

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA  
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
Departamento de Minería



## Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.



**Título:** Diseño de un sistema de  
transporte para el yacimiento  
Camarioca Sur.

**Diplomante:** Noel Vallejo Carballido.

**Tutores:** M. Sc. Armando Cuesta Recio.  
Ing. Edil Hernández Vidal.

## **Dedicatoria.**

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han influido de una forma o de otra en mi formación como Ingeniero de Minas. Un lugar muy especial dentro de esas personas lo tiene mi familia, especialmente mis padres, sin cuyo sacrificio constante a lo largo de estos 5 años yo no sería el profesional que soy ahora, y si cuyo ejemplo y ayuda a lo largo de toda mi vida yo no sería la persona que soy.

## **Agradecimientos.**

Al terminar este trabajo de curso agradezco a todas aquellas personas que han colaborado de una forma o de otra en su realización, especialmente a mis tutores, M. Sc. Armado Cuesta Recio e Ing. Edil Hernández Vidal, los cuales me han ofrecido su ayuda en todo momento, muchas veces incluso quitándose de su propio tiempo para atenderme. A todos, muchas gracias.

## **Resumen.**

Esta investigación está dirigida a diseñar un sistema de transporte para el yacimiento Camarioca Sur, de la Empresa Pedro Sotto Alba-Moa Nickel.S.A., ya que esta empresa tiene dentro de sus planes de expansión comenzar la explotación del yacimiento Camarioca Sur en el quinquenio 2016-2020 y no tiene diseñado un sistema de transporte eficiente y eficaz que garantice la productividad requerida por la empresa.

Para el diseño de las trazas de las distintas variantes se trabajó con los datos disponibles, aportados por el Departamento de Planificación e Ingeniería de la Subdirección de Minas de la Empresa Pedro Sotto Alba – Moa Nickel S.A.: planos topográficos, mapas geológicos con la ubicación de los yacimientos y los límites de la concesión minera. En este proceso se emplearon varios softwares como por ejemplo: Didger, Surfer y ArcView.

Para la selección de la variante de transportación más eficiente se realizó un análisis técnico-económico, mediante el cual se seleccionaron los tipos de transporte con posibilidades de ser empleados en este yacimiento, y luego se calcularon los costos económicos para las distintas variantes propuestas. Como resultado se llegó a la conclusión de que el transporte automotor para el traslado del mineral dentro de yacimiento, y la combinación transporte automotor y transportador de banda para el transporte externo constituyen la variante más eficiente para este yacimiento.

## **Summary.**

This investigation is directed to design a system of transport for the Camarioca South orebody, of the Company Pedro Sotro Alba-Moa Nickel.S.A., since this company has inside its expansion plans to begin the exploitation of the Camarioca South orebody in the five year period 2016-2020 and they doesn't have designed a system of efficient and effective transport that guarantees the productivity required by the company.

For the design of the traces of the different variants we worked with the available data, contributed by the Department of Planning and Engineering of the Subbureau of Mines of the Company Pedro Sotro Alba - Moa Nickel S.A.: topographical planes, geologic maps with the location of the orebodies and the limits of the mining concession. In this process several softwares were used like for example: Didger, Surfer and ArcView.

For the selection of the variant of more efficient transportation it was carried out a technician-economic analysis, by means of which the types of transport with possibilities of being employed in this location were selected, and then the economic costs were calculated for the different variants proposed. As a result we reached the conclusion that the hauling transport for the transfer of the mineral inside the location, and the combination hauling transport and band transporter for the external transport constitute the most efficient variant for this location.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN.</b> -----	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: ESTADO ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.</b> -----	<b>4</b>
1.1 ANTECEDENTES.-----	4
1.2 PRINCIPALES TIPOS DE TRANSPORTE EMPLEADOS EN LA MINERÍA DEL NÍQUEL.-----	4
1.2.1 Transportes continuos.-----	5
1.2.2 Transportes cíclicos.-----	6
1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.-----	7
1.3.1 Características geográficas de la región.-----	7
1.3.2 Relieve.-----	8
1.3.3 Tectónica.-----	8
1.3.4 Clima.-----	9
1.3.5 Vegetación.-----	9
1.3.6 Fauna.-----	10
<b>CAPÍTULO II: DISEÑO Y PROPUESTA DE LAS TRAZAS.</b> -----	<b>11</b>
2.1 VARIANTES PARA EL TRANSPORTE INTERNO DEL YACIMIENTO.-----	12
2.1.1 Variante 1:-----	13
2.1.2 Variante 2-----	14
2.2 VARIANTES PARA EL TRANSPORTE HASTA LA PLANTA DE PULPA.-----	15
2.2.1 Variante camiones-----	16
2.2.2 Variante transportador-----	17
2.2.3 Variante combinada-----	18
<b>CAPÍTULO III: CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA CADA TRAZA Y CÁLCULO ECONÓMICO.</b> -----	<b>19</b>
3.1 CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO.-----	19
3.1.1 Cálculo del equipamiento para la variante 1 del transporte interno.-----	19
3.1.2 Cálculo del equipamiento para la variante 2 del transporte interno.-----	25
3.1.3 Cálculo del equipamiento para la variante camiones del transporte externo.-----	30
3.1.4 Cálculo de los transportadores.-----	40
3.2 CÁLCULO DE LOS COSTOS-----	51
3.2.1 Cálculo de los costos de la variante 1 del transporte interno.-----	51
3.2.2 Cálculo de los costos de la variante 2 del transporte interno.-----	53
3.2.3 Cálculo de los costos de la variante camiones del transporte externo.-----	56
3.2.3 Cálculo de los costos de la variante transportador del transporte externo.-----	60
3.3 SELECCIÓN DE LA VARIANTE MÁS RACIONAL DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO.-----	61
<b>CAPÍTULO IV: PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y DEL MEDIO.</b> -----	<b>63</b>
4.1 PROTECCIÓN DEL TRABAJO.-----	63
4.2 PROTECCIÓN DEL MEDIO.-----	64
<b>CONCLUSIONES.</b> -----	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES.</b> -----	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.</b> -----	<b>69</b>

## **Introducción.**

Nuestro país se ha propuesto alcanzar un mayor desarrollo económico, fundamentado en la eficiencia de la producción y los servicios, lo que le permitirá salir del Período Especial y alcanzar niveles superiores en la esfera social, política y cultural.

La industria minera del níquel representa el primer renglón de exportación de bienes del país, por tal motivo tiene una gran importancia en el desarrollo de la economía nacional.

El avance de cualquier proceso tecnológico, la inserción de cambios con tecnología de punta y la búsqueda de soluciones es una materia que cada vez es más importante para cada empresa. La minería constituye la base de las materias primas para la industria metalúrgica, su misión principal es poner las materias primas minerales a disposición de la humanidad, o sea extraerlas de las partes accesibles de la corteza terrestre.

Una vez conocido el volumen y la calidad de las reservas minerales existentes en un yacimiento y que este se encuentre listo para su explotación, es necesario enfrentarse a una nueva e importante tarea: extraer el volumen total de las reservas, incurriendo en el menor tiempo, con los mínimos gastos y el menor volumen de pérdidas.

El transporte del mineral es un elemento de gran importancia en el flujo tecnológico de cualquier empresa minera. La elección, puesta en marcha y funcionamiento del tipo de transporte, exige la mayor rigurosidad en cuanto a su factibilidad económica y disponibilidad técnica.

Históricamente este ha sido uno de los elementos más problemáticos de la industria del níquel, debido fundamentalmente a las características inherentes de los yacimientos lateríticos como son una humedad casi perenne en los frentes de trabajo y la topografía accidentada típica de estos yacimientos. Por otro lado, con el paso de los años han ido aumentando las distancias de tiro del mineral. Todo esto trae aparejado que los sistemas de transporte diseñados no sean todo lo eficientes que se planificó que fueran y que haya una disminución en la disponibilidad técnica de los medios de transporte empleados, lo que conlleva a gastos adicionales para la adquisición de equipos nuevos que no estaban planificados. En la actualidad estos fenómenos han ido en retroceso debido a la introducción de tecnologías de punta y a la aparición de nuevas formas de planificar la transportación del mineral.

Otro de los problemas con que se ha enfrentado la minería del níquel a lo largo de los años es la inestabilidad de la calidad del mineral. Para solucionar esto han ido surgiendo ideas novedosas, como la homogenización del mineral en depósitos o centros de homogenización.

En esta investigación se aborda la solución a estos problemas, ya que aunque dentro de sus objetivos no forma parte la solución del problema de la inestabilidad de la calidad del mineral entregado al proceso, se prevé plantear una solución integral que resuelva ambos problemas.

**Situación problemática:** La Empresa Pedro Sotto Alba-Moa Níquel S.A. tiene dentro de sus planes de expansión comenzar la explotación del yacimiento Camarioca Sur en el quinquenio 2016-2020 y no tiene diseñado un sistema de transporte eficiente y eficaz.

**Problema:** Necesidad de diseñar un sistema para la transportación racional de mineral laterítico desde el yacimiento Camarioca Sur hasta Planta nueva de Pulpa.

**Objetivo general:** Diseñar un sistema para la transportación racional de mineral laterítico desde el yacimiento Camarioca Sur hasta Planta nueva de Pulpa, para cumplir de forma eficiente y eficaz con la productividad requerida por la Empresa Pedro Sotto Alba-Moa Nickel SA.

**Objetivos específicos:**

- Análisis del estado del arte del tema.
- Evaluación de las características del yacimiento Camarioca Sur que influyen sobre los sistemas de transporte.
- Elección de la traza para las variantes de transporte en el yacimiento Camarioca Sur.
- Determinar el parque de equipos para las variantes de transporte del mineral del yacimiento Camarioca Sur.
- Evaluación técnico-económica de las variantes de transportación.



**Hipótesis:** si se conocen las características del yacimiento Camarioca Sur y las exigencias planteadas al sistema de transporte, es posible diseñar un sistema de transporte que cumpla de forma eficiente y eficaz con la productividad requerida por la Empresa Pedro Sotto Alba-Moa Nickel SA.

Con la realización de este trabajo se dotará a la Empresa Pedro Sotto Alba-Moa Nickel SA. de un documento que servirá como base para la realización de esta tarea técnica.

## **Capítulo I: Estado actual de la problemática y caracterización de la zona de estudio.**

En el presente capítulo se analizará el estado actual de la problemática, mediante el estudio de los antecedentes del trabajo en otras minas del níquel, los que serán utilizados como elementos de partida, se realizará una caracterización de los principales equipos utilizados en la minería del níquel en Cuba para el transporte de minerales y se caracterizará la zona de estudio.

### **1.1 Antecedentes.**

Hasta la actualidad se han realizado varias investigaciones similares a esta dirigidas a diseñar sistemas de transporte eficientes y racionales para las minas de la industria del níquel.

Un ejemplo de estas es la Tesis presentada en opción al Título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos de la Ing. Romancia Trumbull Gray, del año 2006, la cual es una propuesta de variante racional para la transportación del mineral de los nuevos yacimientos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

En esta tesis se hace un análisis de los tipos de transporte con más posibilidades de ser empleados en la minería del níquel, basándose en las ventajas y desventajas de cada tipo de transporte. También se abordan elementos referentes a la construcción de caminos mineros y se caracterizan los yacimientos a través de estudios geológicos, topográficos e hidrográficos.

Al final, y mediante una valoración técnico-económica, se seleccionan las variantes más racionales para cada yacimiento

En este trabajo se expone como elemento novedoso la introducción del transporte continuo (de banda), en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

### **1.2 Principales tipos de transporte empleados en la minería del níquel.**

En el proceso de laboreo a cielo abierto, el transporte tiene una importancia fundamental. De cuán efectivo, constante y productivo sea, depende el éxito de la explotación del yacimiento y la obtención de parámetros técnico-económicos más eficientes. De aquí se desprende la importancia que posee la correcta selección y explotación de los métodos de transporte; la incorrecta elección de los mismos

llevaría a la pobre explotación o subexplotación del equipamiento, al desgaste intensivo de los equipos y al aumento de los costos de transportación. En términos generales el transporte puede ser continuo o cíclico.

### **1.2.1 Transportes continuos.**

- **transporte hidráulico:** el transporte de minerales y rocas con ayuda del agua, tiene una gran aplicación en la industria minera, tanto a cielo abierto como subterránea. El principio del transporte hidráulico se basa en la propiedad que tienen las partículas de material (en dependencia de su tamaño y peso), de mantenerse en estado de suspensión, gracias a lo cual es arrastrada por el flujo de agua. Este tipo de transporte no es viable aplicarlo a este yacimiento ya que implicaría construir una nueva planta de pulpa en el yacimiento.

- **transporte de bandas:** el uso de los transportadores de bandas ha tenido en los últimos años un gran auge en la industria minera, tanto subterránea como a cielo abierto. La aplicación del principio de acción continua se ha generalizado donde las condiciones lo permiten. El crecimiento del número de transportadores de bandas está justificado por un gran número de causas.

En las canteras modernas, donde se exigen grandes potencias productivas, se emplea exitosamente el transportador de bandas, aumentando la productividad del trabajo en 3 - 4 veces y más.

No obstante estas ventajas, en las minas a cielo abierto influyen grandemente en la productividad los períodos de lluvias, esto es particularmente importante en los países tropicales, donde se encuentra este fenómeno como uno de los pocos factores influyentes. En los meses de lluvia la productividad de la instalación puede bajar ocasionalmente en más de un 25%.

Como un ejemplo significativo, debido a la similitud de las menas, se puede mencionar el caso de las minas de Nicaro, donde por motivo de las lluvias es necesario parar la instalación varias veces durante un turno, y en ocasiones el turno completo, disminuyendo la productividad horaria y por turno prácticamente a cero.

Sin embargo, si en los tiempos de seca se crean depósitos de mineral cerca de la instalación es posible hacer frente a esta situación.

### **1.2.2 Transportes cíclicos.**

- **teleféricos o funiculares:** los teleféricos se emplea para transportar cargas o pasajeros en las labores a cielo abierto, así como en otras ramas de la industria en calidad medio de transporte externo. Se usa frecuentemente en zonas accidentadas, donde exista una gran diferencia de nivel entre los puntos inicial y final, por ejemplo, cuando se encuentra como eslabón entre una cantera o mina en una montaña, y una estación de ferrocarril o planta de beneficio situada en el valle. Este tipo de transporte no es práctico aplicarlo en este yacimiento debido a las características propias del mineral laterítico, como pueden ser la alta adhesividad, lo que provoca que una gran parte del contenido de los cubos se quede adherido a la paredes y fondo del mismo, pasando a ser carga viajera. Dada la experiencia de yacimientos similares, como los de Nicaro, hasta un 25% de la capacidad de los cubos pueden verse afectados de esta forma, disminuyendo considerablemente la eficiencia del proceso de transportación.

- **transporte ferroviario:** las condiciones específicas del trabajo en las canteras, plantean un conjunto de exigencias de las características de las locomotoras, entre las cuales una de las principales corresponde a su capacidad de superar los ascensos de la vía sin tener que disminuir considerablemente la velocidad y pasar los tramos curvos con radios hasta de 80-100 m, posibilidad de mayor independencia de la fuente de energía, permanente disponibilidad para el trabajo en diferentes condiciones climáticas, alta economía, etc. Se desecha este tipo de transporte ya que este yacimiento tiene una topografía muy accidentada, y una de las condiciones de uso de este tipo de transporte es que debe aplicarse en terrenos llanos.

- **transporte automotor:** con los medios del transporte automotor se trasladan las rocas y el escombros a las escombreras interiores y exteriores, y el mineral al punto de procesamiento o de carga del transporte exterior.

La particularidad del trabajo del transporte automotor está representada por la existencia de grandes ascensos y descensos, la temporalidad de las trazas, los cambios de los puntos de carga y descarga, alta intensidad y densidad del movimiento de los medios de transporte.

El transporte automotor como transporte individual o combinado con otros tipos de transportes ha recibido un amplio desarrollo en las canteras en las últimas décadas debido a su gran versatilidad y flexibilidad. Esto ha sido así sobre todo para la minería del níquel, ya que las características de los yacimientos lateríticos son exclusivas, lo que provoca la necesidad de la extracción selectiva o por pequeñas áreas dentro de un mismo yacimiento. Esta exigencia requiere una planificación suficientemente flexible para satisfacer adecuadamente la estabilidad de la calidad del mineral enviado a la planta.

Esta forma compleja y efectiva de minar, trae consigo, entre otras cosas, algunas limitaciones en el esquema de transportación, debido fundamentalmente al cambio frecuente de los frentes de arranque, ya que estos participan en mayor o menor porcentaje según la calidad del mineral.

**Los camiones:** como un punto especial dentro de este acápite sería importante hablar de los camiones, ya que son los equipos principales del transporte automotor en las canteras. La construcción de los camiones deberá hacerse teniendo en cuenta las particularidades del trabajo en las canteras o minas a cielo abierto, como son:

- condiciones de estrechez.
- distancias cortas de transportación.
- ascensos y descensos prolongados.

### **1.3 Caracterización de la zona.**

#### **1.3.1 Características geográficas de la región.**

El yacimiento se ubica específicamente al Sur de la Ciudad de Moa, limitado por las coordenadas geográficas: 74° 28' 58" - 74° 54' 25" de Longitud Oeste y

20° 29' 42" - 20° 35' 40" de Latitud Norte, sistema de coordenadas: Cuba Sur y sistema de alturas: Siboney.

La ciudad de Moa dispone de comunicación por carretera y terraplenes, con un aeropuerto para aparatos pequeños y medianos y un puerto marino para buques de carga. La misma cuenta con una fuerte infraestructura de talleres de mecánica, servicios de alimentación, albergamiento, fuerza de trabajo, etc., dirigidos fundamentalmente a la industria del níquel.

El municipio cuenta además con una amplia red de centros de educación y salud, incluido un centro de educación superior.

### **1.3.2 Relieve.**

El relieve del macizo ofiolítico de Moa – Baracoa genéticamente está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados, (Oliva, 1989).

En la región se han determinado dos zonas geomorfológicas (Rodríguez, 1998), bien definidas: la de llanura y la de montañas, esta última, la más extendida, ha sido clasificada en cuatro subtipos, entre los que se destaca el de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas, por estar a él asociados los mayores yacimientos ferroniquelíferos, entre ellos Camarioca Sur.

### **1.3.3 Tectónica.**

El área de estudio se caracteriza por una fuerte manifestación de la tectónica, lo que tiene una fehaciente expresión en la densidad de la red de arroyos y cañadas presentes, cuyos cauces siguen los sistemas de fallas de dirección NO y NE, así como otras direcciones de menor expresión (NS y EO).

La prolongación de las fallas es generalmente significativa atravesando muchas veces todo el terreno en las direcciones mencionadas. Asimismo, su ubicación espacial está amarrada al contacto de las peridotitas de caja con gabroides ofiolíticos que es de tipo tectónico.

Además de las fallas principales, más localmente existe un denso sistema de fallas de plumaje de las fallas principales, representado por fallas de más corta

extensión, así como la fracturación multiplanar (multidireccional) habitualmente observada en los afloramientos.

Como es sabido, la fracturación tectónica del basamento facilita la meteorización selectiva conduciendo a la formación de los bolsones minerales y mayores espesores de la corteza local o direccionalmente.

#### **1.3.4 Clima.**

El clima de la región es tropical húmedo, la temperatura media anual es aproximadamente de 27° C. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 1700 – 1800 mm, en el verano las lluvias se presentan en forma de aguaceros y en invierno se caracterizan por su constancia.

En los períodos de lluvia y seca el régimen de temperaturas permanece prácticamente invariable, las diferencias anuales de temperaturas en raras ocasiones pasa de 5 - 6° C. En las zonas montañosas los promedios de temperatura disminuyen en 5 - 6° C y las oscilaciones diarias alcanzan valores de hasta 15° C, la humedad media anual es de 72% con una máxima de 98%. Es característico de la región la existencia de un régimen climático con ciertas peculiaridades que lo diferencian con el resto del país, dado ello por el régimen de precipitaciones. Esta situación se origina por la presencia del anticiclón del Atlántico que determina en gran medida el clima de esta región.

#### **1.3.5 Vegetación.**

La vegetación depende de la cubierta vegetal y de la orografía. En las superficies planas cubiertas por lateritas, crecen bosques poco tupidos de pinos. Para las montañas son características las malezas subtropicales tupidas y entrelazadas. En los valles y arroyos crecen la palma real y la yagruma.

En sentido general esta vegetación la podemos clasificar en tres formaciones:

- Matorrales xeromorfos subespinosos (charrascal).
- Pinares.
- Pluviselvas.

La vegetación endémica de la región resulta notable, calculándose alrededor de 70 variedades de plantas cuyos valores no han sido suficientemente explorados.

### **1.3.6 Fauna.**

La región de estudio presenta una mediana densidad de animales endémicos. Dentro de los animales notables se encuentran: el murciélago mariposa, el papilo de gudianch y la avellanada.

Además de estas especies notables se presentan los animales de los bosques claros y de los pequeños arbustos, como son: lagartos, arañas, ciempiés, etc.

También se pueden encontrar especies silvestres como el zunzún y la paloma



## **Capítulo II: Diseño y propuesta de las trazas.**

En este capítulo se propondrán las trazas de las posibles variantes de sistemas de transporte que se estimen pertinentes para dar solución al problema. Para el diseño de todas las trazas se tendrán en cuenta varios factores, como por ejemplo que afecten la menor cantidad de reservas, para lo se tratará en lo posible de rodear los cuerpos minerales; que crucen la menor cantidad de ríos, ya que esto implicaría un gasto menor en la construcción de obras de fábrica y que las distancias de tiro sean las menores posibles, de esta manera se minimizarán los gastos en combustibles y se aumentará la productividad de los equipos, haciendo más racional el uso de los mismos.

Para el diseño de las trazas se trabajó con los datos disponibles, aportados por el Departamento de Planificación e Ingeniería de la Subdirección de Minas de la Empresa Pedro Sotto Alba – Moa Nickel S.A.: planos topográficos, mapas geológicos con la ubicación de los yacimientos y los límites de la concesión minera.

En este proceso se emplearon varios softwares como por ejemplo:

- Didger: aunque los planos digitales aportados por el Departamento de Planificación e Ingeniería de la Subdirección de Minas de la Empresa Pedro Sotto Alba – Moa Nickel S.A. tenían definida una escala, esta no fue reconocida por los softwares empleados, por lo que se hizo necesario digitalizar nuevamente los planos para definir una nueva escala.
- Surfer: este software fue empleado para el análisis de la topografía de la región, la presencia en la zona de elementos de la red hidrográfica (ríos, arroyos, etc.) y demás características del yacimiento que pudieran influir en la futura toma de decisiones necesaria para definir la locación de las trazas.
- ArcView: este software fue empleado para combinar los archivos generados por los programas anteriores y diseñar las trazas. Además se empleó para medir distancias con elevado grado de precisión.

Para dar cumplimiento a la tarea se dividió el trabajo en dos partes, una parte consistente en proponer trazas para diseñar un sistema de transporte interno en el yacimiento. Este sistema debe garantizar la extracción del mineral de todas las áreas del yacimiento hasta un punto de acopio, la otra parte del trabajo consistió en proponer trazas para diseñar un sistema que garantice el transporte del mineral desde el punto de acopio hasta la planta de pulpa nueva. Este segundo sistema debe ser capaz de asimilar la carga de mineral del yacimiento Camarioca Norte, y en un futuro la del yacimiento Piloto.

Como resultado del análisis realizado se han diseñado las siguientes variantes:

### **2.1 Variantes para el transporte interno del yacimiento.**

En las variantes propuestas para el transporte interno del yacimiento Camarioca Sur solo se tendrá en cuenta el transporte automotor, dadas las características de este tipo de minería, que exige un movimiento constante de los frentes de trabajo, para lo que hace falta un tipo de transporte flexible y maniobrable. Como apoyo a este tipo de transporte es imprescindible tener en cuenta la disposición de los caminos. Para estos casos, aunque los camiones propuestos pueden trabajar con pendientes de hasta 12 % según el fabricante, se recomienda construir los caminos permanentes con pendientes menores de un 8 %, para de esta forma no sobreexplotar innecesariamente los camiones, lo que traería consigo únicamente un aumento en los gastos de mantenimiento.

### 2.1.1 Variante 1:

Esta variante tiene como característica que los caminos no deben cruzar ningún río de importancia por lo que no va a ser necesario construir ninguna obra de fábrica (puentes, pasos de río, etc.). Por otra parte esta gran ventaja se logra a costa de aumentar considerablemente la longitud de los caminos para poder rodear los ríos existentes, de esta manera aumentan la distancia de tiro del mineral y el estéril, y con ellos los costos de operación de esta variante. Además se necesitan más camiones. (Ver Fig. 1)

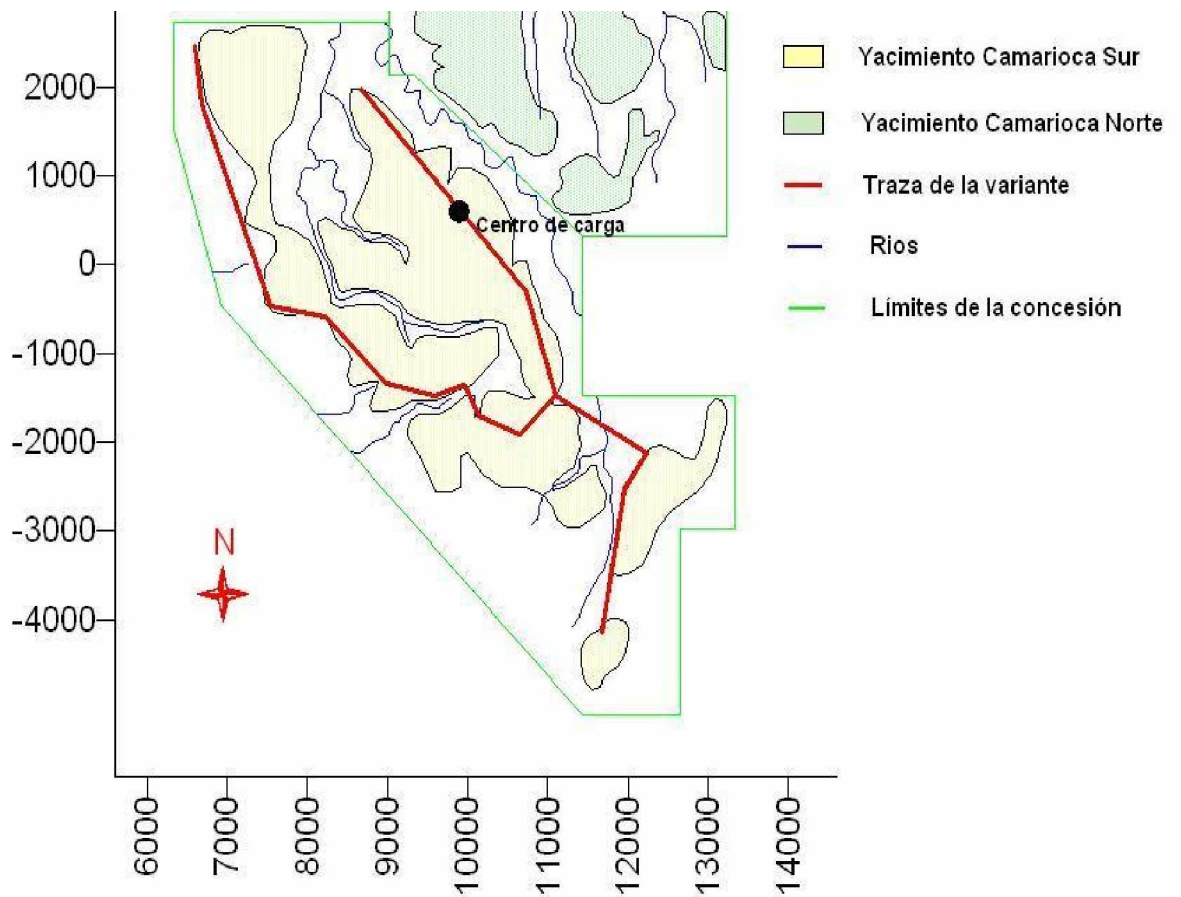


Fig. 1: Variante 1 del transporte interno.

**2.1.2 Variante 2:** Con esta variante se disminuyen notablemente las distancias de tiro, y con ello los costos de operación, pero se hace necesaria la construcción de un puente sobre el río. Esta variante precisa de menos camiones.

Para esta variante se propone el uso de camiones articulados Volvo BM A40D, dado sus elevados índices de disponibilidad técnica y probada eficiencia en este tipo de yacimientos. (Ver Fig. 2)

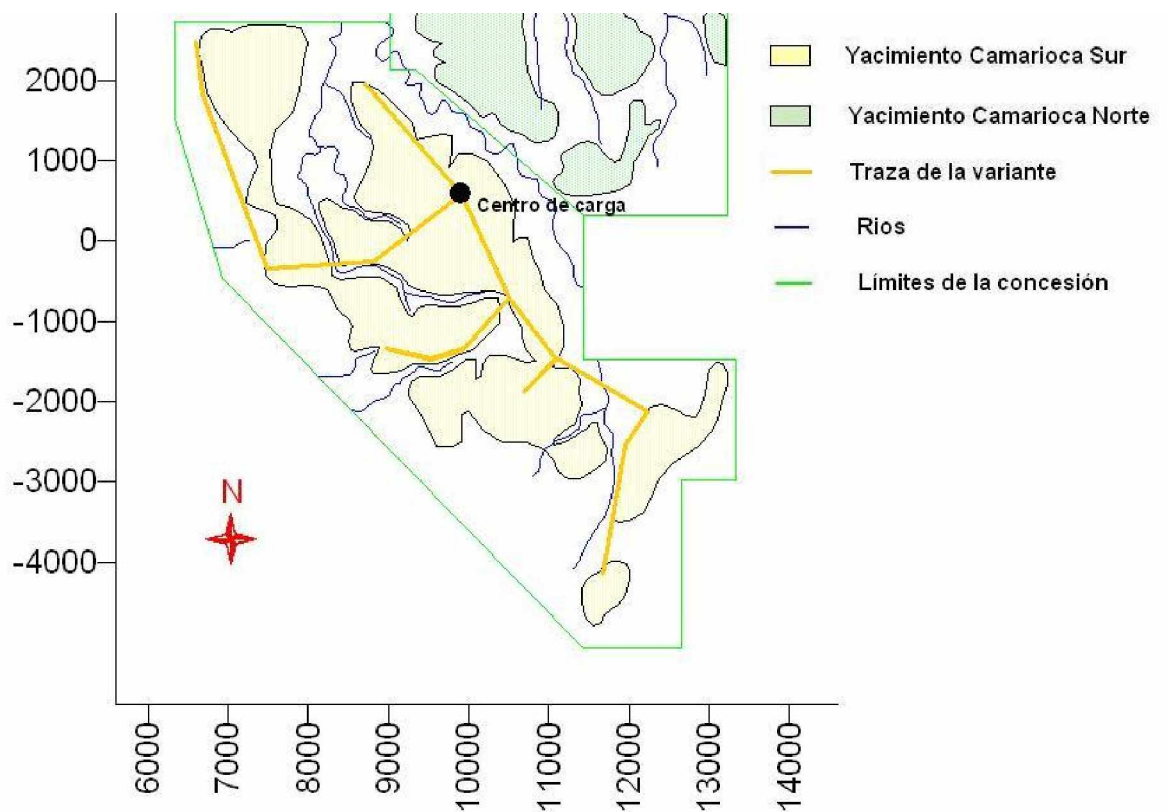


Fig. 2: Variante 2 del transporte interno.

## **2.2 Variantes para el transporte hasta la planta de pulpa.**

Antes de explicar las variantes propuestas para el tiro del mineral hasta la planta de pulpa se hace necesario decir que como medida para lograr la estabilidad en la calidad del mineral con que se alimentará la planta, ya que históricamente este ha sido uno de los elementos más problemáticos de la industria del níquel, y aunque los objetivos de este no sean la solución del problema de la inestabilidad de la calidad del mineral entregado al proceso, como forma de dar una solución integral al problema planteado, se propone la creación de un centro de homogenización de mineral en el yacimiento Camarioca Norte. Hacia este centro se dirigirá el flujo de mineral proveniente de los yacimientos Camarioca Norte, Camarioca Sur y en un futuro del yacimiento Piloto.

Para efectuar el tiro desde el punto de acopio del yacimiento Camarioca Sur hasta la planta de pulpa se proponen tres variantes:

**2.2.1 Variante camiones:** Para esta variante se propone construir un camino que una el punto de acopio de Camarioca Sur con el centro de homogenización, y de ahí hasta la planta de pulpa. En el primer tramo (punto de acopio – centro de homogenización), se propone utilizar camiones articulados Volvo BM A40D, y en el segundo (centro de homogenización – planta de pulpa), camiones rígidos. Esta variante lleva implícita la construcción de un puente. (Ver Fig. 3)

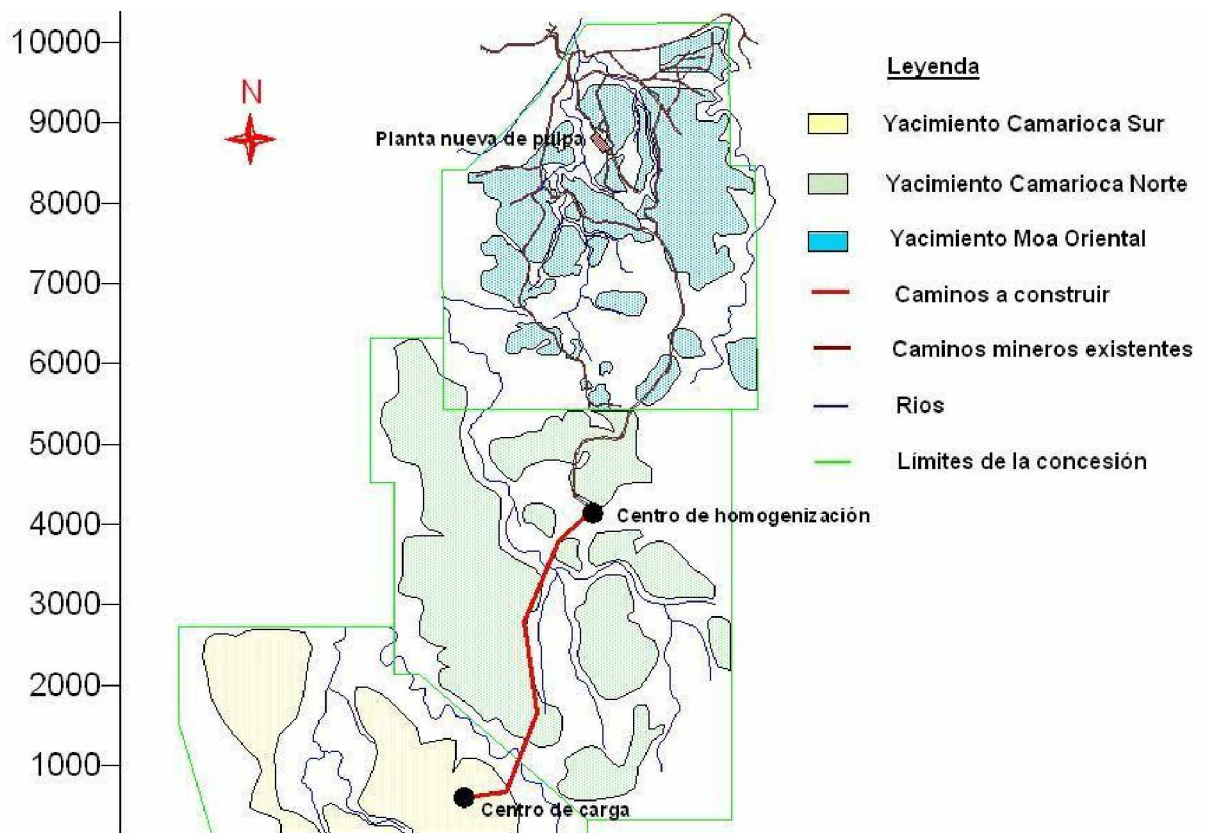


Fig. 3: Variante camiones para el transporte externo.

**2.2.2 Variante transportador:** En esta variante se propone construir un transportador de bandas que una el punto de acopio de Camarioca Sur con la planta de pulpa, pasando por el centro de homogenización. Este transportador va a estar dividido en dos partes, de acuerdo al flujo de mineral que deben garantizar. La primera parte (punto de acopio – centro de homogenización), debe tener un menor tamaño, ya que solo tiene que transportar el mineral de Camarioca Sur, pero la segunda parte (centro de homogenización – planta de pulpa), tiene que transportar el mineral proveniente de los yacimientos Camarioca Sur, Camarioca Norte y Piloto. (Ver Fig. 4)

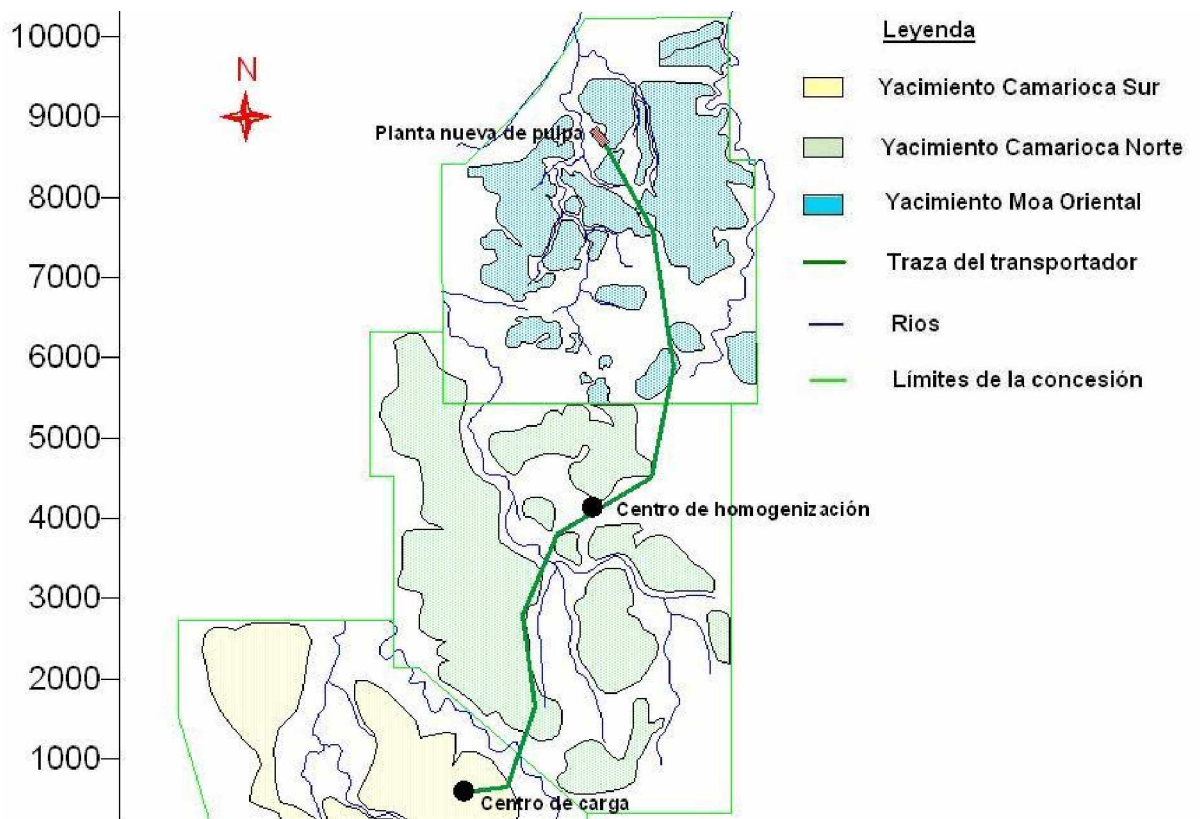


Fig. 4: Variante transportador para el transporte externo.



**2.2.3 Variante combinada:** Esta variante consiste en emplear camiones articulados Volvo BM A40D en el primer tramo (punto de acopio – centro de homogenización), y un transportador en el segundo (centro de homogenización – planta de pulpa). (Ver Fig. 5)

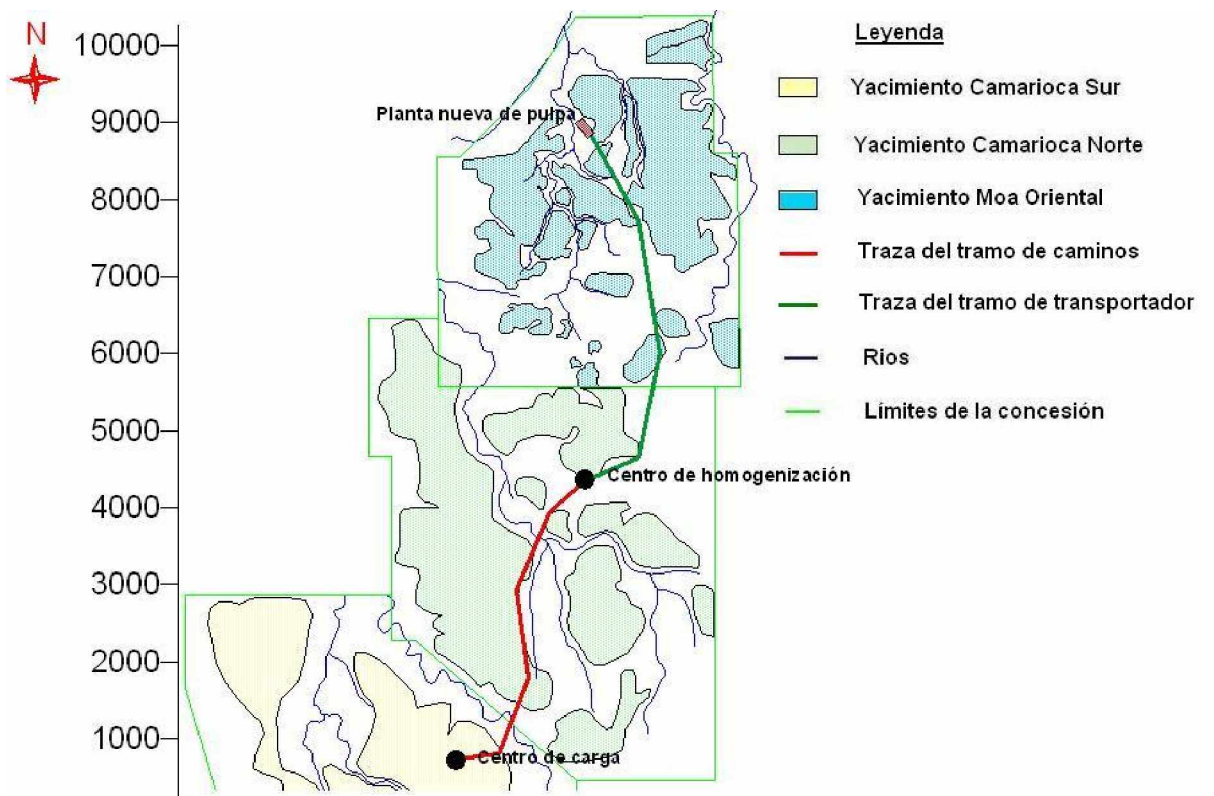


Fig. 5: Variante combinada para el transporte externo.



### Capítulo III: Cálculo del equipamiento necesario para cada traza y cálculo económico.

En este capítulo se realizará el cálculo del equipamiento necesario para cada variante de transportación propuesta y se llevará a cabo el cálculo económico que justifique la selección de la variante más racional y que sea más factible desde un punto de vista económico.

#### 3.1 Cálculo del equipamiento.

##### 3.1.1 Cálculo del equipamiento para la variante 1 del transporte interno.

Tabla 1: Datos de la variante 1 del transporte interno.

	Simbología	Unidades de medida	Cantidad
<b>Características del mineral</b>			
Peso volumétrico Seco en banco	Pvsb	ton/m <sup>3</sup>	1.05
Peso volumétrico húmedo suelto	Pvhs	ton/m <sup>3</sup>	1.20
Coeficiente Esponjamiento	Ke	—	1.37
Humedad natural del min.	Hm	%	36
<b>Excavadora (Liebherr R984B)</b>			
Volumen nominal cubo	E	m <sup>3</sup>	6
Coeficiente llenado cubo	Kllcu	—	0.95
Tiempo de un ciclo	Tce	min.	0.41
<b>Camión (Volvo A40D)</b>			
Capacidad de carga camión	C	m <sup>3</sup>	40
Capacidad volumétrica colmado	Cv	m <sup>3</sup>	22.5
Coeficiente de llenado	Kllca	—	0.95
Distancia de transportación	St	Km.	3.83
Velocidad del camión cargado	Vc	Km./h	20
Velocidad del camión vacío	Vv	Km./h	22
Tiempo de descarga del camión	Td	min.	0.65
Tiempo de maniobra del camión	Tm	min.	0.92
Tiempo de preparación del frente y/o ramales, etc.	Tpf	min.	0.22
Tiempo de muestreo	Tmu	min.	0.20
Tiempo de limpieza de la cama del camión	Tlc	min.	0.23
<b>Operaciones</b>			
Coeficiente de uso del turno	Ku	—	0.81
Coeficiente de disponibilidad mecánica	Kdm	—	0.84
Tiempo del turno	Tt	h	12
Cantidad de turnos	T	—	2
Días de operación	D	—	325
Volumen de trabajo	V	ton/año	1.435.760

**Volumen real del cubo de la excavadora.**

$$V_{ce} = E \times Kllcu$$

$$V_{ce} = 6 \times 0.95$$

$$V_{ce} = 5.7m^3$$

**Volumen real del camión**

$$V_{cc} = Cv \times Kllca$$

$$V_{cc} = 22.5 \times 0.95$$

$$V_{cc} = 21.4m^3$$

**Cantidad de cubos por camión**

$$N_c = \frac{V_{cc}}{V_{ce}}$$

$$N_c \frac{21.4}{5.7}$$

$$N_c = 3.8 \approx 4cucharas$$

Para lograr que los camiones asimilen el exceso de volumen originado por echar las 4 cucharas en la cama del camión, se propone soldar una plancha de metal en los bordes superiores de la cama del camión, de esta manera se aumenta la capacidad volumétrica del camión y no se derrama este exceso de mineral. Con esto se logra un aumento de la productividad del equipamiento y se disminuyen los costos de operación. Esto es factible de hacer ya que los camiones estarán trabajando por debajo de su capacidad de carga.

**Capacidad real de carga del camión. (mineral seco en el banco)**

$$Crcsb = Vcc \times \left( \frac{Pvsb}{Ke} \right)$$

$$Crcsb = 21.4 \times \left( \frac{1.05}{1.37} \right)$$

$$Crcsb = 16.4 \text{ ton}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral húmedo suelto)**

$$Crchs = Vcc \times Pvhs$$

$$Crchs = 21.4 \times 1.2$$

$$Crchs = 25.7 \text{ ton}$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad volumétrica del camión.**

$$Acv = \frac{Vcc}{Cv}$$

$$Acv = \frac{21.4}{22.5}$$

$$Acv = 0.95$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga del camión.**

$$Acc = \frac{Crchs}{C}$$

$$Acc = \frac{25.7}{40}$$

$$Acc = 0.64$$

**Cálculo del tiempo de ciclo de los camiones.**

**Tiempo de carga de un camión.**

$$T_{cc} = T_{ce} \times \frac{N_c - 1}{60}$$

$$T_{cc} = 25 \times \frac{4 - 1}{60}$$

$$T_{cc} = 1.25 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión cargado.**

$$T_{rcc} = 60 \times \frac{S_t}{V_c}$$

$$T_{rcc} = 60 \times \frac{3.83}{20}$$

$$T_{rcc} = 11.49 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión vacío.**

$$T_{rcv} = 60 \times \frac{S_t}{V_v}$$

$$T_{rcv} = 60 \times \frac{3.83}{22}$$

$$T_{rcv} = 10.45 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del camión.**

$$T_c = T_{cc} + T_{rcc} + T_d + T_{rcv} + T_m + T_{pf} + T_{mu} + T_{lc}$$

$$T_c = 1.25 + 11.49 + 0.65 + 10.45 + 0.92 + 0.22 + 0.2 + 0.23$$

$$T_c = 25.41 \text{ min}$$

**Cálculo de las productividades.**

**Cálculo de la productividad técnica del camión.**

$$Pt = 60 \times \frac{Crcsb}{Tc}$$

$$Pt = 60 \times \frac{16.4}{25.41}$$

$$Pt = 38.7 \text{ ton} / h$$

**Cálculo de la productividad por turno.**

$$Pturno = Pt \times Ku \times Kdm \times Tt$$

$$Pturno = 38.7 \times 0.81 \times 0.84 \times 12$$

$$Pturno = 316 \text{ ton} / \text{turno}$$

**Cálculo de la producción diaria.**

$$Pd = Pturno \times T$$

$$Pd = 316 \times 2$$

$$Pd = 632 \text{ ton} / \text{día}$$

**Cálculo de la productividad anual.**

$$Pa = Pd \times D$$

$$Pa = 632 \times 325$$

$$Pa = 205400 \text{ ton} / \text{año}$$

**Parque necesario para la variante.**

$$N_{\text{camiones}} = \frac{V}{Pa}$$

$$N_{\text{camiones}} = \frac{1435760}{205400}$$

$$N_{\text{camiones}} = 6.99 \approx 7 \text{ camiones}$$

### 3.1.2 Cálculo del equipamiento para la variante 2 del transporte interno.

Tabal 2: Datos de la variante 2 del transporte interno.

	Simbología	Unidades de medida	Cantidad
<b>Características del mineral</b>			
Peso volumétrico Seco en banco	Pvsb	ton/m <sup>3</sup>	1.05
Peso volumétrico húmedo suelto	Pvhs	ton/m <sup>3</sup>	1.20
Coeficiente Esponjamiento	Ke	—	1.37
Humedad natural del min.	Hm	%	36
<b>Excavadora (Liebherr R984B)</b>			
Volumen nominal cubo	E	m <sup>3</sup>	6
Coeficiente llenado cubo	Kllcu	—	0.95
Tiempo de un ciclo	Tce	min.	0.41
<b>Camión (Volvo A40D)</b>			
Capacidad de carga camión	C	m <sup>3</sup>	40
Capacidad volumétrica colmado	Cv	m <sup>3</sup>	22.5
Coeficiente de llenado	Kllca	—	0.95
Distancia de transportación	St	Km.	2.72
Velocidad del camión cargado	Vc	Km./h	20
Velocidad del camión vacío	Vv	Km./h	22
Tiempo de descarga del camión	Td	min.	0.65
Tiempo de maniobra del camión	Tm	min.	0.92
Tiempo de preparación del frente y/o ramales, etc.	Tpf	min.	0.22
Tiempo de muestreo	Tmu	min.	0.20
Tiempo de limpieza de la cama del camión	Tlc	min.	0.23
<b>Operaciones</b>			
Coeficiente de uso del turno	Ku	—	0.81
Coeficiente de disponibilidad mecánica	Kdm	—	0.84
Tiempo del turno	Tt	h	12
Cantidad de turnos	T	—	2
Días de operación	D	—	325
Volumen de trabajo	V	ton/año	1.435.760

**Volumen real del cubo de la excavadora.**

$$V_{ce} = E \times K_{llcu}$$

$$V_{ce} = 6 \times 0.95$$

$$V_{ce} = 5.7m^3$$

**Volumen real del camión**

$$V_{cc} = C_v \times K_{llca}$$

$$V_{cc} = 22.5 \times 0.95$$

$$V_{cc} = 21.4m^3$$

**Cantidad de cubos por camión**

$$N_c = \frac{V_{cc}}{V_{ce}}$$

$$N_c = \frac{21.4}{5.7}$$

$$N_c = 3.8 \approx 4 \text{cucharas}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral seco en el banco)**

$$C_{rcsb} = V_{cc} \times \left( \frac{P_{vsb}}{K_e} \right)$$

$$C_{rcsb} = 21.4 \times \left( \frac{1.05}{1.37} \right)$$

$$C_{rcsb} = 16.4 \text{ton}$$



**Capacidad real de carga del camión. (mineral húmedo suelto)**

$$Crchs = Vcc \times Pvhs$$

$$Crchs = 21.4 \times 1.2$$

$$Crchs = 25.7ton$$

**Coefficiente de aprovechamiento de la capacidad volumétrica del camión.**

$$Acv = \frac{Vcc}{Cv}$$

$$Acv = \frac{21.4}{22.5}$$

$$Acv = 0.95$$

**Coefficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga del camión.**

$$Acc = \frac{Crchs}{C}$$

$$Acc = \frac{25.7}{40}$$

$$Acc = 0.64$$

**Cálculo del tiempo de ciclo de los camiones.**

**Tiempo de carga de un camión.**

$$Tcc = Tce \times \frac{Nc - 1}{60}$$

$$Tcc = 25 \times \frac{4 - 1}{60}$$

$$Tcc = 1.25 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión cargado.**

$$Trcc = 60 \times \frac{St}{Vc}$$

$$Trcc = 60 \times \frac{2.72}{20}$$

$$Trcc = 8.16 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión vacío.**

$$Trcv = 60 \times \frac{St}{Vv}$$

$$Trcv = 60 \times \frac{2.72}{22}$$

$$Trcv = 7.41 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del camión.**

$$Tc = Tcc + Trcc + Td + Trcv + Tm + Tpf + Tmu + Tlc$$

$$Tc = 1.25 + 8.16 + 0.65 + 7.41 + 0.92 + 0.22 + 0.2 + 0.23$$

$$Tc = 19.04 \text{ min}$$

**Cálculo de las productividades.**

**Cálculo de la productividad técnica del camión.**

$$Pt = 60 \times \frac{Crcsb}{Tc}$$

$$Pt = 60 \times \frac{16.4}{19.04}$$

$$Pt = 51.7 \text{ ton/h}$$

**Cálculo de la productividad por turno.**

$$P_{\text{turno}} = P_t \times K_u \times K_{dm} \times T_t$$

$$P_{\text{turno}} = 51.7 \times 0.81 \times 0.84 \times 12$$

$$P_{\text{turno}} = 422.1 \text{ ton / turno}$$

**Cálculo de la producción diaria.**

$$P_d = P_{\text{turno}} \times T$$

$$P_d = 316 \times 2$$

$$P_d = 844.2 \text{ ton / día}$$

**Cálculo de la productividad anual.**

$$P_a = P_d \times D$$

$$P_a = 844.2 \times 325$$

$$P_a = 274365 \text{ ton / año}$$

**Parque necesario para la variante.**

$$N_{\text{camiones}} = \frac{V}{P_a}$$

$$N_{\text{camiones}} = \frac{1435760}{274365}$$

$$N_{\text{camiones}} = 5.23 \approx 6 \text{ camiones}$$

### 3.1.3 Cálculo del equipamiento para la variante camiones del transporte externo.

**Tabla 3: Datos de la variante Camiones del transporte externo, (tramo Camarioca Sur – Centro de homogenización)**

	<b>Simbología</b>	<b>Unidades de medida</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Características del mineral</b>			
Peso volumétrico Seco en banco	Pvsb	ton/m <sup>3</sup>	1.05
Peso volumétrico húmedo suelto	Pvhs	ton/m <sup>3</sup>	1.20
Coeficiente Esponjamiento	Ke	—	1.37
Humedad natural del min.	Hm	%	36
<b>Cargador frontal (Komatsu WA600)</b>			
Volumen nominal cubo	E	m <sup>3</sup>	6
Coeficiente llenado cubo	Kllcu	—	0.95
Tiempo de un ciclo	Tccf	seg	25
<b>Camión (Volvo A40D)</b>			
Capacidad de carga camión	C	m <sup>3</sup>	40
Capacidad volumétrica colmado	Cv	m <sup>3</sup>	22.5
Coeficiente de llenado	Kllca	—	0.95
Distancia de transportación	St	Km.	2.72
Velocidad del camión cargado	Vc	Km./h	20
Velocidad del camión vacío	Vv	Km./h	22
Tiempo de descarga del camión	Td	min.	0.65
Tiempo de maniobra del camión	Tm	min.	0.92
Tiempo de preparación del frente y/o ramales, etc.	Tpf	min.	0.22
Tiempo de muestreo	Tmu	min.	0.20
Tiempo de limpieza de la cama del camión	Tlc	min.	0.23
<b>Operaciones</b>			
Coeficiente de uso del turno	Ku	—	0.81
Coeficiente de disponibilidad mecánica	Kdm	—	0.84
Tiempo del turno	Tt	h	12
Cantidad de turnos	T	—	2
Días de operación	D	—	325
Volumen de trabajo	V	ton/año	1.435.760

**Volumen real del cubo del cargador frontal.**

$$V_{ccf} = E \times K_{llcu}$$

$$V_{ccf} = 6 \times 0.95$$

$$V_{ccf} = 5.7m^3$$

**Volumen real del camión**

$$V_{cc} = C_v \times K_{llca}$$

$$V_{cc} = 22.5 \times 0.95$$

$$V_{cc} = 21.4m^3$$

**Cantidad de cubos por camión**

$$N_c = \frac{V_{cc}}{V_{ccf}}$$

$$N_c = \frac{21.4}{5.7}$$

$$N_c = 3.8 \approx 4 \text{ cubos}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral seco en el banco)**

$$C_{rcsb} = V_{cc} \times \left( \frac{P_{vsb}}{K_e} \right)$$

$$C_{rcsb} = 21.4 \times \left( \frac{1.05}{1.37} \right)$$

$$C_{rcsb} = 16.4 \text{ ton}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral húmedo suelto)**

$$Crchs = Vcc \times Pvhs$$

$$Crchs = 21.4 \times 1.2$$

$$Crchs = 25.7ton$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad volumétrica del camión.**

$$Acv = \frac{Vcc}{Cv}$$

$$Acv = \frac{21.4}{22.5}$$

$$Acv = 0.95$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga del camión.**

$$Acc = \frac{Crchs}{C}$$

$$Acc = \frac{25.7}{40}$$

$$Acc = 0.64$$

**Cálculo del tiempo de ciclo de los camiones.**

**Tiempo de carga de un camión.**

$$Tcc = Tccf \times \frac{Nc - 1}{60}$$

$$Tcc = 25 \times \frac{4 - 1}{60}$$

$$Tcc = 1.25 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión cargado.**

$$Trcc = 60 \times \frac{St}{Vc}$$

$$Trcc = 60 \times \frac{4.42}{20}$$

$$Trcc = 13.26 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión vacío.**

$$Trcv = 60 \times \frac{St}{Vv}$$

$$Trcv = 60 \times \frac{4.42}{22}$$

$$Trcv = 12.05 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del camión.**

$$Tc = Tec + Trcc + Td + Trcv + Tm + Tpf + Tmu + Tlc$$

$$Tc = 1.25 + 13.26 + 0.65 + 12.05 + 0.92 + 0.22 + 0.2 + 0.23$$

$$Tc = 28.78 \text{ min}$$

**Cálculo de las productividades.**

**Cálculo de la productividad técnica del camión.**

$$Pt = 60 \times \frac{Crcsb}{Tc}$$

$$Pt = 60 \times \frac{16.4}{28.78}$$

$$Pt = 34.2 \text{ ton} / h$$

**Cálculo de la productividad por turno.**

$$P_{\text{turno}} = P_t \times K_u \times K_{dm} \times T_t$$

$$P_{\text{turno}} = 34.2 \times 0.81 \times 0.84 \times 12$$

$$P_{\text{turno}} = 279.2 \text{ ton / turno}$$

**Cálculo de la producción diaria.**

$$P_d = P_{\text{turno}} \times T$$

$$P_d = 279.2 \times 2$$

$$P_d = 558.4 \text{ ton / día}$$

**Cálculo de la productividad anual.**

$$P_a = P_d \times D$$

$$P_a = 558.4 \times 325$$

$$P_a = 181480 \text{ ton / año}$$

**Parque necesario para el tramo.**

$$N_{\text{camiones}} = \frac{V}{P_a}$$

$$N_{\text{camiones}} = \frac{1435760}{181480}$$

$$N_{\text{camiones}} = 7.91 \approx 8 \text{ camiones}$$



**Tabla 4: Datos de la variante Camiones del transporte externo (tramo centro de homogenización – planta nueva de pulpa).**

	Simbología	Unidades de medida	Cantidad
<b>Características del mineral</b>			
Peso volumétrico Seco en banco	Pvsb	ton/m <sup>3</sup>	1.05
Peso volumétrico húmedo suelto	Pvhs	ton/m <sup>3</sup>	1.20
Coeficiente Esponjamiento	Ke	—	1.37
Humedad natural del min.	Hm	%	36
<b>Cargador frontal Komatsu WA700</b>			
Volumen nominal cubo	E	m <sup>3</sup>	7
Coeficiente llenado cubo	Kllcu	—	0.95
Tiempo de un ciclo	Tccf	seg	25
<b>Camión (Komatsu HD 465)</b>			
Capacidad de carga camión	C	ton	55
Capacidad volumétrica colmado	Cv	m <sup>3</sup>	34.2
Coeficiente de llenado	Kllca	—	0.95
Distancia de transportación	St	Km.	5.6
Velocidad del camión cargado	Vc	Km./h	20
Velocidad del camión vacío	Vv	Km./h	22
Tiempo de descarga del camión	Td	min.	0.65
Tiempo de maniobra del camión	Tm	min.	0.92
Tiempo de preparación del frente y/o ramales, etc.	Tpf	min.	0.22
Tiempo de muestreo	Tmu	min.	0.20
Tiempo de limpieza de la cama del camión	Tlc	min.	0.23
<b>Operaciones</b>			
Coeficiente de uso del turno	Ku	—	0.81
Coeficiente de disponibilidad mecánica	Kdm	—	0.84
Tiempo del turno	Tt	h	12
Cantidad de turnos	T	—	2
Días de operación	D	—	325
Volumen de trabajo	V	ton/año	1.435.760

**Volumen real del cubo del cargador frontal.**

$$V_{ce} = E \times K_{llcu}$$

$$V_{ce} = 7 \times 0.95$$

$$V_{ce} = 6.65m^3$$

**Volumen real del camión**

$$V_{cc} = C_v \times K_{llca}$$

$$V_{cc} = 34.2 \times 0.95$$

$$V_{cc} = 32.5m^3$$

**Cantidad de cubos por camión**

$$N_c = \frac{V_{cc}}{V_{ccf}}$$

$$N_c = \frac{32.5}{6.65}$$

$$N_c = 4.9 \approx 5 \text{ cucharas}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral seco en el banco)**

$$C_{rcsb} = V_{cc} \times \left( \frac{P_{vsb}}{K_e} \right)$$

$$C_{rcsb} = 32.5 \times \left( \frac{1.05}{1.37} \right)$$

$$C_{rcsb} = 24.9 \text{ ton}$$

**Capacidad real de carga del camión. (mineral húmedo suelto)**

$$Crchs = Vcc \times Pvhs$$

$$Crchs = 32.5 \times 1.2$$

$$Crchs = 39 \text{ ton}$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad volumétrica del camión.**

$$Acv = \frac{Vcc}{Cv}$$

$$Acv = \frac{32.5}{34.2}$$

$$Acv = 0.95$$

**Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga del camión.**

$$Acc = \frac{Crchs}{C}$$

$$Acc = \frac{39}{55}$$

$$Acc = 0.71$$

**Cálculo del tiempo de ciclo de los camiones.**

**Tiempo de carga de un camión.**

$$Tcc = Tccf \times \frac{Nc - 1}{60}$$

$$Tcc = 25 \times \frac{5 - 1}{60}$$

$$Tcc = 1.67 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión cargado.**

$$Trcc = 60 \times \frac{St}{Vc}$$

$$Trcc = 60 \times \frac{5.6}{20}$$

$$Trcc = 16.8 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido del camión vacío.**

$$Trcv = 60 \times \frac{St}{Vv}$$

$$Trcv = 60 \times \frac{5.6}{22}$$

$$Trcv = 15.27 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del camión.**

$$Tc = Tec + Trcc + Td + Trcv + Tm + Tpf + Tmu + Tlc$$

$$Tc = 1.67 + 16.8 + 0.65 + 15.27 + 0.92 + 0.22 + 0.2 + 0.23$$

$$Tc = 35.96 \text{ min}$$

**Cálculo de las productividades.**

**Cálculo de la productividad técnica del camión.**

$$Pt = 60 \times \frac{Crcsb}{Tc}$$

$$Pt = 60 \times \frac{24.9}{35.96}$$

$$Pt = 41.54 \text{ ton} / h$$

**Cálculo de la productividad por turno.**

$$P_{\text{turno}} = P_t \times K_u \times K_{dm} \times T_t$$

$$P_{\text{turno}} = 41.54 \times 0.81 \times 0.84 \times 12$$

$$P_{\text{turno}} = 339.2 \text{ ton / turno}$$

**Cálculo de la producción diaria.**

$$P_d = P_{\text{turno}} \times T$$

$$P_d = 339.2 \times 2$$

$$P_d = 678.4 \text{ ton / día}$$

**Cálculo de la productividad anual.**

$$P_a = P_d \times D$$

$$P_a = 678.4 \times 325$$

$$P_a = 220480 \text{ ton / año}$$

**Parque necesario para el tramo.**

$$N_{\text{camiones}} = \frac{V}{P_a}$$

$$N_{\text{camiones}} = \frac{3957620}{220480}$$

$$N_{\text{camiones}} = 17.95 \approx 18 \text{ camiones}$$

### 3.1.4 Cálculo de los transportadores.

**Tabla 5: Datos de la variante Transportador del transporte externo (tramo Camarioca Sur – Centro de homogenización)**

	Simbología	Unidades de Medida	Cantidad
Productividad	Q	kN	1640
Peso volumétrico	$\gamma$	kN	12
Inclinación de la traza	$\alpha$	Grados	10
Longitud de la traza	Lt	m	1100
Distancia entre rodillos del ramal superior	L1	m	1.2
Distancia entre rodillos del ramal inferior	L2	m	2.4
Coef. que tiene en cuenta la inclinación de la traza	C1	-	1
Ángulo de reposo interno del material	$\varphi$	Grados	35
Velocidad que se asume	v	m/s	2
Factor de resistencia (rodillos planos)	w <sub>2</sub>	-	0.035
Factor de resistencia (rodillos acanalados)	w <sub>1</sub>	-	0.04

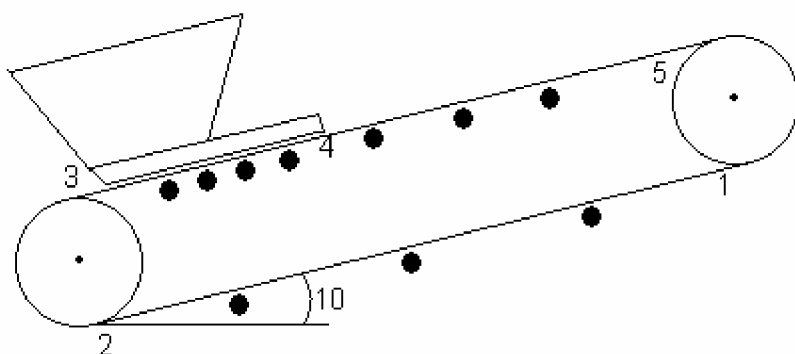


Fig. 6 Disposición del transportador.

Para el cálculo de los transportadores se simplificó el esquema del mismo

Para disminuir la potencia de los motores a usar se dividió la traza de 4420 m en 4 tramos de 1100m.

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Se seleccionaron los rodillos acanalados para el ramal superior porque la productividad es alta.

Para calcular el ancho de la banda se asume una velocidad acorde a la productividad que se desea alcanzar.

$$B = \sqrt{\frac{Q}{576 \times C1 \times \gamma \times v \times \tan(0.7 \times \phi)}}$$

$$B = \sqrt{\frac{1640}{576 \times 1 \times 12 \times 2 \times \tan(0.7 \times 35)}}$$

$$B = 0.51 \approx 0.6m$$

Se busca en la tabla 5.9 del libro de Transporte minero de Polanco y Pereda el valor tabulado del ancho de la banda. Con este valor del ancho de la banda que se va a emplear se recalcula el valor de la velocidad.

$$v = \frac{Q}{576 \times C1 \times \gamma \times B^2 \times \tan(0.7 \times \phi)}$$

$$v = \frac{1640}{576 \times 1 \times 12 \times 0.36 \times \tan(0.7 \times 35)}$$

$$v = 1.446 \approx 2m / s$$

Con la velocidad de la banda calculada se procede a calcular el período de la misma, en función de la longitud de la traza.

$$T = \frac{Lt}{v \times 30}$$

$$T = \frac{1100}{2 \times 30}$$

$$T = 18.3seg$$

En dependencia del periodo se busca en las tablas 4.7, 4.8 y 4.11 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, los espesores superiores e inferiores de la banda transportadora  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ , y  $\delta$  todos en mm.

$$\delta_1=5 \quad \delta_2=2.5 \quad \delta=1.8$$

De la tabla 4.11 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, se toma la banda a utilizar, la misma tiene un peso  $qb'$  de  $12 \text{ N/m}^2 \times \text{mm}$ , y una resistencia a la tracción  $Kt = 3000 \text{ N/cm}$ .

Se determina el peso lineal de la carga:

$$q = \frac{3.6 \times Q}{v}$$

$$q = \frac{3.6 \times 1640}{2}$$

$$q = 2952 \text{ N/m}$$

Se toma el numero de capas de la banda en dependencia del ancho de la misma, según la tabla 4.14 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, y como  $B = 0.6$ ;  $i = 3 - 7$ , se toma  $i = 5$ .

Con estos valores se calcula el peso lineal de la banda:

$$qb = qb' \times B \times (\delta \times i + \delta_1 + \delta_2)$$

$$qb = 12 \times 0.6 \times (1.8 \times 5 + 5 + 2.5)$$

$$qb = 118.5 \text{ N/m}$$

De la tabla 5.3 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, se toma el peso de los rodillos para un ancho de banda determinado, y con este valor se calcula el peso lineal de los rodillos (N/m), para la rama cargada ( $qrc$ ) y la rama vacía ( $qrv$ ):

$$qrv = \frac{Grv}{L2}$$

$$qrc = \frac{Grc}{L1}$$

$$qrv = \frac{9.5}{2.4}$$

$$qrc = \frac{120}{1.2}$$

$$qrv = 3.95 \text{ N/m}$$

$$qrc = 100 \text{ N/m}$$



*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Ahora se determinan las resistencias distribuidas entre los puntos significativos señalados en la figura:

$$W_{12} = (-qb) \times Lt \times \text{sen} \alpha + (qb + qrv) \times Lt \times w_2 \times \text{cos} \alpha$$

$$W_{12} = (-118.5) \times 1100 \times \text{sen} 10^\circ + (118.5 + 3.95) \times 1100 \times 0.035 \times \text{cos} 10^\circ$$

$$W_{12} = -18037.95 \text{ N / m}$$

$$W_{34} = \frac{Q}{3.6 \times 9.81} \times (v - 0.85v)$$

$$W_{34} = \frac{1640}{3.6 \times 9.81} \times (2 - 0.85 \times 2)$$

$$W_{34} = 13.93 \text{ N / m}$$

$$W_{45} = (qb + q) \times Lt \times \text{sen} \alpha + (qb + q + qrc) \times Lt \times w_1 \times \text{cos} \alpha$$

$$W_{45} = (118.5 + 2952) \times 1100 \times \text{sen} 10^\circ + (118.5 + 2952 + 100) \times 1100 \times 0.04 \times \text{cos} 10^\circ$$

$$W_{45} = 723958.36 \text{ N / m}$$

Ahora se determinan las tensiones en los puntos de la traza, para  $K=1.03$ :

$$A = K \times W_{12} + W_{34} + W_{45}$$

$$A = 1.03 \times -18037.95 + 13.93 + 723958.36$$

$$A = 705393.2 \text{ N / m}$$

Luego se toma el valor de  $\xi$ , que es el coeficiente de tracción en una transmisión banda – tambora de la tabla 5.12 del libro Maquinas de Transporte

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Continuo, de Oriol y Aguilar. Para un ángulo de contacto banda – tambora de  $210^\circ$ , con una tambora de acero o hierro fundido, en un ambiente húmedo y sucio,  $\xi=2.08$ .

$$S1 = \frac{A}{\xi - K}$$

$$S2 = S1 - W12$$

$$S1 = \frac{705393.2}{2.08 - 1.03}$$

$$S2 = 671803 - (-18037.95)$$

$$S1 = Ss = 671803N / m$$

$$S2 = 689840.95N / m$$

$$S3 = K \times S1 - K \times W12$$

$$S3 = 1.03 \times 671803 - 1.03 \times (-18037.95)$$

$$S3 = 710536.18N / m$$

$$S4 = K \times S1 - K \times W12 + W34$$

$$S4 = 1.03 \times 671803 - 1.03 \times (-18037.95) + 19.93$$

$$S4 = 710556.11N / m$$

$$S5 = K \times S1 - K \times W12 + W34 + W45$$

$$S5 = 1.03 \times 671803 - 1.03 \times (-18037.95) + 19.93 + 723958.36$$

$$S5 = Se = 1434514.47N / m$$

Luego se determina el tiraje efectivo:

$$Wo = Se - Ss$$

$$Wo = 1434514.47 - 671803$$

$$Wo = 762711.47N / m$$

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Ahora se determina la potencia del motor. Como la transmisión será electromecánica, la eficiencia de la transmisión será  $\eta_t=0.9$ .

$$N = \frac{W_o \times v}{1000 \times \eta_t}$$

$$N = \frac{762711.47 \times 2}{1000 \times 0.9}$$

$$N = 1694.9 \text{ kW}$$

Se escoge un motor por catalogo y se analiza el grado de reserva. Se escoge un motor de  $N_c=2500$  kW.

$$Mk' = \frac{N}{N_c} = \frac{1694.9}{2500} = 0.68$$

Como los catálogos de que se disponían para elegir las bandas, los rodillos y los motores son obsoletos, se recomienda buscar en catálogos modernos unos componentes con las características propuestas.

**Tabla 6: Datos de la variante Transportador del transporte externo (tramo centro de homogenización – planta de pulpa nueva).**

	<b>Simbología</b>	<b>Unidades de Medida</b>	<b>Cantidad</b>
Productividad	Q	kN	1640
Peso volumétrico	$\gamma$	kN	12
Inclinación de la traza	$\alpha$	Grados	8
Longitud de la traza	Lt	m	1030
Distancia entre rodillos del ramal superior	L1	m	1.2
Distancia entre rodillos del ramal inferior	L2	m	2.4
Coef. que tiene en cuenta la inclinación de la traza	C1	-	1
Ángulo de reposo interno del material	$\varphi$	Grados	35
Velocidad que se asume	v	m/s	2
Factor de resistencia (rodillos planos)	$w_2$	-	0.035
Factor de resistencia (rodillos acanalados)	$w_1$	-	0.04

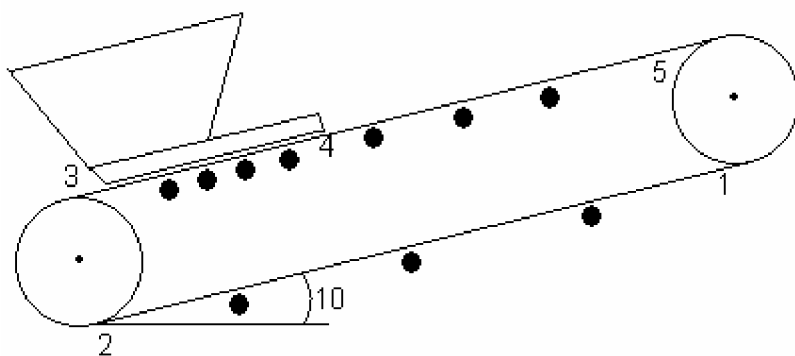


Fig. 6 Disposición del transportador.

Para disminuir la potencia de los motores a usar se dividió la traza de 5158 m en 5 tramos de 1030m.

Se seleccionaron los rodillos acanalados para el ramal superior porque la productividad es alta.

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Para calcular el ancho de la banda se asume una velocidad acorde a la productividad que se desea alcanzar.

$$B = \sqrt{\frac{Q}{576 \times C1 \times \gamma \times v \times \tan(0.7 \times \varphi)}}$$

$$B = \sqrt{\frac{4518}{576 \times 1 \times 12 \times 2 \times \tan(0.7 \times 35)}}$$

$$B = 0.847 \approx 1m$$

Se busca en la tabla 5.9 del libro de Transporte minero de Polanco y Pereda el valor tabulado del ancho de la banda. Con este valor del ancho de la banda que se va a emplear se recalcula el valor de la velocidad.

$$v = \frac{Q}{576 \times C1 \times \gamma \times B^2 \times \tan(0.7 \times \varphi)}$$

$$v = \frac{4518}{576 \times 1 \times 12 \times 1 \times \tan(0.7 \times 35)}$$

$$v = 1.434 \approx 2m/s$$

Con la velocidad de la banda calculada se procede a calcular el período de la misma, en función de la longitud de la traza.

$$T = \frac{Lt}{v \times 30}$$

$$T = \frac{1030}{2 \times 30}$$

$$T = 17.17seg$$

En dependencia del periodo se busca en las tablas 4.7, 4.8 y 4.11 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, los espesores superiores e inferiores de la banda transportadora  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ , y  $\delta$  todos en mm.

$$\delta_1=5 \quad \delta_2=2.5 \quad \delta=1.8$$

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

De la tabla 4.11 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, se toma la banda a utilizar, la misma tiene un peso  $qb'$  de  $12 \text{ N/m}^2 \times \text{mm}$ , y una resistencia a la tracción  $Kt = 3000 \text{ N/cm}$ .

Se determina el peso lineal de la carga:

$$q = \frac{3.6 \times Q}{v}$$

$$q = \frac{3.6 \times 4518}{2}$$

$$q = 8132.4 \text{ N/m}$$

Se toma el numero de capas de la banda en dependencia del ancho de la misma, según la tabla 4.14 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, y como  $B = 1 \text{ m}$ ;  $i = 5 - 10$ , se toma  $i = 8$ .

Con estos valores se calcula el peso lineal de la banda:

$$qb = qb' \times B \times (\delta \times i + \delta_1 + \delta_2)$$

$$qb = 12 \times 1 \times (1.8 \times 8 + 5 + 2.5)$$

$$qb = 262.8 \text{ N/m}$$

De la tabla 5.3 del libro Maquinas de Transporte Continuo, de Oriol y Aguilar, se toma el peso de los rodillos para un ancho de banda determinado, y con este valor se calcula el peso lineal de los rodillos ( $\text{N/m}$ ), para la rama cargada ( $qrc$ ) y la rama vacía ( $qrv$ ):

$$qrv = \frac{Grv}{L2}$$

$$qrc = \frac{Grc}{L1}$$

$$qrv = \frac{20.5}{2.4}$$

$$qrc = \frac{210}{1.2}$$

$$qrv = 8.54 \text{ N/m}$$

$$qrc = 175 \text{ N/m}$$

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Ahora se determinan las resistencias distribuidas entre los puntos significativos señalados en la figura:

$$W_{12} = (-qb) \times Lt \times \text{sen} \alpha + (qb + qrv) \times Lt \times w_2 \times \text{cos} \alpha$$

$$W_{12} = (-262.8) \times 1030 \times \text{sen} 8^\circ + (262.8 + 8.54) \times 1030 \times 0.035 \times \text{cos} 8^\circ$$

$$W_{12} = -27985.26 N / m$$

$$W_{34} = \frac{Q}{3.6 \times 9.81} \times (v - 0.85v)$$

$$W_{34} = \frac{4518}{3.6 \times 9.81} \times (2 - 0.85 \times 2)$$

$$W_{34} = 38.38 N / m$$

$$W_{45} = (qb + q) \times Lt \times \text{sen} \alpha + (qb + q + qrc) \times Lt \times w_1 \times \text{cos} \alpha$$

$$W_{45} = (262.8 + 8132.4) \times 1030 \times \text{sen} 8^\circ + (262.8 + 8132.4 + 175) \times 1030 \times 0.04 \times \text{cos} 8^\circ$$

$$W_{45} = 1553093.57 N / m$$

Ahora se determinan las tensiones en los puntos de la traza, para  $K=1.03$ :

$$A = K \times W_{12} + W_{34} + W_{45}$$

$$A = 1.03 \times (-27985.26) + 38.38 + 1553093.57$$

$$A = 1524307.13 N / m$$

Luego se toma el valor de  $\xi$ , que es el coeficiente de tracción en una transmisión banda – tambora de la tabla 5.12 del libro Maquinas de Transporte

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

Continuo, de Oriol y Aguilar. Para un ángulo de contacto banda – tambora de  $210^\circ$ , con una tambora de acero o hierro fundido, en un ambiente húmedo y sucio,  $\xi=2.08$ .

$$S1 = \frac{A}{\xi - K}$$

$$S2 = S1 - W12$$

$$S1 = \frac{1524307.13}{2.08 - 1.03}$$

$$S2 = 1451721.08 - (-27985.26)$$

$$S1 = Ss = 1451721.08 N / m$$

$$S2 = 1479706.34 N / m$$

$$S3 = K \times S1 - K \times W12$$

$$S3 = 1.03 \times 1451721.08 - 1.03 \times (-27985.26)$$

$$S3 = 1524097.53 N / m$$

$$S4 = K \times S1 - K \times W12 + W34$$

$$S4 = 1.03 \times 1451721.08 - 1.03 \times (-27985.26) + 38.38$$

$$S4 = 1524135.91 N / m$$

$$S5 = K \times S1 - K \times W12 + W34 + W45$$

$$S5 = 1.03 \times 1451721.08 - 1.03 \times (-27985.26) + 38.38 + 1553093.57$$

$$S5 = Se = 3077229.47 N / m$$

Luego se determina el tiraje efectivo:

$$Wo = Se - Ss$$

$$Wo = 3077229.47 - 1451721.08$$

$$Wo = 1625508.39 N / m$$



Ahora se determina la potencia del motor. Como la transmisión será electromecánica, la eficiencia de la transmisión será  $\eta_t=0.9$ .

$$N = \frac{W_o \times v}{1000 \times \eta_t}$$

$$N = \frac{1625508.39 \times 2}{1000 \times 0.9}$$

$$N = 3612.24 \text{ kW}$$

Se escoge un motor por catálogo y se analiza el grado de reserva. Se escoge un motor de  $N_c=5000$  kW.

$$Mk' = \frac{N}{N_c}$$

$$Mk' = \frac{3612.24}{5000}$$

$$Mk' = 0.72$$

Como los catálogos de que se disponían para elegir las bandas, los rodillos y los motores son obsoletos, se recomienda buscar en catálogos modernos unos componentes con las características propuestas.

### **3.2 Cálculo de los costos**

#### **3.2.1 Cálculo de los costos de la variante 1 del transporte interno.**

##### **Cálculo del precio de los equipos:**

$$P_e = P_{exc} \times N_{exc} + P_{cam} \times N_{cam}$$

$$P_e = 1000000 \times 1 + 500000 \times 7$$

$$P_e = \$4500000$$

Donde:

$P_{exc}$  – precio de una excavadora.

Nexc – número de excavadoras.  
Pcam – precio de un camión.  
Ncam – numero de camiones.

**Cálculo del costo total de la construcción de los caminos:**

$$C_{tcam} = Lc \times C_{cam}$$

$$C_{tcam} = 15.1 \times 350000$$

$$C_{tcam} = \$5285000$$

Donde:

Lc – longitud de los caminos (Km)

Ccam – costo de construir un Km de caminos. (\$/Km)

**Costo de las obras de fábrica:** en esta variante solo hay una obra de fábrica que es una alcantarilla pequeña, cuyo costo total se estima en \$ 10 000.

**Cálculo de los salarios anuales de los obreros:**

$$S_o = N_o \times S \times 12$$

$$N_o = 4 \times T_e$$

$$S_o = 32 \times 1500 \times 12$$

$$N_o = 4 \times 8$$

$$S_o = \$576000$$

$$N_o = 32 \text{ obreros}$$

Donde:

No – numero de obreros.

S – salario que la empresa paga al estado por cada obrero.

Te – total de equipos.

**Cálculo de los costos anuales de mantenimiento:**

$$C_m = C_{mexc} \times N_{exc} + C_{mcam} \times N_{cam}$$

$$C_m = (7000 \times 1 + 8000 \times 7) \times 12$$

$$C_m = \$756000$$

Donde:

Cmexc – costo mensual de mantenimiento de una excavadora.

Cmcam - costo mensual de mantenimiento de un camión.

**Cálculo del costo anual del consumo de combustible:**

$$C_{comb} = ((N_{ccexc} \times N_{exc} + N_{cccam} \times N_{cam})24 \times 30 \times 12) \times P_c$$

$$C_{comb} = ((63 \times 1 + 28 \times 7) \times 24 \times 30 \times 12) \times 0.705$$

$$C_{comb} = \$1577620,8$$

Donde:

$N_{ccexc}$  – norma de consumo de combustible de la excavadora Liebherr R984B (L/h)

$N_{cccam}$  – norma de consumo de combustible de los camiones Volvo A40D (L/h)

**Costo total de la variante:**

$$C_t = C_c + C_o$$

$$C_c = P_e + C_{tcam} + C_{of}$$

$$C_t = \$9795000 + \$2909620,8$$

$$C_c = \$4500000 + \$5285000 + \$10000$$

$$C_t = \$12704620,8$$

$$C_c = \$9795000$$

$$C_o = S_o + C_m + C_{comb}$$

$$C_o = \$576000 + \$756000 + \$1577620,8$$

$$C_o = \$2909620,8$$

Donde:

$C_c$  – costo capital.

$C_o$  – costo de operaciones.

**3.2.2 Cálculo de los costos de la variante 2 del transporte interno.**

**Cálculo del precio de los equipos:**

$$P_e = P_{exc} \times N_{exc} + P_{cam} \times N_{cam}$$

$$P_e = 1000000 \times 1 + 500000 \times 6$$

$$P_e = \$4000000$$

Donde:

Pexc – precio de una excavadora.

Nexc – número de excavadoras.

Pcam – precio de un camión.

Ncam – numero de camiones.

### **Cálculo del costo total de la construcción de los caminos:**

$$C_{tcam} = L_c \times C_{cam}$$

$$C_{tcam} = 15.8 \times 350000$$

$$C_{tcam} = \$5530000$$

Donde:

Lc – longitud de los caminos (Km)

Ccam – costo de construir un Km de caminos. (\$/Km)

**Costo de las obras de fábrica:** en esta variante solo hay una obra de fábrica que es una alcantarilla pequeña, cuyo costo total se estima \$ 10 000.

### **Cálculo de los salarios anuales de los obreros:**

$$S_o = N_o \times S \times 12$$

$$N_o = 4 \times T_e$$

$$S_o = 28 \times 1500 \times 12$$

$$N_o = 4 \times 7$$

$$S_o = \$504000$$

$$N_o = 28 \text{ obreros}$$

Donde:

No – numero de obreros.

S – salario que la empresa paga al estado por cada obrero.

Te – total de equipos.

### **Cálculo de los costos anuales de mantenimiento:**

$$C_m = C_{mexc} \times N_{exc} + C_{mcam} \times N_{cam}$$

$$C_m = (7000 \times 1 + 8000 \times 6) * 12$$

$$C_m = \$660000$$

Donde:

$C_{mexc}$  – costo mensual de mantenimiento de una excavadora.

$C_{mcam}$  - costo mensual de mantenimiento de un camión.

**Cálculo del costo anual del consumo de combustible:**

$$C_{comb} = ((N_{ccexc} \times N_{exc} + N_{cccam} \times N_{cam})24 \times 30 \times 12) \times P_c$$

$$C_{comb} = ((63 \times 1 + 28 \times 6) \times 24 \times 30 \times 12) \times 0.705$$

$$C_{comb} = \$1407067,2$$

Donde:

$N_{ccexc}$  – norma de consumo de combustible de la excavadora Liebherr R984B (L/h)

$N_{cccam}$  – norma de consumo de combustible de los camiones Volvo A40D (L/h)

**Costo total de la variante:**

$$C_t = C_c + C_o$$

$$C_c = P_e + C_{tcam} + C_{of}$$

$$C_t = \$9540000 + \$2571067,2$$

$$C_c = \$4000000 + \$5530000 + \$10000$$

$$C_t = \$12111067,2$$

$$C_c = \$9540000$$

$$C_o = S_o + C_m + C_{comb}$$

$$C_o = \$504000 + \$660000 + \$1407067,2$$

$$C_o = \$2571067,2$$

Donde:

$C_c$  – costo capital.

$C_o$  – costo de operaciones.

### 3.2.3 Cálculo de los costos de la variante camiones del transporte externo.

**Cálculo de los costos del tramo Camarioca Sur – centro de homogenización, de la variante camiones del transporte externo.**

**Cálculo del precio de los equipos:**

$$Pe = Pcf \times Ncf + Pcam \times Ncam$$

$$Pe = 600000 \times 1 + 500000 \times 8$$

$$Pe = \$4600000$$

Donde:

Pcf – precio de un cargador frontal.

Ncf – número de cargadores frontales.

Pcam – precio de un camión.

Ncam – numero de camiones.

**Cálculo del costo total de la construcción de los caminos:**

$$Ctcam = Lc \times Ccam$$

$$Ctcam = 4.4 \times 350000$$

$$Ctcam = \$1540000$$

Donde:

Lc – longitud de los caminos (Km)

Ccam – costo de construir un Km de caminos. (\$/Km)

**Costo de las obras de fábrica:** en esta variante hay que construir un puente, cuyo costo total se estima en \$ 1 000 000.

**Cálculo de los salarios anuales de los obreros:**

$$So = No \times S \times 12$$

$$No = 4 \times Te$$

$$So = 36 \times 1500 \times 12$$

$$No = 4 \times 9$$

$$So = \$648000$$

$$No = 36 \text{ obreros}$$

Donde:

No – numero de obreros.

S – salario que la empresa paga al estado por cada obrero.

Te – total de equipos.

**Cálculo de los costos anuales de mantenimiento:**

$$C_m = (C_{mcf} \times N_{cf} + C_{mcam} \times N_{cam}) \times 12$$

$$C_m = (4000 \times 1 + 8000 \times 8) \times 12$$

$$C_m = \$816000$$

Donde:

C<sub>mcf</sub> – costo mensual de mantenimiento de un cargador frontal.

C<sub>mcam</sub> - costo mensual de mantenimiento de un camión.

**Cálculo del costo anual del consumo de combustible:**

$$C_{comb} = ((N_{cccf} \times N_{cf} + N_{cccam} \times N_{cam}) \times 24 \times 30 \times 12) \times P_c$$

$$C_{comb} = ((50 \times 1 + 28 \times 8) \times 24 \times 30 \times 12) \times 0.705$$

$$C_{comb} = \$1668988.8$$

Donde:

N<sub>ccexc</sub> – norma de consumo de combustible de la excavadora Liebherr R984B (L/h)

N<sub>cccam</sub> – norma de consumo de combustible de los camiones Volvo A40D (L/h)

**Costo total de la variante:**

$$C_t = C_c + C_o$$

$$C_c = P_e + C_{tcam} + C_{of}$$

$$C_t = \$7140000 + \$3132988.8$$

$$C_c = \$4600000 + \$1540000 + \$1000000$$

$$C_t = \$10272988.8$$

$$C_c = \$7140000$$

$$C_o = S_o + C_m + C_{comb}$$

$$C_o = \$648000 + \$816000 + \$1668988.8$$

$$C_o = \$3132988.8$$

Donde:

Cc – costo capital.

Co – costo de operaciones.

**Cálculo de los costos del tramo centro de homogenización – planta nueva de pulpa, de la variante camiones del transporte externo.**

**Cálculo del precio de los equipos:**

$$Pe = Pcf \times Ncf + Pcam \times Ncam$$

$$Pe = 900000 \times 1 + 700000 \times 18$$

$$Pe = \$13500000$$

Donde:

Pcf – precio de un cargador frontal.

Ncf – número de cargadores frontales.

Pcam – precio de un camión.

Ncam – numero de camiones.

**Cálculo del costo total de la construcción de los caminos:**

$$Ctcam = Lc \times Ccam$$

$$Ctcam = 5.6 \times 350000$$

$$Ctcam = \$1960000$$

Donde:

Lc – longitud de los caminos (Km)

Ccam – costo de construir un Km de caminos. (\$/Km)

**Cálculo de los salarios anuales de los obreros:**

$$So = No \times S \times 12$$

$$No = 4 \times Te$$

$$So = 76 \times 1500 \times 12$$

$$No = 4 \times 19$$

$$So = \$1368000$$

$$No = 76 \text{ obreros}$$



Donde:

No – numero de obreros.

S – salario que la empresa paga al estado por cada obrero.

Te – total de equipos.

**Cálculo de los costos anuales de mantenimiento:**

$$Cm = (Cmcf \times Ncf + Cmcam \times Ncam) \times 12$$

$$Cm = (7000 \times 1 + 16000 \times 18) \times 12$$

$$Cm = \$3540000$$

Donde:

Cmcf – costo mensual de mantenimiento de un cargador frontal.

Cmcam - costo mensual de mantenimiento de un camión.

**Cálculo del costo anual del consumo de combustible:**

$$Ccomb = ((Ncccf \times Ncf + Ncccam \times Ncam) \times 24 \times 30 \times 12) \times Pc$$

$$Ccomb = ((55 \times 1 + 52 \times 18) \times 24 \times 30 \times 12) \times 0.705$$

$$Ccomb = \$6036379.2$$

Donde:

Ncccf – norma de consumo de combustible del cargador frontal Komatsu WA700 (L/h).

Ncccam – norma de consumo de combustible de los camiones Volvo A40D (L/h)

**Costo total de la variante:**

$$Ct2 = Cc + Co$$

$$Cc = Pe + Ctcam$$

$$Ct2 = \$15460000 + \$10944379.2$$

$$Cc = \$13500000 + \$1960000$$

$$Ct2 = \$26404379.2$$

$$Cc = \$15460000$$

$$Co = So + Cm + Ccomb$$

$$Co = \$1368000 + \$3540000 + \$6036379.2$$

$$Co = \$10944379.2$$

Donde:

Cc – costo capital.

Co – costo de operaciones.

### **Costo total de la variante Camiones del transporte externo:**

$$Ct = Ct1 + Ct2$$

$$Ct = \$10272988.8 + \$26404379.2$$

$$Ct = \$36677368$$

Donde:

Ct1 – costo del tramo Camarioca Sur – centro de homogenización.

Ct2 – costo del tramo centro de homogenización – planta nueva de pulpa

### **3.2.3 Cálculo de los costos de la variante transportador del transporte externo.**

Para calcular el costo de un transportador hay que tener en cuenta el costo capital de construcción más el costo de operaciones. En este caso se consultó con especialistas de CEPRONIQUEL, con experiencia en el diseño de transportadores y se obtuvo como respuesta que el costo capital de un transportador depende de las condiciones topográficas de la zona en que se vaya a construir dicho transportador. Como resultado de la experiencia de estos especialistas se ha llegado a la generalización de que en condiciones topográficas difíciles un kilómetro de transportador cuesta alrededor de 4.5 millones de CUC, y en condiciones topográficas normales este costo se reduce a 3 millones de CUC. También en la actualidad existe como norma que el constructor de la obra se encargue de los mantenimientos en un plazo de aproximadamente un año, como parte de la garantía postventa del equipo.

**Cálculo del costo del tramo Camarioca Sur – centro de homogenización.**

$$Cct1 = Lt \times \$4500000$$

$$Cct1 = 4.4 \times \$4500000$$

$$Cct1 = \$19800000$$

Donde:

Lt – longitud del tramo.

**Cálculo del costo del tramo centro de homogenización – planta de pulpa nueva.**

$$Cct2 = Lt \times \$3000000$$

$$Cct2 = 5.2 \times \$3000000$$

$$Cct2 = \$15600000$$

**Cálculo del costo total de la variante transportador del transporte externo.**

$$Cct = Cct1 + Cct2$$

$$Cct = \$19800000 + \$15600000$$

$$Cct = \$35400000$$

**3.3 Selección de la variante más racional desde un punto de vista económico.**

Ahora se procederá a hacer un análisis comparativo desde un punto de vista económico. Para ello se compararán los costos totales de cada variante.

*Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

	Variante 1	Variante 2	Camiones	Transportador	Combinado
Costo capital	\$ 9 795 000	\$ 9 540 000	\$22 600 000	\$ 35 400 00	\$ 22 740 000
Costo de operaciones	\$ 2 909 620,8	\$ 2 571 067,2	\$14 077 368	-	\$ 3 132 988.8
Costo total	\$12 704 620,8	\$ 12 111 067,2	\$36 677 368	\$ 35 400 000	\$ 25 872 988.8

Después de haber hecho el anterior análisis económico se llega a la conclusión de que las variantes más factibles desde un punto de vista económico son:

- Para el transporte interno del yacimiento: la variante 1, ya que aunque lleva implícita la construcción de una obra de fábrica, esta es pequeña, y con esta variante se reducen notablemente las distancias de tiro con respecto a la otra, reduciéndose de esta forma la cantidad de camiones necesarios y con ello los costos capitales y de operaciones.
- Para el transporte del mineral desde el yacimiento Camarioca Sur hasta la planta nueva de pulpa: la variante combinada, con el empleo de camiones articulados desde el yacimiento Camarioca Sur hasta el centro de homogenización, y un transportador de bandas desde el centro de homogenización hasta la planta nueva de pulpa, de esta forma se pueden aprovechar las ventajas de ambos métodos: la maniobrabilidad del transporte automotor y la gran productividad de los transportadores de bandas.

Aunque pudiera parecer insuficiente el aspecto económico como índice de comparación entre todas las variantes, hay que tener en cuenta que el aspecto técnico no ha sido dejado de lado ya que uno de los puntos de partida de esta investigación fue seleccionar los tipos de transporte que desde un punto de vista técnico eran factibles de emplear en este yacimiento

## **Capítulo IV: Protección del trabajo y del medio.**

### **4.1 Protección del trabajo.**

En el Ministerio de la Industria Básica el trabajo de la Seguridad e Higiene Industrial (SHI) de todas sus empresas se rige por los siguientes documentos:

- Ø Reglamento organizativo de la Protección e Higiene del trabajo.
- Ø Instrucción inicial de la SHI.
- Ø Instrucción inicial específica de la SHI.
- Ø Instrucción por puesto de trabajo.
- Ø Instrucción de seguridad.
- Ø Documentación técnico operativa.

Aunque toda esta documentación es importante debe hacerse énfasis en la Instrucción inicial específica de la SHI y en la Instrucción por puesto de trabajo, ya que son estos documentos los que relacionan al obrero con el área y con su puesto de trabajo, mostrando los peligros del mismo, el uso de los medios de protección individual y los conocimientos operacionales de su puesto de trabajo.

### **Factores nocivos.**

En cada una de las actividades de la mina existe la presencia de una cantidad considerable de factores nocivos capaces de producir accidentes o enfermedades profesionales, entre los que se encuentran:

- Ø Trabajos de destape con diferentes medios.
- Ø Movimiento de distintos equipos tales como bulldozers, camiones, motoniveladoras, etc.
- Ø Presencia de polvo que dificulta la visibilidad.
- Ø Presencia de fango.
- Ø Trabajos nocturnos.

### **Medidas de seguridad.**

Transporte automotor:

- Ø La plataforma y el perfil de los caminos deben corresponder a las reglas y normas de construcción vigentes.
- Ø No se permite llevar personal fuera de la cabina.

### *Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

- Ø No se permite adelantar a otro vehículo que circule en el mismo sentido.
- Ø Esta prohibido poner en movimiento el equipo con la cama levantada.

#### Transportador de bandas:

- Ø El equipo debe tener resguardo protector en las transmisiones.
- Ø El equipo debe tener el dispositivo de frenado en óptimas condiciones.
- Ø Poseer una adecuada visibilidad a lo largo de todo el transportador.
- Ø Está prohibido subirse al transportador cuando este está en movimiento.
- Ø No permitir personal ajeno cerca del transportador.
- Ø Usar los medios de protección previstos.

#### Otras medidas de seguridad:

- Ø Los caminos de la mina deben regarse convenientemente en época de seca para evitar el polvo.
- Ø La revisión de las técnicas de seguridad debe realizarse al menos una vez al año.
- Ø Todos los equipos deben poseer sus correspondientes medios de extinción de incendios.
- Ø Debe existir una correcta señalización de los caminos temporales y permanentes.

#### **4.2 Protección del medio.**

Para comenzar este epígrafe es importante señalar que la mayor parte de las actividades que desarrolla el hombre son en mayor o en menor medida agresivas a la naturaleza. Entre ellas la minería es una de las más agresivas. Esta actividad deteriora el medio ambiente, sin embargo este impacto debe ser restaurado hasta donde sea posible.

La sociedad actual ha comenzado a considerar la explotación de recursos minerales en el marco de la ordenación del territorio contemplando las operaciones mineras como uso transitorio y no terminales, por lo que es necesario reacondicionar

los terrenos afectados para alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación de la Naturaleza.

El transporte automotor tiene gran incidencia en las afectaciones al medio ya que incide significativamente en las emisiones de polvo a la atmósfera y esta actividad se realiza las 24 horas del día. En la actualidad se trabaja sobre esta base para darle cumplimiento a la teoría del desarrollo sostenible, que es aquel que se sustenta en un incremento de la riqueza social sin dañar el medio ambiente. Por esto es necesario desarrollar programas de protección al medio ambiente, para lograr un mayor bienestar, tanto económico como social.

### **Principales afectaciones al medio ambiente.**

La explotación de minerales en el yacimiento y específicamente el transporte como uno de los procesos principales conlleva serias alteraciones medio ambientales. Las afectaciones ambientales de las operaciones mineras se relacionan fundamentalmente con la extracción de minerales y a construcción de la infraestructura para la transportación, además de la formación de escombreras. Estas influencias van transformando el paisaje y provocan el empeoramiento de los recursos y posibilitan el desarrollo de procesos dañinos o degradantes, los que constituyen impactos ambientales negativos.

Una forma de analizar los principales impactos ambientales negativos ocasionados por la minería es aquella que estudia el medio a través de sus componentes, que pueden ser bióticos o abióticos. Dentro de los elementos abióticos se encuentran:

#### **Suelos:**

La afectación de los suelos puede verse desde dos puntos de vista:

- Ø La compactación de los suelos provocada por el tráfico de equipos pesados.
- Ø La erosión de los suelos provocada por la deforestación.

#### **Agua:**

La afectación de las aguas se manifiesta de dos modos, principalmente:

- Ø La contaminación la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

## *Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas.*

- ∅ El desvío de los cursos de las aguas debido fundamentalmente a los movimientos de tierra.

Aire:

- ∅ Contaminación de la atmósfera producida por el polvo que se origina en los procesos de transportación.
- ∅ Contaminación de la atmósfera producida por el ruido.

Los elementos bióticos afectados por la minería a cielo abierto son:

La flora:

- ∅ Esta se ve afectada al existir la necesidad de remover la capa vegetal para tener acceso a los cuerpos minerales.

La fauna:

- ∅ La fauna es afectada ya que al eliminar la vegetación que le sirve de hábitat, los animales se ven forzados a migrar hacia otras zonas.

### **Medidas para mitigar los impactos.**

Atendiendo a la problemática en cuestión, el impacto ambiental provocado por el transporte en la explotación a cielo abierto de los yacimientos lateríticos pueden ser mitigados si se conocen las causas que lo provocan y se incluye la dimensión ambiental en todas las etapas del proceso minero. Para lograr esto se pueden tomar medidas, tales como:

- ∅ Riego periódico de los caminos con agua.
- ∅ Construcción de los caminos con las especificaciones técnicas requeridas para que el transporte automotor no deteriore los accesos a los frentes, ya que esto propicia las inundaciones en las zonas de trabajo.



## **Conclusiones.**

Después de concluir este trabajo de curso se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Los transportadores de banda y el transporte automotor son los tipos de transporte posibles a emplear en la explotación del yacimiento Camarioca Sur debido a las características de este último.
2. El sistema de transporte de mineral más racional para el yacimiento Camarioca Sur está compuesto por: variante dos (automotor) para el transporte interno, variante combinada (automotor y transportador de banda) para el transporte externo.

### **Recomendaciones.**

Como punto final de este trabajo de curso se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Construir un centro de homogenización de mineral en el punto de recarga ubicado en el yacimiento Camarioca Norte.
2. Crear las condiciones necesarias para que los equipos mineros permanezcan en el yacimiento Camarioca Sur efectuándose los cambios de turnos en el campo.
3. Realizar un trabajo similar en el yacimiento Camarioca Sur dirigido a la transportación y ubicación del escombros.

**Bibliografía consultada.**

COLECTIVO DE AUTORES. Programa y Resúmenes del 3<sup>er</sup> Congreso Cubano de Geología y Minería. La Habana, 1998.

MOREJON ALVAREZ, A. *Alternativas de mejoras en el esquema de transportación entre Moa Oriental y Planta de Pulpa*. Roberto Watson Quesada (tutor). Trabajo de Diploma. ISMM, 2003. 83 h.

MURUA CHEVESICH, H; GRANDA IBARRA, A. *Manual de Seguridad e Higiene del Trabajo*. 2<sup>da</sup> Edición. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1983. 382 p.

ORIOLO GUERRA, JOSÉ M.; AGUILAR PARÉS, FRANCISCO. *Máquinas de Transporte Continuo*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.

PEREDA HERNÁNDEZ, S; POLANCO ALMANZA, R. *Transporte Minero*. La Habana: Editorial Félix Varela, 1999.

PIS RAMIREZ, O. *Algoritmo para el diseño y mantenimiento de los caminos mineros en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. Arístides Legrá Lobaina (tutor). Trabajo de Diploma. ISMM, 2001. 78 h.

SARIOLO LOPEZ, E. *Estabilización de la calidad del flujo de mineral alimentado al proceso metalúrgico en la mina de la Empresa Pedro Sotto Alba – Moa Nickel S.A.* Orlando Belete Fuentes (tutor). Tesis de Maestría. ISMM, 2008. 83 h.

TRUMBULL GRAY, R. *Propuesta de variante racional para la transportación del mineral de los nuevos yacimientos*. Armando Cuesta Recio (tutor). Tesis de Especialidad. ISMM, 2006. 39 h.