivo: