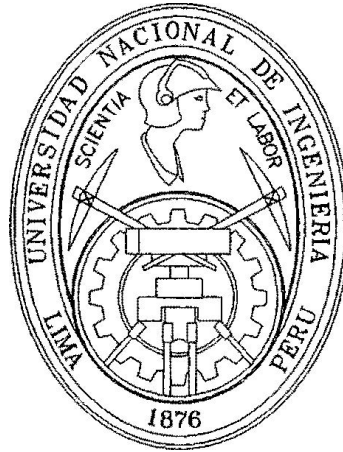


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica



" Optimización del sistema de acarreo por trenes en mina Toquepala "

TESIS DE GRADO
PRESENTADO POR
EL EX-ALUMNO
VICTOR M. GUIMARAES AGUILAR
PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERO DE MINAS

Promoción Ing. Máximo Romero Rojas

-- 1 9 9 3 --

Lima - Perú

Dedico esta Tesis con todo
cariño a mi madre la Sra.
Aidee Aguilar Vda. de Guimaraes

R E C O N O C I M I E N T O

Quedo muy sinceramente agradecido a todos los catedráticos de la Facultad de Ingeniería de minas que me han dado formación profesional, quienes orientaron mis años de estudiante en la Universidad y que van forjando promociones cada vez más capacitadas para el campo de la realidad.

Dejo constancia de mi más profundo agradecimiento

Al Ingeniero Eberhard Rother, Superintendente general de Mina en la fecha de la elaboración del presente trabajo, de la División de operaciones de Southern Perú Copper Corporation por sus enseñanzas y consejos durante el año de becario en esa división.

A todos los empleados supervisores de mina, mecanicos, eléctricos y/o operarios de máquinas de Toquepala, que tuvieron la gentileza de ayudarme en la adquisición de experiencia e información necesaria para la elaboración de la presente tesis.

Finalmente a todos los Obreros pertenecientes a las 3 guardias de operaciones mina, por su compañerismo, enseñanza y colaboración demostrada en el desarrollo de los primeros trabajos que me fueron encomendados al inicio de mi trabajo en Toquepala. En su trabajo se explica un motivo de la grandeza de esta mina.

**TESIS DE TITULO
INDICE**

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO POR TRENES
EN MINA TOQUEPALA**

CAPITULO I.- GENERALIDADES

- 1.1 Introducción
- 1.2 Ubicación Geográfica
- 1.3 Uso del Ferrocarril en el acarreo y transporte en Toquepala
- 1.4 Ventajas económicas del acarreo por trenes
- 1.5 Historia y futuro del acarreo por trenes en minería superficial
 - 1.5.1 Revisión general
 - 1.5.2 El futuro del acarreo por trenes
 - 1.5.3 Algunos hechos históricos
 - 1.5.4 Acarreo por trenes en minería superficial

CAPITULO II.- DESCRIPCION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO

- 2.1 Geología del yacimiento : Litología, Estructura geológica y Alteraciones hidrotermales
- 2.2 Aspectos generales y mineralización

CAPITULO III.- DESCRIPCION GENERAL DE LA MINA TOQUEPALA

- 3.1 Generalidades
- 3.2 Dimensiones y diseño del pit
 - 3.2.1 Forma del yacimiento y su ubicación relativa
 - 3.2.2 Diseño de vías de acarreo y de zonas de disposición de materiales
- 3.3 Parámetros de planeamiento de minado
 - 3.3.1 Generalidades
 - 3.3.2 Determinación de la pared final
 - 3.3.3 Clasificación de material a minar
 - 3.3.4 Factores que gobiernan los planes anuales
 - 3.3.5 Incidencia del factor de dureza
- 3.4 Perforación y disparos
 - 3.4.1 Generalidades
- 3.5 Carguío de material
 - 3.5.1 Equipos de carguío
 - 3.5.2 Operación de palas en el pit
 - 3.5.3 Parámetros de rendimiento de palas

- 3.6 Acarreo de material por volquetes
 - 3.6.1 Generalidades de la flota de volquetes
 - 3.6.2 Parámetros de rendimiento de volquetes
- 3.7 Acarreo de material por trenes
 - 3.7.1 Generalidades
- 3.8 Servicios auxiliares a la operación de mina
 - 3.8.1 Aspectos generales de las secciones de cables, construcción y servicios de mantenimiento mecánico y eléctrico
- 3.9 Distribución porcentual de costos unitarios de producción

CAPITULO IV.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ACARREO POR TRENES

- 4.1 Aspectos generales del Ferrocarril Mina
 - 4.1.1 Descripción técnica del Ferrocarril Mina
 - 4.1.2 Areas de aplicación del Ferrocarril Mina
 - 4.1.3 Mantenimiento y operación de vías férreas
 - 4.1.4 Sistema de control centralizado de tráfico (CTC)
 - 4.1.5 Material rodante y operación por control remoto
- 4.2 Sistemas de acarreo de material en toquepala
 - 4.2.1 Acarreo por trenes con carguío directo desde niveles
 - 4.2.2 Acarreo por volquetes con transferencia en tolvas a trenes

CAPITULO V.- OBJETIVO DEL ESTUDIO Y METODOLOGIA DE TRABAJO

- 5.1 Antecedentes del estudio
- 5.2 Calculo de turnos operados por trenes
 - 5.2.1 Descripción de variables de tiempo
 - 5.2.2 Metodología antigua de calculo
 - 5.2.3 Metodología nueva de calculo
 - 5.2.4 Comparación de resultados obtenidos de ambas metodologías
 - 5.2.5 Sustento de resultados obtenidos : Toma de tiempos preliminares de trenes
 - 5.2.6 Análisis comparativo entre datos de campo y resultados teóricos (Nueva metodología)
 - 5.2.6.1 Sobreestimación teórica del tiempo de viaje
 - 5.2.7 Conclusiones del estudio preliminar
- 5.3 Objetivo del estudio
 - 5.3.1 Optimización del sistema de acarreo por trenes
 - 5.3.2 Cumplimientos de requerimientos de planes de minado a largo plazo
 - 5.3.2.1 Tonelaje a minarse por tipo de acarreo
 - 5.3.3 Elaboración de alternativas para disminuir tiempos muertos por cambio de guardia
- 5.4 Metodología de trabajo
 - 5.4.1 Obtención de datos de campo

- 5.4.2 Diseño de formularios para la toma de tiempos
- 5.4.3 Procesamiento de la información
- 5.4.4 Requerimientos adicionales para el estudio

CAPITULO VI.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE TRENES Y ANALISIS DE LAS DEMORAS REGISTRADAS

- 6.1 Performance actual de trenes
 - 6.1.1 Control de carguío
 - 6.1.2 Rendimiento de trenes monitoreados
 - 6.1.3 Tiempos promedios de actividades desarrolladas por trenes
 - 6.1.3.1 Tiempos de viaje entre puntos notables del sistema vial
 - 6.1.3.2 Tiempos promedios de ciclos de trabajo de trenes
- 6.2 Distribución porcentual de actividades
- 6.3 Tiempos muertos contabilizados por cambios de guardia
- 6.4 Distribución de demoras totales
- 6.5 Distribución de demoras de reparación y mantenimiento
- 6.6 Distribución de demoras operativas
- 6.7 Análisis de tiempos de espera
- 6.8 Análisis de descarrilamiento
- 6.9 Análisis de demoras en semáforos
 - 6.9.1 Ubicación de zonas criticas de trafico
- 6.10 Aplicación de teorías de investigación de operaciones al sistema de acarreo por trenes
 - 6.10.1 Aplicación directa de la teoría de colas
 - 6.10.2 Simulación del trafico de trenes
 - 6.10.2.1 Simulación de computadoras

CAPITULO VII.- FACTIBILIDAD DE OPTIMIZACION DEL ACARREO POR VOLQUETES

- 7.1 Descripción y aplicación general de la operación de volquetes
- 7.2 Análisis de requerimiento de volquetes según planes de minado
- 7.3 Monitoreo preliminar de volquetes
 - 7.3.1 Análisis comparativo entre resultados del monitoreo y datos de reportes de operación
- 7.4 Simulación de la operación de volquetes con un sistema despacho de volquetes
 - 7.4.1 Introducción
 - 7.4.2 Reconciliación con programas de producción de corto plazo
 - 7.4.3 Modelación de los movimientos reales de los volquetes

- 7.4.4 Tomar en cuenta influencias estocásticas
 - 7.4.4.1 Performance estocástica de equipo
 - 7.4.4.2 simulando demoras en el equipo
- 7.4.5 Estrategias de despacho
- 7.4.6 Resultados y posibles campos de aplicación
- 7.5 Descripción del sistema computarizado de despacho de volquetes
 - 7.5.1 Abstracto
 - 7.5.2 Características del sistema
 - 7.5.2.1 Asignaciones automáticas
 - 7.5.2.2 Carguío de combustible automático
 - 7.5.2.3 Voladura
 - 7.5.2.4 Configuraciones del equipo
 - 7.5.2.5 Alineación de disponibilidad de equipo
 - 7.5.2.6 Pantallas de administración
 - 7.5.2.7 Diagnósticos completos
 - 7.5.2.8 Cierre de rutas lógicas
 - 7.5.2.9 Descansos por rancho
 - 7.5.2.10 Inspecciones de mantenimiento
 - 7.5.2.11 Asignaciones manuales
 - 7.5.2.12 Combinación de materiales
 - 7.5.2.13 Apoyo a distintos lenguajes
 - 7.5.2.14 Rutas de acarreo de un solo sentido
 - 7.5.2.15 Monitoreo de operadores
 - 7.5.2.16 Restricciones de tajos
 - 7.5.2.17 Obligaciones de descargas primarias
 - 7.5.2.18 Limites de colas
 - 7.5.2.19 Reasignación en puntos de llamada
 - 7.5.2.20 Cierre de tramas de rampas
 - 7.5.2.21 Demoras de rutina
 - 7.5.2.22 Cambios de guardia
 - 7.5.2.23 Prioridad de palas
 - 7.5.2.24 Carguío por los dos lados
 - 7.5.2.25 Base de datos de usuarios
 - 7.5.2.26 Almacenamiento de materiales
 - 7.5.2.27 Asignaciones fijas de volquetes y palas y restricciones de destino
 - 7.5.2.28 Acarreo usando asistencia de línea trolley
- 7.6 Proyección de resultados con el uso del sistema de despacho

CAPITULO VIII.- ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO POR TRENES

- 8.1 Modificaciones al diseño de vías en zonas criticas
 - 8.1.1 Distribución de semáforos
 - 8.1.2 Análisis de la zona de la locación 2
 - 8.1.3 Análisis de la zona de la locación 5 y botaderos
 - 8.1.4 Simulación del tráfico de trenes considerando las modificaciones propuestas

- 8.1.4.1 El lenguaje de simulación de propósitos generales GPSS
- 8.1.4.2 Programas de simulación para cada locación
- 8.2 Adaptaciones al sistema CTC y su influencia en el control de tráfico
- 8.3 Influencia de la fragmentación del material en el carguío de trenes
 - 8.3.1 Reducción de tiempos de carguío
 - 8.3.2 Disminución de atoramientos de tolvas y chancadora
- 8.4 Mantenimiento preventivo de vías férreos
- 8.5 Adaptaciones al sistema CTC para optimizar el tráfico de trenes
- 8.6 Utilización de equipos auxiliares para el carguío de trenes
- 8.7 Mejoramiento del mantenimiento y utilización de locomotoras
- 8.8 Propuesta para disminuir los tiempos muertos por cambio de guardia
- 8.9 Propuesta para la computarización del reporte de operación de trenes
- 8.10 Proyección de rendimientos de acarreo con optimización
 - 8.10.1 Análisis comparativo de rendimientos con necesidades de planes de minado
 - 8.10.1.1 Distribución de tonelajes por transferencia a cada tolva
 - 8.10.2 Requerimiento de trenes a futuro
 - 8.10.3 Análisis de operación de la futura tolva "E"
- 8.11 Análisis económico de la ejecución de alternativas
 - 8.11.1 Recomendaciones
 - 8.11.2 Requerimientos de elementos de vías férreos
 - 8.11.2.1 Parámetros de trabajo
 - a.- Recursos
 - b.- Rendimientos
 - 8.11.3 Incidencia de los costos de acarreo
 - 8.11.4 Análisis de la inversión

CAPITULO IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO X.- MATERIAL COMPLEMENTARIO

- 10.1 Apéndices
- 10.2 Glosario : Palabras técnicas
- 10.3 Indice de planos y croquis
- 10.4 Bibliografía

CAPITULO I. - GENERALIDADES

1.1 Introducción

El objetivo primordial que se tuvo al elaborar el presente trabajo fue el de poder desarrollar en la practica un sistema óptimo de trafico de trenes para el acarreo de mineral a chancadora y desmante a botaderos, que cumpla con las necesidades de planes de minado futuros, donde el acarreo por trenes tenga un rol importante en el diseño de los mismos y también se pueda calcular en forma precisa el requerimiento de Trenes.

Asimismo, se desea mejorar los actuales rendimientos operativos del acarreo por trenes, Ahorrar un numero determinado de volquetes con el uso del plan de minado con la tolva "E" en operación y concluir si es factible adelantar su puesta en operación un año.

1.2 Ubicación geográfica

La mina toquepala se encuentra en el flanco sur occidental de los andes. Geográficamente se encuentra a 17º 14' latitud sur y 70º 36' longitud oeste; a 92 kms. en línea recta de Tacna, 85 kms. de Ilo y 35 kms. de Moquegua y políticamente pertenece al distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre y Departamento de Tacna.

1.3 Uso de Trenes para el acarreo y transporte en Toquepala

En el diseño de minado original de toquepala se considero solo el acarreo por volquetes de mineral y desmante. Sin embargo, debido a las excesivas distancias de acarreo a la Chancadora y Botaderos, un sistema de ferrocarril in-pit fue instalado en 1,966. En la actualidad, El acarreo por trenes opera desde el nivel 3205 al nivel 3310 (13 niveles). Todo el mineral y desmante de la mina (A excepción del desmante situado entre los niveles 3205 y 3310 de desbroce) es acarreado por volquetes hacia 2 tolvas de almacenamiento temporal que sirven de transferencia para el carguío final de trenes.

1.4 Ventajas económicas del acarreo por trenes

Aunque el costo de acarreo por unidad de carga (Toneladas) es mayor en una locomotora que en volquetes : 1.32 veces más que en volquetes de 80 Tm. Si consideramos el costo por unidad de carga

y de distancia (Tons/Milla) , Verdadera y justa unidad comparativa cuando de transportes se trata, Vemos que los volquetes de 80 Tm. son 1.99 veces más caros.

Considerando todos los camiones y trenes en conjunto, El costo de acarreo en los trenes es 2.32 veces más barato que en volquetes. Asimismo para reemplazar la capacidad de un tren (950 Tm) por volquetes de 80 Tm. (Que se usan en toquepala) se requerirían de 12 unidades. Esto trae consigo una necesidad mayor de personal y desde luego un aumento de servicios e infraestructura para los mismos.

1.5 Historia y futuro del acarreo por trenes en minería superficial

Mover enormes cantidades de material a considerables distancias en aplicaciones mineras ha sido el lado fuerte del acarreo por trenes como método de transporte. Aún hoy existen operaciones mineras que tienen la capacidad de mover tanto como 300,000 Toneladas de material fuera de la mina por medio de ferrocarriles en un período de 24 horas. Enormes volquetes trabajando en combinación con una chancadora primaria dentro del pit más una faja transportadora han desplazado largamente el uso de los trenes. En los cambiantes patrones económicos de hoy, El ingeniero de minas debe reconsiderar el rol que cumple la opción de trenes.

1.5.1 Revisión general

El acarreo por trenes como una función de una operación minera no es tan difundido hoy como lo fue en el pasado. Un número de factores ha contribuido a esto, el más importante de todos ha sido el desarrollo de volquetes de enorme capacidad de conducción eléctrica en las ruedas. La habilidad de los volquetes para trabajar en rampas con pendientes más altas que las que se usan en rampas de trenes y el poder laborar en áreas más confinadas los hacen más preferibles que los trenes para distancias cortas, profundos pits y minado selectivo.

El advenimiento del transporte de material por medio de la combinación Chancadora en el pit y fajas transportadoras ha limitado más la aplicación del acarreo por trenes a distancias intermedias así como a distancias cortas.

Con el cierre de las enormes minas de hierro en los Estados Unidos y la remoción del sistema de ferrocarril de muchas de las minas restantes, pareciera que este tipo de acarreo esta en su fin. Sin embargo, el acarreo por trenes aún tiene una aplicación en enormes pits donde el ascenso no es excesivo y las distancias

de acarreo son a lo más de 5 kilómetros. Como testigo de esto, ejemplos del continuo uso del ferrocarril en operaciones mineras pueden ser citadas. La mina a cielo abierto de Morenci en Arizona, Estados Unidos, una operación de la Phelps Dogde Corporation, tiene un sistema de acarreo por trenes, igualmente la New Cornelia Branch de la Phelps Dogde en Arizona. Toquepala y Cuajone en Perú también, son algunas de las operaciones mineras en el mundo que usan trenes.

No se niega que el uso del ferrocarril como parte del ciclo minero ha ido decreciendo, particularmente en minas nuevas. Sin embargo, como un sistema auxiliar de soporte para el transporte de productos de la mina a la planta, o de la mina al mercado, el uso de trenes esta incrementándose. Un ejemplo es la operación Hoyt Lakes de la Eric Mining Company en Minnesota, Estados Unidos. La producción de mineral de hierro de numerosas minas es enviada a una planta central de pelletización por ferrocarril. Enormes volquetes en cada mina, acarrear una distancia aproximada de 600 metros, entregan el mineral en un punto de transferencia volquete - tren en el perimetro de la particular mina. Desde estos puntos el mineral es cargado a los trenes a la planta central una distancia adicional.

Otro ejemplo de un sistema de ferrocarril cautivo esta en la mina Kayenta de la Peabody Coal Company en Arizona. La mina es una de dos minas de carbón a cielo abierto que existen allí. El carbón producido es transportado por medio de una faja transportadora de 9.3 kilómetros a 4 silos con una capacidad total de 25,000 toneladas. Los silos rápidamente cargan a un tren, el cuál transporta el carbón 140 kilómetros a la planta de fuerza de Navajo cerca a Page, Arizona. Hasta 240 carros con capacidad de 100 toneladas de carbón cada uno son cargados por día y transportados por unidades ferroviarias a Page.

El acarreo por trenes en minería ahora permanece a la espera. Es aparente que una radical despegue debe ser hecho a partir de prácticas pasadas y nuevas innovaciones elaboradas para hacer viable el acarreo por trenes en lo referente a nuevos desarrollos para el transporte de materiales en minas.

1.5.2 El futuro del acarreo por trenes

Predecir el futuro del acarreo por trenes en minería es un tema delicado, debido a las muchas variables que tendrán un impacto sobre dicho tema. Sin embargo, ciertas cosas con relación a la materia en el mundo de hoy pueden concebir influencia en el futuro del acarreo por trenes.

Primero que todo, las más modernas operaciones mineras que usan un sistema de acarreo por trenes son parcialmente automatizados y

utilizan el sistema CTC (Central-Traffic-Control). La aplicación de estas técnicas generalmente siguen un patrón que puede ser descrito como sigue

Un ingeniero opera una locomotora por control remoto usando un transmisor portátil sujeto en su espalda. Un receptor en la máquina activa varios controles, los cuáles operan los trenes. Usando vagones con descarga lateral, los controles remotos permiten la operación de las locomotoras y descarga de vagones por un solo hombre, así el ingeniero este en la locomotora, el caboese o en el suelo. Un sistema de señales de semáforos y cambios eléctricos son usados para controlar el tráfico de trenes en la mina. Una persona situada a gran distancia en una oficina de despacho alinea las rutas de los trenes y controla todos los movimientos. El despachador mira el indicador de luces en el panel de control, el cuál da las locaciones de los trenes y las posiciones de los cambios. El despachador usualmente tiene una capacidad de observación directa de la mina a partir de la ubicación estratégica de su oficina. Un sistema eléctrico de cerrojo previene al despachador de posibles conflictos en el movimiento de los trenes. El despacho también sirve como un centro de comunicación para el uso de la radio y el teléfono.

La más realista posibilidad para el futuro del acarreo por trenes en minas es la completa automatización de los mismos. Ciertas limitadas aplicaciones de este concepto son evidentes en operaciones con un tren cautivo que se desplaza entre puntos fijos.

Es técnicamente factible completar la automatización de los trenes por sistemas de control computarizado automático en operaciones en línea principal, tales como los usados por el Bay Area Rapid Transit System (BART) en San Francisco, California. Los trenes que dejan la línea principal pueden ser movidos a control remoto o por el comando del operador de la Pala, cargarlos y luego ser enviados a la línea principal para ser alcanzados por el sistema CTC. El operador de la chancadora puede encargarse del tren y descargar los carros remotamente, y luego retornarlo a la línea principal. Un hombre estacionado en un botadero puede hacer lo mismo descargar los carros con desmonte remotamente y luego retornarlos a la línea principal. Cada tren situado en puntos de carguío y/o descarga puede ser enviado de vuelta a la línea principal y ser controlado por el sistema central de despacho.

Los sistemas de control de programación usando computadoras pueden ser ajustados para generar una secuencia de eventos durante un ciclo completo. El abastecimiento puede ser hecho por medio de una revisión manual por el despachador, debido a que el sistema puede ser detenido para corregir defectos, proporcionar mantenimiento o cambiar la secuencia de los eventos. Los trenes se prestan ellos mismos fácilmente a este tipo de control.

El control de trenes programado puede ser logrado a través de los rieles induciendo las bobinas de la locomotora y el caboose de cada tren. Los actos de estas bobinas como receptores, controlan también las locomotoras.

Un vistazo a primera vista haría parecer que la única ventaja ganada de todo lo anterior sería la eliminación de la mano de obra. Desde que los modernos sistemas ya han eliminado la mayoría de los operadores, esta consideración se vuelve de segunda importancia. La primera consideración es el incremento de la eficiencia, con el resultante incremento en la productividad los sistemas computarizados pueden ser logrados.

Otro posible desarrollo futuro puede ser los trenes totalmente eléctricos que son más sofisticados que los disponibles hoy en día. Esto podría ser una realidad si es que la necesidad lo pide. La necesidad puede incrementarse si el costo de energía eléctrica generada por enormes estaciones de energía es mucho menor que el costo combustible requerido por los motores de los volquetes. El aspecto de la eliminación de la polución por las locomotoras eléctricas puede llegar a ser otro factor de importancia.

Finalmente, es posible que los sistemas cautivos de un solo tren pueden ser más veloces con una nueva generación de trenes "balas".

1.5.3 Algunos hechos históricos

El desarrollo del acarreo por trenes en minería corre paralelo a los cambios históricos que han ocurrido en los sistemas de ferrocarril. El desarrollo del motor a vapor, o del "viejo caballo de hierro", fue llevado a cabo en forma casual, de acuerdo a los deseos de un particular ferrocarril o compañía por la cuál la locomotora fue manufacturada. La estandarización en los tiempos del motor a vapor no existía.

Los mayores fabricantes de locomotoras a vapor en los Estados Unidos fueron la Baldwin Locomotive Works, American Locomotive Company, y la Lima Locomotive Works. Durante los inicios del presente siglo, los motores a vapor fueron puestos a trabajar en las minas de hierro de Mesabi Range, y poco después en las inmensas minas a cielo abierto de baja ley de cobre del oeste, tales como aquellas operadas por la Kennecott Copper Corporation y más tarde por la Phelps Dodge Corporation.

El año 1947 marcó la virtual desaparición de la máquina a vapor en los trenes de mercancías y de pasajeros así como en las minas. Máquinas a vapor son aún usadas en unas cuantas minas de China, sin embargo. Las siguientes circunstancias contribuyeron al fallecimiento de la máquina a vapor en los Estados Unidos.

En el año de 1892, Rudolph Diesel patentó su motor Diesel, y en 1897, el primer exitoso motor de 25 HP, 1 cilindro y 4 ciclos fue puesto en operación por la directa introducción de combustible en el motor. Luego en 1933, Charles Kettering de la General Motors desarrolló un motor diesel de 2 ciclos para reemplazar el modelo de 4 ciclos. Esto fue un descubrimiento sensacional para el ferrocarril. La Electromotive Corporation reveló una playa de distribución en 1936, y estandarizó todas sus locomotoras para promover la intercambiabilidad de partes. Esto fue una gran mejora.

Mientras tanto, una huelga nacional del carbón cerró los ferrocarriles y condujo a la elevación del precio del carbón. La opinión pública en general estuvo de acuerdo en que el humo y el polvo del carbón ennegrecía las ciudades y en general hacía la vida miserable. La máquina a vapor era más inflexible que el motor diesel sobre rieles y durmientes en esos días. Esto unido a la ausencia de intercambiabilidad de partes por parte de las máquinas a vapor, elevaron los costos de mantenimiento a un grado de detrimento. Las diesel podían arrastrar mayor carga a una mayor rapidez, limpieza, y más económicamente que las máquinas a vapor.

Finalmente, la disponibilidad diesel fue de 90 % comparada al 60 % de la máquina a vapor. Todas estas cosas no podían ser ignoradas. Por todo esto, la locomotora diesel reemplazó a la máquina a vapor en los Estados Unidos. La única locomotora no afectada por los cambios fue la locomotora totalmente eléctrica.

La General Motors fue la primera en desarrollar locomotoras de arrastre impulsadas por un motor diesel, inmediatamente después de la segunda guerra mundial, con la EMD modelo F-3. Motores de tracción fueron usados, los cuáles fueron estándar en cualquier motor diesel. Más tarde las series G.P., o locomotoras de propósito general conocidas como Jeeps se volvieron populares en todos las vías férreas.

Las operaciones mineras con acarreo por trenes generalmente reemplazaron sus máquinas a vapor primero con locomotoras eléctricas-trolley, luego más tarde con locomotoras diesel-eléctricas. Muchas minas que usan trenes utilizan aún locomotoras eléctricas-trolley.

1.5.4 Acarreo por trenes en minería superficial

El punto de inicio para cualquier pit que considera un ferrocarril como sistema de acarreo es el requerimiento de los rieles, y huelga decir, es el factor más importante para el éxito de la operación. Generalmente, la línea principal que sirve a todos los niveles de carguío directo en operación consiste en una

línea de carga y otra de vacíos con líneas de cruce y espuelas hacia cada nivel. La línea principal debe ser construida con rieles de alta calidad y estar bien balastrada. La línea de los niveles, la cuál es movida con frecuencia, debe ser de baja calidad. Un mantenimiento cuidadoso debe ser hecho para mantener en lo posible, la línea de los niveles bien alineados y nivelados. El balastro en dichos niveles de trabajo no es económico, y se rellena la línea con material fino del mismo nivel.

La línea principal generalmente tiene una pendiente de 2 a 3 % de subida en la línea de vacíos, adverso a la línea de carga que lleva una pendiente de 3.5 a 4 % de bajada. El ancho de vía estándar en los Estados Unidos y Canadá es 56.5 pulgadas (1.44 metros).

Como se menciona previamente, una de las mayores ventajas del acarreo por trenes es la habilidad de utilizar sistemas de control de tráfico automáticos (CTC) y operar locomotoras remotamente. Esto incrementa la eficiencia y reduce los requerimientos de mano de obra. El diseño del sistema de líneas debe tomar en cuenta los requerimientos del sistema CTC.

Espirales dentro del pit en la línea principal debe ser la regla antes que el uso de cambios para espuelas sea una necesidad. Esto porque un espiral al fondo de la mina permite una rápida salida sin pérdida de tiempo en las espuelas. Requerimientos de minado usualmente excluyen el lujo de operar solamente con un solo espiral. Una combinación de una espiral con un cambio para una espuela es usual.

Los vagones empleados en minas de roca dura son usualmente de descarga lateral en ambos lados. Vagones con descarga en el fondo prevalecen mas en minas de carbón. Algunas minas emplean máquinas de descarga rotatorias, las cuáles voltean los vagones para una rápida descarga de mineral. Los de descarga lateral son los más versátiles y usualmente son de 30 a 50 yardas cúbicas (23 a 38 metros cúbicos) de capacidad. Las palas que los cargan directamente tienen cucharones con capacidad de 10 a 22 yardas cúbicas (7.6 a 17 metros cúbicos).

Dos tipos de locomotoras son aún usadas en las minas Las Diesel-Eléctricas y las Eléctricas-Trolley. De las dos la primera prevalece más debido a su adaptabilidad.

Las Diesels pueden ser adaptadas a cualquier ancho de vía, y son disponibles en todos los tamaños desde motores pequeños hasta enormes motores de carga. Desde que el motor diesel es la fuente primaria de energía, los cables estacionarios trolley no son requeridos, por lo tanto las consideraciones de adaptar la línea a este tipo de fuente de energía se minimizan. Los motores diesel tienen un generador de tracción directamente conectado a ellos,

el cuál suministra energía a los motores de tracción montados en el eje. Esto también proporciona un frenado dinámico a través del sistema eléctrico, que asiste efectivamente a la capacidad de frenado.

Las locomotoras eléctricas-trolley tienen un pantógrafo montado en lo alto o un colector montado al costado para recibir energía proporcionada por cables aéreos de energía. Las locomotoras eléctricas pueden proporcionar cierta cantidad de regeneración de energía en cuestas hacia abajo. Esto resulta en un ahorro de energía y es por supuesto una ventaja. Estas locomotoras no expiden ningún tipo de gas al medio ambiente, y es una ventaja en túneles evitan la polución. También tienen pocos problemas sobre el arranque de motores en frío que si los tienen los motores diesels. Tienen más velocidad que los Diesel-Eléctricos debido a la enorme fuente de energía de los cables trolley. La mayor desventaja de estas locomotoras es la interferencia a las operaciones mineras que las líneas trolley, polos, y estructuras que sujetan los cables, ocasionan.

En los niveles del pit, Las operaciones de perforación, los disparos y carguío de palas son a menudo limitados por la existencia de estructuras de trolley al punto de la ineficiencia. Los movimientos de la línea principal son complicados por la necesidad de remover estructuras trolley y reerigir las mismas en nuevas locaciones. Asimismo en botaderos, el trolley puede interferir con las operaciones de descarga. También el cuidado de los mismos hace dificultoso el mantenimiento y alineamiento de la línea trolley y la operación mas complicada. La elección final del tipo de locomotora puede depender de la disponibilidad de energía eléctrica en oposición al combustible diesel en ciertas partes del mundo.

El acarreo por trenes es un método de transporte de capital-intenso, y para tramos cortos no puede competir económicamente con los volquetes. Sin embargo, largas distancias y pendientes moderadas pueden favorecer a los trenes. Básicamente, esto debe conducir a la conclusión de que pits enormes y profundos pueden usar volquetes y trenes a la vez como una ventaja. Los volquetes trabajando en distancias cortas y entregando el material a los trenes para que continúe el acarreo en distancias largas podría ser una combinación ideal.

Southern Perú, emplea en efecto un sistema de transferencia volquete - tren en sus minas de toquepala y cuajone, con gran éxito. El sistema de transferencia emplea una tolva de carguío veloz de los trenes, la cuál puede acomodar para la descarga en la parte alta a seis volquetes al mismo tiempo. Todo el material descargado en las tolvas es acarreado fuera de la mina, y ninguna parrilla es empleada. Un operador sentado en una cabina situada en frente de la tolva controla el mecanismo de la compuerta para cargar a los trenes. Ninguna demora es experimentada entre los

volquetes y los trenes. Una tasa de carguío máxima de 7,620 toneladas métricas por hora es posible, y la tasa incrementada, incluyendo todas las demoras, es reportada a un promedio de 60,000 Tm/día. En esta operación, los trenes han servido como un método de acarreo de más bajo costo que los volquetes.

Otra aplicación que podría favorecer a los trenes sobre volquetes es en el hipotético caso de una mina con carreteras hacia la concentradora con longitud de 6 kilómetros, y locaciones de los botaderos también a una considerable distancia de la mina.

Finalmente, un montaje de carreteras largas desde la mina hacia la planta o al área de disposición del desmonte podría ser llevada a cabo por trenes que han sido cargados en la mina por fajas o volquetes.

CAPITULO II.- DESCRIPCION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO

2.1 Geología del yacimiento

El yacimiento de Toquepala pertenece al tipo denominado pórfido de cobre donde la mineralización no se encuentra en vetas ni en filones, sino rellenando angostas y poco frecuentes fracturas (1-2 mm. de ancho) y en pequeños granos diseminados a través de un complejo de rocas fuertemente alteradas.

El depósito se encuentra en un terreno que fue sometido a intensa actividad ígnea con gran variedad de fenómenos eruptivos, así se produjo material ígneo que se acumuló en una serie de mantos de lava volcánica que constituyen el basamento regional compuesto por derrames alternados de Riolitas, Andesitas y Aglomerados que forman el llamado "Grupo Toquepala".

Posteriormente, la actividad ígnea fue intrusiva por parte de rocas en fusión Diorita y pórfido de Dacita que rompieron y fundieron las lavas enfriadas del "Grupo Toquepala" ocasionando un fuerte e intenso fracturamiento tipo "Stock work"; cuyos espacios vacíos fueron aprovechados por soluciones hidrotermales ascendentes que alteraron las rocas y produjeron la mineralización primaria así como la formación de brechas.

La actividad tectónica regional está representada estructuralmente por las fallas Micalaco y Toquepala que se interceptan en el área de la mina formando una zona extensa de debilitamiento que en conjunto con el fracturamiento "Stock work" y la anterior formación de brechas forman la "Chimenea de brecha" que caracteriza el depósito y tiene forma geométrica cilíndrica, a lo largo de la cual ocurre la mineralización por ser el marco adecuado para la circulación de las soluciones hidrotermales.

A esa actividad volcánica le siguieron etapas de erosión, asociadas a variaciones del nivel freático que ocasionaron el lavado (Lixiviación) de la parte superior de la zona mineralizada, dando como resultado una zona de minerales en profundidad (Zona de enriquecimiento secundario)

La alteración hidrotermal es común en todo el yacimiento siendo la fílica · Cuarzo-Sericita y Pirita la más frecuente y ampliamente distribuida, mientras que la Argilitización y Propilitización son observadas en áreas periféricas de la mina.

2.2 Aspectos generales y mineralización

Depósito de gran tamaño (Más de 1 km. de diámetro, por más de 400 mts. de profundidad)

De forma cónica y de paredes empinadas.

- Ha sufrido procesos de Erosión, Oxidación y Enriquecimiento Secundario.
- Su sobrecarga estéril antes de iniciarse la explotación se calcula en más de 150 millones de toneladas.
- Sus reservas fueron calculadas en más de 400 millones de TC, con 1.00% Cu en promedio.
- Posee mineralización simple y distribución de leyes uniforme.
- Contiene minerales de Cobre primordialmente y de Molibdeno en menor grado.
- Los principales minerales son la calcosina supérgena y la calcopirita hipógena, Las cuáles rellenan pequeñas venillas en la brecha y discretas vetas.
- La zona de enriquecimiento secundario se encuentra en posición casi horizontal con espesores que varían de 0 a 150 mts.
- Mineralización mesotermal : Entre 225°C - 475°C

CAPITULO III.- DESCRIPCION GENERAL DE LA MINA TOQUEPALA

3.1 Generalidades

La mina toquepala, operada por Southern Perú Copper Corp., Es una mina que se explota a Tajo abierto, Planeada para producir 55,000 TC de mineral y 55,000 TC de desmote diariamente en la actualidad, Basada en una semana de trabajo de 6 días; La concentradora tiene una capacidad de flotación de 45,000 TC/día y produce concentrados de 27 % Cu y 89 % de Molibdenita, Una fundición en Ilo que produce 130,000 TC/año de cobre blister. Cerca de la mitad de dicha producción es tratada en la refinería electrolítica de Minero Perú en Ilo y el resto es exportado.

A Enero de 1,992, un total de 265 millones de TC de sulfuros primarios con leyes de 0.86 % Cu (A un cut-off de 0.45 %) y 0.050 % de Molibdenita, permanecen en el tajo. Para ganar este mineral, unos 101 millones de TC de desmote y sulfuros de baja ley deberán ser removidos. Aproximadamente 40 millones de TC de sulfuros de baja ley (0.20 % a 0.45 % Cu) han sido almacenados en zonas especiales para ser recuperado el Cu con el proyecto de Lixiviación bacteriana próximamente puesto en operación.

3.2 Dimensiones y diseño del pit

3.2.1 Forma del yacimiento

Las dimensiones del pit son de casi 1,270 mts. de largo por 1,100 mts. de ancho en el perimetro. La elevación más alta del pit es de 3,555 mts. y el actual más bajo nivel es el 2995. El ultimo nivel planeado es el 2830, con un talud final de 45°. El actual plan de minado requiere un movimiento diario de 110,000 TM de mineral y desmote con bancos de 15 mts. de altura. La eficiencia en el pit tiene un promedio de 95 TC/Hombre guardia.

3.2.2 Diseño de vías de acarreo y zonas de disposición de materiales

El diseño se refiere al tipo de trenes y volquetes que se tenga. Para el acarreo por trenes el ancho mínimo de rampas es de 15 mts. con una gradiente máxima de +1.5 % para trenes cargados y de +5 % para vacíos.

En toquepala se tienen 2 sistemas de rampas principales enlazados para el acarreo por volquetes que permiten la continuidad de la

operación en zonas bajas de la mina, aún cuando la pala se encuentre minando alguna de las rampas del sistema. El ancho mínimo de dichas rampas es de 25 mts. con una gradiente máxima de 12 %.

De acuerdo al estimado de reservas anteriormente mencionado, La disposición de dichos materiales se hará de acuerdo a su tipo : A la chancadora si es mineral ó a Botaderos si son sulfuros de baja ley, Oxidos o desmote. Para la descarga y acumulación de dichos materiales se tienen los botaderos 3250, 1, 2, 3 y 4 distribuidos de la siguiente manera según su uso :

CUADRO I

BOTADEROS Y TIPO DE MATERIAL ALMACENADO EN TOQUEPALA

Botaderos	Material	Longitud
3250	Oxidos de baja ley	0.6 Kms.
1	Sulfuros de baja ley	1.1 Kms.
2	Sulfuros de baja ley	1.2 Kms.
3	Sulfuros de baja ley	1.3 Kms.
4	Desmote	1.7 Kms.

3.3 Parámetros de planeamiento de minado

3.3.1 Generalidades

En todo planeamiento de minado se deben considerar los parámetros generales y específicos. Los generales son los que serían aplicables a todos los depósitos de tipo diseminado de gran tamaño y ley relativamente baja.

Los parámetros específicos dependen de las características no comunes que cada yacimiento presenta, Tales como morfología superficial, Topografía, etc; Sin establecer estos parámetros sería imposible llevar a cabo la delineación y planeamiento necesarios para la evaluación de reservas contenidas, más aún si la explotación de estas demandan inversiones considerables que deben ser compensadas por un adecuado retorno lo cuál depende de un económico y eficiente abastecimiento de mineral.

3.3.2 Determinación de la pared final

La pared final esta determinada por los siguientes factores : Tipo de yacimiento, Angulos de talud final escogidos, Variables económicas y ley de corte.

- **Tipo de yacimiento**, Existen depósitos que determinan la pared final por razones estructurales, tales como: Vetas y Mantos. De otro tipo son los yacimientos porfiríticos de cobre, como el de Toquepala por ejemplo, en donde la pared final esta gobernada por parámetros económicos y varía según cambien dichos parámetros.
- **Angulos de talud final**, quedan establecidos por estudios de estabilidad basados en las condiciones geológicas de la roca, de tal manera que se obtenga la mayor cantidad de reservas, la menor de desmonte y el máximo rendimiento económico.
- **Variables económicas**, La posición final de la pared se rige por variables económicas, tales como Precios de los metales, Costos, Recuperaciones de la Concentradora, Fundición y Refinería.

Ley de corte, Esta definida por los mismos parámetros de la pared final, por lo tanto ambos factores son dinámicos. En rigor, una pared final para unas variables económicas fijas tiene una sola ley de corte óptima.

3.3.3 Clasificación de material a minar.

Determinada la pared final y la ley de corte óptima se pueden clasificar los materiales en mineral, Sulfuros de baja ley, Oxidos y Desmonte tal como se muestra en el cuadro I.

3.3.4 Factores que gobiernan los planes de minado anuales

- Capacidad de tratamiento de la concentradora. Los planes de minado deben garantizar ese nivel de producción.

Tonelaje de otros materiales que es necesario mover para garantizar mineral disponible para el año siguiente.

- Flota disponible de equipo : Perforadoras, Palas, Volquetes, Trenes y Equipo auxiliar. Un plan anual no debe exceder el tonelaje que el equipo pueda mover.

Disponibilidad mecánica y eléctrica. Así como el porcentaje de

Utilización.

- Ubicación de plataformas anchas, aptas para los cortes de las palas, La altura de banco y el mínimo ancho de plataforma operativa.
- Ley de corte.

Estimado de variables económicas · Precios de metales, Costos y Recuperaciones.

3.3.5 Incidencia del factor de dureza

El mineral estimado debe ser clasificado en categorías de dureza y presencia de arcillas. Para esto se cuenta con la relación Tipo de mineral Factor de dureza de concentradora y Tipo de mineral - Recuperación de flotación. De esta forma el mineral puede agruparse en Muy duro, Duro, Suave y Arcilloso. Por lo tanto el balance se hace con la ley de cabeza y los parámetros que rigen la producción de concentradora.

3.4 Perforación y Disparos

3.4.1 Generalidades

La mina cuenta con 5 perforadoras rotatorias Bucyrus Erie 50R de las cuáles 3 trabajan continuamente durante cada guardia. Perforando taladros de 28 cm. de diámetro y 16.5 mts. de profundidad. Las mallas de perforación varían de 5 x 3 mts. a 7 x 12 mts. dependiendo de las condiciones de la roca. Los taladros secos son cargados con ANFO, mientras que los taladros con agua con Slurrex aluminizado. Los disparos se llevan a cabo 4 veces por semana, teniendo estos un promedio de 65,000 TC de material disparado. El factor de dureza es de 10 TC/Lb de explosivo.

3.5 Carguío de material

3.5.1 Equipos de carguío

La mina esta equipada con 9 Palas eléctricas de marca P&H 1800 con capacidad de cucharón de 9 yardas cubicas.

3.5.2 Operación de palas en el pit

Existen 2 condiciones diferentes en la operación de palas. La primera es la combinación Pala-Volquete. La plataforma adecuada para esta operación es de 35 mts. de ancho con una proyección horizontal de talud de aproximadamente 8 mts. La segunda es el caso Pala - Tren, en este la Pala se acondiciona al Tren pues la línea del ferrocarril no puede moverse continuamente, El corte óptimo de la pala es de 15 mts. y la plataforma necesaria de 30 mts.

3.5.3 Parámetros de rendimientos de palas

Toneladas / Guardia Pala - Tren	4,000
Toneladas / Guardia Pala - Volquete	5,200
Disponibilidad + Utilización	0.87 %

3.6 Acarreo de material por volquetes

3.6.1 Generalidades de la flota de volquetes

Se cuentan con 30 volquetes Lectra Haul de 80 TC, con motor de 1,000 HP y transmisión eléctrica, para el acarreo de material : Ore y Leach , desde los niveles inferiores de la mina (Entre el 2995 y 3190) hacia las tolvas B y C que sirven de transferencia para el posterior carguio de trenes.

Actualmente todo el tráfico, Control de equipo y Asignación de destinos de la flota esta administrada por un sistema de despacho computarizado de la Modular Mining Systems. Este sistema se explica en detenimiento en el capitulo 7.

3.6.2 Parámetros de rendimiento de volquetes

Toneladas / Guardia	1,300
Disponibilidad + Utilización	0.87 %

3.7 Acarreo de material por Trenes

3.7.1 Generalidades

Se tienen 10 Locomotoras diesel eléctricas, marca General electric, modelo GP-28 de 1,850 HP, que trabajan acopladas cada una a convoyes de 13 vagones con capacidad de 73 TC cada uno.

Este equipo sirve para el acarreo de material desde las 2 tolvas B y C, y los restantes niveles de carguio directo (3235,3220 y 3205) hacia la chancadora y botaderos. Todo el tráfico es controlado por el sistema CTC (Control de tráfico centralizado). Este acápite se detallará mas en el siguiente párrafo por ser la base del tema de la presente tesis.

3.8 Servicios auxiliares a la operación de la Mina

3.8.1 Aspectos generales de las secciones de Construcción, Cables, y Mantenimiento mecánico y eléctrico

Son básicamente 4 Cables, Construcción y los servicios de mantenimiento mecánico y eléctrico.

La sección de cables se encarga del movimiento de Palas y Perforadoras, Instalación y corrido de cables a partir de las líneas de Alta tensión, y colocación de accesorios para la operación de Palas : Cunas, Tenazas, Cables de acero.

La sección de Construcción se encarga del trabajo de movimiento de tierras en mina y botaderos, que involucra la elaboración de pisos en los cortes de las palas, Mantenimiento de rampas principales, Pisos de línea para el tendido de línea de Tren, Borrado de botaderos, etc; Para esta labor se cuenta con 6 tractores D-8 y 2 D-9 marca caterpillar, 2 cargadores frontales y 5 Motoniveladoras.

El servicio Mecánico se encarga de la reparación y mantenimiento de todo el equipo que trabaja en la mina, sea en el campo ó en el taller. Los talleres mecánicos son los siguientes : Volquetes, Tractores, Palas y Perforadoras, Motores, Soldadura, Ford, Locomotoras y Vagones, Lubricación y Enllante.

El servicio eléctrico se encarga de la Reparación y Mantenimiento de las líneas de alta tensión y subestaciones, Cables dañados y todo el sistema eléctrico de Palas, Perforadoras, Volquetes, Tolvas, Locomotoras, Bombas de agua, Del sistema CTC que se encarga del tráfico de los trenes, Del control remoto de las locomotoras y de las radios de la mina.

También cabe señalar que para la limpieza de los cortes operativos de las palas, de las líneas de tren en tolvas, niveles de carguio directo y botaderos, se tienen 5 tractores de ruedas Caterpillar CAT 824.

3.9 Distribución porcentual de costos unitarios de producción

En el cuadro II se presenta la distribución porcentual de los costos unitarios de producción de todas las operaciones mineras.

CUADRO II

PORCENTAJES EN LOS COSTOS UNITARIOS DE LAS DIFERENTES LABORES

LABOR	%
Perforación y disparos	6.54
Carguío	16.23
Acarreo de Trenes	18.49
Acarreo de Volquetes	28.03
Overhead Mine operating	11.49
Overhead Mine Shops	19.22
Total	100.00

CAPITULO IV.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ACARREO POR TRENES

4.1 Aspectos generales del Ferrocarril Mina

4.1.1 Descripción técnica del Ferrocarril Mina

El ferrocarril mina se inicia en la mina, donde se carga tanto el mineral como el desmonte para ser transportado a la chancadora primaria y a botaderos respectivamente, tiene una longitud total de 42 kms.

Los rieles utilizados son de 133 y 90 Lbs/Yd de acuerdo a estándares norteamericanos. Los de 133 se usan en vías de trenes cargados y los de 90 en vías para trenes vacíos. El balastro o lastre de vía se obtiene de la escoria chancada proveniente de los hornos de Ilo y por trituración de piedra granítica.

En las líneas secundarias se utilizan paneles, que están formados por 2 rieles unidos por 24 durmientes, El largo de cada panel es de 11.9 mts. o sea el largo de un riel y son colocados en una cama de balastro de 6" de alto con ayuda de una grúa.

La vía principal soporta un tráfico de 80 a 120 trenes por día, su construcción fue de tipo convencional, es decir sobre el piso de vía terminado se colocaron los durmientes y luego se clavaron los rieles.

En ambas vías se han adoptado, en lo posible, las normas de la A.R.E.A. (American Railway Engineering Association). Los aspectos técnicos más saltantes son el uso de doble vía, una para trenes cargados y otra para vacíos, La utilización del control remoto en las locomotoras y del sistema de control de tráfico centralizado, los que se verán más adelante con detalle. El diagrama N^o muestra en su extensión el ferrocarril mina de toquepala.

4.1.2 Areas de aplicación del ferrocarril mina

Por su utilización, así como por las características físicas, las vías de este ferrocarril pueden dividirse en:

a) Vía principal	18.0 kms.
b) Vía en niveles de mina	16.0
c) Vías en Botaderos	10.0
d) Vías de servicio	<u>4.0</u>
	48.0 kms.

La vía principal corresponde a la zona entre los puntos de convergencia de las vías de los niveles de la mina y las vías de las tolvas, con la chancadora primaria. Esta vía es de doble sentido, una para trenes cargados con rieles de 133 Lb/Yd y otra para vacíos de 90 Lb/Yd por donde regresan los carros ya descargados a la mina. Debido a que en esta vía se concentra todo el tráfico de trenes que entran ó salen de la mina, Las normas de mantenimiento y características físicas, son mas exigentes que para los otros 3 tipos de vías ya mencionados.

Las características principales de su trazo son :

Trocha	1.435 mts.
Radio mínimo de curvatura	90 mts.
Velocidad de diseño	32 - 35 km/hr
Pendiente	Varía de 0 a 4 %

Las vías de niveles de mina se encuentran desde el nivel 3205 al 3310 SE, tienen un solo acceso por el Sur y usan la línea secundaria colocada como paneles. El balastro esta constituido por material extraído del mismo lugar y colocado sólo entre durmientes. El alineamiento y nivelación de la línea es imperfecto por ser de carácter temporal.

Las vías de botaderos consisten en desvíos de la vía principal con una sola entrada, son líneas secundarias temporales similares a las vías de niveles de la mina, es decir usan rieles de 90 Lb/Yd, El balastro es extraído del propio material que se arroja en el botadero. La línea esta colocada al borde del relleno para facilitar la descarga lateral de los vagones.

Las vías de servicio son de tipo complementario destinadas a diversos usos, para complementar el movimiento de trenes de la mina, ó prestar servicios específicos, no relacionados con el tráfico de mineral. Son los siguientes :

- a) Vía de empalme con el ferrocarril industrial
- b) Patio de locomotoras
- c) Patio de reparación de vagones
- d) Patio de paneles
- e) Vía al patio de combustibles

4.1.3 Mantenimiento y operación de vías férreas

Para el mantenimiento de las vías férreas (Aproximadamente 48 kms. en total) del ferrocarril de la mina toquepala, se cuenta con la sección de Mantenimiento de vías, Este trabajo varía según sea en la vía principal ó secundaria.

En la línea principal el mantenimiento es de un elevado estándar de calidad, Se toma especial cuidado en el alineamiento, Nivelación, Balastro, Peralte y Ancho de vía. Una vez al año se emplean 2 máquinas balastradoras (Rameadoras) niveladoras marca Tamper, Pero el compactado de lastre lo hacen rameadoras neumáticas.

En la línea secundaria el mantenimiento se divide en Niveles de mina y en Botaderos; En los niveles se realizan las siguientes tareas Instalación de paneles, Alineamiento, Nivelación, Cubrimiento de línea y Reparación de líneas rotas o defectuosas; En botaderos cuando en el borde de la zona de descarga de vagones se forma un montículo que no permite descargar más carros, entonces se desarma y se retira la línea, y con tractores y motoniveladoras se construye un nuevo piso que sirve de base para la instalación de la nueva línea junto al nuevo borde formado. El retiro e instalación de la vía se hace igual que en los niveles de la mina. Asimismo se dice que se " levanta el botadero " cuando la línea sufre hundimientos por estar colocada sobre un relleno sin compactar, Este problema ocasiona generalmente descarrilamientos de vagones y, en casos graves, de locomotoras.

4.1.4 Sistema de control centralizado de tráfico (CTC)

El control centralizado de tráfico, llamado también C.T.C. (Por la abreviatura del inglés Centralized Traffic Control), es un sistema de operación de trenes donde éstos son operados sin órdenes de tren o autoridad de horario en una posición, siendo las autorizaciones para ocupación de vía dados por señales luminosas.

El operador del C.T.C. tiene una oficina de despacho ubicada en el nivel 3325 SO, al ingreso de la mina. Desde esta oficina despachadora se controla el movimiento de los cambios eléctricos y las señales de los semáforos. Para mejor visión, el despachador cuenta con un diagrama impreso en detalle de la zona a controlar, en el que figuran vías, semáforos, cambios, etc.

Tanto el tablero de control, como los cambios e instalaciones eléctricas, son de la marca GRS (General Railway Signal Co.).

La zona controlada por el C.T.C. esta dividida en 11 bloques, comprendiendo el control total de :

- 30 Semáforos

- 10 Cambios eléctricos

14 Controladores de circuito ubicados en otros cambios de resorte o mecánicos.

Los cambios eléctricos (Switches) son de marca General Railway Signal Co., modelo 55 G, operado con corriente continua de 110 voltios, 3 segundos en volteo, colocados en la vía principal para dar salida a los desvíos.

Los cambios de resorte (De golpe), marca RACOR, Modelo S-36 con amortiguadores de aceite de doble acción, colocados en la vía principal sólo para dar salidas a vías de empalme entre la línea de Vacíos y la de Cargados. Estos cambios están complementados con controladores de circuito marca General Railway Signal Co. Modelo 7J.

Cuando los trenes salen de la zona del C.T.C. siguen siendo controlados por el Despachador de Trenes, para lo cual, cada locomotora, tiene un radio que se comunica con la oficina despachadora. La frecuencia usada es U.H.F. (Ultra High Frequency).

La continuidad eléctrica de los rieles en las juntas que no son soldadas, está dada por cables de cobre (Bonds), de 3/16" de diámetro por 6 1/2" de largo, con ambos extremos soldados a la parte lateral de la cabeza del riel; Los cables y soldadura son tipo Cadweld de Erico Products Co. En los cambios hay además 7 conecciones entre los rieles y elementos que conforman el cambio; El cable usado para estas conecciones es de 3/16" de diámetro, unidos al alma del riel con clavijas de 3/8" de diámetro marca SAFETRAN.

Los puntos de aislamiento se logran utilizando eclisas aislantes marca PORTEC, del tipo continuo regular.

El mantenimiento de los cambios eléctricos requiere de una especial atención, pues deben estar perfectamente regulados a fin de que el desplazamiento de las barras, tanto las que mueven las lenguas como las que abren y cierran el circuito, sea casi exacto con una tolerancia máxima de 2 m.m. Igualmente, deben estar bien lubricados para evitar desgaste irregulares en la máquina, las tuercas bien apretadas para que las barras no se desplacen, los durmientes que soportan el cambio bien lastradas y las lenguas no demasiado apretadas al riel.

Debido al especial uso a que está dedicado este ferrocarril, ha sido necesario hacer 2 modificaciones al sistema original de los cambios eléctricos. Originalmente, las cajas donde se halla la máquina estaba ubicada a 1.22 mts. (Eje de la caja al lado interior del riel más próximo), pero debido a que la máquina podría sufrir daños por un descarrilamiento, y por las rocas que pudieran caer de los vagones como consecuencia del mismo, se está ubicando ahora la máquina a 2.22 mts. de distancia, para lo cual las barras se han alargado en 1.00 m. Igualmente, para evitar que las rocas que comúnmente caen de los vagones no golpeen la máquina. la cual tiene muy poca protección contra este tipo de golpes, se ha colocado una caja de protección de acero de 3/8" de espesor.

4.1.5 Material rodante y operación por control remoto

El parque de material rodante para la operación de la mina consta de

- a) 10 Locomotoras General Electric diesel - eléctricas, modelo GP-28 de 1,850 HP, de 4 ejes, Longitud de 18.35 mts. entre acoples y de 100 Tm de peso.
- b) 127 vagones tolva, marca DIFCO, Longitud entre acoples de 12.04 mts. y 73 Tm. de carga útil.
- c) 16 vagones tolvas de cola (Cabooses), de iguales características a los anteriores, pero de 12.8 mts. de longitud.

El control remoto G.R.S. (General Railway Signal), es un sistema electrónico codificado, que por ondas radiales permite que un operador pueda controlar una locomotora, u otro vehículo de vía, desde cualquier punto fuera del vehículo hasta una distancia de 800 mts., así mismo, minimiza cualquier interferencia entre las unidades provistas de este sistema. El control remoto esta constituido por el equipo portátil y los controles electrónicos instalados en la locomotora.

El equipo portátil consta de

- Caja de comandos
- Transmisor

La caja de comandos directamente transforma un comando en impulsos eléctricos codificados en sistema binario y el transmisor transmite estos impulsos.

Cada señal transmitida es precedida por una señal codificada para el vehículo en cuestión. Las señales son repetidas cada segundo. Si un comando no varía la señal, La misma señal se repite.

En la locomotora está

- El receptor
- El decodificador
- Interpretador de lógica
- Relays de control

El receptor recibe las ondas radiales. El decodificador, aparte de transformar nuevamente la señal recibida por el receptor en un impulso eléctrico igual al que se originó en el comando del equipo portátil, primero analiza si la señal está precedida por el código para su vehículo, y sólo acepta señales apropiadas para su equipo.

El Interpretador de Lógica, con las señales aceptadas que recibe del codificador, envía corrientes eléctricas a los relays receptivos de control y los relays, a su vez, hacen funcionar los solenoides de la interfase, para accionar válvulas o interruptores, que por fin cumplirán con la función específica que originalmente se dio en el comando del equipo portátil.

Si una señal se interrumpe por más de 5 segundos, ésta automáticamente se cancela. Si la señal correspondía a un comando de movimiento, o cuando el decodificador y el interpretador de lógica reciben una señal contradictoria, entonces automáticamente se aplican los frenos.

4.2 Sistemas de acarreo de material en toquepala

4.2.1 Acarreo por trenes con carguío directo desde niveles

Este tipo de acarreo ocurre en la zona alta de la mina, en los niveles que van desde el 3205 SE al 3310 SE que son los últimos de desbroce por contener como material, esencialmente, sulfuros de baja ley (Leach) y Desmonte; esto debido a que dichos niveles están llegando a sus límites finales de minado de acuerdo al diseño óptimo de mina.

El ancho del corte operacional es de 30 mts. cargando la Pala directamente al tren, una vez finalizada esta operación, El material es acarreado hacia los botaderos.

4.2.2 Acarreo por volquetes con transferencia de tolvas a trenes

Ocurre en las zonas baja e intermedia de la mina, desde el fondo de la mina 2995 hasta el 3190, Tanto el Mineral y Leach existente entre dichos niveles es transportado por volquetes desde las Palas hasta las dos tolvas B y C de almacenamiento temporal. Generalmente la tolva B se usa para el Mineral y la C para Leach y Desmonte, esto depende de la distancia de las Palas más cercanas a las tolvas y el tipo de material en que trabajan.

Las tolvas tienen una capacidad aproximada de 1,900 Tns., A través de sus chutes cargan a los trenes, optimizando de esta forma la performance de los volquetes por la menor distancia de acarreo ejecutada y maximizando el uso de los trenes.

CAPITULO V.- OBJETIVO DEL ESTUDIO Y METODOLOGIA DE TRABAJO

5.1 Antecedentes del estudio

Al descartarse el proyecto de la faja transportadora en combinación con una chancadora primaria dentro del pit para la operación de los niveles inferiores de la mina. El planeamiento se orientó a buscar alternativas de minado que maximizen el uso de los trenes, debido a que en los siguientes años los niveles de carguío directo en el Sur Este de las mina : Desde el 3205 al 3250, que ocupan para su minado 3 Palas constantemente, llegarán a su limite final de minado y para ese entonces la disponibilidad de trenes estará en exceso, por ese motivo se elaboró un plan de minado que consideraba minar el nivel 3190 con trenes, prolongando la línea del tren por el NE de la tolva B bajando en espiral hacia el nivel 3190 con una pendiente suave de 1.5%. Este trabajo es el inicio del gran proyecto de poner en ejecución la nueva tolva E en el nivel 3166 NW. Para proyectar el trabajo de los trenes en dicha tolva, necesitamos los rendimientos y los tiempos de viaje de la flota, saber si existirán suficientes trenes para cumplir con los requerimientos de la tolva cuando paralelamente se terminen los niveles de carguío directo y se mine la zona donde actualmente se encuentra la tolva B. En síntesis saber los rendimientos actuales, optimizarlos incidiendo principalmente en las demoras operativas detectando las zonas críticas de tráfico, plantear alternativas para modificar el diseño actual de las líneas y de la lógica del sistema CTC, de esta manera se elevarán los rendimientos y con estos nuevos parámetros saber el requerimiento real de años futuros de trenes de acuerdo a los planes de minado de largo plazo.

Originalmente el estudio se centro en el análisis de los parámetros de rendimientos y su metodología de cálculo, por ejemplo: Turnos operados y Rendimientos en carguío directo y en tolvas, etc. Pues se detecto errores en los resultados que posteriormente se reportaban, esto llevo a elaborar una metodología nueva de cálculo que corrigiera lo anterior, basándose en los datos del reporte del despachador de trenes. Posteriormente se hizo un monitoreo de los trenes en el campo para comprobar la veracidad de los parámetros corregidos al compararlos con los obtenidos de los datos de campo y de esta manera ajustar más estos valores y plantear sugerencias para reducir las diferencias existentes entre dichos valores, incidiendo en mejorar el reporte de las demoras de todo tipo de los trenes.

5.2 Cálculo de turnos operados por trenes

A continuación detallaremos uno de los objetivos del presente estudio, que es el cálculo preciso de los turnos operados por trenes en tolvas y en palas. Se explicará como se reportaban dichos datos antes del estudio y los errores que se cometían y sus consecuencias. Para esto es necesario hacer previamente una descripción de las variables de tiempo que utilizaremos.

5.2.1 Descripción de variables de tiempo

A continuación se explica la nueva metodología para el cálculo de los turnos operados por trenes en tolvas y en carguío directo, definiendo claramente las variables de tiempo usadas.

- Tiempo calendario : $N. \text{ Trenes} \times 3 \text{ turnos} \times 420'$ en días calendarios. (T_c)
- Tiempo programado : T_c menos tiempos no programados y tiempos perdidos por fuerza mayor. (T_p)
- Tiempo disponible : T_p menos demoras de reparación y mantenimiento. (T_d)
- Tiempo trabajado : T_d menos demoras operativas. (T_t)
- Demoras de reparación y mantenimiento :

Mecánicas	[Motor principal
		Motor tracción
		Fuga de agua ó aceite
		Arenadores
		Presión de aire
		Frenos
		Otras

Eléctricas	[Control remoto
		Sin fuerza
		Luces
		Otras

- Demoras operativas ·

Influencia de la volante
Cambio de carros
Descarrilamiento
Esperas en Palas
Esperas en Tolvas
Esperas en Botaderos
Esperas en Chancadora
Esperas en Semáforos
Alineamiento de cambios manuales
Otras

5.2.2 Metodología antigua de cálculo

El reporte antiguo que emitía la computadora Wang solamente calculaba los turnos totales operados por todos los trenes, sin diferenciar el tipo de carguío. Asimismo dicho reporte consideraba el tiempo de volante como demora de reparación y mantenimiento, cuando es demora operativa, con todo esto se procedía al cálculo de los % de Disponibilidad y Utilización de los Trenes.

Los turnos operados en tolvas se calculaban manualmente, asumiendo los siguientes tiempos netos de viaje a la chancadora y botaderos:

65' si el número de viajes era mayor que 15

70' si el número de viajes era menor que 15

Los turnos en carguío directo se calculaban simplemente por diferencia de la siguiente manera

$$N. \text{ Turnos/Palas} = N. \text{ Turnos totales} - N. \text{ Turnos/Tolvas}$$

Como puede concluirse, Este método de cálculo carece de criterios técnicos para estimar el tiempo neto de viaje, tampoco incluía demoras operativas y tiempos de carguío para el cálculo de turnos operados. Este método es empírico y da resultados inexactos.

5.2.3 Metodología nueva de cálculo

A continuación se explica la forma en que se hallan los turnos operados por Trenes en Tolvas y en Carguío directo, definiendo claramente las variables de tiempo en esta metodología de cálculo.

- Partir de 10 Trenes x 420' = 4,200' /Turno (Mt)

Descontar :

a) Tiempos no-programados ó en Stand By

b) Demoras mecánicas y eléctricas

c) Demoras operativas : (Do)

1.- Volante + Cambio de carros

2.- Esperas en Chancadora y Botaderos + Descarrilamientos

3.- Esperas en Palas (Ep)

4.- Esperas en Tolvas (Eh)

- Suma de demoras totales (Dt) = (a) + (b) + (c)

- Tiempo efectivo carguío + viajes : $Me = Mt - Dt$

- La descarga, sea en botadero ó en chancadora, se incluye como tiempo de viaje.

- Suma de tiempos de carguío en Palas = Mp ;
Número de viajes en palas = Np

- Suma de tiempos de carguío en tolvas = Mh ;
Número de viajes en tolvas = Nh

- Tiempo efectivo total viajando = Mv

$$Mv = Me - (Mp + Mh)$$

- Tiempo efectivo por cada viaje, incluida descarga :

$$Ve = \frac{Mv}{Np + Nh}$$

- Suma de tiempos operados en :

$$\text{Palas} = P = Mp + Ep + Np * Ve$$

$$\text{Tolvas} = H = Mh + Eh + Nh * Ve$$

- Distribución de demoras operativas :

$$\text{A Palas} = (c1 + c2) * \frac{Np}{Np + Nh} = Dop$$

$$A \text{ Tolvas} = (c1 + c2) * \frac{Nh}{Np + Nh} = Doh$$

- Turnos totales en Palas para Np

$$Gp = \frac{(P + Dop)}{420}$$

- Turnos totales en Tolvas para Nh

$$Gh = \frac{(H + Doh)}{420}$$

- Toneladas por turno :

$$\text{Palas} = (\text{Tonelaje acarreado desde palas}) / Gp$$

$$\text{Tolvas} = (\text{Tonelaje acarreado desde tolvas}) / Gh$$

Para realizar todos los cálculos anteriores se elaboró una hoja de cálculo en Lotus 123, que calcula diariamente el número de turnos operados en carguío directo y tolvas, y semanalmente el % Disponibilidad, % Utilización, Horas disponibles y Horas programadas. Asimismo a fin de mes presenta un acumulado de los parámetros anteriores.

Este programa necesita los siguientes datos por cada guardia (Todos los tiempos en minutos)

- 1.- Demoras totales
- 2.- Demoras operativas
- 3.- Tiempos de carguío en Palas
- 4.- Tiempos de carguío en Tolvas
- 5.- Viajes en Palas
- 6.- Viajes en Tolvas
- 7.- Número carros/Tolvas que son Ore, Leach y Waste
- 8.- Número carros/Palas que son Ore, Leach y Waste

Se muestra en el cuadro III (Hoja de cálculo en LOTUS) un ejemplo de como trabaja la hoja de cálculo anterior tomando los datos correspondientes al mes de Abril de 1,992.

CUADRO III

RESUMEN MENSUAL DE TURNOS OPERADOS POR TRENES EN CARGUIO DIRECTO Y TOLVAS

MES : ABRIL, 1992

NOTA : TODOS LOS TIEMPOS EN MINUTOS

SEMANA	TIEMPO PROGRA. (MINUT.)	DEMORAS TOTALES	DEMORAS OPERATIVAS			EFECTIVO CARGUIO Y VIAJES	TIEMPO CARGUIO PALAS	TIEMPO CARGUIO TOLVAS	TIEMPO NETO ACARR.	VIAJES PALAS	VIAJES TOLVA	TIEMPO NETO / VIAJE	TURNOS PALAS	TURNOS TOLVAS	TOTAL TURNOS	% DISP.	% UTILI.
			STA. BY	ESP. PALAS	OTRAS												
SEMANA 1365 01-02	12600	1630	840	60	460	10970	2433	1006	7531	32	79	67.85	11.42	15.94	27.36	97.86	88.97
SEMANA 1366 03-09	79380	11740	5775	70	3165	67640	14835	6674	46131	214	436	70.97	74.13	94.62	168.75	96.56	88.25
SEMANA 1367 10-16	81060	11500	5680	0	2925	69560	16401	6415	46744	211	475	68.14	75.42	97.16	172.58	96.43	88.99
SEMANA 1368 17-23	75600	11045	7695	190	2235	64555	14211	6525	43819	166	481	67.73	62.42	97.05	159.48	98.78	86.45
SEMANA 1369 24-30	75600	11217	4075	390	1697	64383	14888	6492	43003	175	453	68.48	66.03	92.23	158.26	93.31	91.27
SUMA TOTAL MES	324240	47132	24065	710	10482	277108	62768	27112	187228	798	1924	68.78	289.43	397.00	686.43	96.34	88.71
TURNOS TOTALES DEL MES	772	112.22	57.30	1.69	24.96	659.78	149.45	64.55	445.78								

HORAS PROGRAMADA 5404 HORAS 772 TURNOS
 HORAS DISPONIBLES 5206.1 HORAS 743.7 TURNOS

EL TRABAJO EFECTIVO MENSUAL EQUIVALE EN PROMEDIO POR GUARDIA 9.2 TRENES EN OPERACION

FORMULAS :

TIEMPO EFECTIVO = TIEMPO PROGRAMADO - DEM. MANTENIMIENTO - DEM. OPERATIVAS - STAND BY
 TIEMPO DISPONIBLE = TIEMPO PROGRAMADO - DEM. MANTENIMIENTO - DEM. OPERATIVAS + STAND BY
 % DISPONIBILIDAD = (TIEMPO DISPONIBLE / TIEMPO PROGRAMADO) * 100
 % UTILIZACION = (TRABAJO EFECTIVO / TIEMPO DISPONIBLE) * 100

5.2.4 Comparación de resultados obtenidos de ambas metodologías

Para poder apreciar verazmente la diferencia que existe entre los rendimientos calculados de ambas metodologías, mostraremos en el cuadro IV una comparación de los parámetros de eficiencia para el mes de Enero.

5.2.5 Sustento de resultados obtenidos : Toma de tiempos preliminares de trenes

Para comprobar la veracidad de los parámetros obtenidos al hacer uso de la nueva metodología se decidió compararlos con parámetros obtenidos a partir, ya no de los reportes del despacho de trenes, sino más bien de datos de campo, para esto se hizo un pequeño monitoreo de 12 trenes, recabando información a partir del mismo tren, colocando en él, un practicante que registre todas las actividades que haga el tren durante la guardia y el tiempo de ejecución de cada una de ellas.

CUADRO IV

COMPARACION DE PARAMETROS OBTENIDOS POR DISTINTOS METODOS

Enero de 1.992

PARAMETROS	MÉTODO AJUSTADO		MÉTODO ANTIGUO	
	CARGUIO DIRECTO	CARGUIO TOLVAS	CARGUIO DIRECTO	CARGUIO TOLVAS
Tonelaje acarreado (1)	531,490	2'126,993	531,490	2'126,993
Turnos Operados (2)	207.25	439.55	339.82	339.45
Numero carros descargados(2)	8,024	28,984	7,953	28,980
<u>N. carros</u> Turnos	38.72	65.94	23.40	85.37
<u>Toneladas</u> Turno	2,564.49	4,839.02	1,564.03	6,266.00

(1) Datos extraídos del informe mensual de Ingeniería.

(2) Datos calculados por la hoja de cálculo (Método ajustado) y manualmente (Método empírico).

5.2.6 Análisis comparativo entre datos de campo y resultados teóricos (Nueva metodología)

El tiempo neto de viaje es el parámetro fundamental en la nueva metodología para el cálculo de los turnos operados, en ella este dato se calcula como un promedio general de lo que dura un viaje ida y vuelta más descarga de un tren.

Del pequeño monitoreo hecho se obtuvieron en promedio los siguientes ciclos de trabajo :

Donde · C = Carguío h = Tolvas
 V = Viajando b = Botaderos
 D = Descargando ch = Chancadora
 p = Palas de carguío directo

Ch + Vh-b + Db + Vb-h		Menos tiempo de carguío
7' + 15' + 6' + 15'	43'	36'
- Ch + Vh-ch + Dch + Vch-h		
7' + 21' + 10' + 21'	: 59'	52'
- Cp + Vp-b + Db + Vbp		
70' + 15' + 6' + 15'	: 106'	36'
- Cp + Vp-ch + Dch + Vch-p		
70' + 20' + 10' + 20'	: 120'	50'

5.2.6.1 Sobreestimación teórica del tiempo de viaje

Como se puede apreciar al comparar los tiempos netos de viaje arriba mostrados con el tiempo de viaje neto que aparece en el cuadro III, existe una sobreestimación en el tiempo de viaje calculado por la nueva metodología, esto debido a que en el cálculo no intervienen algunas demoras operativas por no ser reportadas tales como : Esperas en general : En Tolvas, Palas, Botaderos, Chancadora y Semáforos. Falta de botaderos, Reparación de líneas de tren, etc; y de mantenimiento tales como Falta de fuerza para subir pendientes en la máquina, Arenadores, Baterías del control remoto, etc.

5.2.7 Conclusiones del estudio preliminar

El número de turnos operados es proporcional al número de viajes, por lo tanto casi siempre sucederá que :

$$\text{Turnos operados/Tolvas} > \text{Turnos operados/Palas}$$

Sin embargo, con el antiguo método siempre se obtenía lo contrario.

El cálculo de la Disponibilidad de equipo se hace en base a los siguientes conceptos :

$$\text{Tiempo disponible} = \text{Tiempo efectivo} + \text{Demoras operativas} + \text{Stand By}$$

$$\text{Tiempo programado} = \text{Tiempo disponible} + \text{Demoras de Reparación y Mantenimiento}$$

$$\% \text{ Disponibilidad} = (\text{Tiempo disponible} / \text{Tiempo programado}) * 100$$

$$\% \text{ Utilización} \quad (\text{Tiempo efectivo} / \text{Tiempo disponible}) * 100$$

- La relación proporcional de los turnos operados por trenes en carguío directo a tolvas es de 1 a 2 aproximadamente.
- El tiempo en Stand by debe ser considerado como demora operativa para el cálculo de los % Disponibilidad y Utilización , pero no para el cálculo de los turnos operados por Trenes.
- Una desventaja del empleo de la nueva metodología es la demora en preparar los datos para ingresar al programa. Actualmente toma de 25 a 30 minutos obtener datos de los 3 reportes diarios de trabajo.
- Modificar el reporte del despachador de trenes en lo que concierne a la forma en que se reportan las demoras operativas y de mantenimiento, Para ajustar más a la realidad el promedio general de tiempo de viaje efectivo calculado por el programa y no exista la diferencia comentada en el ultimo párrafo.

La nueva metodología de cálculo emplea criterios técnicos que cuantifican en forma real el estimado de turnos operados por trenes que es la base para determinar los parámetros de eficiencia del acarreo, por lo tanto es recomendable el uso de esta nueva metodología.

5.3 Objetivo del estudio

Del pequeño monitoreo de trenes realizado se concluyó en la factibilidad de optimizar el actual sistema de acarreo por trenes en base del análisis de las demoras operativas, por esta razón se decidió que el monitoreo se ampliará para obtener resultados más ajustados a la realidad. Este trabajo sería una ampliación y complementación del trabajo inicial anteriormente descrito y que originalmente se centro en el manejo analítico - estadístico de la información contenida en los reportes del despacho de trenes.

5.3.1 Optimización del sistema de acarreo por trenes

El sistema de acarreo por trenes se optimizará principalmente al reducir las demoras operativas controlables, En ese sentido se comprobará con el estudio, que el diseño de líneas férreas y del sistema CTC en algunas zonas de tráfico de trenes ocasionan a los trenes, esperas en semáforos en tiempo innecesario. Se detectarán con precisión dichas zonas y se procederá a plantear alternativas que optimicen el tráfico en dichas zonas.

Asimismo se cuantificará la incidencia en los trenes ,acerca del tiempo perdido al malograrse los equipos de carguío como Tolvas y Palas; Así como la labor de la supervisión de campo.

5.3.2 Cumplimiento de los tonelajes a ser acarreados de acuerdo a los planes de minado futuros

Al ajustar a la realidad, con el presente estudio, los rendimientos en tolvas y en palas de los trenes se podrá hacer un cálculo preciso de requerimiento de trenes a futuro de acuerdo a los planes de minado de los próximos años, hechos por el Dpto. de Ingeniería Mina; Este hecho en la actualidad, tiene particular importancia porque en los próximos años la configuración de la mina variará (Como debe de ser). Primeramente al concentrarse el minado en el SE de la mina (Carguío directo) y luego llegar a su límite final dichos niveles, en ese momento habrán trenes en exceso solo para las 2 tolvas existentes : B y C, y alta necesidad de volquetes. Para evitar este problema, se buscó una alternativa que maximice el uso de los trenes y alivie el requerimiento de volquetes. Así se elaboró el proyecto de construir una nueva tolva " E " en el nivel 3166 NW de la mina. El presente estudio que calculará los rendimientos reales de los trenes y los tiempos de viaje proyectados a la tolva " E ", indicará si podremos cumplir con los planes de minado futuros que contemplen el uso de la tolva E.

5.3.2.1 Tonelaje a minarse por tipo de acarreo

De acuerdo a la serie de minado 1992-TE de Ingeniería, que considera la tolva E en operación, y un cut off de 0.45 %, Los tonelajes a ser minados están distribuidos en niveles de carguío directo y transferencia en tolvas, tal información se muestra en el cuadro VIII.

5.3.3 Elaboración de alternativas para disminuir tiempos muertos por cambio de guardia

Actualmente se sabe que se pierde aproximadamente entre 50 y 70 minutos por cada máquina debido al cambio de guardia, al comienzo y final de la misma. Esto debido al arranque y chequeo de las máquinas y al traslado de personal. Con el estudio se cuantificará exactamente esta pérdida de tiempo y se plantearán alternativas para reducir esta pérdida.

5.4 Metodología de trabajo

5.4.1 Obtención de datos de campo

La toma de tiempos se realizó en distintos trenes cubriendo los turnos A y B de trabajo, colocando practicantes dentro de la máquina, lo cuál permitió que se reportarán todas las actividades y demoras que hubieron a lo largo de la guardia y que su origen sea mejor precisado, lo cuál mejorará la clasificación de las mismas y su análisis final.

Para el desarrollo del estudio se determinó tomar tiempos en tres trenes por guardia durante 3 semanas en los turnos A y B, con lo que se compararon los rendimientos entre las guardias. De esta forma se pudo controlar 100 trenes a lo largo del estudio. 50 en cada turno respectivamente.

5.4.2 Formularios para la toma de tiempos

En los cuadros V y VI se muestran los dos formatos diseñados para la toma de datos. El formulario # 1 cubre todas las actividades ó acciones del tren durante la guardia de trabajo y el formulario # 2 clasifica todas las actividades realizadas en cuatro grandes grupos : Cargando, Descargando, Viajando y Demoras totales; Para facilitar el manejo de la información por la computadora, a cada demora se le asignó un código.

5.4.3 Procesamiento de la información

Por la cantidad de información que se tuvo, fue necesario el uso de una microcomputadora PC, marca Hewlett Packard, modelo 386 SX, perteneciente a Informática mina.

El procesamiento de datos tuvo dos fases bien definidas : La primera de revisión y entrada de datos al computador para lo cuál se uso el software manejador de base de datos DBASE III; y la segunda fue de cálculos analíticos-estadísticos realizados en la hoja de cálculo LOTUS 123. Para la elaboración de los gráficos se utilizó el paquete HARVARD GRAPHICS.

5.4.4 Requerimientos adicionales para el estudio

Se necesitó conocer el trabajo de Ingeniería en relación a la elaboración de planes de minado futuros. Asimismo conocer también el trabajo que desempeñan los supervisores de campo O-5 (Botaderos), O-6 (Palas en niveles de carguío directo), L-7 (Sistema CTC y control remoto) y del despacho de trenes, que dieron a conocer detalles de la operación de trenes en base a su propia experiencia.

Cabe señalar que el trabajo de campo se complemento con la propia experiencia adquirida en la sección de operaciones mina, cuadrilla # 1, desde comienzos de 1,989, año a partir del cuál empecé a trabajar en toquepala.

CUADRO V

FORMULARIO N. 1

ESTUDIO DE TRENES - TIEMPOS TOTALES DE GUARDIA

LOCOMOTORA :
MAQUINISTA :

FECHA :
PRACTICANTE :

TURNO :

N.	ACTIVIDAD	INICIO	FIN	TIEMPO	CODIGO	OBSERVACIONES
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						

TIEMPO TOTAL :

RESUMEN DE GUARDIA :

ACTIVIDAD	TIEMPO	%
CARGANDO		
VIAJANDO		
DESCARGANDO		
DEMORAS		

CUADRO VI

FORMULARIO N. 2

ESTUDIO DE TRENES - CLASIFICACION DE DEMORAS

FECHA : LOCOMOTORA : MAQUINISTA : TURNO :

DEMORAS	CLASIFICACION	COD.	TIEMPO	OBSERVAC.	
DEMORAS DE REPARA. Y MANTEN.	MECANICAS FRENOS/VAGONES	111			
	ARENEROS/OTRAS	112			
	ELECTRICAS CONTROL REMOTO	121			
	MAQUINA SIN FUERZA	122			
	LUCES/RADIO/OTROS	123			
D E M O R A S	TRASLADO DE PERSONAL	21			
	CHEQUEO DE MAQUINA	22			
	CAMBIO DE CARROS	23			
	INFLUENCIA DE LA VOLANTE	24			
	DESCARRILAMIENTOS	BOTADEROS	251		
		TOLVAS	252		
		OTRAS ZONAS	253		
	ESPERAS PALAS	OTRO TREN EN NIVEL	261		
LIMPIEZA DE LINEA		262			
CUADRANDO PALA		263			
PALA MALOGRADA		264			
O P E R A T I V A S	FALTA DE MATERIAL	271			
	LIMPIEZA DE LINEA	272			
	ESPERAS TOLVAS TOLVA ATORADA	273			
	OTRO TREN EN TOLVA	274			
	TOLVA MALOGRADA	275			
ESPERAS BOTADEROS	HACIENDO RELLENO	281			
	BORDO PESADO/OTROS	282			
ESPERAS CHANCADORA	PILA LLENA	291			
	OTRO TREN BOTANDO	292			
ESPERAS SEMAFOROS	LOCACION 5	2101			
	LOCACION 2	2102			
	OTRAS ZONAS	2103			
FALLAS EN SISTEMA CTC	ALINEAMIENTO DE CAMBIOS MANUALES	211			
	OTRAS DEMORAS	212			
			213		

CAPITULO VI.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE TRENES Y ANALISIS DE LAS DEMORAS REGISTRADAS

6.1 Performance actual de trenes

El cálculo de la performance o rendimiento del equipo por tipo de carguío se halló del promedio general hecho entre los ciclos de trabajo posibles entre puntos de carguío y descarga correspondientes a cada tipo de carguío. Esto se puede visualizar en el cuadro VII.

Los rendimientos para cada ciclo de trabajo se calcularon en base al número de viajes posibles de cada ciclo de trabajo en el tiempo útil de cada guardia, este último dato se obtuvo con precisión de la toma de tiempos y fue de 297.45 minutos; Como cada viaje ó ciclo representa el tonelaje de un tren, este dato variará para carguío directo y transferencia dependiendo del uso del factor de carro que es de 68.5 y 73.6 respectivamente para cada tipo de carguío mencionado. De esta forma multiplicando el tonelaje de un tren por el número de viajes posibles se obtiene la performance para determinado ciclo de trabajo.

El número de viajes para cada ciclo de trabajo posible se obtuvo de dividir el tiempo útil de cada guardia (297.45') entre el tiempo del ciclo total de trabajo, dato que se obtiene a su vez de la suma de los tiempos de carguío, viajando ida y vuelta y descargando, información obtenida del monitoreo de los trenes.

6.1.1 Control de carguío

El tiempo de carguío de un tren variará obviamente de acuerdo al tipo de carguío efectuado. De acuerdo al monitoreo se obtuvo que el % de utilización de cada tipo de carguío fue para carguío directo y transferencia de 24 y 76 % respectivamente. De igual manera, como ya se dijo, el factor de carro puede ser 68.5 ó 73.6 cuando el carguío es directo ó en tolvas.

Durante la realización del monitoreo, nos tocó encontrar las Palas 4, 10 y 11 (Las que siempre trabajan con trenes) trabajando en el Noreste de la mina donde existen alteraciones de roca tales como : Argilitización y Silicificación en menor grado, y una roca fresca : Dacita, en mayor grado. Al margen del resultado de la voladura, la roca al presentar estas alteraciones, tiene una dureza y una fragmentación propia a su característica geológica que se refleja en el trabajo de la Pala, esto es, en el tiempo que toma la Pala en cargar un tren en dicha zona. De acuerdo a esto la facilidad al carguío será menor cuando

C U A D R O VII

CICLOS DE TRABAJO DESDE PUNTOS DE CARGUIO A PUNTOS DE DESCARGA EN CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES
(PROMEDIOS FINALES)

PUNTOS DE CARGUIO	MATERIAL	PUNTOS DE DESCARGA	T I E M P O S (M I N U T O S)				CICLO TOTAL	TIEM. UTIL / GUARDIA	VIAJES TURNO	TONS. / CARRO	TONS. / TURNO
			CARGUIO V.-BAJADA	DESCARGA	V.-SUBIDA						
VA B	ORE	CHANCADORA	7.6	24.2	11.1	23.5	66.4	297.45	4.480	73.6	4286.15
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	21.6	7.5	19.8	56.5	297.45	5.265	73.6	5037.17
VA C	ORE	CHANCADORA	7.6	16.2	11.1	16.2	51.1	297.45	5.821	73.6	5569.47
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	15.8	7.5	15.0	45.9	297.45	6.480	73.6	6200.44
VA E	ORE	CHANCADORA	7.6	38.5	11.1	34.9	92.1	297.45	3.230	73.6	3090.12
ROYECCION)	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	35.9	7.5	31.2	82.2	297.45	3.619	73.6	3462.29
EL 3205	ORE	CHANCADORA	65	21.7	11.1	28.0	125.8	297.45	2.364	68.5	2105.56
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.9	7.5	21.2	134.6	297.45	2.210	68.5	1967.90
EL 3220	ORE	CHANCADORA	65	20.4	11.1	24.4	120.9	297.45	2.460	68.5	2190.90
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	19.2	7.5	21.7	133.4	297.45	2.230	68.5	1985.60
EL 3235	ORE	CHANCADORA	65	22.5	11.1	25.0	123.6	297.45	2.407	68.5	2143.04
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.8	7.5	25.2	138.5	297.45	2.148	68.5	1912.49
EL 3250	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	25.5	125.6	297.45	2.368	68.5	2108.91
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	20.0	129.8	297.45	2.292	68.5	2040.67
EL 3265	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	297.45	2.286	68.5	2035.97
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	21.4	131.2	297.45	2.267	68.5	2018.90
EL 3280	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	28.0	128.1	297.45	2.322	68.5	2067.75
ROYECCION)	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.0	7.5	21.5	134.0	297.45	2.220	68.5	1976.71
EL 3295	ORE	CHANCADORA	65	23.0	11.1	27.0	126.1	297.45	2.359	68.5	2100.55
ROYECCION)	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.0	136.0	297.45	2.187	68.5	1947.64
EL 3310	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	297.45	2.286	68.5	2035.97
ROYECCION)	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.5	136.5	297.45	2.179	68.5	1940.51

RENDIMIENTO CARGUIO TOLVAS : 5273.31
RENDIMIENTO CARGUIO DIRECTO : 2036.19
RENDIMIENTO PROMEDIO FINAL : 3654.75

C U A D R O VIII

UNIDADES REQUERIDAS DE TRENES EN CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES

CALCULO OPERATIVO	1992	1993	1994	1995	1996-2000	2001-2009
NUMERO DE TURNOS POR UNIDAD	924	930	930	927	4638.0	8353.0
% DE DISPONIBILIDAD	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
GUARDIAS DE TREN X % DISPONIBILIDAD	881.2	886.9	886.9	884.1	4423.3	7966.3
GUARDIAS REQUERIDAS-CARGUIO DIRECTO	5040.9	5251.1	1070.5	246.7	746.6	0.0
TRENES REQUERIDOS - CARGUIO DIRECTO	6	6	1	0	0	0
GUARDIAS REQUERIDAS-TRANSFER. TOLVAS	4401.6	4539.0	6436.3	7188.5	31203.2	32995.1
TRENES REQUERIDOS - TRANSFER. TOLVAS	5	5	7	8	7	4
TOTAL DE TRENES REQUERIDOS	11	11	8	8	7	4

CUADRO IX

RENDIMIENTO DE TRENES Y NUMERO DE GUARDIAS REQUERIDAS - SERIE DE MINADO TOLVA E

AÑO DE MINADO : 1992 CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARREO POR TRENES								
3310	10,909	96,472	107,381	2035.97	1940.51	5.4	49.7	55.1
3295	23,799	868,158	891,957	2100.55	1947.64	11.3	445.7	457.1
3280	71,575	1,024,851	1,096,426	2067.75	1976.71	34.6	518.5	553.1
3265	208,922	1,564,177	1,773,099	2035.97	2018.90	102.6	774.8	877.4
3250	30,339	1,440,849	1,471,188	2108.91	2040.67	14.4	706.1	720.5
3235	143,393	1,447,150	1,590,543	2143.04	1912.49	66.9	756.7	823.6
3220	158,398	1,518,179	1,676,577	2190.90	1985.60	72.3	764.6	836.9
3205	371,009	1,064,893	1,435,902	2105.56	1967.90	176.2	541.1	717.3
SUB TOTAL	1,018,344	9,024,729	10,043,073			483.7	4557.2	5040.9
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	11,878,670	1,607,620	13,486,290	4286.15	5037.17	2771.4	319.2	3090.6
TOLVA C	2,969,667	4,822,861	7,792,528	5569.47	6200.44	533.2	777.8	1311.0
TOLVA E	0	0	0	3090.12	3462.29	0.0	0.0	0.0
SUB TOTAL	14,848,337	6,430,481	21,278,818			3304.6	1097.0	4401.6
TOTAL	15,866,681	15,455,210	31,321,891			3788.3	5654.1	9442.5

AÑO DE MINADO : 1993 CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARREO POR TRENES								
3310			0			0.0	0.0	0.0
3295			0			0.0	0.0	0.0
3280			0			0.0	0.0	0.0
3265	243,830	621,766	865,596	2035.97	2018.90	119.8	308.0	427.7
3250	332,381	1,033,310	1,365,691	2108.91	2040.67	157.6	506.4	664.0
3235	0	2,618,261	2,618,261	2143.04	1912.49	0.0	1369.0	1369.0
3220	64,725	2,490,479	2,555,204	2190.90	1985.60	29.5	1318.6	1348.2
3205	371,938	1,850,414	2,222,352	2105.56	1967.90	176.6	1265.6	1442.2
SUB TOTAL	1,012,874	8,614,230	9,627,104			483.6	4767.5	5251.1
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	11,746,559	1,862,819	13,609,378	4286.15	5037.17	2740.6	369.8	3110.4
TOLVA C	2,936,640	5,588,458	8,525,098	5569.47	6200.44	527.3	901.3	1428.6
TOLVA E	0	0	0	3090.12	3462.29	0.0	0.0	0.0
SUB TOTAL	14,683,199	7,451,277	22,134,476			3267.9	1271.1	4539.0
TOTAL	15,696,073	16,065,507	31,761,580			3751.4	6038.7	9790.1

AÑO DE MINADO : 1994

CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARRED POR TRENES								
3310			0			0.0	0.0	0.0
3295			0			0.0	0.0	0.0
3280			0			0.0	0.0	0.0
3265			0			0.0	0.0	0.0
3250			0			0.0	0.0	0.0
3235	0	550,236	550,236	2143.04	1912.49	0.0	287.7	0.0
3220	0	1,166,936	1,166,936	2190.90	1985.60	0.0	587.7	0.0
3205	572,015	1,572,106	2,144,121	2105.56	1967.90	271.7	798.9	1070.5
SUB TOTAL	572,015	3,289,278	3,861,293			271.7	1674.3	1070.5
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	2,269,312	2,043,581	4,312,893	4286.15	5037.17	529.5	405.7	935.2
TOLVA C	756,437	7,152,535	7,908,972	5569.47	6200.44	135.8	1153.6	1289.4
TOLVA E	12,102,995	1,021,791	13,124,786	3090.12	3462.29	3916.7	295.1	4211.8
SUB TOTAL	15,128,744	10,217,907	25,346,651			4581.9	1854.4	6436.3
TOTAL	15,700,759	13,507,185	29,207,944			4853.6	3528.7	7506.9

AÑO DE MINADO : 1995

CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARRED POR TRENES								
3310			0			0.0	0.0	0.0
3295			0			0.0	0.0	0.0
3280			0			0.0	0.0	0.0
3265			0			0.0	0.0	0.0
3250			0			0.0	0.0	0.0
3235			0			0.0	0.0	0.0
3220			0			0.0	0.0	0.0
3205	2,541	483,201	485,742	2105.56	1967.90	1.2	245.5	246.7
SUB TOTAL	2,541	483,201	485,742			1.2	245.5	246.7
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	0	0	0	4286.15	5037.17	0.0	0.0	0.0
TOLVA C	1,575,093	9,928,890	11,503,983	5569.47	6200.44	282.8	1601.3	1884.1
TOLVA E	14,175,838	2,482,222	16,658,060	3090.12	3462.29	4587.5	716.9	5304.4
SUB TOTAL	15,750,931	12,411,112	28,162,043			4870.3	2318.3	7188.5
TOTAL	15,753,472	12,894,313	28,647,785			4871.5	2563.8	7435.3

AÑO DE MINADO : 1996 - 2000

CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARRED POR TRENES								
3310			0			0.0	0.0	0.0
3295			0			0.0	0.0	0.0
3280			0			0.0	0.0	0.0
3265			0			0.0	0.0	0.0
3250			0			0.0	0.0	0.0
3235			0			0.0	0.0	0.0
3220			0			0.0	0.0	0.0
3205	1,093,272	447,407	1,540,679	2105.56	1967.90	519.2	227.4	746.6
SUB TOTAL	1,093,272	447,407	1,540,679			519.2	227.4	746.6
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	0	0	0	4286.15	5037.17	0.0	0.0	0.0
TOLVA C	11,583,008	33,760,486	45,343,494	5569.47	6200.44	2079.7	5444.9	7524.6
TOLVA E	65,637,043	8,440,122	74,077,164	3090.12	3462.29	21240.9	2437.7	23678.7
SUB TOTAL	77,220,050	42,200,608	119,420,658			23320.7	7882.6	31203.2
TOTAL	78,313,322	42,648,015	120,961,337			23839.9	8109.9	31949.8

AÑO DE MINADO : 2001 - 2009

CUT OFF .45

NIVEL	T O N E L A J E S			RENDIMIENTOS		GUARDIAS REQUERIDAS		
	MINERAL	L+W	TOTAL	MINERAL	L+W	MINERAL	L+W	TOTAL
ACARRED POR TRENES								
3310			0			0.0	0.0	0.0
3295			0			0.0	0.0	0.0
3280			0			0.0	0.0	0.0
3265			0			0.0	0.0	0.0
3250			0			0.0	0.0	0.0
3235			0			0.0	0.0	0.0
3220			0			0.0	0.0	0.0
3205			0			0.0	0.0	0.0
SUB TOTAL	0	0	0			0.0	0.0	0.0
TRANSFERENCIA A TOLVAS								
TOLVA B	0	0	0	4286.15	5037.17	0.0	0.0	0.00
TOLVA C	124,601,717	7,796,701	132,398,418	5569.47	6200.44	22372.26	1257.44	23629.70
TOLVA E	0	0	0	3090.12	3462.29	0.0	0.0	0.00
TOLVA D	31,150,429	23,390,103	54,540,532	5569.47	6200.44	5593.06	3772.3	9365.39
SUB TOTAL	155,752,146	31,186,804	186,938,950			22372.3	1257.4	32995.1
TOTAL	155,752,146	31,186,804	186,938,950			0.0	1257.4	32995.1

se trabaje en zonas de Argilitización (Arcillas), intermedia en zonas de Silicificación (Sílice) y mayor en rocas frescas ó Dacita.

Todo esto se manifestó en el monitoreo al obtenerse los promedios siguientes de 55, 67 y 89 minutos en zonas de Argilitización, Silicificación y Dacita respectivamente al margen del tipo de material, Si fue Ore, Leach ó Desmonte.

Para el carguío en Tolvas el tiempo promedio obtenido fue de 8 minutos por tren, dato muy parejo que refleja la rapidez de la operación siempre dependiendo del tamaño del material enviado a la tolva, que por regla práctica en la operación, es todo aquello que puede ser cargado por el cucharón de la Pala.

6.1.2 Rendimiento de trenes monitoreados

De acuerdo a la metodología establecida se lograron controlar 50 trenes en los turnos A y B respectivamente obteniéndose los promedios de rendimientos para carguío directo y en tolvas presentados en el cuadro VII, del mismo se obtienen los rendimientos promedios siguientes : 5,273.31 Tn/Turno-Tren para el carguío en tolvas B y C, y 2,036.19 Tn/Turno-Tren para carguío directo y un promedio general de 3,654.75 Tn/Turno-Tren.

CUADRO X

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE ACTIVIDADES DE TRENES

Nota : Todos los tiempos finales del estudio están en minutos.

ACTIVIDADES	TURNO A %	TURNO B %	PROMEDIO %
TRASLADO	51´ 10.65	48´ 9.97	50´ 10.32
RANCHO	30´ 6.31	31´ 6.52	31´ 6.41
DEM.REP. Y MANT.	16´ 3.36	3´ 0.68	10´ 2.06
DEM.OPERATIVAS	105´ 21.88	79´ 16.41	92´ 19.24
VIAJANDO	148´ 30.85	174´ 36.31	161´ 33.49
CARGANDO	96´ 19.91	102´ 21.27	99´ 20.57
DESCARGANDO	34´ 7.04	42´ 8.84	38´ 7.91
TOTAL	480´ 100.00	480´ 100.00	480´ 100.00

CUADRO XI

TIEMPOS PROMEDIOS FINALES DE TRASLADO DE PERSONAL Y RANCHO

Nota : Tiempos en minutos

ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO	DESVIA. STANDARD	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
TRASLADO INICIO	22.2´	4.7´	26.9´	17.5´
FINAL	28.8´	4.3´	33.1´	24.5´
CHEQUEO DE MAQUINA	9.3´	4.4´	13.7´	4.9´
RANCHO	30.8´	2.7´	33.5´	28.1´

CUADRO XII

ANALISIS DEL CARGUIO DE TRENES

Nota : Rendimientos en Minutos / Tren

RENDIMIENTO/ TIPO CARGUIO	MATERIAL/ ALTERACION	PROMEDIO	DESVIA. STANDA.	TONEL/ VAGON	% UTILIZ.
CARGUIO DIRECTO	ORE	78.0´	13.8´	68.5	23.44
	LEACH	67.0´	18.3´		
	WASTE	85.5´	22.8´		
	ARGILITIZACION	55.4´	11.1´		
	SILICIFICACION	67.4´	12.1´		
	ROCAS FRESCAS	89.5´	21.6´		
TRANSFERENCIA	ORE/LEACH/WASTE	7.7´	1.2´	73.6	76.56

CUADRO XIII

ANALISIS DE LA DESCARGA DE TRENES

Nota : Tiempos en minutos

RENDIMIENTO DE LA DESCARGA (Min/Tren)	PUNTO DE DESCARGA	PROMEDIO	DESVIACION STANDARD	% UTILIZACI.
	BOTADEROS	7.5´	3.6´	50.3
	CHANCADORA	11.1´	2.4´	49.7

CUADRO XIV

ANALISIS DE DEMORAS DE REPARACION Y MANTENIMIENTO

D E M O R A	TIEMPO PROMEDIO	% DEL TOTAL DE : DEMORAS GUARDIA(1)	
MECANICAS FRENOS/VAGONES	24.5´	11.4 %	0.3 %
ARENEROS/OTROS	22.5´	5.2	0.1
ELECTRICAS MAQUINA SIN FUERZA	13.0´	19.6	0.5
CONTROL REMOTO	15.9´	12.9	0.3
LUCES/OTROS	10.0´	5.5	0.2
SERVICIO	20.9´	45.4	1.1
T O T A L		100.0 %	2.5 %

(1) Calculado en base al tiempo programado real/guardia : 399.7´

6.1.3 Tiempos promedios de actividades desarrolladas por trenes

Podemos agrupar las actividades desarrolladas por los trenes de la siguiente manera : Traslado, Rancho, Demoras de Reparación y Mantenimiento, Demoras operativas, Cargando, Viajando y Descargando; A su vez y para precisar con mayor utilidad todas estas actividades, agrupamos sus correspondientes tiempos en tres segmentos generales : Tiempo útil, Tiempo negativo y Tiempo muerto.

El Tiempo útil será la suma de los tiempos de Carguío, Descarga y de Viaje tanto de ida como de vuelta. El tiempo negativo será la suma de los tiempos de las demoras operativas y de reparación y mantenimiento, y finalmente se considerará como tiempo muerto al total de tiempos por traslado de personal al inicio y final de la guardia más rancho ó refrigerio a mitad de la guardia; Los resultados porcentuales se presentan en el cuadro X.

6.1.3.1 Tiempos de viaje entre puntos notables del sistema vial

Del monitoreo se pudo obtener promedios generales de los tiempos de viaje entre puntos notables del sistema vial, hay que tener en cuenta que los trenes en el viaje de bajada están cargados y en el de subida se encuentran vacíos. En el cuadro XV se presentan los tiempos de viaje para tramos conocidos del sistema vial. Aparte de las dos tolvas se mencionan solamente la Pala 11 y el Botadero 4 por ser los puntos de carguío y descarga más alejados del sistema (Todos los tiempos en minutos) :

6.1.3.2 Tiempos promedio de ciclos de trabajo de trenes

Como resultado del monitoreo y teniendo en cuenta el tipo de carguío y calidad de material a cargar, así como el punto de descarga, podemos establecer los tiempos totales para todos los ciclos de trabajo posibles entre los puntos de carguío y descarga del sistema, que serán la suma de los tiempos de Carguío, Descarga y Viajando para cada tramo. En el cuadro XVI mencionamos los ciclos totales para los tramos elegidos en el cuadro XV (Todos los tiempos en minutos).

CUADRO XV

TIEMPOS DE VIAJE ENTRE PUNTOS NOTABLES DEL SISTEMA

Nota : Todos los tiempos en minutos

Tramo	V. Bajada	V. Subida
Tolva B - Chancadora	24 ´	23 ´
Tolva C - Chancadora	21 ´	19 ´
Tolva B - Botadero 4	18 ´	16 ´
Tolva C - Botadero 4	15 ´	13 ´
Pala 11 - Botadero 4	12 ´	15 ´
Pala 10 - Botadero 4	14 ´	13 ´
Pala 4 - Botadero 4	22 ´	19 ´
Pala 11 - Chancadora	20 ´	13 ´

CUADRO XVI

TIEMPOS PROMEDIOS DE CICLOS DE TRABAJO

Nota : Todos los tiempos en minutos

Tramo	Ciclo total
Tolva B - Chancadora	66 ´
Tolva C - Chancadora	51 ´
Tolva B - Botadero 4	56 ´
Tolva C - Botadero 4	46 ´
Pala 11 - Botadero 4	123 ´
Pala 10 - Botadero 4	124 ´
Pala 4 - Botadero 4	140 ´
Pala 11 - Chancadora	121 ´

6.2 Distribución porcentual de actividades

Tomando como base 480 minutos, tiempo que dura cada turno de trabajo en la mina, y de acuerdo a los resultados del monitoreo de trenes, se obtuvieron en promedio los siguientes resultados

El porcentaje de tiempo que representa el tiempo útil en relación a toda la guardia, que será la suma de los tiempos de carguío, descarga y viajando. El resultado es de 62 % ó 298 minutos efectivos en promedio para la guardia.

- El porcentaje correspondiente al tiempo negativo, suma de los tiempos que ocupan las demoras operativas y de reparación y mantenimiento, es de 21 % ó 102 minutos efectivos.
- Finalmente, el tiempo muerto por traslado de personal y tiempo de refrigerio, representa el 17 % ó 81 minutos efectivos.
- Como resultado de este análisis el tiempo programado real de cada guardia obtenido de descontar a 480' el tiempo muerto total, será de 399.68'.

Todos estos resultados son presentados para su mejor apreciacion, en el cuadro X, en el cuál se presentan los resultados obtenidos para cada turno A y B monitoreado, cada actividad se muestra con su correspondiente tiempo parcial y porcentaje.

6.3 Tiempos muertos contabilizados por cambios de guardia

Los tiempos muertos, como ya se estableció, serán la suma de los tiempos por traslado de personal, tanto al comienzo como al final de la guardia, más el tiempo de refrigerio a mitad de guardia.

El monitoreo permitió establecer que el tiempo muerto por traslado al inicio de guardia es menor que al final, tomando al inicio un promedio de 22 minutos y al final 29 minutos. Asimismo por arranque y chequeo de máquina al inicio de la guardia se tuvo un promedio de 9 minutos y, finalmente, por concepto de refrigerio se obtuvo 30 minutos en promedio. Todos estos resultados son presentados en el cuadro XI, además de la desviación estándar de los promedios mencionados y los valores máximos y mínimos obtenidos para cada actividad.

6.4 Distribución de demoras totales

Del 100 % de las demoras contabilizadas el 90.2 % correspondió a demoras operativas y solo el 9.8 % a demoras de reparación y mantenimiento. Esto demuestra que la disponibilidad mecánica de la flota de trenes es óptima mientras que las demoras operativas tiene una alta cifra que corresponde a su incidencia en el tiempo

total de la guardia. Estas demoras operativas existen no solamente a causa del tráfico de los trenes en la mina, sino más bien como producto de la influencia indirecta de la operación general de todo el personal y equipo que trabaja en la mina.

El detalle de la descripción de todas las demoras operativas y de reparación, consideradas en el estudio debido a su factor de ocurrencia y duración, se muestran en el cuadro VI, formulario 2 usado en la toma de tiempos.

6.5 Distribución de demoras de reparación y mantenimiento

Los resultados son presentados en el cuadro XIV, en el cuál se demuestra que por efecto del servicio en el grifo se pierde el mayor tiempo correspondiente a este rubro, la duración promedio de esta demora es de 21 minutos. El segundo lugar lo ocupa la demora por pérdida de fuerza en la máquina con una duración promedio de 15 minutos.

6.6 Distribución de demoras operativas

Los resultados son presentados en el cuadro XVII, del cuál obtenemos un tiempo total de demoras operativas de 19 % del tiempo total de la guardia (480´), y referidos al tiempo real programado (399.68´) este porcentaje sube a 23.1 %.

Se determina que la mayor demora operativa es la que corresponde a esperas en semáforos, correspondientes principalmente a los situados en las locaciones 2 y 5, con un porcentaje de 5.8 % del tiempo programado real de la guardia y con un tiempo promedio de espera en ellos de 6 minutos. En segundo lugar se encuentra la demora por esperas en tolvas con un porcentaje de 5.3 % y una duración promedio de 12.5 minutos.

El cuadro tiene la ventaja de especificar las demoras por su ubicación física y origen, y por lo tanto facilitar el análisis completo de las causas que motivaron la obtención de estas cifras.

Debido a que el monitoreo se realizó en trenes en operación en mina, la contabilización del tiempo de la volante no se hizo, sin embargo su incidencia es posible proyectarla de la siguiente manera :

$$924 \frac{\text{Turnos}}{\text{año}} \times \frac{1}{3} = 308 \text{ turnos A} \times \frac{1}{9} = 34.22 \text{ Turnos volante}$$

$$\frac{34.22}{924} = 3.7 \% \text{ de } 420 \text{ ´ } \text{ ó } 3.9 \% \text{ de } 399.62 \text{ ´ }$$

El cuadro XIV no contiene la proyección del tiempo ocupado por la volante, pues no se utilizo para efectos del cálculo del rendimiento de trenes.

6.7 Análisis de tiempos de espera

Las esperas se clasifican en Palas, Tolvas, Botaderos, Chancadora y en Semáforos.

Las esperas en Palas representan 2.91 % del tiempo programado de la guardia, ocurren mayormente cuando el despachador envía un tren a esperar que termine de cargar otro en la Pala, y lo sitúa en la línea de pase ó espera del nivel de carguío directo, esto se hace para minimizar el tiempo que espera la Pala a que llegue uno nuevo, una vez que termina de cargar un tren. Otra demora significativa ocurre cuando la Pala se malogra de improviso, en este caso si su reparación demora más de 20 minutos se procede a sacar el tren con los vagones que tenga cargados hasta ese momento, si es menos el tren espera hasta que se repare la Pala.

Las esperas en tolvas representan 5.3 % del tiempo programado de la guardia y es la segunda mayor espera que ocurre. Dentro de estas las mas significativas son : cuando el tren espera a que otro termine de cargar, cuando no hay material suficiente en la tolva para completar el tren, cuando se tiene que limpiar la línea del tren en la tolva que siempre queda sucia después de salir un tren y cuando se atora la tolva con piedras grandes que no pueden pasar por el chute.

Las esperas en Botaderos representan 0.5 % del tiempo programado y es la menor espera que ocurre. Sucede generalmente cuando se hace relleno en el botadero, cuando se descarga el tren haciendo bordo pesado esto es cuando el botadero esta lleno, cuando la línea del tren en el botadero se encuentra baja y hay peligro d descarrilamiento y también cuando no hay un cuadrador para descargar el tren.

Las esperas en chancadora representan 3.61 % del tiempo programado. Ocurren principalmente cuando hay otro tren descargando en la primaria, y en menor grado cuando la pila intermedia de mineral de la chancadora esta llena y entonces los trenes tienen que descargar lentamente, por intervalos. Este ultimo caso ocurre principalmente los días miércoles y sábado en turno de amanecida cuando obligatoriamente hay que llenar la pila.

6.8 Análisis de descarrilamientos

Los descarrilamientos ocurren principalmente en vagones del convoy y pocas veces en la misma locomotora. Se debe principalmente al mal estado de las líneas férreas, como por ejemplo Riel roto, Chapa rota, Sapo desgastado, Lengua de cambios desgastada, Líneas bajas por hundimiento del terreno, Ancho de vía excesivamente abierto, Formación de codos en la línea, Línea desclavada, etc. Por esto los descarrilamientos se evitarían si hubiese un buen mantenimiento de las líneas férreas. De ahí la importancia que tiene el trabajo de la sección de mantenimiento de vías como apoyo al trabajo de operaciones mina.

Los descarrilamientos representan el 1 % del tiempo programado y su duración varía de acuerdo a la zona de ocurrencia. Si es en botaderos demorará encarrilar 20 minutos en promedio y si ocurre en tolvas puede llegar a durar 40 minutos.

6.9 Análisis de demoras en semáforos

Del cuadro XVIII se observa que las demoras en semáforos suman 5.8 % del tiempo programado real, siendo esta la mayor demora operativa. Por esta razón se hizo un análisis detallado de este rubro para poder detectar las actuales zonas críticas de tráfico de trenes.

Los semáforos fueron clasificados en zonas correspondientes a las locaciones 2 y 5 principalmente debido a la mayor incidencia de demoras en dichas zona; Los nombres verdaderos de los semáforos fueron obtenidos del despacho de trenes y del plano croquis del sistema CTC que se adjunta al final de la presente.

6.9.1 Ubicación de zonas críticas de tráfico

Del cuadro XVIII se puede apreciar que el sector de la locación 2 es la mayor zona crítica del sistema, es el actual cuello de botella del tráfico, Las esperas en esta locación representan 3 % del tiempo programado total y la zona abarca la salida de los niveles de carguío directo 3205, 3220 y 3235 y de las tolvas B y C para trenes cargados en salida de la mina; así como entrada para trenes vacíos a la mina a las 2 tolvas y a las palas de carguío directo.

En segundo lugar se encuentra la zona de la locación 5 con un 2.76 % del tiempo programado de la guardia. Esta zona abarca la entrada y salida de trenes a los cuatro botaderos, así como al patio de mecánica de mantenimiento de locomotoras y vagones, al grifo de servicio y al patio de mantenimiento de vías. También por este sector se accede a los niveles altos de carguío directo como son los del 3250 al 3310 SE. En los planos N° 1 y 2 se muestran las zonas de la locaciones 2 y 5 respectivamente.

6.10 Aplicación de teorías de investigación de operaciones

Investigación de operaciones es un procedimiento o un enfoque para resolver problemas relacionados con la toma de decisiones en diferentes campos de aplicación, tales como Ingeniería, Economía, Política, etc.

La aplicación de la Investigación operativa en ciertos problemas específicos, tiene por objetivo la determinación de una buena decisión; y si es posible, la determinación de la decisión óptima según cierto criterio pre-especificado.

El concepto de decisión en la solución de un problema esta relacionado con la existencia de diferentes alternativas o cursos de acción. En particular, el proceso de tomar una decisión consiste en escoger una alternativa.

En nuestro caso particular que es la optimización del tráfico de trenes utilizaremos las técnicas de investigación de operaciones de teorías de colas y simulación de sistemas para poder formular alternativas que modifiquen el actual sistema de tráfico, incidiendo estos cambios en las zonas criticas de tráfico ya detectadas y mencionadas anteriormente, como resultados obtenidos de la toma de tiempos.

Debido a esto debemos particularizar el análisis para las locaciones 2 y 5, zonas críticas de tráfico, en las cuales el tráfico debe ser más rápido, El objetivo de la utilización de estas técnicas es disminuir el tiempo total de esperas en todos los semáforos de cada locación. Para esto debemos modelar el sistema de tráfico en cada locación, esto equivale a elaborar un cuerpo de información relativa al sistema recabado para fines de estudiarlo. Ya que el propósito del estudio determina la naturaleza de la información que se reúne, no hay un modelo único de un sistema; Luego se procederá a incluir las alternativas en el modelo de simulación y apreciar los nuevos resultados de las esperas, todo esto a modo de predecir el comportamiento del nuevo sistema sin haber sido construido en la realidad.

6.10.1 Aplicación directa de la teoría de colas

La formación de colas es la manifestación de un sistema congestionado. Muchos sistemas de interés en un estudio de simulación contienen procesos en que hay demanda por servicio que provoque congestión. El sistema puede dar servicio a las entidades a un ritmo que en general es mayor que la tasa a la que llegan las entidades, aunque hay fluctuaciones aleatorias en la tasa de llegadas, la tasa de servicios ó ambas. Como resultado de ello, hay ocasiones en que llegan más entidades de las que pueden ser atendidas por el servicio en un momento determinado por lo que deben esperar él. Entonces se dice que las entidades se unen a una línea de espera, o más simplemente, que forman una cola.

CUADRO XVII

DISTRIBUCION DE DEMORAS OPERATIVAS

Nota : Todos los tiempos en minutos

C L A S I F I C A C I O N D E D E M O R A S		TIEMPO MEDIO	% DEL TOTAL DE :			
			(1)	(2)	(3)	
	TRASLADO DE PERSONAL : INICIO	22.2	15.2	5.4	4.5	
	FINAL	28.8	19.8	7.0	5.8	
	CHEQUEO DE MAQUINA AL INICIO	9.3	6.5	2.3	1.9	
	CAMBIO DE CARROS	24.3	1.5	42.9	0.5	15.2 0.4 12.7
	DESCARRILAMIENTOS BOTADEROS	19.4	1.3	0.5	0.4	
	TOLVAS	30.7	1.5	2.8	0.5	1.0 0.4 0.8
E S	OTRO TREN EN NIVEL	14.9	4.7	1.7	1.4	
	LIMPIEZA DE LINEA	6.2	0.7	0.3	0.2	
	PALAS CUADRANDO PALA	16.8	0.7	0.2	0.2	
	PALA MALOGRADA	20.1	2.0	0.7	0.6	
	DAR PASE A EQUIPOS	2.0	0.1	8.2	0.1	2.9 0.1 2.4
P E	FALTA MATERIAL	9.8	3.4	1.2	1.0	
	LIMPIEZA DE LINEA	8.6	3.3	1.2	1.0	
	TOLVAS TOLVA ATORADA	17.7	2.3	0.8	0.7	
	OTRO TREN EN TOLVA	13.1	5.1	1.8	1.5	
	TOLVA MALOGRADA	14.0	0.7	14.8	0.2	5.3 0.2 4.4
R	BOTADER. HACIENDO RELLENO	28.0	1.3	0.1	0.1	
	BORDO PESADO	6.0	0.1	1.4	0.4	0.5 0.3 0.4
A	CHANCAD. PILA ALTA	32.1	2.4	0.9	0.8	
	TREN EN CHANCADORA	18.7	7.8	10.2	2.7	3.6 2.2 3.0
S	LOCACION 5	5.7	7.8	2.8	2.3	
	SEMAFOROS LOCACION 2	6.4	8.4	3.0	2.5	
	OTRAS ZONAS	3.8	0.1	16.3	0.1	5.8 0.1 4.8
	FALLAS C.T.C.	8.0	2.2	0.8	0.7	
	CAMBIOS MANUALES	2.9	0.3	0.1	0.1	
	OTROS	19.1	0.9	3.4	0.3	1.2 0.2 1.0
	T O T A L			100.0 %	35.5 %	29.6 %

(1) Calculado en base al total de demoras

(2) Calculado en base al tiempo programado real/guardia : 399.7'

(3) Calculado en base a un turno de 480'

CUADRO XVIII

ANALISIS DE LAS DEMORAS EN SEMAFOROS

Nota: Tiempos en minutos

ZONA	SEMAFORO	TIEMPO PROMEDIO	% DEL TOTAL DE :		
			DEMORAS	(1)	(2)
LOCACION 5	63RCD	6.7	17.9 %	1.04 %	0.86 %
	63RAB	6.0	0.3	0.02	0.01
	63LA	5.0	7.2	0.42	0.35
	63LB	7.1	6.4	0.37	0.31
	63LC	7.0	8.4	0.49	0.40
	81LAB	3.6	0.9	0.05	0.04
	65L	5.0	3.7	0.22	0.18
	67L	4.4	1.7	0.10	0.08
	51RA	4.8	1.2	0.07	0.06
Subtotal :			47.7 %	2.76 %	2.29 %
LOCACION 2	1-A	4.1	5.3 %	0.30	0.25
	1-B	5.6	8.3	0.48	0.40
	1RA	4.1	1.8	0.11	0.09
	2RB	7.2	1.8	0.10	0.09
	31LAB	9.4	29.4	1.71	1.42
	51LAB	6.2	4.9	0.28	0.24
Subtotal :			51.6 %	2.98 %	2.49 %
OTROS	A85R	15.0	0.7 %	0.04 %	0.04 %
TOTAL DE DEMORAS :			100.0 %	5.80 %	4.82 %

(1) Calculado en base al tiempo programado real/guardia : 399.7

(2) Calculado en base a un turno de 480

Se puede describir la congestión en términos de 3 características principales, que son :

- a) El patrón de llegadas, que describe las propiedades estadísticas de las llegadas.
- b) El proceso de servicio, que describe la forma en que se atiende a las entidades.
- c) La disciplina de colas, que describe cómo se elige la siguiente entidad a atenderse.

En nuestro caso particular, la formación de colas se manifiestan en todos los semáforos que existen en cada locación, esto es debido a las condiciones de tráfico existente en ese momento que condicionan el estado de los semáforos (Luz roja ó verde), debido al paso transitorio de los trenes.

Para modelar el comportamiento de dicha colas tenemos que establecer un patrón de llegadas a cada locación , En general se sabe por experiencia el número aproximado de trenes que pasan por cada locación durante una guardia, pero lo que no se conoce es cada cuánto tiempo arriban a dichas zonas ; Para determinar dicha frecuencia se procedió a tomar datos de campo con dicha orientación y luego se estableció una distribución estadística probabilística de llegadas con la cual se trabajará, para establecer llegadas en función a dicha distribución en forma aleatoria.

Otra característica importante de las colas que utilizaremos es su disciplina; En general podemos establecer que se forman dos colas en total para cada locación, Estas son : Cola de trenes cargados que salen de la mina (De subida) y cola de trenes vacíos que entran a la mina (De subida), para cada una de ellas el tren que encabeza la cola debido a su hora de arribo, saldrá primero cuando las condiciones del tráfico lo permitan, a este tipo de disciplina de colas que utilizaremos, se le conoce por disciplina FIFO (First in first out) ó PEPS en español (Primero entrado primero salido). Existen también disciplinas LIFO ó UEPS en español y aleatoria que caracterizan otro tipo de colas.

6.10.2 Simulación del tráfico de trenes

Existen muchos procesos que es necesario simularlos antes de llevarlos a efecto. Así por ejemplo en nuestro caso, tenemos que el alto costo de la modificación del diseño de líneas principales y señales en general del CTC exigen que antes de efectuar los cambios respectivos se estudie el sistema y establezca la alternativa más óptima para el mejor funcionamiento del tráfico.

La construcción de modelos requiere conocer algunos conceptos fundamentales como el de sistema, el cuál puede entenderse como un conjunto de elementos que interactúan entre sí y cuyo comportamiento se desea estudiar, esto quiere decir por ejemplo que toda una planta metalúrgica podría ser tomada como un sistema ó todo el acarreo por trenes en una mina a cielo abierto, como es nuestro caso.

Un sistema está compuesto por elementos bien definidos cuya interacción causa el comportamiento del sistema.

Entidad · Parte u objeto de interés de un sistema.

Atributo Propiedad de una entidad.

Actividad Proceso que causa cambio en un sistema.

Estado Descripción de atributos de todas las entidades y actividades de un sistema en un momento dado.

Como ejemplo de estado en el sistema de acarreo de materiales por trenes en Toquepala podría indicarse

Ubicación de Trenes.

Tiempo de carguío en Tolvas.

Las actividades se clasifican en ·

Endogenas Actividades que ocurren dentro del sistema.

Exogenas Son aquellas que ocurren fuera del sistema pero lo afectan.

Para representar un sistema se usa un modelo el cual puede ser atendiendo a su representación Físico, Físico-Analógico, Esquemático, Matemático y Computacional. En relación a su comportamiento en el tiempo puede ser Estático o dinámico; y teniendo en cuenta su aleatoriedad puede ser determinístico ó estocástico.

La simulación es una de las técnicas de investigación de operaciones destinada a examinar y predecir el comportamiento del sistema haciendo uso de modelos.

6.10.2.1 Simulación de computadoras

Cuando queremos investigar una parte o todo el sistema que nos interesa podemos hacer los experimentos en el sistema real, por ejemplo en nuestro sistema de acarreo por trenes, podemos hacer

experimentos tales como tratar con una flota de mayor número de trenes ó un diseño de vías modificado por líneas de tren y lógica del sistema CTC como es el caso nuestro adonde llegaremos; a fin de tratar de optimizar el sistema de acarreo; pero de hecho realizar esto en el campo sería demasiado costoso y nada practico, es mucho más ventajoso hacer los ensayos en un modelo (Simulador).

Los resultados logrados con un simulador bien diseñados serán convenientemente aproximados a aquellos resultados que se conseguirían en el campo bajo las mismas condiciones de operación.

En este marco la simulación computarizada es una técnica que proporciona un medio efectivo para probar y evaluar un sistema propuesto bajo varias condiciones en un nivel de abstracción o laboratorio. El comportamiento del sistema es modelado por un programa de computador que reacciona ante varias condiciones de operación de una manera cuantitativamente similar al sistema en sí. Horas, días, semanas y aún años de actividad simulada pueden ser examinadas en forma relativamente rápida.

Para efectuar simulaciones en computadora se pueden utilizar lenguajes de programación de propósitos generales tales como : FORTRAN, PL/1, ALGOL, PASCAL, APL, etc., o lenguajes de simulación de propósitos especiales como GASP, SIMSCRIPT, GPSS, SIMPAC, DYNAMO, SIMULATE, etc.

tráfico seguro de los volquetes en doble sentido y están revestidos de una capa de grava fina. Además las rampas principales tienen una berma de seguridad de 2 metros de alto al lado de la cresta. La gradiente máxima de las rampas no excede el 8 %. Las curvas son amplias con una berma central de tierra de 0.8 mts. de alto que divide la carretera en dos sentidos de tráfico.

Se dispone de los siguientes equipos para el mantenimiento de estas carreteras : Motoniveladoras para retirar las rocas sueltas derramadas de los volquetes o que caen del talud del nivel superior; Tractores de llantas para limpiar los pisos de las Palas; Tanques de regadío para evitar la formación de polvo por el tráfico; Tractores de oruga para rellenar y nivelar las zonas hundidas de los Botaderos y nivelar los pisos de las Palas.

7.2 Análisis de requerimiento de volquetes según planes de minado

El planeamiento de minado en minas a cielo abierto, como ya vimos en los capítulos iniciales se encuentra controlado por los requerimientos de la planta concentradora, el desmonte que es necesario sacar para cumplir con el requerimiento de mineral, las características geo-estructurales de la mina y el tonelaje que es posible mover con el equipo disponible, considerando que es el equipo de transporte de vital importancia en los planes de minado se deben elaborar programas que prevean la correspondencia entre el equipo actual y el tonelaje a mover en los futuros años de minado.

Como el mayor porcentaje de material se mueve con volquetes en casi todas las minas a cielo abierto, es fundamental hacer un análisis profundo del número de unidades necesarias para cumplir con el tonelaje a mover. A continuación se explicará un método de evaluación de volquetes para los siguientes años de minado, considerando todas las variables que influyen en la operación.

En las proyecciones futuras del minado, Los tonelajes correspondientes a los diferentes niveles de la mina son agrupados en bloques según proximidad a las tolvas B,C y la futura E, y también en función del material de transferencia y carguío directo a ser movido por volquetes y trenes. Basándonos en el rendimiento del equipo considerado, hemos determinado el número de guardias que se necesitan para mover el tonelaje de bloques, mencionado líneas arriba, para luego obtener el número de unidades requeridas según las guardias proyectadas y teóricas que deberá trabajar cada una de las unidades de transporte.

Como el acarreo en minería superficial se realiza mayormente con volquetes y trenes es importante establecer que niveles se pueden

extraer por carguío directo Pala-Tren, esto indudablemente ahorraría volquetes para ser usados en otros niveles, pero significa un mayor requerimiento de trenes.

Para el cálculo del equipo son dos las variables relevantes : El tonelaje a mover y el rendimiento por nivel; como factores de ajuste entran la disponibilidad mecánica y el factor de carga.

Los volquetes cargados no deberán exceder gradientes de más de 8% pues si esto ocurre la posibilidad de que funda motor es muy alta. En minas donde el yacimiento condicione un talud muy inclinado debe observarse la posibilidad de usar fajas transportadoras u otros medios de transporte, en estos casos los volquetes deben subir pendientes muy fuertes o en su defecto recorrer espirales muy largas para el acarreo del mineral.

7.3 Monitoreo preliminar de volquetes

Para calcular los rendimientos reales de los volquetes se procede a realizar un estudio de tiempos en base a tres aspectos fundamentales : Cálculo de velocidades y ciclos, Tiempo real operativo de cada guardia y el factor de carga. Para esto se lleva a cabo una toma de datos de campo con el cuál se controlarán rígidamente los tiempos operativos de las guardias y paralelamente se determinará la densidad del material a mover con la mayor precisión posible.

Para la toma de datos de campo se colocaron marcas con pintas fosforescente a intervalos de 200 metros en las rampas disponibles, y se cronómetro el paso de los volquetes, obteniéndose un tiempo de recorrido y una velocidad. Se tuvo en consideración :

- Rampas de subida
- Rampas de bajada
- Tramos planos
- Zona alta, de gran radio de curvatura
- Zona baja, de pequeño radio de curvatura
- Curvas en rampas y en planos
- Cruces con tanques, camiones, motoniveladoras y otros volquetes.

- Desaceleración por acercamiento a la pala o al lugar de descarga.

Tomándose en cuenta estos factores se calculan las velocidades para pendientes que varían entre - 8 % y + 8 %, las cuáles a su vez serán corregidas por los siguientes casos de excepción :

- Por radio de curvatura menor de 600 metros.
- Por curva en rampa

Por zona de tráfico intenso

Pos desaceleración al llegar a pala o zona de descarga.

Previamente a la toma de datos de campo conviene ubicar las zonas representativas de la mina en las cuáles se analizará el movimiento de volquetes, luego se debe hacer un cronograma para tomar y ordenar la información.

Se debe tener cuidado en tomar las velocidades más representativas de cada tramo, esto es, las mediciones deben hacerse en el centro de las rampas o los planos para evitar los cambios de velocidad por cambio de gradiente del terreno.

Para efectos de completar el ciclo del volquete se cronómetro el tiempo de carguío, de descarga y el tiempo esperando en la pala. Aunque los tiempos de carguío y descarga son normalmente homogéneos, el tiempo de espera en pala varía considerablemente, sin embargo se ha concluido que una buena aproximación a estos tiempos es la siguiente

Tiempo de carguío	5.0 minutos
Tiempo de descarga	1.0 minutos
Tiempo esperando en pala	3.0 minutos

7.4 Simulación del acarreo por volquetes con un sistema de despacho computarizado

7.4.1 Introducción

Los costos de acarreo por volquetes forman la mayor parte del total de costos de minado en operaciones mineras a cielo abierto en rocas duras. Para minimizar estos costos se tiene que

- Determinar la flota óptima de volquetes (Tipo, tamaño y número

de volquetes); y simultáneamente .

Determinar la organización óptima para el manejo del sistema de acarreo, especialmente seleccionar la estrategia de despacho óptima para asegurar la máxima utilización de los volquetes, y simultáneamente :

- Establecer un sistema de servicio y mantenimiento confiable que garantice la máxima disponibilidad.

No hay duda, que los estudios de simulación pueden contribuir mucho hacia la solución de los dos primeros problemas, y que algunos modelos han sido desarrollados para este propósito durante los últimos años, uno de los más interesantes sigue siendo el de Kim y Ibarra (1,982).

Particularmente cuando trabajamos un depósito difícil, complicado y marginal, la tarea de optimización del sistema de acarreo por volquetes se convierte en muy importante. Para obtener resultados confiables y significativos de estudios de simulación bajo estas circunstancias, se debe tomar en cuenta las condiciones, restricciones y requerimientos de la operación real en su complejidad y detalles. Esto significa en lo concerniente al modelo de simulación, que tiene que ser algo más sofisticado y complejo que otros ya hechos, Para que en efecto represente la realidad, y con respecto a las estrategias de despacho, cumplan con los requerimientos de producción a corto plazo.

7.4.2 Reconciliación con programas de producción de corto plazo

Cuando trabajamos un depósito irregular la producción a corto plazo tiene no solo que cumplir los requerimientos de tonelaje. Igual o más atención tiene que ser puesta al problema de la dilución. Significa asegurar una homogénea alimentación de cabeza de mineral así como de otras propiedades físicas y químicas tales como dureza, distribución de tamaños de granos, etc. A menudo, por lo tanto, procedimientos de programación altamente sofisticados son aplicados para determinar que cantidad de mineral y de que calidad tiene que ser producida y de que locación en la mina en un tiempo dado. El despacho de volquetes por lo tanto tiene que cumplir dos objetivos simultáneos : Maximizar la utilización de la flota de volquetes y al mismo tiempo asegurar la apropiada alimentación de mineral por acarreo de las diferentes locaciones de la mina, en una proporción determinada por los programas de producción a corto plazo.

En nuestro modelo, nosotros tratamos de cumplir estos requerimientos con los siguientes procedimientos. Primero, en el comienzo de cualquier período de simulación (El comienzo de una guardia en realidad) todos los volquetes disponibles son

asignados a las palas de mineral en una proporción que depende de la cantidad de mineral a ser acarreada desde cada pala acorde con los programas de producción. Segundo, Especialmente cuando usamos estrategias de despacho algo más sofisticadas, en cualquier momento durante el período de simulación, El volquete a ser despachado es asignado a la pala que está relativamente más retrasada en su producción.

Cuando aplicamos este criterio en la decisión de asignación, uno obviamente no solo debe tomar en cuenta el mineral ya acarreado desde cada pala, sino a todos los volquetes vacíos que están en camino a las palas en ese momento. Las palas de mineral y desmonte son tratadas de la misma manera, pero prioridad es dada a las de mineral para cumplir con sus requerimientos bajo cualquier circunstancia. Esto significa que un volquete que ha descargado en un botadero será asignado a una pala de mineral si es necesario, este volquete será del tipo de los intercambiables. Para utilizar totalmente la flota de volquetes en el acarreo de desmonte, algún volquete intercambiable será asignado a una pala de desmonte, si la meta de producción de mineral esta a punto de cumplirse. Significa que no hay retrasos en las palas de mineral.

7.4.3 Modelación de los movimientos reales de los volquetes

Especialmente cuando simulamos el sistema de acarreo de una mina complicada. No es del todo suficiente calcular los tiempos de los ciclos de viajes de los volquetes usando velocidades y/o distancias de acarreo promedios. En lugar de eso los movimientos reales de los volquetes tienen que ser modelados. Esto significa particularmente :

- Tener en cuenta las diferentes velocidades acordes a las condiciones de las carreteras y rampas con su inclinación, así como los diferentes tipos de volquetes y su actual condición (vacío ó cargado)
- Tener en cuenta la actual red de rampas de acarreo, significa precisar secciones rápidas y de desaceleración, intersecciones y cruces, y las resultantes zonas de congestión de los volquetes.

Tener en cuenta la posible formación de colas en las Palas, Tolvas ó Botaderos.

7.4.4 Tomar en cuenta influencias estocásticas

Para finalizar con resultados que serán directamente aplicables a una específica operación a tajo abierto bajo estudio, se tiene

que modelar el comportamiento del sistema de acarreo tan cerca a la realidad como sea posible, Esto significa (Además de las características ya mencionadas) tener en cuenta influencias estocásticas. Estas pueden ser divididas en dos grupos.

7.4.4.1 Performance estocástica de equipo.

En la operación ninguna Pala ó Volquete funcionará siempre a su capacidad promedio; La actual duración del carguío de un volquete por una pala por ejemplo, se desviará de este promedio normal. Usando estudios de tiempos se puede construir una función de probabilidad de esta distribución de tiempos que representa el comportamiento de dicha performance real. La cuál en un sentido inverso puede ser usada en el programa para modelar el consumo de tiempo verdadero seleccionando aleatoriamente un valor distinto de esta distribución para cada ciclo de carguío. Obviamente, cuando se hace esto se tiene que derivar esta función de probabilidad para cada tipo de pala y material a ser cargado.

Funciones similares son usadas para determinar la actual carga útil de un volquete, desviaciones de la velocidad "normal" de un volquete, Tiempo de descarga en la tolva o en botaderos, etc. Todos estos datos están basados en datos empíricos recolectados en la operación de mina misma. Usando estas funciones en el programa, cada operación parcial durante un ciclo de trabajo total de un volquete (Viajes de subida, bajada y en tramos horizontales, cargando en la pala, descargando en tolvas o en botaderos, etc) es modelada tomando en cuenta estas influencias estocásticas y por lo tanto a partir de aquí una representación verdadera de la realidad esta siendo producida.

7.4.4.2 Simulando demoras en el equipo

Además de la performance estocástica de palas y volquetes, Paralizaciones no programadas de equipo por causas operativas ó de reparación tienen que ser tomadas en cuenta cuando la realidad de la operación de una mina a cielo abierto es tratada de ser modelada. En general para lograr este objetivo se hace lo siguiente

Otra vez distribuciones probabilísticas son ajustadas usando datos recolectados a través de estudios de tiempos de la operación de la mina misma. Para cada tipo de equipo construimos dos de ellas, la primera de las cuáles nos da la probabilidad de ocurrencia de una demora (Una, Dos, Tres veces, etc. durante la guardia), La segunda da el tiempo de duración de estas demoras. Para asegurar que estas demoras ocurrirán aleatoriamente durante la simulación (Como son en la práctica), La parte del modelo

que actualmente esta ejecutando el despacho de los volquetes, no debe saber si este específico volquete va a malograrse (Como sucede en la realidad), Por lo tanto esta parte del modelo es corrido independientemente y en avance a la simulación misma.

Primero, para cada tipo de equipo y usando la distribución correspondiente se determina cuantas veces va a fallar el equipo durante el tiempo a ser simulado. Luego para cada una de estas fallas su duración es determinada otra vez por una selección aleatoria de un valor correspondiente a la apropiada distribución. Estas demoras son luego distribuidas al azar en el período a ser estudiado. Al hacer esto se consigue una particular clase de programación que indica en que punto en el tiempo algún elemento de nuestra flota de palas y volquetes es probable que se malogre y cuanto tiempo durará la demora.

7.4.5 Estrategias de despacho

Una vez que conseguimos un modelo realistico en reproducir lo que ocurre en el sistema de acarreo de una determinada mina, este puede ser usado para probar el efecto de diferentes estrategias de despacho bajo estas condiciones.

La asignación fija de volquetes es la más simple (y la más ineficiente en casi todos los casos) Todos los volquetes no malogrados al comienzo de la guardia son asignados a una de las palas acorde a la programación de producción a corto plazo. Si una pala se malogra durante la guardia será sobresaturada de volquetes durante la duración de la demora, con la consiguiente pérdida de producción por los volquetes.

Un poco más efectiva es la estrategia de adicionalmente asignar los volquetes que se ponen disponibles durante la guardia para reemplazar a aquellos que están siendo demorados en un determinado momento; Esto puede ser hecho acorde a la secuencia de los volquetes malogrados ó a la necesidad de producción de las palas.

Complicadas estrategias pueden ser probadas, Las cuáles necesitan asistencia de computadoras y alguna clase de recolección de datos automático y transmisión. Cada volquete que ha descargado será asignado a la pala con la mayor necesidad teniendo en cuenta la situación probable en ese tiempo, cuando este volquete arribe a dicha pala (Esto significa : Extrapolación de la situación en el momento de la decisión hecha para todas las palas); Esta asignación puede ser rechequeada y si es necesario alterada cuando cada volquete se aproxima a un punto de bifurcación en las rampas principales.

7.4.6 Resultados y posibles campos de aplicación

Los resultados numéricos de la simulación del modelo son válidos solo para el particular pit para el cuál fue hecha, obviamente. Esto es especialmente verdadero, cuando tratamos con depósitos complicados e irregulares. Generalmente hablando, para la mina más complicada la estrategia de despacho más apropiada será aquella que cumpla los requerimientos de tonelaje, pero al mismo tiempo una desviación del programa de producción y fluctuaciones en la ley y dureza puede ocurrir. Por lo tanto ninguna regla puede ser derivada y a la vez válida más que para el específico tajo bajo estudio. No obstante, el modelo tal como ha sido descrito parece ser verdaderamente una buena herramienta para producir estas reglas y responder la pregunta "Cuál es la mejor estrategia" en cualquier específica operación. Asimismo estudiando la óptima estrategia de despacho para una determinada flota de palas y volquetes el modelo puede ser aplicado para responder a la pregunta de "Cuál es el tamaño óptimo de la flota para una determinada operación minera y también de ayuda a encontrar respuestas a preguntas como Cuál será el probable efecto de realizar algunos cambios técnicos, tales como utilizar línea de alta tensión trolley como fuente de energía en los volquetes para la subida de rampas principales, etc.

7.5 Descripción del sistema de despacho computarizado de volquetes

7.5.1 Abstracto

A continuación describiremos resumidamente el sistema de despacho creado por la compañía estadounidense "Modular Mining Systems" que trabaja en la actualidad en Toquepala. A este sistema se le conoce simplemente por el nombre de "Dispatch".

Dispatch es un sistema de administración minera a gran escala, basado en computadoras, el cuál controla el despacho de todos los volquetes de acarreo en cualquier mina a cielo abierto. Su accionar prueba continuamente subsistemas de alta tecnología para maximizar la productividad minera con mínimos datos de entrada de las operaciones. Reportes comprensivos proporcionan detallada información de la operación de la mina y contabilización de tiempo nunca antes disponible.

Dependiendo de los objetivos, El manejo puede elegir una de dos beneficios tangibles: Un gran incremento de productividad en una determinada flota de palas y volquetes ó una significativa reducción en la necesidad de palas y volquetes para una

producción requerida. Reducción en el tiempo ocioso de palas y volquetes contribuye grandemente a estos beneficios.

Cuando un incremento de producción es necesaria. Dispatch consigue el necesario incremento de producción con pocos volquetes nuevos. El ahorro de capitales en estas condiciones puede ser muchas veces el costo del Dispatch. Adicionalmente, reduciendo la flota de palas y volquetes necesaria para una producción dada significa ahorro en los costos de operación. Asimismo, El ahorro puede ser tan grande que un sistema Dispatch puede pagarse por si mismo en pocas semanas. En al menos un caso, la instalación del sistema Dispatch resulto en un inmediato flujo de fondos neto positivo porque los volquetes programados para reemplazo fueron simplemente parqueados y pospuesta su utilización.

Dispatch conoce donde los volquetes están y donde deben de ir. Suponga que un volquete de desmonte se dirige a la chancadora ó un volquete de mineral se dirige a un botadero. El Dispatch alerta al despachador con mucha anticipación la descarga en la locación equivocada. Tal control de correcto destino es importante en operaciones donde una simple descarga equivocada puede ser muy cara.

Dispatch también observa las acciones de los operadores. Los choferes no pueden tomar en descanso extra para fumar por ejemplo, de diez minutos en un botadero lejano. Dispatch alerta al despachador en los segundos siempre que el operador esta retrasado. El beneficio de esta característica de ahorro de tiempo es obvio.

En algunos casos, El control de ley de mineral es muy importante. Aquí, El Dispatch ayuda a las operaciones a cumplir sus objetivos de dilución mientras minimiza la remanipulación de material y el mantenimiento de la producción. Un estricto control de calidad es especialmente crítico en ciertos mercados altamente competitivos.

Desde que los sistemas de despacho computarizado hacen uso de comunicación digital de datos, La transmisión y almacenamiento de signos vitales como presión de aceite, Estado del motor de tracción y varias alarmas en palas y volquetes, son hechas para controlar el buen funcionamiento de las partes del equipo. El personal de mantenimiento puede aún monitorear un vehículo mientras esta trabajando y detectar problemas potenciales antes que ellos causen un tiempo perdido por reparación muy caro.

Dispatch monitorea a los volquetes de muy cerca. Una extensión obvia al despacho computarizado, y un gran beneficio a las operaciones, es la habilidad del sistema de hacer un seguimiento de llantas, Aros, Partes del motor y similares a través de su ciclo de vida.

Dispatch incluye la capacidad de realizar simulaciones. Después de todo, Un valioso volumen de datos es recolectado durante la operación normal. Porque no usar estos datos para responder al tipo de preguntas "¿ Que sucede si ? " en el contexto de un efecto a corto plazo en la producción. ¿ Que pasa si movemos una pala ?, ¿ Que pasa si abrimos el alternativo conjunto de rampas principales ?, ¿ Que pasa si abrimos un determinado botadero ?. Rápidas respuestas a estas preguntas pueden traer consigo una toma de decisión muy rentable.

Usando métodos manuales, La elaboración de reportes y la contabilización de tiempos de las operaciones son casi imposibles. Las cargas reportadas por los operadores de palas raramente son iguales a las reportadas por los choferes de volquetes. Los tiempos por equipo Malogrado, Demorado y en Stand by son en el mejor de los casos solo aproximados. Del mismo modo, Las Utilizaciones y Disponibilidades no son precisas. Con el Dispatch, Reportes exactos y completos son disponibles en cualquier momento para cualquier deseado período. Balance de números, Contabilización de tiempos es preciso.

El Sistema Dispatch hace más que despachar volquetes, nos proporciona una completa y general administración de la mina.

7.5.2 Características del sistema

A continuación se hará una reseña breve de las características y opciones de trabajo que posee el sistema dispatch para el control y administración de la información de la mina.

7.5.2.1 Asignaciones automáticas

El Dispatch maneja todas las rutinas de asignación de volquetes automáticamente.

7.5.2.2 Carguío de combustible automático

La mina puede especificar los parámetros de consumo de combustible para una determinada flota base. El sistema reconoce las horas operativas del panel de combustible y los límites del residuo en el tanque y asigna automáticamente a los volquetes al grifo para el relleno respectivo. El sistema maneja también la contabilización del combustible total, Agua y aceite de lubricación.

7.5.2.3 Voladura

El sistema soporta la programación automática de palas y volquetes demorados y malogrados para aquellos que están afectados por el disparo.

7.5.2.4 Configuraciones del Equipo

El sistema optimiza el esquema de acarreo para una determinada flota de palas y volquetes. Antes del inicio de la guardia, El jefe de guardia puede evaluar los requerimientos de volquetes para una particular flota de palas basándose en datos de operaciones actualizados.

7.5.2.5 Alineación de disponibilidad de equipo

El sistema soporta asignación manual y automática de operadores de equipo al inicio de la guardia. Si operadores se registran en equipos no asignados, El sistema alerta al despachador. El Dispatch soporta también asignaciones del operador basadas en " equipo favorable " ó " antigüedad " .

7.5.2.6 Pantallas de administración

Todos los reportes y utilitarios Dispatch están elaborados en " formatos guías " para una fácil entrada de información y una rápida examinación de datos operativos. El personal de mina puede fácilmente reordenar ó modificar estos formatos ó crear nuevos reportes acordes a las necesidades de la mina sin cambiar el código base.

7.5.2.7 Diagnósticos completos

El sistema examina toda la información para su validez e instantáneamente reporta cualquier error de entrada. El Dispatch alerta al despachador enviando un mensaje y haciendo sonar una alarma siempre que un equipo falla en completar una acción a tiempo. Los paneles de campo realizan autotests y reportan cualquier problema al operador de equipo y al despachador.

7.5.2.8 Cierre de rutas lógicas

El despachador puede cerrar rutas de acarreo desde un punto a otro punto de la mina, asimismo restringir el acceso desde una parte de la mina a otra.

7.5.2.9 Descansos por rancho

El Dispatch automáticamente programa a los volquetes para el descanso por rancho durante una hora específica. Los choferes de volquetes pasan rancho cuando las palas están demoradas por alguna razón durante este tiempo o cuando los operadores de palas pasan rancho.

7.5.2.10 Inspecciones de mantenimiento

El Dispatch programa periódicamente el mantenimiento de los volquetes tal como pueda especificar la sección de operaciones.

7.5.2.11 Asignaciones manuales

El despachador puede cambiar las asignaciones realizadas por el sistema. Esta acción puede hacerla inmediatamente en cualquier locación de la mina o alternativamente demorar la asignación deseada hasta que el volquete requiera la próxima asignación.

7.5.2.12 Combinación de material

El Dispatch puede combinar el mineral existente en la mina para asegurar una consistente alimentación de mineral a la concentradora o a la planta de procesamiento. El sistema puede combinar el mineral por ley o flujo del mismo hasta por diez variables y opcionalmente por otras diez.

7.5.2.13 Versiones disponibles en distintos lenguajes

Actualmente, el sistema está disponible en inglés y español. Otros lenguajes, tales como francés, alemán, griego o serbio-croata, están disponibles a requerimiento sin ningún cargo adicional.

7.5.2.14 Rutas de acarreo de un solo sentido

El despachador puede especificar segmentos de rutas o rampas de acarreo como de un solo sentido.

7.5.2.15 Monitoreo de operadores

El sistema examina a todos los operadores de equipo y permite a los supervisores observar el rendimiento individual de cada operador.

7.5.2.16 Restricciones en determinados pits

El Dispatch maneja múltiples asignaciones para diferentes tajos. El despachador puede restringir algunos volquetes a específicos tajos o regiones dentro de un tajo determinado.

7.5.2.17 Obligaciones de descargas primarias

El Dispatch monitorea descargas primarias y cambia el flujo de los volquetes a determinadas palas que alimentan tales botaderos, esto a lo largo de la guardia. Esto minimiza las colas en varios botaderos con una tasa de alimentación variable.

7.5.2.18 Límites de colas

El Dispatch acepta un determinado tamaño máximo para una cola de volquetes en botaderos y locaciones de servicio.

7.5.2.19 Reasignación en puntos de llamada

Desde las antenas solares situadas en la mina, el sistema puede automáticamente reasignar volquetes en ruta. Esto permite tomar una decisión de último minuto cuando las palas a las que han sido asignados se malogren.

7.5.2.20 Cierre de tramos de rampas

El despachador puede cerrar un segmento físico de algunas rampas ocasionando a que el Dispatch use rutas que obvien los tramos de rampas cerradas.

7.5.2.21 Demoras de rutina

El sistema programa demoras de rutina para los operadores por rancho y asegura que cada uno de ellos tenga su asignación de demora por consumo de alimentos.

7.5.2.22 Cambio de guardia

El sistema acepta el "cambio caliente de guardia". Los volquetes pueden quedar demorados por fin de guardia encontrándose en ruta, en zonas de parqueo, palas, botaderos y/o cualquier locación.

7.5.2.23 Prioridad de palas

El despachador puede ajustar las prioridades por palas y/o tipo de material. En situaciones de congestión de volquetes, el sistema limita la asignación a las palas según su prioridad.

7.5.2.24 Carguio por los dos lados

El Dispatch considera si una pala esta cargando por ambos lados o solamente por un lado para la asignación de volquetes a dichas palas.

7.5.2.25 Base de datos de usuarios

El personal de la mina puede fácilmente crear una "base de datos de usuarios" para almacenar información tal como nivel de entrenamiento de personal, programación de servicio de equipo, o inventario de repuestos.

7.5.2.26 Almacenamiento de materiales

El Dispatch minimiza el recarguío de material alimentando a las palas que trabajan en dicha condición solamente por un número de volquetes necesario para cumplir los límites de combinación de material.

7.5.2.27 Asignaciones fijas de volquetes y palas y restricciones de destino

El despachador puede asignar fijamente algunos volquetes a ciertas palas, de la misma forma algunas palas a determinados botaderos y/o tolvas. El despachador puede también restringir el acceso de algunos volquetes a algunas palas con determinado tipo de material y a algunas locaciones. También puede restringir algunas palas a ciertos destinos entre los botaderos o tolvas disponibles.

7.5.2.28 Acarreo usando asistencia de línea trolley

El sistema registra las cargas de volquetes que circulan entre pilas de materiales y la chancadora, usando como fuente de energía asistencia de línea trolley.

7.6 Proyección de resultados con el uso del sistema de despacho computarizado Dispatch

Las minas en cualquier parte del mundo pueden usar cualquiera de los muchos métodos existentes que evalúan la productividad de una mina, para conocer el incremento de dicho parámetro como resultado de la instalación de un sistema Dispatch. En un caso, comparando una operación con asignación fija con una de asignación dinámica se logró conseguir un incremento de 10 % en volquetes y palas en unidades de Metros cúbicos de Banco por Hora trabajada. En otro, El parámetro Toneladas por Turno-Volquete antes y después de la instalación se incrementó en un 13 %. Aún en otro caso, el tonelaje diario con la misma flota de volquetes y palas salto en más de 10 % en solo pocos días. En tal vez el más interesante ejemplo, la instalación de un sistema Dispatch produjo un inmediato flujo neto positivo de dinero al mantener el nivel de producción programado para los siguientes años sin haber usado cinco volquetes programados para reemplazo.

El enorme retorno económico de un sistema de despacho computarizado justifica un cuidadoso análisis de costo/beneficio para determinar su factibilidad de uso en una mina determinada. Los beneficios intangibles de disponer de datos oportunos y precisos para análisis de ingeniería también son factores importantes.

Sistemas computarizados de administración minera como el Dispatch están lentamente, pero con seguridad, ganando aceptación en las operaciones mineras, de la misma forma que la contabilidad computarizada y los sistemas de pago de planillas son ahora aceptados por su eficacia.

CAPITULO 8.- ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACARREO POR TRENES

8.1 Modificaciones al diseño de vías férreas en zonas críticas de tráfico

Del análisis del cuadro XVIII se precisaron las zonas críticas de tráfico de trenes. De la observación de campo de dichas zonas se bosquejaron alternativas para modificar el diseño de vías. Estos proyectos fueron consultados sobre su factibilidad de realización con supervisores e Ingenieros con experiencia en Mantenimiento de vías.

Estas alternativas tienden a generar menos esperas en los semáforos con mayores demoras; Asimismo, también se consultó a los técnicos de Electricidad-Mina CTC sobre algunas adaptaciones y/ó cambios al sistema CTC que son necesarias realizar para la ejecución de los proyectos.

8.1.1 Distribución de semáforos

Para tener un control del tráfico de los trenes, se utilizan semáforos que regulan el acceso a determinados sectores de vías férreas, donde es posible que exista una congestión de trenes.

Para la locación 2 se tienen 6 semáforos en total que cumplen con ese fin y que están distribuidos tal como se puede apreciar en el diagrama N.1 de líneas férreas. A continuación mencionaremos cuáles son y que función desempeñan en el control del tráfico :

- 1-A, Controla la salida de los trenes cargados de la tolva B hacia la locación 2.
- 1-B, Controla la salida de los trenes cargados de la tolva C hacia la locación 2.
- 1RA, Controla la salida de los trenes cargados de los niveles de carguío directo 3205 y 3220 SE hacia la locación 2.
- 2RB, Controla la salida de los trenes cargados del nivel de carguío directo 3235 SE hacia la locación 2.
- 31LAB, Controla la entrada de los trenes vacíos, a la altura del cambio CTC 32, hacia la tolva C, tolva B y niveles de carguío directo 3205, 3220 y 3235 SE.

51LAB, Controla la llegada de los trenes vacíos al cambio CTC 32, lugar donde se forma una cola de entrada a la mina.

Para la locación 5, la más importante de todas por ser la que esta a menudo más congestionada debido a que en ella se encuentran los patios de mantenimiento y servicio de locomotoras (toda esta zona se le conoce como " casa redonda") y de ferrocarril de la sección de mantenimiento de vías, se tienen 9 semáforos que regulan el tráfico en dicho sector (Ver diagrama N.1 de líneas férreas), estos son :

63RCD, Controla la entrada de los trenes cargados que vienen de la mina a la locación 5, en su camino hacia botaderos o chancadora.

- 63RAB, Controla la entrada de los trenes cargados que salen de los niveles altos de carguío directo (Desde el 3250 al 3310 SE) a la locación 5, en su camino hacia botaderos o chancadora.

63LA, Controla la salida de trenes vacíos del botadero 2 a la locación 5.

- 63LB, Controla la salida de trenes vacíos de los botaderos 3 o 4 a la locación 5.

- 63LC, Controla la salida de trenes vacíos del botadero 1 a la locación 5.

- 81LAB, Controla la entrada de los trenes vacíos que vienen de chancadora al grifo de locomotoras, en la línea 7 de casa redonda.

- 65L, Controla la entrada de los trenes vacíos que vienen de la chancadora a la locación 5.

- 67L, Controla la entrada de los trenes vacíos que salen de la línea 7, del grifo, a la locación 5.

- 51RA, Controla la llegada de los trenes vacíos al siguiente semáforo 63RCD, señal donde se concentran los trenes en su paso hacia botaderos o chancadora.

8.1.2 Análisis de la zona de la locación 2

La zona de la locación 2 en conjunto presenta la mayor cantidad de demoras en semáforos, contabilizando 2.98 % del tiempo programado real (399.68'), y dentro de este conjunto el semáforo 31LAB tiene la mayor cantidad de esperas: 1.71 % , le siguen los semáforos 1-B : 0.48 % y 1-A : 0.30 %.

El origen de dichas esperas se debe a que la locación 2 no permite tráfico en doble sentido, por lo tanto los trenes que se dirigen a las tolvas B y C y niveles 3205, 3220 y 3235 tienen que esperar en el 31LAB cuándo sale de la mina un tren cargado. Esto se debe a que el diseño original del CTC no contempló la instalación de la tolva C años después, entonces la locación 2 fue diseñada para tráfico en un solo sentido.

Asimismo los trenes cargados que salen de las tolvas B y C esperan en los semáforos 1-A y 1-B cuando sale otro cargado de los niveles de carguío directo o existen a la vez dos trenes saliendo de las tolvas B y C. La alternativa que se presenta a continuación tiene las siguientes características :

- Adaptación de la locación 2 para permitir el tráfico de trenes en doble sentido y para acortar los " Tracks de seguridad " con excesivas distancias como el existente entre los semáforos 1-A y 51RA.
- Instalación de una línea férrea adicional a la entrada de la tolva C para liberar el tráfico hacia la tolva B del tráfico de los niveles de carguío directo.
- Diseñar dicha línea en tal forma que en ella puedan esperar los trenes que salen cargados de las tolvas B y C, haciendo uso del semáforo 31RA.
- Instalación de una línea de espera en el nivel 3205 para que los trenes vacíos que se dirigen a dicho nivel esperen en dicha línea y no en el semáforo 31LAB como sucede ahora.

Se presenta en el plano # 1 la zona que comprende la locación 2 y la entrada a la tolva C, escala 1:1,000 con las alternativas mencionadas dibujadas.

8.1.3 Análisis de la zona de la locación 5 y botaderos

La zona de la locación 5 es la segunda en presentar mayores demoras con respecto al tiempo programado real : 2.78 %. De este conjunto el semáforo 63RCD tiene las mayores esperas : 1.04%, seguido de los semáforos 63LC : 0.49%, 63LA : 0.42% y 63LB 0.37%, todos estos situados en botaderos.

Las esperas se originan debido a que a menudo los trenes cargados que se dirigen a Botaderos o Chancadora tienen que esperar en el 63RCD cuando sale un tren de botaderos usando la línea de carga para poder cruzar hacia la línea de vacíos y dirigirse a la mina. Asimismo las esperas en semáforos de botaderos suceden cuando existen dos o más trenes para salir de dicha zona o cuando por

las líneas principales de vacíos y carga esta circulando en tren que impide al tren del botadero poder salir.

La alternativa de modificación del diseño de vías tiene las siguientes características :

- Adaptar al sistema CTC de tal forma que permita dar luz verde al semáforo 63RCD cuando estén saliendo trenes de botaderos 3 y 4 de tal forma que permita el ingreso de un tren al botadero 1 al mismo tiempo sin peligro de choque.
- Unificar la entrada a los botaderos 1 y 2 por el cambio CTC 71 y regular la salida de los mismos usando solo el 63LC eliminando el uso del CTC 72 y de la señal 63LA, de esta manera se tendría opción de ingreso a botaderos 1 y 2 a partir del 71 y a botaderos 3 y 4 a partir del cambio CTC 70.

Modificación del diseño de líneas en botaderos con proyección futura de acuerdo al crecimiento de los botaderos, agrupando por cercanía a los botaderos 1 y 2, y en otro grupo a los botaderos 3 y 4.

Instalación de líneas de espera para los dos grupos de botaderos mencionados de tal forma que el tren espere en dichas líneas cuando estén siendo ocupados los botaderos, y no en el semáforo 63RCD como sucede actualmente, retrasando a un posible tren que va a chancadora en el semáforo 51RA.

- Reubicación de la señal 63RCD una longitud de un tren aproximadamente, hacia el sur, cerca al cambio CTC 62 en la línea de carga, para agilizar el paso de trenes cargados a botaderos y chancadora, reduciendo el tiempo de seguridad del track que regula el cambio de estado de la señal 63RCD.
- Prolongar la longitud y extensión del botadero 1 hacia el NE debajo del antiguo botadero 3250 , donde actualmente se encuentran las instalaciones del proyecto de lixiviación, para asegurar su existencia debido a que por su crecimiento esta próxima la unión con el botadero 2.

Se presenta el plano #2 de la locación 5 y botaderos a escala 1:2,000 con las alternativas expuestas dibujadas.

8.1.4 Simulación del tráfico de trenes considerando las modificaciones expuestas

Una vez que las consultas acerca de la factibilidad de implantación de las propuestas arriba mencionadas fueron absueltas por los técnicos y supervisores especialistas en vías férreas, se procedió a comprobar la eficacia de las alternativas utilizando en primer lugar técnicas de simulación por computadora para modelar el tráfico de los trenes en cada locación 2 y 5 por separado.

8.1.4.1 El lenguaje de simulación de propósitos generales GPSS

Para la elaboración de los modelos de simulación se utilizó el lenguaje de simulación GPSS (General Purpose Simulate System) o Sistema de simulación de propósitos generales que se caracteriza por no ser un lenguaje de procesos línea por línea como son los más comunes usados para programar microcomputadoras, tales como : BASIC, PASCAL, C, FORTRAN, etc. Si no más bien por ser un lenguaje de bloques y por lo mismo una herramienta extremadamente versátil para la elaboración de modelos.

Usando una de las más recientes versiones del GPSS, el ingeniero de minas puede construir modelos de trabajo de las más complejas operaciones mineras en corto tiempo y con sorprendentemente pocos pasos. Además, los programas de computadora pueden ser fácilmente modificados a medida que la mina se expande para responder a cualquier número de preguntas del tipo " Que pasa si ? " que el ingeniero de operaciones se puede formular.

Un modelo de simulación debe representar con precisión y rapidez una situación real de la vida. Como tal no resuelve un problema, es el Ingeniero quien compara muchos modelos de simulación para ver como se comportan al cambiar el valor de algún parámetro. Aunque la discusión ha sido centrada en simular minas a cielo abierto, hay veces que se requiere elaborar modelos para minas subterráneas. En este caso la lógica del programa puede requerir al programador usar algunas de los más sofisticados bloques de programación, pero aún con todo los programas siguen siendo fáciles de elaborar.

El programador de GPSS puede escribir un programa que simule la mina tal como es. Una de las características del GPSS es que sus programas son fácilmente compilados y su ejecución es rápida. El programa para una típica mina mediana puede ser corrido en un computador mainframe en menos de 5 minutos y comúnmente en menos de un minuto. Este caso podría corresponder a un estudio de simulación de un año de duración. Una vez que el modelo de simulación representa con veracidad la mina, el programa puede ser cambiado para responder a preguntas del tipo " Que pasa si?"

Cuando el costo de algunos sistemas de despacho son evaluados, la habilidad para simular el efecto de tales sistemas a un costo solamente de algunos dólares ilustra una de las más usadas aplicaciones en la elaboración de modelos de simulación.

GPSS fue originalmente desarrollado por la IBM en 1,961. Por lo tanto las primeras versiones fueron muy limitadas en cuanto a lo que podían hacer y podían solo correr en computadoras IBM. Asimismo demandaban un extenso tiempo de ejecución. Estas versiones disponían solamente de 25 bloques. Las versiones más modernas tienen cerca de 70 a 80 bloques.

El GPSS hoy es vastamente diferente de las primeras versiones. Ha evolucionado a lo largo de los años de muchas formas. Dos de las más comúnmente usadas formas son GPSS V/S y GPSS/H. Hay versiones disponibles para PCs, siendo la más avanzada la GPSS/PC.

Hay muchas razones por las cuáles el ingeniero de minas no ha usado el GPSS con intensidad, entre ellas podemos mencionar .

- Originalmente el GPSS fue exclusivamente un lenguaje IBM. A menos que una persona tuviera acceso a un computador IBM, no fue posible usarlo.
- Al ingeniero de minas no se le enseña lenguajes de programación de bloques, sino más bien de procesos. Con el advenimiento de la PC esto esta cambiando al usarse la PC en softwares de procesamiento de textos, Base de datos, hojas de cálculo, etc.
- Gente que intento usarlo años atrás se topo con los problemas de sus primeras versiones , muchos de los cuáles han sido corregidos ahora.
- Pocos estudios han sido publicados para indicar su utilidad y poder. Se espera que esta situación cambie pronto.
- Otros lenguajes de simulación han sido creados pero ninguno de ellos logro sobrevivir como lo ha hecho el GPSS. Este ahora es el lenguaje número uno para simulaciones ya que tiene muchas características que lo hacen ideal para los tipos de problemas con que el ingeniero de minas se encuentra.

La mayor desventaja es su aprendizaje. Por ejemplo, es un lenguaje tan diferente del Fortran que un conocimiento de este es de poca utilidad en su aprendizaje. En efecto, la lógica involucrada es tal que hay que empezar por " olvidarse " de la lógica del Fortran.

Los autores estiman que a una persona le tomaría cerca de 40 horas de instrucción para familiarizarse con el lenguaje y estar en la capacidad de escribir un simple pero realista programa GPSS. Hay cerca de 70 u 80 diferentes bloques GPSS y una persona

debería saber al menos la mitad de estos para estar en la capacidad de escribir un programa que simule una mina. Después de otras 40 horas de instrucción, se debería incrementar la familiaridad con casi todos los bloques estándar.

8.1.4.2 Programas de simulación para cada locación

Para la elaboración del programa de simulación del tráfico de trenes en la locación 2 y de acuerdo a las modificaciones planteadas, se necesitó conocer la siguiente información :

Patrón de llegadas de trenes vacíos a la locación 2, específicamente a la señal 31LAB a la altura del cambio CTC 32. Para esto se tomaron datos en el campo sobre la hora de arribo a dicha señal, con los cuáles se calculó dicho patrón y se formulo una función probabilística de mucha utilidad en el programa.

- Los tiempos de retorno de los trenes que arribaron a la locación 2 pero ya cargados desde cada punto de carguío de la mina : Tolvas B y C y Palas de carguío directo : 4, 10 y 11. Este tiempo involucra el tiempo de viaje a cada punto más su tiempo de carguío respectivo.
- Los tiempos de seguridad de los tracks de la locación 2 para las vías de carga y vacíos, por ejemplo el que existe en la vía de carga una vez que el tren ha terminado de pasar por el switch lock 52 . Esta información sirve para estimar con precisión el nuevo tiempo del track propuesto de modo que no pase los límites de seguridad del tráfico.

La lógica del CTC y por lo tanto su comportamiento en la regulación del tráfico . Esto permitió detectar algunas anomalías como la espera de trenes vacíos en la señal 51LAB mientras salen otros cargados de los niveles de carguío directo sin que haya peligro de choque.

El programa de simulación así como los resultados se presentan en el apéndice 1. No haremos una explicación sobre como funciona el programa pero puntualizaremos que el programa se divide en dos partes principales que son las rutinas para trenes vacíos a su arribo a la señal 31LAB y para trenes cargados cuando salen de la mina pasando por la señal 31LAB. Los resultados tienen un formato de salida fijo para todas las sentencias bloques, facilidades, cadenas de usuarios y colas usadas. Precisamente el tiempo promedio de uso de las cadenas de usuarios (Que son dos tanto para trenes vacíos como cargados cuando esperan en los semáforos de la locación 2) en relación al tiempo de simulación considerado (Que puede ser el tiempo programado real de cada guardia), nos da el tiempo perdido en esperas en los semáforos

en dicha locación que será el parámetro que será optimizado por nuestro estudio.

Los resultados de este primer programa considerando las modificaciones a la locación 2 nos da un tiempo total de esperas de 1.70 % del tiempo programado real, logrando rebajarse 1.3 % de dicho tiempo con respecto al valor calculado en base a la toma de tiempo. Esto equivale a 20 minutos menos de esperas.

Para la elaboración del segundo programa de simulación sobre el tráfico de la locación 5 se necesito saber los siguientes datos :

Patrón de llegadas a la señal 63RCD vía de carga. Para esto se realizó una toma de datos en el campo con la cuál se formulo una función probabilística que midió con aleatoriedad en el programa el arribo de trenes a dicha locación.

- El tiempo ahorrado en esperar en la señal 63RCD debido a su reubicación una tramo de longitud de un tren aproximadamente hacia el sur.

Por la misma razón , saber estimar con precision los nuevos tiempos de los tracks de seguridad para los trenes vacíos que salgan de los botaderos 1, 2, 3, 4 y de la chancadora y que lleguen a la locación 5 por la vía de vacíos, esto debido a que su valor esta en función de la ubicación de la señal 63RCD, al reubicarse hacia el sur dicha señal dichos tiempos disminuirán hasta un tiempo óptimo que no trasgreda los límites de seguridad en cuanto a la distancia permisible entre trenes en cualquier vía férrea.

- La nueva ubicación del cambio CTC 72, de la señal 63LC del botadero 1 y la eliminación de la señal 63LA del botadero 2.

La ubicación más apropiada de las líneas de espera para los botaderos 1,2 y 3,4.

- Los tiempos de paso por la señal 63RCD y el tiempo de retorno a dicha señal considerando el tiempo de viaje a los puntos de destino (Botaderos o Chancadora) más su tiempo de descarga en ellos. Para esto se realizó una toma de datos de campo que sirvieron para calcular dichos tiempos y datos adicionales.
- Los tiempos de salida desde las señales de cada botadero y de la señal 65L para los trenes que arriban de la chancadora, hasta terminar de pisar la bota del nuevo track de seguridad para cada caso, datos que serán de mucha utilidad para la ejecución del programa. Estos datos también se estimaron con la toma de datos en el campo.

El programa de simulación así como los resultados se presentan en el apéndice 2. El programa consiste resumidamente en lo

siguiente, para trenes cargados que arriban a la locación hay siete rutinas de trabajo en el programa correspondientes a cada posible punto final : Los cuatro botaderos, las dos líneas de esperas y la chancadora. Para los trenes vacíos que regresan a dicha locación hay solamente tres rutinas que corresponden a los botaderos 1-2, 3-4 y la chancadora. Finalmente se crearon dos cadenas de usuarios para trenes vacíos y cargados que sirven para medir el tiempo total de esperas en los semáforos de dicha locación, parámetro a optimizar por el presente estudio.

Para un tiempo de simulación igual al tiempo programado real de una guardia (399.68´) se obtuvo 2.30 % de dicho tiempo, lo que equivale a 2 minutos menos que el valor obtenido anteriormente.

Los programas de simulación cuantifican el ahorro de tiempo conseguido al introducir las modificaciones en las líneas férreas y en la lógica del sistema, ocasionando una reducción en las demoras por esperas en los semáforos de cada locación. Se hizo una comparación entre los resultados que arrojan los programas de simulación y los obtenidos del monitoreo de campo ambos en función de porcentaje del tiempo programado real.

Los resultados son mostrados a continuación en el cuadro XIX.

CUADRO XIX

COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE SIMULACION Y DATOS DE CAMPO

Nota : Los porcentajes se refieren a la porción del tiempo real de una guardia que se pierde por espera en todos los semáforos de cada locación.

LOCACION	SIMULACION	DATOS DE CAMPO
LOCACION 2	1.70 %	3.00 %
LOCACION 5	2.30 %	2.80 %

8.2 Adaptaciones al sistema CTC y su influencia en el control del tráfico

Las dos alternativas planteadas de modificación del diseño de vías férreas en las locaciones 2 y 5 tienen como base fundamental la realización de algunas adaptaciones al sistema CTC actual. Estas adaptaciones pueden ser desarrolladas por el personal propio de la compañía sin necesidad de contar con técnicos de la empresa fabricante GRS. Para la rápida implementación de dichos trabajos se necesitaría dedicación exclusiva de un supervisor del CTC. Esto es importante debido a que por lo antiguo de la tecnología usada en el CTC los servicios y repuestos (si es que hubieran) del fabricante tendrían un costo elevado, mientras que los técnicos de electricidad mina por la experiencia y conocimiento que tienen al respecto harían un trabajo eficiente y seguro.

8.3 Influencia de la fragmentación del material en el carguío de trenes

8.3.1 Reducción de tiempos de carguío

Al obtenerse una buena fragmentación del material disparado se realiza un menor trabajo en el carguío de dicho material, por lo tanto los tiempos de carguío de volquetes o trenes se realiza con más rapidez y eficiencia.

Como se puede apreciar en el cuadro XII el tiempo de carguío de un tren varía según la alteración que tenga la roca minada. En la zona de Yeso el carguío de los volquetes toma entre 7 y 9 minutos (cuando lo normal es 5). En la Dacita se tienen los mayores tiempos de carguío, entre 90 y 120 minutos por tren, esto debido a la pobre fragmentación que se obtiene al dispararse dicho material como consecuencia del pequeño fracturamiento natural que tiene dicha roca.

Como los planes de minado futuros contemplan trabajar grandes zonas de Dacita en los niveles de carguío directo en el Este de la mina es recomendable mejorar la fragmentación del material ensayando nuevos diseños de voladura utilizando productos de alta tecnología como por ejemplo retardos en el taladro.

8.3.2 Disminución de atoramientos de tolvas y chancadora

Actualmente los paleros tienen la orden de cargar solo las piedras que puedan entrar en el cucharón, esto es cuando el material es mineral y va a ser descargado en una tolva. Esta

acción trae consigo a menudo atoramientos del chute en primera instancia y luego pero menos frecuentes en la chancadora, teniéndose que usar en las tolvas " el picaflor " (tractor D-8 a orugas con una punta de fierro de 15 metros acoplada) para desatorar las piedras que se quedan atascadas en el chute.

Debido a que en la parte baja, lado oeste de la mina existe el yeso en gran extensión y que a medida que la mina se profundice esta alteración ira creciendo en influencia (el material es en mayor parte mineral que será descargado en las tolvas), se deben buscar alternativas para disminuir el tiempo que se pierde en el carguío de trenes en las tolvas por los motivos anteriores, tales como instalar un martillo hidráulico quebrador de piedras en la parte alta de la tolva o utilizar uno movible para que quiebre las rocas en los bancos mismos de la mina (eliminando de esta manera el disparo secundario o mejor dicho el uso del jumbo) en esta zona para que así el material llegue menudo a las tolvas, esto paralelamente al ensayo de nuevos diseños de voladura que optimicen la fragmentación del disparo en las zonas de yeso.

8.4 Mantenimiento preventivo de vías férreas

El mal estado de una vía férrea en general aparte de ocasionar principalmente descarrilamientos trae consigo, y en forma indirecta lo más indirecta, la consiguiente pérdida de producción al interrumpirse la continuidad de las operaciones; El mal estado de una vía con que se topa a menudo el trabajo de operaciones, puede consistir en línea abierta, rieles rotos o quebrados, líneas bajas en botaderos y niveles de carguío directo, sapo del cambio desmochado, cambios manuales que no pegan la lengua completamente, formación de codos a lo largo de las vías, etc.

En los botaderos para disminuir el deterioro y hundimiento de las líneas, se debe realizar un relleno constante de las líneas secundarias a lo largo del área de descarga, más aún cuando ya se esta empezando a lixiviar en dichos terrenos. A lo largo de las vías principales se debe realizar un mantenimiento diario por una cuadrilla de la sección de mantenimiento de vías, por ser estas las más importantes en cuánto a que conducen a los trenes hacia la mina o los puntos de descarga, paralelamente a esto otro grupo debe hacerle mantenimiento a todos los cambios manuales que hay en la mina.

8.5 Utilización de equipos auxiliares

Debido a la baja disponibilidad de los tractores DW-20 y DW-950 se tienen problemas en la programación diaria de trabajo de estos equipos en la mina. Actualmente se asigna un DW-20 para limpiar las líneas de las dos tolvas lo que hace su trabajo ineficiente por la distancia que tienen que desplazarse continuamente. Para mejorar esta situación se puede ser uso de un D-8 mecánico de mantenimiento de vías para que trabaje fijo en la tolva C y para la tolva B y palas cercanas asignar otro equipo auxiliar.

8.6 Mejoramiento de líneas secundarias

Para optimizar el rendimiento de trenes y elevar la producción en los niveles de carguío directo se recomienda que las líneas de espera se instalen lo más hacia el norte posible (lo más cercano a las palas), para evitar mucho tiempo de espera de los trenes. Esto estará condicionado a los planes de minado futuros que establecerán si existen zonas en dichos niveles hacia el SE con cresta final que permitan mover las líneas de espera. Actualmente esta espera representa 1.68 % del tiempo programado real.

8.7 Mejoramiento del mantenimiento y utilización de locomotoras

Se debe realizar paulatinamente un "overhaul" mecánico y eléctrico total de todas las locomotoras que forman la flota debido a que una vez finalizados los niveles de carguío directo del lado SE de la mina, se trabajarán con tren los niveles 3205 y 3190 como una forma de maximizar el uso de los trenes que empezarán a sobrar cuando se termine el nivel 3220 SE, hasta que se ponga en operación la nueva tolva E, por consecuencia en el futuro los trenes tendrán que hacer un trabajo mayor al realizar el acarreo, principalmente subiendo cargados las rampas de 1.5 % de pendiente que irán a la tolva E lo que demandará un buen estado de las máquinas.

Actualmente en la operación diaria de la mina es frecuente que se malogren las máquinas en lugares claves de la mina como son : cargando en las tolvas, en los mismos cruces a nivel lo que interrumpe el tránsito de los volquetes, en las líneas principales, cargando en las palas de carguío directo, descargando en la chancadora, etc. Lo que similarmente a los descarrilamientos trae consigo la pérdida de producción y demanda a menudo llevar otra máquina para remolcar la malograda. Las fallas en su mayor parte son eléctricas tales como : Pérdida de

fuerza, sin aceleración, fallas en el control remoto, luces, etc, y las mecánicas son : fallas en los frenos, pérdida de aceite o agua en el motor, rotura del eje de los truques de las ruedas, rotura de mangueras de frenos, etc. A diferencia de los volquetes que cuando se malogran en cualquier lugar no interrumpen el tránsito de los otros volquetes, los trenes si lo hacen al ocupar las vías férreas lo que ocasiona indirectamente esperas en los otros trenes, por este motivo se debe respetar rigurosamente el mantenimiento preventivo programado de las locomotoras y de los convoyes de vagones para disminuir estas no deseadas situaciones.

8.8 Propuesta para disminuir los tiempos muertos por cambio de guardia

Del cuadro se obtiene que los tiempos de traslado y rancho suman 16.74 % del tiempo total de la guardia, lo que equivale a 80.33 minutos, lo que demuestra que existen 20.33 minutos perdidos por cambio de guardia que se asumen en los reportes diarios de trenes como trabajados. La razón principal de esto se debe a que la operacion de todos los equipos dentro de la mina se paraliza faltando 30 minutos para finalizar todos los turnos; Para mejorar esta situación se plantean dos alternativas Ordenar la paralización de equipos faltando 10 minutos para acabar los turnos implementando a la vez el traslado de las oficinas de la seccion de operaciones a la zona inmediatamente detrás de la tolva C llamada pase T1, lo que permitiría por la cercanía de la nueva ubicación, disminuir la hora de arranque de los equipos de la mina, ya no 25 minutos después de tocado el pito sino entre 5 a 10 minutos.

8.9 Propuesta para la computarización del reporte de operación de trenes

El uso de terminales de cómputo en el despacho de trenes será una extensión y adaptación del uso del sistema Dispatch para administrar y controlar el tráfico de los trenes eficientemente, sobre todo en el reporte de las demoras que sufran las máquinas que permitirá un cálculo preciso de los factores de disponibilidad y utilización de las locomotoras. Asimismo facilitar el trabajo de los despachadores limitándolo a solamente atender las excepciones del sistema Dispatch (reporte por parte del sistema de acciones no debidas o lógicas por parte de los operadores de equipo), la realización de los cambios CTC y semáforos (existe una interfase en el mercado que permite conectar el sistema Dispatch con el CTC que permitiría dejar de lado este trabajo por el despachador, pero que aún no se ha contemplado su compra) y algunos pequeños trabajos adicionales que surgen como consecuencia de la adaptación de este sistema al

control de trenes. De esta forma se dejaría de estar llenando el actual extenso reporte (se presenta al final como anexo # 1) que registra las cargas de los trenes en palas y tolvas, las descargas en botaderos y chancadora y las demoras de los trenes, este ultimo dato en forma ineficiente como ya se menciona, y estar realizando la asignación de destino en base a su experiencia y la disponibilidad existente en los puntos de carguío en un momento dado.

Las máquinas deberán llevar paneles y antenas Dispatch en las locomotoras (las tolvas también) lo que permitirá registrar el carguío eficientemente, tal como se hace para el caso de los volquetes, y una vez terminada esta acción la asignacion de destino o punto de descarga aparecerá en el panel. Como el viaje de salida de la mina los maquinistas lo hacen en el caboose (extremo vagón opuesto a la máquina) el registro de llegada y descarga lo hará manualmente el despachador (por no tener panel dispatch los cabooses), una vez que se reporten disponibles los trenes en los puntos de descarga aparecerá su nueva asignación y se recobrará la continuidad del tráfico en la mina.

El registro de cargas, descargas y demoras se almacenarán en bases de datos propias del sistema Dispatch a las cuáles se tendrá acceso rápido en cualquier momento. Asimismo se tendrá la ubicación exacta de los trenes debido al registro de posición que emitan los "beacons" (antenas de paneles solares) al paso de los trenes por dichas antenas.

8.10 Proyección de rendimientos de acarreo con optimización

Basándonos en el rendimiento del equipo presentado en el cuadro VII, se determinó el número de guardias que se necesitan para mover el tonelaje presentado en los planes de minado para niveles de carguío directo y tonelaje transferido a tolvas mediante una simple división, para luego obtener el número de unidades requeridas según las guardias proyectadas y teóricas que deberá trabajar cada una de las unidades de trenes de acuerdo al tiempo calendario a ser considerado.

Al plantear las alternativas de optimización anteriores se hace necesario hacer una estimación proyectada del nuevo rendimiento de trenes y su requerimiento en los próximos años.

Las alternativas de optimización mencionadas deben generar un ahorro en el tiempo programado real (399.68'), por lo tanto este

ahorro podemos cuantificarlo en forma conservadora en dos alternativas que son presentadas en los cuadros XXII y XXIII.

Cabe señalar que la alternativa 1 es más factible de materializar en el campo que la alternativa 2 que incluye dentro de su esquema general de operaciones a optimizar, la fragmentación de material, el cambio de guardia y el tiempo de servicio que no están consideradas en la primera alternativa. Esto debido a que rebajar tiempos en dichas actividades es difícil, en el primer caso por razones geológicas y en los casos restantes por malos hábitos de los operadores de las máquinas.

Cada una de estas dos alternativas de optimización generan distintos rendimientos de trenes los cuáles se presentan en los cuadros XX y XXI.

De los resultados anteriores los rendimientos promedio optimizados de trenes en Tn/Turno-Tren serán los presentados en el cuadro XXIV.

8.10.1 Análisis comparativo de rendimientos con necesidades de planes de minado

La comparación de los rendimientos actuales que tienen los trenes con los planes de minado a largo plazo para los próximos años arroja el cálculo de las unidades requeridas de trenes en las condiciones operativas actuales y utilizando los rendimientos optimizados mostrados en el cuadro XXIV se obtendrán obviamente otros resultados.

Para el cálculo de requerimiento de trenes a futuro nos hemos basado en la serie de minado Tolva E que elimina la utilización de fajas transportadoras e incide más en la utilización de los trenes al disminuir el tonelaje de carguío directo. Por esta razón se diseñó la construcción de la tolva E en el nivel 3166 y una vía férrea de acceso en rampa para los trenes en forma de espiral con pendiente de 1.5 %, a partir del NW de la mina a partir de la prolongación de la línea de la tolva B por el norte.

C U A D R O X X

CICLOS DE TRABAJO DESDE PUNTOS DE CARGUIO A PUNTOS DE DESCARGA SEGUN LA ALTERNATIVA # 1
(PROMEDIOS FINALES)

PUNTOS DE CARGUIO	MATERIAL	PUNTOS DE DESCARGA	T I E M P O S (M I N U T O S)				CICLO TOTAL	TI. UTIL / GUARDIA	VIAJES TURNO	TNS./ CARRO	TNS./ TURNO
			CARGUIO	V.-BAJADA	DESCARGA	V.-SUBIDA					
TOLVA B	ORE	CHANCADORA	7.6	24.2	11.1	23.5	66.4	318.45	4.796	73.6	4588.75
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	21.6	7.5	19.8	56.5	318.45	5.636	73.6	5392.80
TOLVA C	ORE	CHANCADORA	7.6	16.2	11.1	16.2	51.1	318.45	6.232	73.6	5962.68
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	15.8	7.5	15.0	45.9	318.45	6.938	73.6	6638.19
TOLVA E (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	7.6	38.5	11.1	34.9	92.1	318.45	3.458	73.6	3308.28
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	35.9	7.5	31.2	82.2	318.45	3.874	73.6	3706.73
<hr/>											
NIVEL 3205	ORE	CHANCADORA	65	21.7	11.1	28.0	125.8	318.45	2.531	68.5	2254.21
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.9	7.5	21.2	134.6	318.45	2.366	68.5	2106.83
NIVEL 3220	ORE	CHANCADORA	65	20.4	11.1	24.4	120.9	318.45	2.634	68.5	2345.57
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	19.2	7.5	21.7	133.4	318.45	2.387	68.5	2125.79
NIVEL 3235	ORE	CHANCADORA	65	22.5	11.1	25.0	123.6	318.45	2.576	68.5	2294.33
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.8	7.5	25.2	138.5	318.45	2.299	68.5	2047.51
NIVEL 3250	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	25.5	125.6	318.45	2.535	68.5	2257.80
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	20.0	129.8	318.45	2.453	68.5	2184.74
NIVEL 3265	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	318.45	2.448	68.5	2179.71
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	21.4	131.2	318.45	2.427	68.5	2161.43
NIVEL 3280 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	28.0	128.1	318.45	2.486	68.5	2213.74
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.0	7.5	21.5	134.0	318.45	2.376	68.5	2116.27
NIVEL 3295 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	23.0	11.1	27.0	126.1	318.45	2.525	68.5	2248.85
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.0	136.0	318.45	2.342	68.5	2085.15
NIVEL 3310 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	318.45	2.448	68.5	2179.71
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.5	136.5	318.45	2.333	68.5	2077.51

RENDIMIENTO CARGUIO TOLVAS : 5645.60
RENDIMIENTO CARGUIO DIRECTO : 2179.95
RENDIMIENTO PROMEDIO FINAL : 3912.77

C U A D R O X X - A

UNIDADES REQUERIDAS DE TRENES SEGUN ALTERNATIVA # 1

CALCULO OPERATIVO	1992	1993	1994	1995	1996-2000	2001-2009
NUMERO DE TURNOS POR UNIDAD	924	930	930	927	4638.0	8353.0
% DE DISPONIBILIDAD	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
GUARDIAS DE TREN X % DISPONIBILIDAD	881.2	886.9	886.9	884.1	4423.3	7966.3
GUARDIAS REQUERIDAS-CARGUIO DIRECTO	4708.5	4904.8	999.9	230.5	697.4	0.0
TRENES REQUERIDOS - CARGUIO DIRECTO	5	6	1	0	0	0
GUARDIAS REQUERIDAS-TRANSFER. TOLVAS	4111.3	4239.7	6011.9	6714.5	29145.6	30819.3
TRENES REQUERIDOS - TRANSFER. TOLVAS	5	5	7	8	7	4
TOTAL DE TRENES REQUERIDOS	10	11	8	8	7	4

CUADRO XXI

CICLOS DE TRABAJO DESDE PUNTOS DE CARGUIO A PUNTOS DE DESCARGA SEGUN LA ALTERNATIVA 2
(PROMEDIOS FINALES)

PUNTOS DE CARGUIO	MATERIAL	PUNTOS DE DESCARGA	T I E M P O S (M I N U T O S)				CICLO TOTAL	TI. UTIL / GUARDIA	VIAJES TURNO	TNS./ CARRO	TNS./ TURNO
			CARGUIO	V.-BAJADA	DESCARGA	V.-SUBIDA					
TOLVA B	ORE	CHANCADORA	7.6	24.2	11.1	23.5	66.4	338.45	5.097	73.6	4876.94
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	21.6	7.5	19.8	56.5	338.45	5.990	73.6	5731.49
TOLVA C	ORE	CHANCADORA	7.6	16.2	11.1	16.2	51.1	338.45	6.623	73.6	6337.16
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	15.8	7.5	15.0	45.9	338.45	7.374	73.6	7055.10
TOLVA E (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	7.6	38.5	11.1	34.9	92.1	338.45	3.675	73.6	3516.06
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	7.6	35.9	7.5	31.2	82.2	338.45	4.117	73.6	3939.53
NIVEL 3205	ORE	CHANCADORA	65	21.7	11.1	28.0	125.8	338.45	2.690	68.5	2395.78
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.9	7.5	21.2	134.6	338.45	2.514	68.5	2239.15
NIVEL 3220	ORE	CHANCADORA	65	20.4	11.1	24.4	120.9	338.45	2.799	68.5	2492.88
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	19.2	7.5	21.7	133.4	338.45	2.537	68.5	2259.29
NIVEL 3235	ORE	CHANCADORA	65	22.5	11.1	25.0	123.6	338.45	2.738	68.5	2438.43
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.8	7.5	25.2	138.5	338.45	2.444	68.5	2176.10
NIVEL 3250	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	25.5	125.6	338.45	2.695	68.5	2399.60
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	20.0	129.8	338.45	2.607	68.5	2321.95
NIVEL 3265	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	338.45	2.601	68.5	2316.60
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	17.3	7.5	21.4	131.2	338.45	2.580	68.5	2297.18
NIVEL 3280 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	24.0	11.1	28.0	128.1	338.45	2.642	68.5	2352.77
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	20.0	7.5	21.5	134.0	338.45	2.526	68.5	2249.18
NIVEL 3295 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	23.0	11.1	27.0	126.1	338.45	2.684	68.5	2390.09
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.0	136.0	338.45	2.489	68.5	2216.10
NIVEL 3310 (PROYECCION)	ORE	CHANCADORA	65	25.0	11.1	29.0	130.1	338.45	2.601	68.5	2316.60
	LEACH/WASTE	BOTADEROS	85	21.5	7.5	22.5	136.5	338.45	2.479	68.5	2207.98

RENDIMIENTO CARGUIO TOLVAS : 6000.17
RENDIMIENTO CARGUIO DIRECTO : 2316.86
RENDIMIENTO PROMEDIO FINAL : 4158.51

C U A D R O XXI-A

UNIDADES REQUERIDAS DE TRENES SEGUN ALTERNATIVA #2

CALCULO OPERATIVO	1992	1993	1994	1995	1996-2000	2001-2009
NUMERO DE TURNOS POR UNIDAD	924	930	930	927	4638.0	8353.0
% DE DISPONIBILIDAD	95.37	95.37	95.37	95.37	95.4	95.4
GUARDIAS DE TREN X % DISPONIBILIDAD	881.22	886.94	886.94	884.08	4423.26	7966.26
GUARDIAS REQUERIDAS-CARGUIO DIRECTO	4430.23	4614.98	940.86	216.86	656.14	0.00
TRENES REQUERIDOS - CARGUIO DIRECTO	5	5	1	0	0	0
GUARDIAS REQUERIDAS-TRANSFER. TOLVAS	3868.38	3989.12	5656.62	6317.71	27423.27	28998.05
TRENES REQUERIDOS - TRANSFER. TOLVAS	4	4	6	7	6	4
TOTAL DE TRENES REQUERIDOS	9	9	7	7	6	4

CUADRO XXII

ALTERNATIVA 1

Optimización	% Ahorro TP. real	Tiempo (Minutos)
Locación 2	1.30 %	5.2
Locación 5	0.50	2.0
Equipos auxiliares	1.95	7.8
Líneas secundarias	1.50	6.0
T O T A L	5.25 %	21.0

CUADRO XXIII

ALTERNATIVA 2

Optimización	% Ahorro TP. real	Tiempo (Minutos)
Locación 2	1.30 %	5.2
Locación 5	0.50	2.0
Fragmentación material	2.50	10.0
Equipo auxiliar	1.45	5.8
Cambio de guardia	1.25	5.0
Tiempo de servicio	1.75	7.0
Líneas secundarias	1.50	6.0
T O T A L	10.25 %	41.0

CUADRO XXIV

RESUMEN DE RENDIMIENTOS OPTIMIZADOS EN TN/TURNO-TREN

	Carguío directo	Transferencia	Promedio
Actual	2,036.19	5,273.31	3,654.75
Alternativa 1	2,179.94	5,645.60	3,912.77
Alternativa 2	2,316.85	6,000.17	4,158.51

8.10.1.1 Distribución de tonelaje por transferencia a cada tolva

Para distribuir los tonelajes de transferencia a las diferentes tolvas que estarán en operación los años futuros nos hemos basado en el plan de utilización de tolvas hasta el fin de la mina y la cuantificación de los tonelajes en datos estadísticos-históricos de Mineral, Leach y Desmote salidos de las tolvas B y C. Los tonelajes se agruparon por niveles según la proximidad a las tolvas, esta información se obtuvo de los planes de minado.

La utilización de tolvas y distribución de tonelajes para años futuros se ha estimado de la siguiente manera :

CUADRO XXV

UTILIZACION DE TOLVAS Y DISTRIBUCION DE TONELAJES PARA LOS PROXIMOS AÑOS

TOLVAS	1992		1993		1994		1995		96-2000		2001-09	
	O	L/W	O	L/W	O	L/W	O	L/W	O	L/W	O	L/W
TOLVA B	80%	25%	80%	25%	15%	20%	--	--	--	--	--	--
TOLVA C	20	75	20	75	5	70	10%	80%	15%	80%	40%	60
TOLVA D	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	60	40
TOLVA E	--	--	--	--	80	10	90	20	85	20	--	--

8.10.2 Requerimiento de trenes a futuro

Basándonos en los rendimientos de equipos actuales y los calculados considerando las alternativas de optimización ya presentadas (ver cuadro XXIV) se obtienen los resultados presentados en el cuadro XXVI que muestra el número de unidades requeridas de trenes para los años futuros. Hay que precisar que los rendimientos en los niveles de carguío directo para los próximos años deben ser mejorados debido a que el minado directo se concentrará hacia el sur a medida que el norte se va finalizando. Esto no solo traerá como consecuencia una reducción de distancias, sino que el material se vuelve mucho más favorable.

CUADRO XXVI

REQUERIMIENTO DE TRENES EN LOS PROXIMOS AÑOS SEGUN RENDIMIENTOS VARIABLES

Rendimiento	1992	1993	1994	1995	96-2000	2001-09
Actual	11	11	8	8	7	4
Alternativa 1	10	11	8	8	7	4
Alternativa 2	9	9	7	7	6	4

8.10.3 Análisis de operación de la futura Tolva E

Para estimar los tiempos de viaje tanto de salida (bajada) como de entrada (subida) con respecto a la futura tolva E se realizó una toma de tiempos en el campo que midió el tiempo promedio de subida de los trenes estando cargados con 13 vagones completos tal como se usan en la operación diaria de la mina. Esta medición se realizó en las dos únicas rampas que hay en la mina donde los trenes suben cargados las cuáles son la rampa que va del nivel 3205 Norte (tolva B) hacia el 3220 Sur oeste (tolva C) con pendiente de 1.2 % y la rampa de salida que va desde el nivel de carguío directo 3205 Sur este hasta el grifo 1 con pendiente de 1.05 %.

Al igual que en cualquier tolva los tiempos de carguío serán iguales para el caso de la tolva E, de igual forma los tiempos de descarga tanto en botaderos como chancadora para los trenes que salgan de dicha tolva, pero los tiempos de viaje a dicha tolva variarán. Se considera que la nueva rampa de acceso será de doble vía con pendiente de 1.2 % y tendrá las mismas características de la vía doble existente en la tolva B. Por lo tanto de acuerdo a esto y al diseño hecho para la nueva tolva, los nuevos tramos a considerar son :

D1 : Distancia del chute E hacia el cambio de salida : 205 mts.

D2 : Dist. desde el cambio hasta el inicio del espiral: 500 mts.

D3 : Distancia total del espiral hasta paso nivel TB : 2300 mts.

D4 : Distancia de paso nivel TB a cambio salida TB : 200 mts.

Para tener una idea de la magnitud de la nueva distancia hacia la tolva E como distancia de acarreo puntualizaremos que la distancia de la rampa que va desde la tolva B a la tolva C tiene

1,115 metros solamente. Entonces con los actuales rendimientos los trenes que salgan cargados de la futura tolva E hacia la chancadora demorarán 38.5 minutos aproximadamente en llegar y para aquellos que vayan a botaderos 36 minutos. Para trenes vacíos que salgan de chancadora y vayan a la tolva E les tomará 34 minutos llegar y para aquellos que salgan de botaderos 31 minutos. Entonces el número de viajes que podrán realizar serán de 3.2 y 3.6 a chancadora y botaderos respectivamente, los rendimientos para estos casos se estima que serán de 3,090 y 3,462 Tn/turno considerando las condiciones operativas actuales.

8.11 Análisis económico de la ejecución de alternativas

Para la ejecución de las alternativas de optimización sugeridas se siguió el mismo método de evaluación, presentando la siguiente información :

- Material nuevo necesario.
- Material total en movimiento.
- Número de cambios a construir e instalar.
- Tiempo de duración de los trabajos.
- Movimiento de tierras a realizar. (*)
- Cronograma tentativo de trabajo.
- Diagrama de ruta crítica.
- Número de botaderos que se encuentran utilizables, a medida que se desarrollan los trabajos.
- Tiempo durante el cuál Operaciones deberá trabajar solo con un número limitado de botaderos.

(*) Los datos de movimiento de tierras son aproximados por falta de información de detalle

Las alternativas propuestas muestran la siguientes ventajas:

- Reducirían las demoras en el semáforo 63 RCD pues en dicho semáforo se concentran una gran parte de las demoras de esperas (esta ubicado al norte del pase de camionetas T1). Esto se debe por tener que esperar el tren que sale de los botaderos 2,3 y 4 y cruce a la línea de vacío no permitiendo usar algún botadero libre de los antes nombrados.

- Independiza los botaderos en dos zonas:

zona 1 botaderos 1,2.
zona 2 botaderos 3,4.

Lo cual disminuye las demoras en los semáforos y reduce la posibilidad de perder accesibilidad en todos los botaderos cuando ocurra un descarrilamiento en dicha zona.

Opcionalmente se puede unir las dos zonas con un cambio (de emergencia) desde el botadero 2 al 3 (No es mostrado en los planos).

Se traslada la espuela de espera del botadero 3 más al sur, permitiendo que el tren que ingresa al botadero 3 o 4 tenga visibilidad de los dos botaderos evitando choques.

Además, mantiene la espuela de balastro en su lugar original, sin embargo, es necesario hacer demasiado trabajo de corte del terreno.(el cual puede aumentar cuando se tenga los perfiles verdaderos).

- En todas las alternativas se está considerando mover alrededor de 50,000 m3 de material (corte + relleno) y una duración estimada según el cronograma de 50 días de trabajo (incluyendo domingos).

Es necesario obtener de 150 a 250 paneles según la alternativa a escoger para repararlos aparte de aquellos que serán recuperados y reparados en el transcurso de los trabajos.

8.11.1 Recomendaciones

- 1.- Se debe realizar los rellenos respectivos lo antes posible, pues éstos amplían el tiempo de los trabajos. (Ver cuadro XXIX).
- 2.- Construir los cambios necesarios para la alternativa a escoger, pues éstos amplían el tiempo de los trabajos. (Ver cuadro XXX).
- 3.- Coordinar con el departamento de Telecomunicaciones para estudiar las modificaciones en el CTC y puedan abastecerse del material necesario.

8.11.2 Requerimientos de elementos de vías férreas

Para la realización de las alternativas de modificación de líneas es necesario la ejecución de 20 actividades que durarán aproximadamente 41 días, serán necesarios 232 paneles nuevos y 5 cambios nuevos y se colocarán en total 288 paneles.

Esta alternativa considera mover 42858 metros cúbicos de material, lo que equivalen a 23 días de trabajo de tractores y/o 9 días de trabajo de palas.

8.11.2.1 Parámetros de trabajo

a.- Recursos

Mantenimiento de Vías.	Construcción	Operaciones
- 2 Cuadrillas de Trabajo de 8 hombres cada una.	- 2 Tractores	- 1 Pala
- 1 Grúa		- 4 Volquetes
- 2 Tractores.		
- 1 Turno	- 2 Turnos	- 3 turnos

b.- Rendimientos

Pala	:	4415 Tons/turno.
Volquete	:	1239 Tons/turno.
Tractor	:	450 M3/turno.
Reparación de Paneles	:	14/turno.*
Construcción de Paneles	:	5/turno.
Colocación de Paneles	:	40/turno.
Retiro de Paneles	:	40/turno.
Construcción/reparración de cambios	:	0.5/día

* Se considera además que de todos los paneles recuperados solo el 50 % puede volverse a utilizar.

CUADRO XXVII

REQUERIMIENTOS DE MATERIAL PARA LA ALTERNATIVA PROPUESTA

ZONA	DISTA NCIA	PANEL ES	RIEL ES	PLANC. PLANAS	PLANC. OREJAS	CLAVOS	PERNOS	ECLI SAS	DURMI ENTES
B-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-2	400	34	68	68	1360	2924	544	68	714
B-3	700	59	118	118	2360	5074	944	118	1239
ESPU. B3	300	26	52	52	1040	2236	416	52	546
BALASTRO	400	34	68	68	1360	2924	544	68	714
B-4	1600	135	270	270	5400	11610	2160	270	2835
TOTAL	3400	288	576	576	11520	24768	4608	576	6043

CUADRO XXVIII

NUMERO DE CAMBIOS Y SEMAFOROS A REUBICAR

ZONA	TIPO	NUMERO	OBSERVACIONES
B1-B2	ELECTRICO	1	NUEVO
B3 ESPU.	DE 1 GOLPE	1	NUEVO
ESPU.B3	DE 1 GOLPE	1	NUEVO
ESP.BAL.	DE 1 GOLPE	1	NUEVO
B3-B4	MANUAL	1	NUEVO
B1	SEMAFORO	1	REUBICAR
B2	SEMAFORO	1	REUBICAR
B3 ESPU.	SEMAFORO	1	REUBICAR

NOTAS : ESPU. = ESPUELA, BAL. = BALASTRO
 B = BOTADERO

CUADRO XXIX

MOVIMIENTO DE TIERRAS NECESARIO A SER EJECUTADO *

ZONA	VOLUMEN RELLENO (M3)	VOLUMEN CORTE (M3)	VOLUMEN TOTAL (M3)	DIAS DE TRACTOR (EQUIV.)	DIAS DE PALA (EQUIV.)
B1	3,060		3,060	2	1
B2	3,060		3,060	2	1
B3	1,935	851	2,786	2	1
B4	23,085	7,087	30,172	15	5
BALASTRO	3,780		3,780	2	1
TOTAL	34,920	7,938	42,858	23	9

CUADRO XXX

REDUCCION PROYECTADA DE COSTOS SEGUN ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Alternativa	Rendimiento Tn/Turno	Incremento (Tm)	Tonelaje adicional	Nuevo costo
Alternativa 1	3,913	258	1'919,520	0.077
Alternativa 2	4,158	504	3'749,760	0.072

CUADRO XXXI

DETALLE DE ACTIVIDADES DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

CLAVE	ACTIVIDADES	TIEMPO (DIAS)	MATERIAL ACTIVIDAD	MATERIAL NUEVO	# BOT OK	PERIODO BOT OK
CONSTRUCCION						
A	BOTADERO 1	2				
B	BOTADERO 2	2				
C	BOTADERO 3	2				
D	BOTADERO 4 A PUNTO B	4				
E	BOTADERO 4 'B'- COLA	11				
D1	ESPUELA BALASTRO	2				
FERROCARRIL						
F	CONSTRUIR CAMBIOS	10	5C			
G	CONSEGUIR PANELES	17	232P			
H	COLOCAR C2	1	1C +26P	1C +26P	4	1
I	RETIRO B-2 Y C34	1	17P	1C +43P	3	1
J	COLOCAR B-3	1	1C +35P	2C +78P	4	1
K	ESPUELA B-3	1	2C +18P	4C +96P	4	1
L	EMPATAR B-3	1	1C+ 24P	5C +120P	3	1
M	RETIRO B-3	1	(57P)	5C +120P	4	1
N	RETIRO B-4 A PUNTO 'B'	2	(59P)	5C +120P	3	19
O	REPARACION	4	(116P)	5C +120P	3	19
P	COLOCAR ESP. BALASTO	1	37P	5C +120P	3	19
Q	COLOC. B-4 A PUNTO 'B'	1	59P	5C +158P	3	19
R	COLOC. PUNTO 'B'-COLA	2	74P	5C +232P	3	19
S	RETIRO PUNTO B -TODO	3	(121P)	5C +232P	3	3
TOTAL DE DIAS :		69				

NOTAS : C = CAMBIO , P = PANELES

8.11.3 Incidencia en los costos de acarreo

Los costos unitarios promedio anuales en el acarreo por trenes son de 0.026 US\$/Tn-milla y/o 0.082 US\$/Tn acarreada, representando este costo un 20 % del costo total de la mina aproximadamente a un rendimiento actual de 3,654.75 Tn/Turno. Siendo el costo por Locomotora y por turno de 179.67 US\$/Turno-Tren.

Haciendo en análisis moderado de la incidencia de la optimización del rendimiento en los costos unitarios según las alternativas propuestas, tomaremos en cuenta primeramente el rendimiento proyectado con la alternativa 1 que es de 3,913 Tn/Turno (Ver

cuadro XXIV), de esta forma habría un incremento de 258 Tn/Turno producidas. **Manteniendo el gasto operativo constante** (que puede ser rebajado también como una consecuencia directa del estudio) y al incrementarse el tonelaje acarreado el costo unitario disminuirá. Haciendo un calculo de esta reducción consideramos que se hacen 620 Turnos-Tren/Mes (dato estimado en base a resultados históricos) entonces tendremos 1'919,520 Tn/Año adicionales a los 27'600,000 Tm que se acarrean anualmente en promedio, y que representan un 6.9 % adicional. Finalmente como el gasto operativo se asume que es constante el nuevo costo estimado será de 0.077 US\$/Tn acarreada.

Considerando la alternativa 2 con un rendimiento proyectado de 4,158 Tn/Turno y siguiendo el mismo análisis como en el caso anterior se tendrá un proyectado costo unitario de 0.072 US\$/Tn acarreada. Los resultados son presentados en el cuadro XXX.

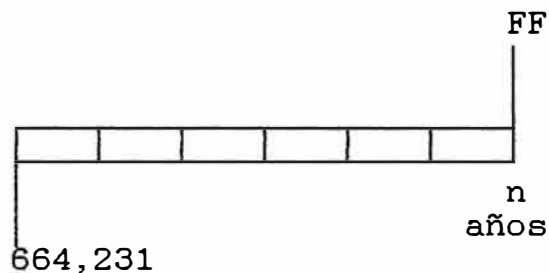
8.11.4 Análisis de la inversión

El trabajo requerido de Mantenimiento de vías, construcción y operaciones para la ejecución de los proyectos (Movimiento de tierras, instalación de líneas, supervisión, etc), **no será considerado como una inversión** puesto que será llevado a cabo por personal estable de la compañía, paralelamente a los trabajos que deban desarrollar diariamente en la mina.

El inversión residirá entonces en el costo del material nuevo a adquirir que suma US\$ 664,231 (Ver cuadro XXXII basado en el cuadro XXVII). Además como los proyectos considerarán la construcción de nuevas líneas secundarias, el material nuevo se complementará con el recuperado de los niveles finales de carguío directo y de cambios de línea en botaderos o niveles.

- Análisis de la alternativa 1 :

- Ahorro en costo unitario = 0.082 - 0.077 = 0.0053 \$/TM
- Ahorro anual = 0.0053 x (27'600,000 + 1'919,520)
Ahorro anual = \$ 158,082.42
- Cálculo del período de recuperación de la inversión :
Parámetros : Tasa de interes = 10 %, FF= \$ 158,082.42

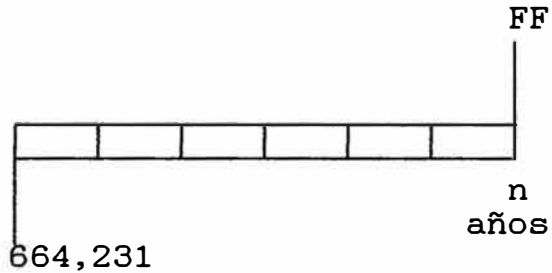


$$FF \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} = 664,231$$

Resolviendo la ecuación obtenemos que el período de recuperación es de 5.7 años.

- **Análisis de la alternativa 2 :**

- Ahorro en costo unitario = 0.082 - 0.072 = 0.0122 \$/ TM
- Ahorro anual = 0.0122 x (27'600,000 + 3'749,760)
Ahorro anual = \$ 382,006.16
- Cálculo del período de recuperación de la inversión :
Parámetros : Tasa de interes = 10 %, FF= \$ 382,006.16



$$FF \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} = 664,231$$

Resolviendo la ecuación obtenemos que el período de recuperación es de 2.0 años.

Como se puede apreciar, para la alternativa 1 que es la más moderada y factible de ejecutar, la inversión se recupera en un período de 5.7 años que es aceptable cuando se compara con los 15 años adicionales de vida que tiene la mina.

CUADRO XXXII

COSTO TOTAL DE LOS MATERIALES REQUERIDOS

Nota : Todos los costos están en dólares americanos

Material de FFCC	Unidades	Costo unitario	Costo total
Rieles	576	401*	230,976
Planchuelas planas	576	5	2,880
Planchuelas con orejas	11,520	11	126,720
Clavos	24,768	1	24,768
Pernos	4,608	6	27,648
Eclisas	576	48*	27,648
Durmientes	6,043	37	223,591
Costo total :			664,231

* Se refieren a rieles de 90 Lb/Yd

CAPITULO 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Siendo el sistema de acarreo por Trenes más barato en comparación con el sistema de acarreo por volquetes, es necesario estar siempre buscando, estudiando y sugiriendo cambios y mejoras, con la finalidad de optimizar el rendimiento de los Trenes.
- De la serie de minado presentada y de conformidad con los resultados obtenidos en cuanto a optimización del rendimiento de la Alternativa 1, se concluye que no es factible seguir con los planes de minado para los años 1992-1993 debido al excesivo tonelaje programado en niveles de carguio directo para dichos años : 10'043,073 en 1990 y 9'627,104 en 1991. Cuando la producción histórica en carguio directo ha sido la siguiente :

1987 : 4'611,037 Tns. (2 Palas)
1988 : 5'594,845 (2 Palas)
1990 : 6'500,000 (Proyección : 3 Palas medio año)

Por lo tanto un porcentaje de dicho tonelaje debe ser distribuido en el año 1992 donde el tonelaje de carguio directo disminuye ostensiblemente.
- Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que la vía férrea actual no está saturada, perdiéndose en esperas en semáforos 5.8 % del tiempo programado real de la guardia. En Cuajone en 1984 , en esperas en semáforos se llegó a perder 13.18% del tiempo programado.
- El rendimiento promedio actual de Trenes es de 3,688.23 Tn/Turno-Tren.
- El material de carguio directo que no sea mineral proveniente de los niveles altos, desde el 3250 al 3310 deberán botarse en el botadero 3250 ó similares , y de los niveles bajos en los botaderos 1, 2, 3 y 4, debido a la lentitud con que suben los Trenes por la rampa T-6.
- El tiempo actual de espera promedio para trenes es de 18.06 % del tiempo programado real.
- Las demoras ocurridas en semáforos equivalen al tiempo máximo de espera optimizable, debido a que estas se presentan casi en su totalidad en semáforos ubicados en las zonas críticas de las locaciones 2 y 5.
- El objetivo principal de instalar la Tolva-E es maximizar el uso de los Trenes y evitar la adquisición de volquetes para un

período de tiempo tan corto, ya que como se puede observar en el cuadro XI, La relación desbroce a mineral es descendente a partir de 1991. Esto se debe a que los niveles superiores de la mina llegan a su límite final de minado por lo que se reduce la cantidad de desmante a moverse.

- A la salida de los Trenes de los niveles de carguío directo en las líneas de espera, a menudo tienen que aguardar a que un supervisor les comuniquen que avancen hasta la próxima señal o continuar. Esto no sucedería si el cabo del Tren tuviese una radio instalada que permitirá al Despacho sacarlo por sí mismo. Esta demora es significativa.
- Como datos comparativos presentamos los resultados porcentuales de actividades y demoras respecto al tiempo programado de la guardia en la operación de Trenes, entre un estudio similar realizado en Cuaajone el año 1984 y el nuestro.

CUADRO XXXIII

COMPARACION DE TIEMPOS DE ACTIVIDADES Y DEMORAS CON MINA CUAJONE

Actividad/Demora	Toquepala	Cuaajone
Demoras Rep. y Mante.	2.50 %	2.00 %
Demoras operativas	23.10	35.60
Viajando	40.20	32.40
Cargando	24.70	24.60
Descargando	9.50	5.40
Tiempo útil/Guardia	297.45´	262.00´
Espera Pala	3.05 %	6.96 %
Espera Tolva	5.51	4.00
Espera Botaderos	0.52	0.58
Espera Chancadora	3.80	9.76
Espera Semáforos	6.08	13.18
Espera Docks	--	1.10
Rendimiento Tn/Turno	3,654.75	3,019.00

CAPITULO 10.- MATERIAL COMPLEMENTARIO

10.1 Apéndices

- Apéndice Nº 1 : Listado del programa LOC2.GPS elaborado en el lenguaje de simulación de propósitos generales (GPSS). Este programa simula el tráfico de trenes por la locación 2.
- Apéndice Nº 2 : Listado del programa LOC5.GPS hecho en GPSS que simula el tráfico de los trenes que pasan por la locación 5.

10.2 Glosario · Palabras técnicas

- Riel : Carril de una vía férrea
- Ferrocarril : Medio de transporte terrestre consistente en un convoy o vehículo, en general, compuesto de locomotora y varios vagones, que circulan sobre dos vías paralelas de hierro.
- Locomotora : Vehículo ferroviario autopropulsado destinado principalmente a remolcar otras unidades.
- Tren : (Ferrocarril) Conjunto formado por una locomotora y los vagones que arrastra.
- Vía férrea : Ferrocarril. Parte del suelo explanado donde se asientan los carriles de un ferrocarril.
- Raíl : Carril de las vías férreas.
- Durmiente : Traviesa de la vía férrea.
- Simulación : Representación del funcionamiento de un determinado proceso por medio de la computadora.
- Bordo pesado : Estado en que se encuentra un botadero cuando la distancia entre la línea del tren y la cresta del botadero es considerable (2 metros aproximadamente).
- Tolva de almacenamiento temporal : Depósito de material con capacidad de 2,000 TM. aproximadamente, donde los volquetes finalizan el acarreo dentro de la mina y descargan el mineral o leach transportado que queda almacenado allí momentáneamente hasta ser puesto en los vagones de los trenes.
- Carguío directo : Operación directa de llenado de los trenes por parte de algunas palas de la mina, sin necesidad que el

material cargado pase por las tolvas.

- Carguío de volquetes - Transferencia en tolvas : Ambos términos juntos se refieren al material cargado a los volquetes y que es acarreado por estos hasta las tolvas de almacenamiento que sirven de transferencia en el carguío final de los trenes.
- Traza y perfil de la vía : La traza de la vía es la posición de su eje en el espacio. Al proyectar las vías de acceso de las cortas, se debe tratar de elegir las trazas según la distancia más corta, lo que debido a las condiciones del terreno no es siempre realizable.

10.3 Bibliografía

- 1.- Gordon Geoffrey, " Simulación de sistemas " Editorial Diana, 1986.
- 2.- Modular Mining Systems, " Dispatch ", Folleto publicitario.
- 3.- Minuteman Software, " GPSS/PC Versión 2.0 ", Guía del usuario
- 4.- Sturgul, J.R. y Harrison, J.F., " Using a especial computer language for simulating coal mines ", The coal journal, Nº18, 1987.
- 5.- Wilke , F. L. y Heck , K. , " Simulation studies on truck dispatching ", 17th APCOM Symposium, Arizona , EE.UU, 1982.
- 6.- Miller Freeman publications , " World Mining " April 1983, Volume 36, No. 4.
- 7.- Mendez C. y Bendezú M., "Simulación en operaciones mineras Maquimin, agosto 1986.
- 8.- Ramírez , J.C. , Zúñiga , S. y Díaz , B. , " Cálculo para requerimiento de volquetes en minería a cielo abierto " XVII Convención de Ingenieros de minas, Huaraz 1984.
- 9.- Sturgul , J.R. y Ren Yi , " Building simulation models of surface coal mines using the GPSS computer language ", The coal journal, No 15, 1987.
- 10.- Zolezzi Ghio, C., " Utilización del ferrocarril interno en cuajone XIV Convención de Ingenieros de minas, Lima , 1978.
- 11.- Rother, E. y Zúñiga , S., " Análisis de volquetes y trenes

- mina cuajone ", XVI Convención de Ingenieros de minas, Lima 1982.
- 12.- Ramirez , J.C. y Zúñiga, S., " Performance de transporte por trenes en mina cuajone ", XVII Convención de Ingenieros de minas, Huaraz 1984.
 - 13.- Novitzky , A. , " Transporte y extracción en minas a cielo abierto ", Talleres gráficos Yunque, Argentina 1966.
 - 14.- Cardoso , R., " Seguridad en el acarreo por volquetes ", XIV Convención de Ingenieros de minas, Lima 1978.
 - 15.- Pfleider, E.P., Brauns, J.W. y Orr, D.H., " Surface mining - Railroad ", SME/AIME, New york 1968.
 - 16.- Ralph, P. , " Computer control of underground ore train movement at Mount Isa mine ", 16th Apcom Symposium, Canadá.
 - 17.- Ramírez , J.C. , " Parámetros de planeamiento de mediano y largo plazo en minas a cielo abierto : Aplicación en cuajone ", XIX Convención de Ingenieros de minas, Tacna 1988.
 - 18.- Engineering and mining journal , " The andean report : Perú/Chile ", November 1984.
 - 19.- División de Geología, Area Toquepala, " Aspectos de geología de Toquepala ", Separata suelta, 1984.
 - 20.- División de Geología, Area Toquepala, " La geotecnia y el control de estabilidad de taludes ", Separata suelta, 1985.
 - 21.- Huamantincó , L., " Optimización de acarreo por trenes en la mina cuajone ", XIX Convención de Ingenieros de minas, Tacna 1988.
 - 22.- Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Minera, Geológica y Metalúrgica, " Planeamiento de minado ", Capítulos III y IV, 1978.

Simulacion de trafico de trenes en la locacion 2

"El cambio de luz en los semaforos no esta programado, es subjetivo, de acuerdo a la conveniencia de la operacion mina, y lo realiza el despachador "

RMULT 111

FUNCTION RN1,DB ;Distribucion de patron de llegada
9,120/.45,300/.57,480/.76,660/.78,840/.86,1020/.93,1200/1,1380

Arrivo de trenes vacios a la locacion 2

GENERATE FN\$PLL ;Arribo de trenes a 51LAB
TRANSFER .25,BP,CCC ;Asignacion a tolva C
BP TRANSFER .7,FA,BBB ;Asignacion a tolva B y Palas

Hacia las palas de carguio directo

FA ASSIGN 2,1 ;Parametro de destino
TEST E F\$INTER1,0,CAD1 ;Ver si zona 1 esta libre
I1 SEIZE INTER1 ;Tomar la zona 1
ADVANCE 100 ;Cambio de luz en zona 1
RELEASE INTER1 ;Dejar la zona 1
TRANSFER ,AAS ;A la cadena de usuarios
DIV1 TRANSFER .5,TT0,TT1 ;Asignacion a T0 y T1

Hacia la pala 10

TT0 ADVANCE 4602,582 ;Viaje total mas Carguio en T0
TRANSFER ,A1 ;A la cola de salida cargados T0

Hacia la pala 11

TT1 ADVANCE 4560,252 ;Viaje total mas Carguio en T1
TRANSFER ,A1 ;A la cola de salida cargados T1

Hacia la tolva C

CCC ADVANCE 2280,1560 ;Viaje total mas carguio en TC
TRANSFER ,H1 ;A la cola de salida cargados TC

Hacia la tolva B

BBB ASSIGN 2,2 ;Parametro de destino
TEST E F\$INTER2,0,CAD1 ;Ver si zona 2 esta libre
I2 SEIZE INTER2 ;Tomamos la zona 2
ADVANCE 100 ;Cambio de luz zona 2
RELEASE INTER2 ;Dejar libre la zona 2
TRANSFER ,AAS ;A cadena de usuarios entrada
DIV2 TRANSFER .09,HHB,SS4 ;Division hacia TB y P4
HHB ADVANCE 2802,1170 ;Viaje total mas Carguio en TB
TRANSFER ,H2 ;A la salida cargados TB

Hacia la pala 4

SS4 ADVANCE 4668,486 ;Viaje total mas carquio en P4

```

37 TRANSFER ,H2 ;A la salida cargados P4
38 * Cadenas de usuarios
39 CAD1 LINK Z01,FIFO ;Orden por llegada - Vacios
40 CAD4 LINK Z04,FIFO ;Orden por parametro - Cargados
45 *
46 * Arrivo de Trenes cargados a la locacion 2
47 * El tiempo en que cambia la luz para trenes saliendo es diferente
48 * para cuando los trenes esten vacios y entrando a la mina
49 * Tolva C
50 H1 ASSIGN 1,3 ;Parametro de zona de llegada
51 TEST E F$INTER2,0,CAD4 ;Ver si zona 2 esta libre
52 TEST E F$INTER1,0,CAD4 ;Ver si zona 1 esta libre
53 H11 SEIZE INTER2 ;Tomar la zona 2
54 ADVANCE 60 ;Cambio de luz zona 2
55 RELEASE INTER2 ;Dejar la zona 2
56 SEIZE INTER1 ;Tomar la zona 1
57 ADVANCE 60 ;Cambio de luz zona 1
58 RELEASE INTER1 ;Dejar la zona 1
59 TRANSFER ,DDE ;A cadena usuarios de salida
60 *
61 * Tolva B
62 H2 ASSIGN 1,2 ;Parametro de zona de llegada
63 TEST E F$INTER1,0,CAD4 ;Ver si zona 1 esta libre
64 H22 SEIZE INTER1 ;Tomar la zona 1
65 ADVANCE 120 ;Cambio de luz zonas 1 y 2
66 RELEASE INTER1 ;Dejar la zona 1
67 TRANSFER ,DDE ;A cadena usuarios de salida
68 *
69 * Nivel 3220 SE ( T1
70 A1 ASSIGN 1,1 ;Parametro de zona de llegada
71 TEST E F$INTER1,0,CAD4 ;Ver si zona 1 esta libre
72 A11 SEIZE INTER1 ;Tomar la zona 1
73 ADVANCE 120 ;Cambio de luz zona 1
74 RELEASE INTER1 ;Dejar la zona 1
75 TRANSFER ,DDE ;A cadena usuarios de salida
76 *
77 * Cadenas de usuarios
78 * Salida
79 DDE TEST G CH$Z04,0,AA5 ;Ver si hay transacciones
80 AA3 UNLINK Z04,A11,1,1,1,AA1 ;Salida de Palas 10 y 11
81 AA1 UNLINK Z04,H22,1,1,2,AA2 ;Salida de tolva B
82 AA2 UNLINK Z04,H11,1 ;Salida de tolva C
83 AA5 TEST G CH$Z01,0,FIN
84 TRANSFER ,AS3
85 FIN TERMINATE 1 ;Salir de locacion 2
86 * Entrada
87 AAS TEST G CH$Z01,0,AS1 ;Ver si hay transacciones
88 AS3 TEST E P2,1,AS2 ;Parametro de destino
89 UNLINK Z01,I1,1 ;Entrada a Palas 10 y 11
90 AS2 UNLINK Z01,I2,1 ;Entrada a Tolva B
91 AS1 TEST E CH$Z04,0,AA3
92 TEST E P2,1,DIV2 ;Regreso de transacciones
93 TRANSFER ,DIV1 ;Idem
94 *
95 GENERATE 24000 ;Simulacion para 6.5 horas

```

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	24000	66	2	0	255344

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
70	1	GENERATE	41	0	0
80	2	TRANSFER	41	0	0
90	BP	TRANSFER	31	0	0
100	PA	ASSIGN	7	0	0
110	5	TEST	7	0	0
120	I1	SEIZE	7	0	0
140	7	ADVANCE	7	0	0
150	8	RELEASE	7	0	0
155	9	TRANSFER	7	0	0
160	DIV1	TRANSFER	7	0	0
170	TTO	ADVANCE	4	0	0
180	12	TRANSFER	4	0	0
190	TT1	ADVANCE	3	0	0
200	14	TRANSFER	3	0	0
210	CCC	ADVANCE	10	0	0
220	16	TRANSFER	10	0	0
260	BBB	ASSIGN	24	0	0
270	18	TEST	24	0	0
280	I2	SEIZE	24	0	0
300	20	ADVANCE	24	1	0
310	21	RELEASE	23	0	0
315	22	TRANSFER	23	0	0
317	DIV2	TRANSFER	22	0	0
320	HHB	ADVANCE	20	3	0
330	25	TRANSFER	17	0	0
335	SS4	ADVANCE	2	0	0
337	27	TRANSFER	2	0	0
339	CAD1	LINK	0	0	0
340	CAD4	LINK	6	0	0
380	H1	ASSIGN	10	0	0
390	31	TEST	10	0	0
400	32	TEST	9	0	0
410	H11	SEIZE	10	0	0
430	34	ADVANCE	10	0	0
440	35	RELEASE	10	0	0
450	36	SEIZE	10	0	0
460	37	ADVANCE	10	0	0
470	38	RELEASE	10	0	0
480	39	TRANSFER	10	0	0
490	H2	ASSIGN	19	0	0
520	41	TEST	19	0	0
530	H22	SEIZE	19	0	0
550	43	ADVANCE	19	0	0
560	44	RELEASE	19	0	0
570	45	TRANSFER	19	0	0
600	A1	ASSIGN	7	0	0

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
610	47	TEST	7	0	0
620	A11	SEIZE	7	0	0
640	49	ADVANCE	7	0	0
650	50	RELEASE	7	0	0
660	51	TRANSFER	7	0	0
690	DDE	TEST	36	0	0
700	AA3	UNLINK	6	0	0
710	AA1	UNLINK	6	0	0
720	AA2	UNLINK	6	0	0
725	AA5	TEST	37	0	0
728	57	TRANSFER	0	0	0
730	FIN	TERMINATE	37	0	0
750	AAS	TEST	30	0	0
755	AS3	TEST	0	0	0
760	61	UNLINK	0	0	0
770	AS2	UNLINK	0	0	0
775	AS1	TEST	30	0	0
780	64	TEST	29	0	0
790	65	TRANSFER	7	0	0
810	66	GENERATE	1	0	0
820	67	TERMINATE	1	0	0

CILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE._TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
ENTER1	43	0.184	102.79	1	0	0	0	0	0
ENTER2	34	0.120	85.29	1	42	0	0	0	0

ER_CHAIN	CHAIN_SIZE	RETRY	AVE.CONT	ENTRIES	MAX	AVE.TIME
01	0	0	0.00	0	0	0.00
04	0	0	0.02	6	1	70.00

CT_GROUP	GROUP_SIZE	RETRY
POSITION	0	0

Simulacion de trafico de trenes en la locacion 5

"El cambio de luz en los semaforos no esta programado, es subjetivo, de acuerdo a la conveniencia de la operacion mina, y lo realiza el despachador "

RMULT 111

FUNCTION RN1,D8 ;Distribucion de patron de llegada
 7,120/.45,300/.58,480/.68,660/.81,840/.96,1020/.98,1200/1,1380

Arrivo de trenes vacios a la locacion 5

Hacia el botadero 1

GENERATE FN\$PLL ;Arribo de trenes al 63RCD
 TRANSFER .38,DUM1,CRUS ;Asignacion a Bot 1 y Chancadora
 DUM1 ASSIGN 1,1
 TEST E F\$BOT1,0,DUM2 ;Ver si Bot.1 esta ocupado
 TEST E F\$Z01,0,CAD1 ;Ver si zona 1 esta libre
 AB11 SEIZE Z01 ;Tomar la zona 1
 ADVANCE 92 ;Transito zona 1
 RELEASE Z01 ;Dejar la zona 1
 TRANSFER ,INX1
 DU11 SEIZE BOT1 ;Tomar el Botadero 1
 ADVANCE 751,180 ;Entrada y descarga en Bot.1
 RELEASE BOT1 ;Dejar el Botadero 1
 TRANSFER ,SAL12 ;Ver si hay tren en linea espera

Hacia el botadero 2

DUM2 ASSIGN 1,2
 TEST E F\$BOT2,0,DUM3 ;Ver si Bot.2 esta ocupado
 TEST E F\$Z01,0,CAD1 ;Ver si zona 1 esta libre
 AB22 SEIZE Z01 ;Tomar la zona 1
 ADVANCE 92 ;Transito
 RELEASE Z01 ;Dejar la zona 1
 TRANSFER ,INX1
 DU22 SEIZE BOT2 ;Tomar el Botadero 2
 ADVANCE 850,170 ;Entrada y descarga Bot.2
 RELEASE BOT2 ;Dejar el Botadero 2
 TRANSFER ,SAL12 ;Ver si hay tren en linea espera

Hacia el botadero 3

DUM3 ASSIGN 1,3
 TEST E F\$BOT3,0,DUM4 ;Ver si Bot.3 esta libre
 TEST E F\$Z01,0,CAD1 ;Ver si zona 1 esta libre
 TEST E F\$Z02,0,CAD1 ;Ver si zona 2 esta libre
 AB33 SEIZE Z01 ;Tomar la zona 1
 ADVANCE 92 ;Transito
 RELEASE Z01 ;Dejar la zona 1
 SEIZE Z02 ;Tomar la zona 2
 ADVANCE 58 ;Transito
 RELEASE Z02 ;Dejar la zona 1
 TRANSFER ,INX1
 DU33 SEIZE BOT3 ;Tomar el botadero 3
 ADVANCE 1153,350 ;Transito
 RELEASE BOT3 ;Dejar el botadero 3
 TRANSFER ,SAL34 ;Ver si hay tren en linea espera

Hacia el botadero 4

```

34 DUM4    ASSIGN      1,4
35         TEST E      F#BOT4,0,DUM5      ;Ver si el Bot.4 esta ocupado
37         TEST E      F#Z01,0,CAD1      ;Ver si zona 1 esta libre
38         TEST E      F#Z02,0,CAD1      ;Ver si zona 2 esta libre
39 AB44    SEIZE       Z01                ;Tomar zona 1
40         ADVANCE     ;Transito
42         RELEASE    Z01                ;Dejar zona 1
43         SEIZE      Z02                ;Tomar zona 2
44         ADVANCE    58                 ;Transito
45         RELEASE    Z02                ;Dejar zona 2
49         TRANSFER   ,INX1
51 DU44    SEIZE       BOT4                ;Tomar el botadero 4
53         ADVANCE    1003,220          ;Entrada y descarga Bot.4
55         RELEASE    BOT4                ;Dejar el botadero 4
57         TRANSFER   ,SAL34            ;Ver si hay tren en linea espera
59 *
60 *      Hacia la linea de espera Bots. 1 y 2
60 DUM5    TEST E      F#ESP12,0,DUM6    ;Ver si Linea espera 12 esta libre
61         TEST E      F#Z01,0,CAD1      ;Ver si zona 1 esta libre
62         SEIZE      Z01                ;Tomar zona 1
63         ADVANCE    142                ;Transito y llegar li.espera 1 y 2
64         RELEASE    Z01                ;Dejar zona 1
65         SEIZE      ESP12              ;Tomar linea de espera 1 y 2
66 EEFF    TEST E      F#BOT1,1,AABB     ;Ver si Bot.1 esta libre
67         TEST E      F#BOT2,1,CCDD     ;Ver si Bot.2 esta libre
68         TRANSFER   ,EEFF              ;Hasta que alguno este libre
69 AABB    RELEASE    ESP12              ;Dejar linea de espera 1 y 2
70         TRANSFER   ,DU11              ;Tomar botadero 1
71         TRANSFER   ,DU22              ;Tomar botadero 2
72 *
73 *      Hacia la linea de espera Bots. 3 y 4
74 DUM6    TEST E      F#ESP34,0,CAD1    ;Ver si Linea espera 34 esta libre
75         TEST E      F#Z01,0,CAD1      ;Ver si zona 1 esta libre
76         TEST E      F#Z02,0,CAD1      ;Ver si zona 2 esta libre
77         SEIZE      Z01                ;Tomar zona 1
78         ADVANCE    92                 ;Transito
79         RELEASE    Z01                ;Dejar zona 1
80         SEIZE      Z02                ;Tomar zona 2
81         ADVANCE    108                ;Transito y llegar li.espera 3 y 4
82         RELEASE    Z02                ;Dejar zona 2
83         SEIZE      ESP34              ;Tomar linea de espera 3 y 4
84 FFGG    TEST E      F#BOT3,1,JJJK     ;Ver si botadero 3 esta libre
85         TEST E      F#BOT4,1,HHII     ;Ver si botadero 4 esta libre
86         TRANSFER   ,FFGG              ;Hasta que alguno este libre
87 JJKK    RELEASE    ESP34              ;Dejar linea de espera 3 y 4
88         TRANSFER   ,DU33              ;Tomar botadero 3
89 HHII    RELEASE    ESP34              ;Dejar linea de espera 3 y 4
90         TRANSFER   ,DU44              ;Tomar botadero 4
91 *
92 *      Cadenas de usuarios
93 CAD1    LINK        COL1,FIFO          ;Cadena cargados en 63RCD
94 CAD2    LINK        COL3,FIFO          ;Cadena trenes vacios saliendo
95 *
96 *      Salida de trenes vacios de los botaderos
97 *
98 *      De los botaderos 1 y 2
99 SAL12   TEST E      F#Z05,0,CAD2      ;Ver si zona 5 esta libre
100        TEST E      F#Z01,0,CAD2      ;Ver si zona 1 esta libre
101        ZW11        SEIZE      Z01      ;Tomar zona 1
102        ADVANCE    92                 ;Transito
103        RELEASE    Z01                ;Dejar zona 1
104        SEIZE      Z05                ;Tomar zona 5

```



```

42 ADVANCE 50 ;Transito
44 RELEASE Z05 ;Dejar zona 5
45 TRANSFER ,SES
47 *
48 * De los botaderos 3 y 4
60 SAL34 TEST E F#Z05,0,CAD2 ;Ver si zona 5 esta libre
65 TEST E F#Z02,0,CAD2 ;Ver si zona 2 esta libre
70 ZW22 SEIZE Z02 ;Tomar zona 2
75 ADVANCE 58 ;Transito
80 RELEASE Z02 ;Dejar zona 2
85 SEIZE Z05 ;Tomar zona 5
90 ADVANCE 80 ;Transito
95 RELEASE Z05 ;Dejar zona 5
97 TRANSFER ,SES
103 *
104 * Hacia chancadora y regreso al 65L
105 * Entrando cargado
106 CRUS ASSIGN 1,5
107 TEST E F#Z01,0,CAD1 ;Ver si zona 1 esta libre
108 CRU2 SEIZE Z01 ;Tomar zona 1
109 ADVANCE 92 ;Transito
110 RELEASE Z01 ;Dejar zona 1
112 SEIZE Z02 ;Tomar zona 2
114 ADVANCE 58 ;Transito
116 RELEASE Z02 ;Dejar zona 2
117 TRANSFER ,INX1
118 CRU3 SEIZE CRUSHER
119 ADVANCE 1566,200 ;Viaje y descarga en chancadora
120 RELEASE CRUSHER
123 * Saliendo vacio
125 TEST E F#Z05,0,CAD2 ;Ver si zona 5 esta libre
130 ZW33 SEIZE Z05 ;Tomar zona 5
130 ADVANCE 90 ;Transito
130 RELEASE Z05 ;Dejar zona 5
135 TRANSFER ,SES
140 *
142 * Cadenas de usuarios de trenes cargados
144 INX1 TEST G CH#COL1,0,SIG5
146 INX2 TEST E P1,5,SIG1
148 TEST E F#Z01,0
150 TEST E F#Z02,0
152 UNLINK COL1,CRU2,1
154 SIG1 TEST E F#BOT1,0,SIG2
156 TEST E F#Z01,0
158 UNLINK COL1,AB11,1
160 SIG2 TEST E F#BOT2,0,SIG3
162 TEST E F#Z01,0
164 UNLINK COL1,AB22,1
166 SIG3 TEST E F#BOT3,0,SIG4
168 TEST E F#Z01,0
170 TEST E F#Z02,0
172 UNLINK COL1,AB44,1
174 SIG4 TEST E F#BOT4,0
176 TEST E F#Z01,0
178 TEST E F#Z02,0
180 UNLINK COL1,AB44,1
185 SIG5 TEST E CH#COL3,0,MW5
190 TEST E P1,1,SIG6
190 TRANSFER ,DU11
190 SIG6 TEST E P1,2,SIG7
190 TRANSFER ,DU22
190 SIG7 TEST E P1,3,SIG8

```

```
060          TRANSFER          DU33
064 SIG8     TEST E           P1,4,CRU3
068          TRANSFER          ,DU44
070 *
075 *       Cadenas de usuarios de trenes vacios
080 SES     TEST G           CH#COL3,0,SIG9
090 MW5     UNLINK          COL3,ZW11,1,1,1,MW1
100 MW1     UNLINK          COL3,ZW11,1,1,2,MW2
110 MW2     UNLINK          COL3,ZW22,1,1,3,MW3
120 MW3     UNLINK          COL3,ZW22,1
122 SIG9     TEST G           CH#COL1,0,FIN
124          TRANSFER          ,INX2
130 FIN     TERMINATE        1
140 *
150          CLEAR
160          START            35
170          END
```

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	24510	155	8	0	241312

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
70	1	GENERATE	38	0	0
80	2	TRANSFER	38	0	0
85	DUM1	ASSIGN	23	0	0
90	4	TEST	23	0	0
92	5	TEST	14	0	0
93	AB11	SEIZE	14	0	0
94	7	ADVANCE	14	0	0
100	8	RELEASE	14	0	0
105	9	TRANSFER	14	0	0
110	DU11	SEIZE	15	0	0
120	11	ADVANCE	15	1	0
140	12	RELEASE	14	0	0
155	13	TRANSFER	14	0	0
168	DUM2	ASSIGN	9	0	0
170	15	TEST	9	0	0
180	16	TEST	5	0	0
184	AB22	SEIZE	5	0	0
185	18	ADVANCE	5	0	0
190	19	RELEASE	5	0	0
195	20	TRANSFER	5	0	0
200	DU22	SEIZE	6	0	0
205	22	ADVANCE	6	0	0
206	23	RELEASE	6	0	0
220	24	TRANSFER	6	0	0
240	DUM3	ASSIGN	4	0	0
270	26	TEST	4	0	0
274	27	TEST	4	0	0
278	28	TEST	4	0	0
280	AB33	SEIZE	4	0	0
300	30	ADVANCE	4	0	0
310	31	RELEASE	4	0	0
312	32	SEIZE	4	0	0
313	33	ADVANCE	4	0	0
314	34	RELEASE	4	0	0
315	35	TRANSFER	4	0	0
317	DU33	SEIZE	3	0	0
319	37	ADVANCE	3	0	0
320	38	RELEASE	3	0	0
330	39	TRANSFER	3	0	0
334	DUM4	ASSIGN	0	0	0
335	41	TEST	0	0	0
337	42	TEST	0	0	0
338	43	TEST	0	0	0
339	AB44	SEIZE	0	0	0
340	45	ADVANCE	0	0	0
342	46	RELEASE	0	0	0

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
343	47	SEIZE	0	0	0
344	48	ADVANCE	0	0	0
345	49	RELEASE	0	0	0
349	50	TRANSFER	0	0	0
351	DU44	SEIZE	0	0	0
353	52	ADVANCE	0	0	0
355	53	RELEASE	0	0	0
357	54	TRANSFER	0	0	0
390	DUM5	TEST	0	0	0
400	56	TEST	0	0	0
410	57	SEIZE	0	0	0
430	58	ADVANCE	0	0	0
440	59	RELEASE	0	0	0
470	60	SEIZE	0	0	0
471	EEFF	TEST	0	0	0
472	62	TEST	0	0	0
473	63	TRANSFER	0	0	0
474	AABB	RELEASE	0	0	0
475	65	TRANSFER	0	0	0
476	66	TRANSFER	0	0	0
520	DUM6	TEST	0	0	0
530	68	TEST	0	0	0
540	69	TEST	0	0	0
550	70	SEIZE	0	0	0
555	71	ADVANCE	0	0	0
560	72	RELEASE	0	0	0
563	73	SEIZE	0	0	0
566	74	ADVANCE	0	0	0
568	75	RELEASE	0	0	0
580	76	SEIZE	0	0	0
581	FFGG	TEST	0	0	0
582	78	TEST	0	0	0
583	79	TRANSFER	0	0	0
584	JJJK	RELEASE	0	0	0
585	81	TRANSFER	0	0	0
586	HHII	RELEASE	0	0	0
587	83	TRANSFER	0	0	0
610	CAD1	LINK	2	0	0
615	CAD2	LINK	6	1	0
830	SAL12	TEST	20	0	0
835	87	TEST	17	0	0
836	ZW11	SEIZE	19	0	0
837	89	ADVANCE	19	0	0
838	90	RELEASE	19	0	0
840	91	SEIZE	19	0	0
842	92	ADVANCE	19	0	0
844	93	RELEASE	19	0	0
845	94	TRANSFER	19	0	0
860	SAL34	TEST	3	0	0
865	96	TEST	3	0	0

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
870	ZW22	SEIZE	3	0	0
875	98	ADVANCE	3	0	0
880	99	RELEASE	3	0	0
885	100	SEIZE	3	0	0
890	101	ADVANCE	3	0	0
895	102	RELEASE	3	0	0
897	103	TRANSFER	3	0	0
906	CRUS	ASSIGN	15	0	0
907	105	TEST	15	0	0
908	CRU2	SEIZE	15	0	0
909	107	ADVANCE	15	0	0
910	108	RELEASE	15	0	0
912	109	SEIZE	15	0	0
914	110	ADVANCE	15	0	0
916	111	RELEASE	15	0	0
917	112	TRANSFER	15	0	0
918	CRU3	SEIZE	14	0	0
919	114	ADVANCE	14	1	0
920	115	RELEASE	13	0	0
925	116	TEST	13	0	0
930	ZW33	SEIZE	13	0	0
940	118	ADVANCE	13	0	0
950	119	RELEASE	13	0	0
955	120	TRANSFER	13	0	0
964	INX1	TEST	38	0	0
966	INX2	TEST	2	0	0
968	123	TEST	0	0	0
970	124	TEST	0	0	0
972	125	UNLINK	0	0	0
974	SIG1	TEST	2	0	0
976	127	TEST	2	0	0
978	128	UNLINK	2	0	0
980	SIG2	TEST	2	0	0
982	130	TEST	2	0	0
984	131	UNLINK	2	0	0
986	SIG3	TEST	2	0	0
988	133	TEST	2	0	0
990	134	TEST	2	0	0
992	135	UNLINK	2	0	0
994	SIG4	TEST	2	0	0
996	137	TEST	2	0	0
998	138	TEST	2	0	0
1000	139	UNLINK	2	0	0
1005	SIG5	TEST	40	0	0
1010	141	TEST	38	0	0
1020	142	TRANSFER	15	0	0
1030	SIG6	TEST	23	0	0
1040	144	TRANSFER	6	0	0
1050	SIG7	TEST	17	0	0
1060	146	TRANSFER	3	0	0

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
1064	SIG8	TEST	14	0	0
1068	148	TRANSFER	0	0	0
1080	SES	TEST	35	0	0
1090	MW5	UNLINK	6	0	0
1100	MW1	UNLINK	6	0	0
1110	MW2	UNLINK	6	0	0
1120	MW3	UNLINK	6	0	0
1122	SIG9	TEST	37	0	0
1124	155	TRANSFER	2	0	0
1130	FIN	TERMINATE	35	0	0

CILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE._TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
0T1	15	0.421	688.60	1	36	0	0	0	0
01	57	0.213	92.00	1	0	0	0	0	0
0T2	6	0.209	857.17	1	0	0	0	0	0
0T3	3	0.127	1044.67	1	0	0	0	0	0
02	22	0.052	58.00	1	0	0	0	0	0
0T4	0	0.000	0.00	1	0	0	0	0	0
05	35	0.096	67.43	1	0	0	0	0	0
RUSHER	14	0.833	1460.00	1	37	0	0	0	0

ER_CHAIN	CHAIN_SIZE	RETRY	AVE._CONT	ENTRIES	MAX	AVE._TIME
0L1	0	0	0.01	2	1	81.50
0L3	0	0	0.02	6	1	73.83

CT_GROUP	GROUP_SIZE	RETRY
OSITION	0	0

* FLASHER
TOLVA B

TOLVA "C"

L-A
L-B

AL GRIFO 1

S/N

RA

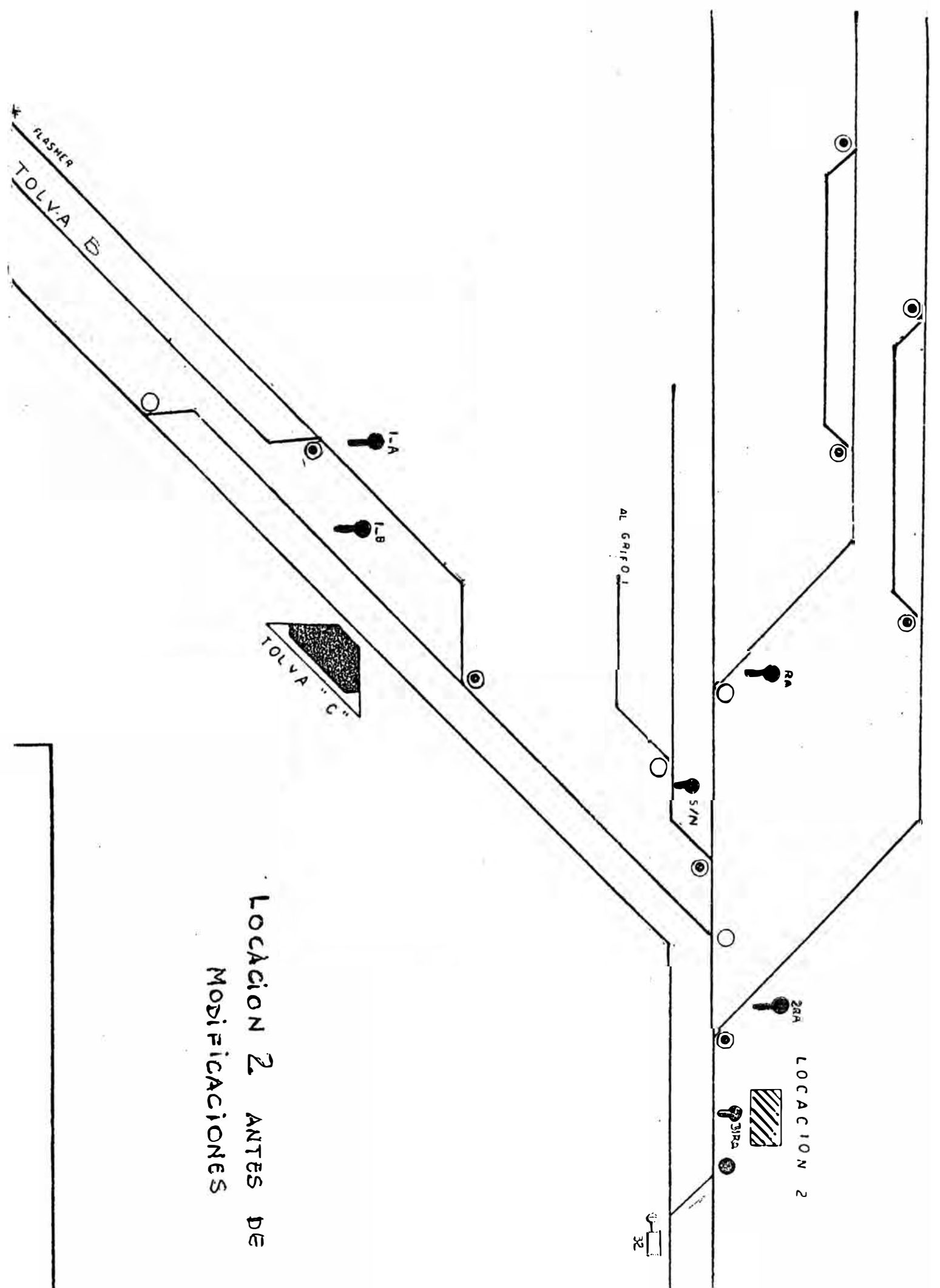
2RA

LOCACION 2

31RA

32

LOCACION 2 ANTES DE
MODIFICACIONES



TOLVA B

TOLVA "C"

LOCACION 2 DESPUES
DE MODIFICACIONES

1-A

1-B

GRIFO 1

51N

RA

2RA

31RA

51

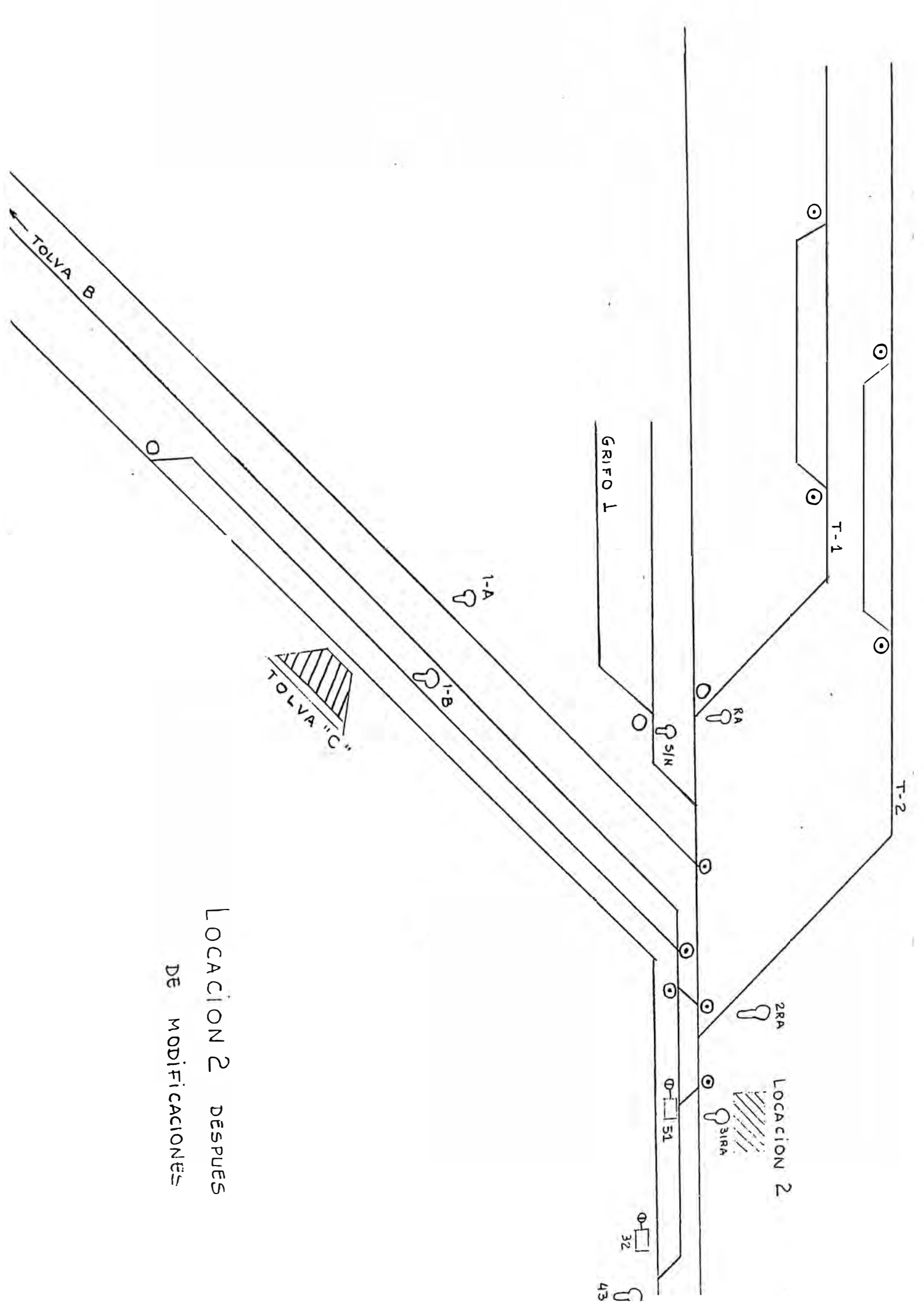
32

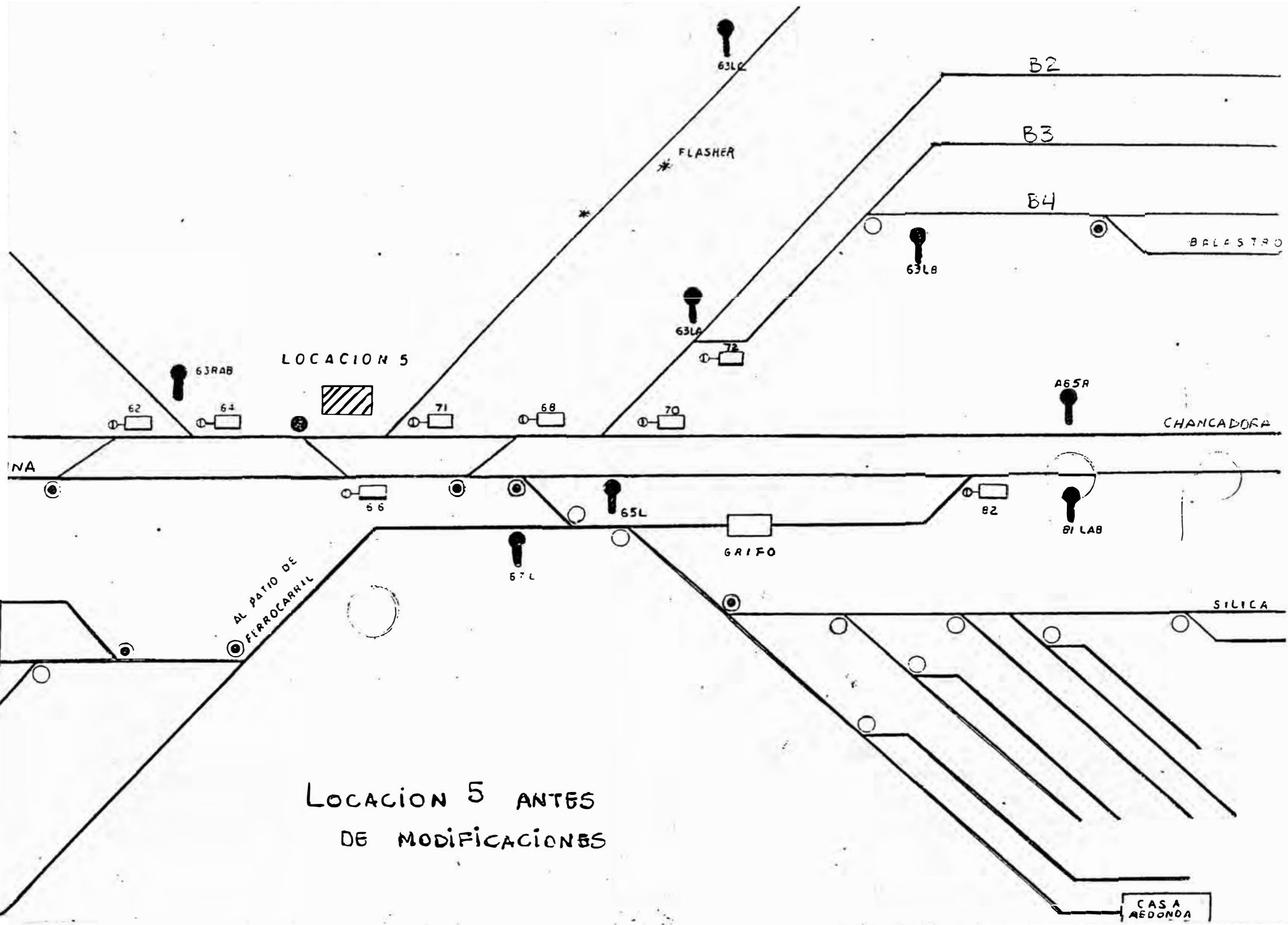
43

T-1

T-2

LOCACION 2





LOCACION 5 ANTES DE MODIFICACIONES

CASA REDONDA

CHANCADORA

SILICA

B2

B3

B4

BALASTRO

FLASHER

GRIFO

AL PATIO DE FERROCARRIL

LOCACION 5

63RAB

62

64

71

68

70

63LA

72

63LC

63LB

65R

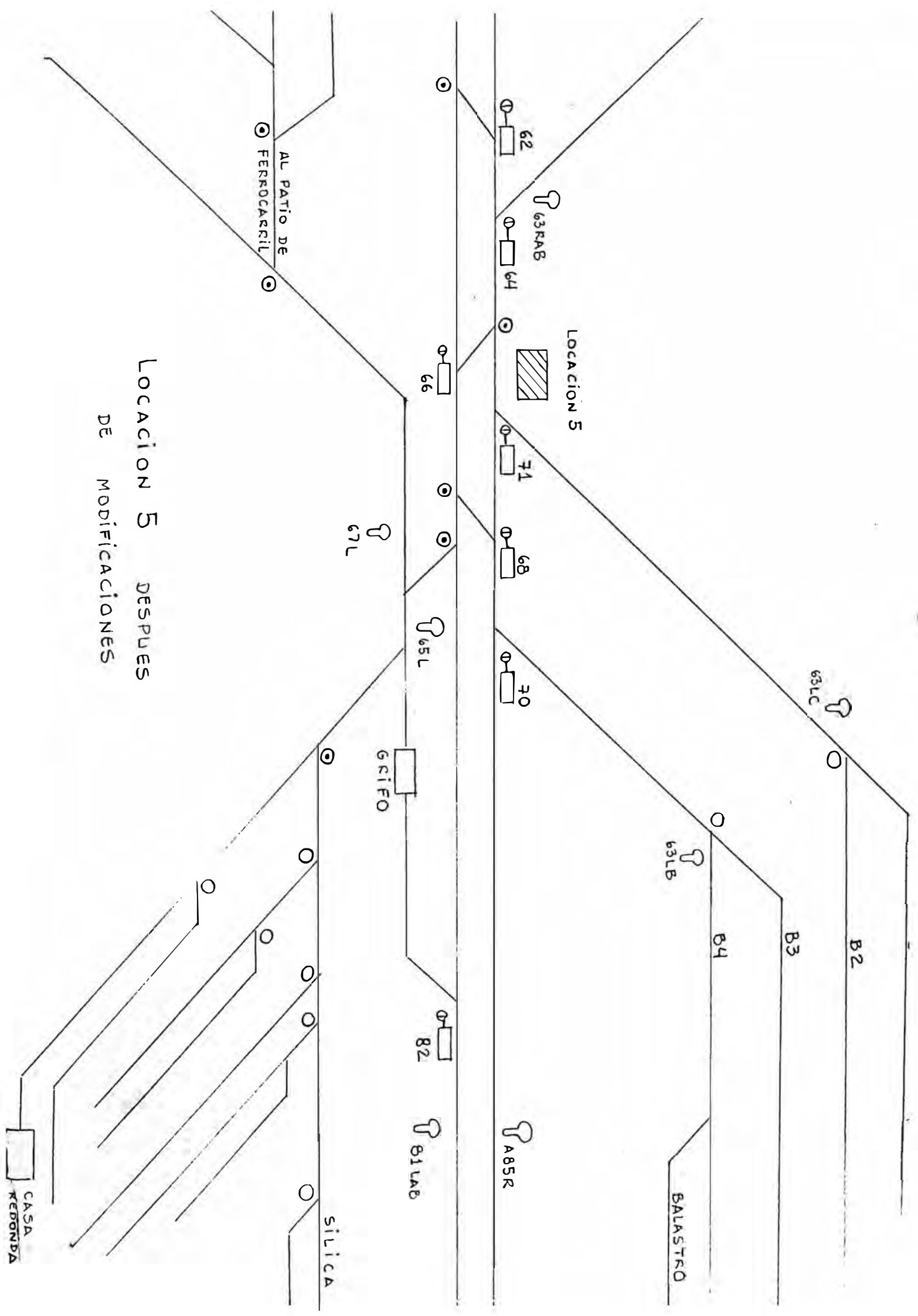
65L

62

67L

61 LAB

NA



LOCACION 5 DESPUES
DE MODIFICACIONES

AL PATIO DE
FERROCARRIL

62

63RAB

64

LOCACION 5

66

71

68

67L

65L

70

63LC

B2

B3

B4

63LB

BALASTRO

6RIFO

82

81LAB

A85R

SILICIA

CASA
REDONDA