



MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

FACULTAD DE GEOLOGIA Y MINERIA

## TRABAJO DE DIPLOMA

*En Opción al Título de Ingeniero de Minas*

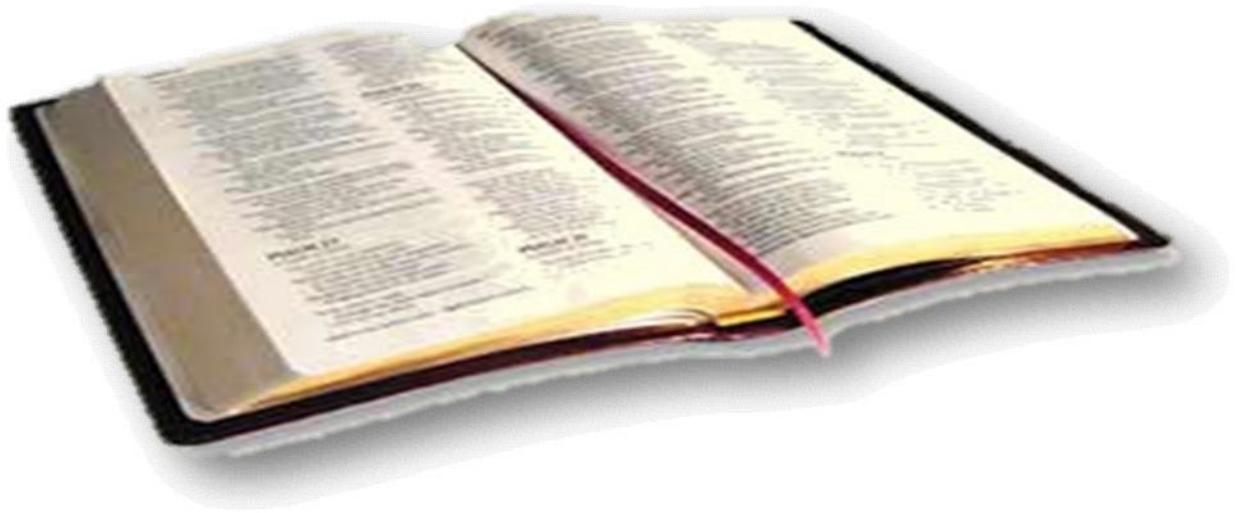
*TEMA: Determinación de la productividad y consumo de combustible del camión volvo A40ffs y de las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara.*

*Autor: Luis Raudel Noa Martinez*

*Tutores: Dr. Orlando Belette Fuentes  
Ing. Severo Estenoz Mejías*

**Año, 2013**

## PENSAMIENTO



*Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia*

Proverbios 2:6

## **AGRADECIMIENTOS:**

*Para la realización de este trabajo hemos contado con el valioso apoyo de un colectivo de personas que colaboraron con tenacidad y ahínco en aras de que la investigación tuviera la mejor calidad posible, por lo que dejamos constancia de nuestro especial agradecimiento:*

*A mi Dios: Sobre todas las cosas por estar siempre conmigo y ayudarme a triunfar en la vida.*

*A mis padres: Ana Rosa Martínez Martínez y Raúl Noa Olivares por darme todo el amor del mundo, la educación basada en valores y principios, y sobre todas las cosas por creer en mí.*

*A mis tutores: Severo Estenoz Mejías y Orlando Belette Fuentes, por haberme apoyado de manera incondicional en la realización de la investigación, por dedicarme muchas horas de su valioso tiempo, y por su confianza en mí.*

*A mi hermana: Maydelín Noa Martínez, mi tía Ramona Martínez Martínez, mi primo Osmanis Cedeño Martínez por estar conmigo en todos los momentos.*

*A mis amigos: Edulman, Lianeyis, Sarís, Fabián, Iván, los que han sido como mis hermanos por su ayuda prestada en cada momento que los necesité.*

*A mi vecina: Nirma Áreas Áreas por su gran apoyo incondicional.*

*A todas las personas que se preocuparon por mí y le pedían a Dios por mi éxito en esta investigación.*

*A todos los profesores de la facultad de Ingeniería en minas, y mis compañeros de estudio que de una forma u otra me ayudaron para alcanzar este éxito.*

*A los nombrados hoy y a quienes imperdonablemente no hemos recordado...*

*¡Muchas Gracias!*

***Dedicatoria:***

*A mis padres y familiares: Por haber confiado siempre en mí, darme las fuerzas para llegar hasta aquí y alcanzar las metas trazadas.*

*A mis sobrinos: Josué Pantoja Noa y Sheila Pantoja Noa a los cuales quiero mucho.*

*A mis tutores: Severo Estenoz Mejías y Orlando Belette fuentes por colaborar para la realización de este trabajo, porque en el momento preciso dieron lo mejor de sí para que este día fuera posible.*

*A los profesores de la carrera: Que colaboraron con mi formación profesional.*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE.....	3
1.1    Introducción .....	3
1.2    Trabajos precedentes .....	3
1.2.1    Estado actual de la temática en Cuba.....	4
1.2.2    Estado actual de la temática en el mundo.....	7
1.3    Principales tipos de transporte empleados en la minería del níquel .....	9
1.4    Conclusiones parciales .....	11
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN GEOLOGO-MINERA DE LOS YACIMIENTOS .....	12
2.1    Situación geográfica de la zona de estudio .....	12
2.2    Breves características geológicas de los yacimientos .....	13
2.3    Breves características hidrogeológicas de la zona de estudio Yacimiento Punta Gorda .....	19
2.4    Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera .....	21
2.5    Caracterización del transporte automotor existente en la Unidad Básica Minera.....	26
2.6    Conclusiones parciales .....	28
CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES VOLVO A40FFS Y LAS EXCAVADORAS LIEBHERR- R 974 DE LA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA .....	29
3.1    Características técnico-operativas del camión VOLVO A40F <sub>fs</sub> .....	29
3.2    Características de las excavadora LIEBHERR-R 874 .....	30
3.3    Monitoreo de las operaciones mineras.....	31
3.4    Monitoreo de la productividad, consumo de combustible, y otras variables de los camiones.....	33
3.5    Monitoreo de la productividad, consumo de combustible, y otras variables para las excavadoras. ....	37
3.6    Cálculo de la red para la cama del camión .....	40
3.7    Determinación de los Gastos Económicos.....	41
Conclusiones parciales.....	42

CAPITULO IV: PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD E HIGIENE AL TRABAJO .....	43
4.1    Impacto ambiental producido por la actividad minera al paisaje.....	43
4.2    Protección y conservación de los terrenos durante la actividad minera .....	44
4.3    Afectaciones del transporte automotor en la mina al medioambiente .....	46
Conclusiones parciales.....	47
CONCLUSIONES FINALES .....	48
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFIA .....	50

## RESUMEN

La actividad minera es el proceso de búsqueda y extracción de elementos económicamente valiosos (generalmente minerales) de la superficie de la tierra. Valorando la incidencia que tiene el buen funcionamiento de los equipos mineros de carga y transporte en estos yacimientos y que de las condiciones pactadas en las contrataciones depende en gran medida la explotación racional de los mismos, se realiza el presente trabajo cuyo título es ``Comportamiento de la productividad y consumo de combustible del camión volvo A40fs y las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara ´´, cuyo objetivo es determinar el comportamiento de la productividad y consumo de combustible de los camiones volvo A40Fs y las excavadoras. Para el desarrollo de este trabajo, se realizó un trabajo de campo donde se hizo un estricto monitoreo de los camiones y de la excavadora, realizándose el estudio de la productividad, consumo de combustible, masa viajera transportada por los camiones entre otras variables, revisándose también los planes de operaciones y registros del control a la producción, así como las variables registradas por el sistema de posicionamiento global GPS.

## **ABSTRACT**

The mining activity is the search process and extraction of economically valuable elements of the surface of the earth. Valuing the incidence that has the good operation of the mining transport in these locations. The conditions made in the recruiting the rational exploitation of the same ones depend in great measure is carried out the present work whose title is "Behavior of the productivity and consumption of fuel of the truck Volvo A40Fs" the diggers in the mine of the factory Ernesto Che Guevara '' whose objective is to determine the behavior of the productivity and consumption of fuel of the trucks Volvo A40Fs and the diggers. For the development of this work, It was carried out a field work where a strict monitoring of the trucks and of the digger was made, being carried out the study of the productivity, consumption of fuel, traveling mass transported by the trucks among other variables, being also revised the plans of operations and registrations from the control to the production, as well as the variables registered by the system of global positioning GPS.

## INTRODUCCIÓN

La industria minera constituye la base de materia prima para la industria metalúrgica. Sin metales no podría subsistir prácticamente ninguna rama de un país. La materia prima necesaria para la obtención de los metales la constituyen los minerales cuya extracción es la tarea primordial de la industria minera. La eficiencia de la industria metalúrgica depende en gran medida de la calidad del material que se le suministra. Existe una estrecha relación entre ambas industrias, todo el proceso funciona como un sistema donde intervienen trabajos geológicos, de extracción, transporte de mineral y proceso de beneficio y planta metalúrgica.

La actual Unidad Básica Minera de la Empresa Comandante Che Guevara cuenta con equipos de transporte de alta tecnología, pero aún en la actualidad no se ha logrado alcanzar el máximo de los indicadores técnico-productivos proyectados, aspectos poco estudiados y en el que se debe profundizar más para lograr mayor eficiencia y calidad posible en el transporte de la masa minera.

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 lo suficientemente eficientes, según lo planificado. 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.

Teniendo en cuenta que el objeto social de la actividad minera es el suministro de la materia prima al proceso metalúrgico para la obtención de las producciones con la calidad requerida, desde el año 1997 se ha venido trabajando en la reposición de los equipos de tecnología obsoleta (rusas), para lograr el aprovechamiento óptimo y racional de los yacimientos, la extracción de las reservas de mineral alojadas en los fondos de los frentes

mineros, recuperar el atraso existente en el escombreo, aumentar la productividad del equipamiento y mejorar el desarrollo tecnológico en la minería.

Es por ello que el **problema** que fundamenta este trabajo es la necesidad de realizar la determinación de la productividad y consumo de combustible de los camiones volvo A40Ffs y las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

**El objetivo general de este trabajo** consiste en determinar la productividad y consumo de combustible de los camiones volvo A40Ffs y las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, para definir las causas que influyen en la deficiencia de los mismos durante la operación de carga y transporte de la masa minera.

**El objeto de estudio** de esta investigación es el transporte automotor (camión volvo A40Ffs) y la excavadora LIEBHER-R974 en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. **El campo de acción es** la productividad y el consumo de combustible de los camiones volvo A40Ffs y las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara. En la formulación de la **hipótesis** se parte del hecho de que si se determina con exactitud, a través de un monitoreo, la productividad del equipamiento de carga y transporte, y los impactos económicos de la masa viajera, se podrá determinar la productividad y consumo de combustible de los camiones A40Ffs y las excavadoras durante la operación de transporte de la masa minera.

Para cumplir el objetivo general se desarrollaron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Evaluar el estado de la temática a nivel nacional e internacional
2. Realizar la caracterización geológico-minera de los yacimientos.
3. Determinar con exactitud la productividad del equipamiento de carga y transporte, los consumos de energía y la utilización del tiempo dentro de la jornada laboral.
4. Determinar los impactos económicos de la masa viajera.

## **CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE**

### **1.1 *Introducción***

El proceso de extracción y transporte de mineral constituye un eslabón fundamental en la industria cubana del níquel, ya que esta es la vía para la obtención de la materia prima necesaria con vista al arribo del producto final en el cual se requiere de una elevada calidad.

Para la proyección de este trabajo diploma se consultan las bibliografías existentes y que se relacionan de una forma u otra con la temática, con el objetivo de enriquecer al máximo el fundamento del mismo.

Es por ello que el presente capítulo tiene como objetivo realizar un breve bosquejo acerca de los trabajos realizados en años anteriores vinculados con el tema, se realizará también una caracterización de los principales equipos utilizados en la minería del níquel en Cuba para el transporte de minerales.

### **1.2 *Trabajos precedentes***

Las menas lateríticas de las cortezas de intemperismo de Cuba, fundamentalmente en su parte oriental, son conocidas desde hace más de 200 años. En 1762, durante el desarrollo de la guerra anglo-española, el perdigón fue objeto de atención para la obtención de hierro.

Después de 1902, Estados Unidos de América comenzó a mostrar interés por nuestras cortezas de intemperismo, relacionada con determinadas pruebas tecnológicas realizadas con las lateritas. Así, entre 1904 y 1907, en la región de Mayarí, las compañías norteamericanas realizaron trabajos de explotación en las lateritas. Los aceros producidos a partir de estas menas se denominaron aceros especiales Mayarí.

Durante todo este tiempo, las lateritas cubanas se estudiaban solo como menas de hierro, y al níquel y al cobalto que contienen, no se les daba atención especial.

Desde 1901 hasta 1916, un grupo de científicos realizaron trabajos sobre las lateritas de Cuba; entre ellos resaltan los nombres de Hayes, Vaughan, Spencer, Weld, Kemp, Cox, Little, Cummings, Millar, Woolbridge, Drake, Leit, Meat y Guardiola.

La explotación de las menas lateríticas para su exportación comenzó en 1930, en relación con la crisis económica del capitalismo; poco después, cuando fueron abiertos los yacimientos de Ni de Nueva Caledonia y de Kalimatán, en Borneo, se comenzó a pensar en la posibilidad de considerar nuestras menas como niquelíferas y no como ferruginosas.

Fue entonces que las empresas norteamericanas comenzaron a realizar rápidamente estudios tecnológicos de las menas y organizaron el trabajo para la construcción de una planta procesadora; puesto que, producir una tonelada de Níquel en nuestro país resultaba mucho más económico que trasladar el mineral en bruto a las refinerías en EUA.

En 1935 las empresas yanquis desarrollaron grandes trabajos de exploración en la región de Nicaro-Mayarí y, en 1943, fue construida una planta en Nicaro, denominada Comandante René Ramos Latour. En dos años la planta trató cerca de 1900 toneladas de menas niquelíferas, con contenido de 1.39% de Ni; el producto final, sinter de Ni, se exportó hacia EUA.

Al mismo tiempo que esto sucedía, varias compañías norteamericanas, ante los éxitos obtenidos, se dedicaron a realizar trabajos de exploración en todas las áreas lateríticas del país, y señalaron las regiones de más perspectivas; de esta época datan los trabajos de Tayer (1942), Tayer, Guiad (1947), Baragwanath, Millán, Davis (1955), Fischer, Dressel (1959), Lewis, Straczer (1955), y otros.

Después del triunfo de la Revolución, en 1959, comenzó el proceso de estudio profundo y detallado de nuestros recursos niquelíferos sobre una base sistemática y de forma detallada. Una segunda planta había sido comenzada a montar en Moa, fue terminada por la Revolución y recibe el nombre de Comandante Pedro Soto Alba. A diferencia de la planta de Nicaro, que produce sinter, esta produce sulfuro de Ni.

Con la colaboración de especialistas del campo socialista, fundamentalmente de la URSS, se han desarrollado importantes estudios para ampliar el conocimiento de nuestras menas lateríticas-ferruginosas-niquelíferas-cobaltíferas, tanto en el volumen de sus reservas, como en la calidad de las menas y las características de los yacimientos.

Varios investigadores han tratado la temática relacionada con la determinación de propiedades del mineral laterítico y la influencia de las mismas en los transportes utilizados para su acarreo y en

los distintos procesos que componen su procesamiento para la obtención del producto final.

### **1.2.1 Estado actual de la temática en Cuba**

En el trabajo desarrollado por Izquierdo (1989) realizó la determinación del tipo de movimiento que tiene lugar cuando la hidromezcla circula a bajas velocidades con altas concentraciones de sólidos. Se modeló el hidrotransporte en una instalación semindustrial

construida al efecto, teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas del mineral y de la hidromezcla.

No menos importante es el trabajo desarrollado por **Waldo (2000)** en cual presenta un clasificador de la estructura litológica de la corteza de meteorización abarcando su zonalidad litológica vertical y tipos litológicos de perfiles de intemperismo para ser empleado durante el cartografiado y la modelación litológica de cortezas de intemperismo de rocas máficas y ultramáficas en los niveles del corte ofiolítico de tectonitas, cúmulos y su zona transicional. Esta clasificación se ha desarrollado durante el estudio prolongado de las cortezas de intemperismo de las sierras de Nipe-Cristal y Moa-Baracoa y resume la experiencia cubana en este importante aspecto de las investigaciones geológicas de las formaciones exogénicas. La información procesada permite la creación de mapas y cortes litológicos y geológicos indispensables para la modelación litológica y geológica de las áreas con corteza de intemperismo y de los yacimientos con ellas asociados (Fe, Ni, Co, Al y otras materias primas), permitiendo resolver una tarea primordial y permanente de las investigaciones geológicas y para la minería eficiente de los yacimientos de intemperismo.

**Torres (2002)** para realizar la modelación matemática y lograr mayor eficiencia en los sistemas de transporte neumático del mineral laterítico determina las propiedades físicas y aerodinámicas que mayores eficiencias tienen en el transporte. Se establece, a partir de técnica experimental, la correlación de la velocidad de flotación y el coeficiente de resistencia en función del diámetro y el contenido de humedad de las partículas. Se determina, además, la densidad de las partículas, densidad aparente y composición granulométrica del material.

**Waldo (2003)** presenta una generalización actualizada de los resultados de los trabajos geológicos realizados en los últimos 15 años en las ofiolitas y lateritas de los macizos Sierra de Nipe y Moa-Baracoa en el estilo de la escuela cubana, cuyos datos se contrastan con otras regiones del mundo, elaborando nuevas concepciones sobre la clasificación de las cortezas de intemperismo, las tendencias petroquímica de los procesos de intemperismo, los modelos descriptivos geológicos de los yacimientos, las particularidades del léxico terminológico cubano y su lugar en las concepciones modernas mundiales, así como la nueva información petrológica sobre estos macizos de rocas máficas y ultramáficas y las particularidades de su meteorización. Se muestra la dependencia entre el potencial económico de los yacimientos y los factores geológicos mencionados, así como su importancia para el uso racional de las lateritas y la protección del medio ambiente. Se delimitan dos modelos descriptivos de yacimientos de intemperismo: "lateríticos", "lateríticos-aprolíticos".

En otros trabajos realizados por otros autores como **Estenoz (2003)** se determina la importancia de la homogeneización de la mena procesada la cual constituye componente importante en el control de la calidad de todo proceso metalúrgico. El estudio de su rol en los procesos de lixiviación ácida permite regular los consumos específicos de mineral y el incremento de la eficiencia del proceso productivo.

**Ortelio (2003)** en el trabajo de investigación que expone, Procedimiento para la Determinación de las Redes Racionales de Exploración de los Yacimientos Lateríticos de Níquel y Cobalto en la Región de Moa muestra los resultados obtenidos en la elaboración de un sistema de algoritmos para determinar las densidades de las redes de exploración más racionales para el estudio de dichos yacimientos sobre la base de un análisis geológico y geoestadístico.

**Toirac Covas (2010)** en su investigación sobre el rendimiento del transporte automotor en la mina de la Empresa Che Guevara plantea que La disponibilidad técnica de los equipos de transporte de masa minera se afecta por estadía de los equipos en áreas de los talleres por deficiente suministro de piezas de repuesto en un 3.01%, la productividad horaria y la utilización del parque de los equipos de transporte se afecta hasta un 7% por deficiente preparación de los frentes de trabajo para el desarrollo de la minería, y que la vida útil del equipamiento para las condiciones actuales de explotación con alto rendimiento, en ninguno de los casos se corresponde con la propuesta establecida por el fabricante siendo, en todo los casos menores.

**Jovaon (2011)** en su trabajo de diploma realiza un análisis crítico y detallado sobre la eficiencia de las excavadoras en la Empresa Comandante Che Guevara, donde plantea que la alta selectividad de la extracción con retroexcavadora permite la extracción del mineral útil en las áreas donde existen intercalaciones de rocas básicas, no pudiendo ser así en el caso de las dragalinas. Reflejando también que la extracción por bancos múltiples con retroexcavadora tiene su campo de aplicación en los yacimientos de lateritas níquelíferas de la región, donde resulta ventajoso para determinadas condiciones geólogo – mineras presentes en los mismos.

**Belete (2008)** en su trabajo Rendimiento de la sincronización de las labores de arranque y carga en la mina Ernesto Che Guevara, plantea la necesidad de realizar una valoración económica efectiva de la variante retro/camión, pero no deja claro las ventajas y desventajas de esas variantes.

**Reyes (2010)** en su trabajo planificación minera, deja claro le necesidad de hacer un estudio de comparación de las variantes retroexcavadora/camión Volvo y dragalina/camión volvo.

## 1.2.2 Estado actual de la temática en el mundo

**Di Dorio (2001)** en la Universidad Central de Venezuela, analizó la influencia de adiciones de magnesita y dolomita venezolanas sobre las propiedades finales de pellas de laterita ferruginosa aptas para la industria del cemento. Laterita molida y mezclada con cantidades variables entre 0,5 y 2% de magnesita y dolomita fueron peletizadas y posteriormente quemadas en un horno a gas para diferentes perfiles térmicos. Los resultados indican que porcentajes de 1% para magnesita y de 2% para dolomita proporcionan las mejores calidades en las pellas para las condiciones de quema utilizadas. Se determinó que el endurecimiento en las pellas con magnesita es debido al crecimiento de grano, en tanto que con dolomita ocurren los dos mecanismos, tanto de crecimiento de grano así como de enlaces de fases escoria.

**En 1994, Walker** da a conocer un software creado en Visual Basic con plataforma Windows, en el cual es posible graficar la vida económica de la maquinaria, base sobre la cual se hace una comparación con maquinaria nueva y se toma la decisión de reemplazo, la vida económica se grafica en función del tiempo, teniendo en cuenta los costos de mantener el equipo funcionando y el valor de reventa; sin embargo, la novedad del aporte radica en la inclusión del análisis de sensibilidad en la toma de la decisión de reemplazo, con lo que el autor se convierte en el primero que hace explícito este análisis en el estudio de reemplazo.

En la Tesis en la opción al título de Doctor en Minas **Aduvirre (1990)**, aplica un modelo que permite calcular la evolución de la rentabilidad económica de un equipo basado en el estudio de la variación de las horas de parada e incrementos de los costos. El plantea dos aspectos principales en la vida económica de la maquinaria utilizada en explotación a cielo abierto: el mantenimiento y su reemplazo posterior; debido al deterioro físico que experimentan con el tiempo en el desarrollo de la minería. El autor considera que el mantenimiento tiene gran importancia por el volumen de capital invertido en maquinaria y su influencia sobre los costos de explotación, por ello, el interés en desarrollar una teoría general del mantenimiento en la mina, con el propósito de implementar el mantenimiento predicativo como una actividad complementaria de conservación de equipos. Además, plantea que una conveniente formulación del proceso de reposición de una máquina minera juega un papel económico muy importante en la rentabilidad de la explotación minera a cielo abierto y que a menudo se buscan soluciones parciales a este problema mediante modelos de programación lineal y métodos estadísticos basados en la maximización de beneficios o la minimización de costos.

**Abarca y Alvarado (2000)**, proponen un método de cálculo de vida útil técnica del equipo (VUT); entendida como el periodo de tiempo durante el cual un determinado bien o componente presta el servicio para el cual fue diseñado, manteniendo su integridad estructural, el procedimiento para calcular la vida útil técnica del equipo consiste en efectuar una inspección del bien en estudio, determinar las cargas de servicio que actúan sobre éste, identificando el régimen de trabajo y posteriormente efectuando cálculos y determinaciones sobre el proceso de envejecimiento controlado por algún fenómeno cuya evolución temporal es conocida.

**Poveda (2002, 2003)**, formula un modelo matemático que establece aspectos de la operación del equipo, de tipo cuantitativo, en forma de funciones algebraicas de variables reales, evalúa las condiciones de operación del equipo y busca el periodo de tiempo en que se obtiene la mayor rentabilidad promedio anual. Divide la investigación en dos etapas: la primera para determinar el problema y la segunda para establecer el modelo matemático.

**LUKIANOV et al.(1999)**, en su libro: Laboreo de excavaciones mineras de exploración, trata sobre la clasificación y destino de las excavaciones mineras de exploración, las principales propiedades físico-mecánicas de las rocas y su influencia en la estabilidad de las excavaciones. Se ilustran los métodos de destrucción de las rocas, el principio de acción de las máquinas perforadoras, la composición y propiedades de las sustancias explosivas, los métodos de carga de los barrenos. Se describe la técnica y tecnología y organización de los trabajos de trazado de las excavaciones mineras de exploración. Los métodos de fortificación de excavaciones, pero no trata la fiabilidad de las máquinas mineras..

**EGOROV et al, (2000)** en su libro: Fundamentos de minería trata sobre la característica de los principales elementos de los complejos mineros, el principio de destrucción de las rocas, se analizan los fundamentos tecnológicos de trazado de las excavaciones mineras subterráneas. Se describen las características de los esquemas tecnológicos de una mina, los aspectos tecnológicos de realización de los trabajos de arranque y de los sistemas de explotación, se dan las características de los procesos tecnológicos de elaboración y beneficio de los minerales útiles, pero no trata nada sobre la productividad de las máquinas mineras.

**DOLGUI et al. (2003)**. plantea en su libro titulado: Fundamentos de la producción minera, la determinación de los principales términos e interpretación de la minería y la mecánica de rocas. Se analiza la tecnología de trazado de las excavaciones mineras de diferente destino en rocas de diferente fortaleza. Se muestran las diferentes

características de los materiales para la fortificación de las excavaciones mineras y de otros materiales

**VALICIEV (2003)** en su libro: Máquinas de transporte plantea las principales teoría y cálculo de las máquinas de transporte de acción continua, el fundamento de la teoría del transporte por locomotora utilizado en la minería del carbón y en la minería subterránea, en calidad de transporte magistral de componente útil y también para la transportación de materiales y personas, pero no trata el cálculo del transporte de acción cíclico.

### **1.3 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.

#### **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 banda:** 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%.

### **Transporte cíclico**

**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 de relieve accidentadas, donde exista una gran diferencia de nivel entre los puntos iniciales 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 estos tipos de 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 de poca pendiente.

**Transporte automotor:** con los medios del transporte automotor se trasladan las rocas y el escombro 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, 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.

#### **1.4 Conclusiones parciales**

1. El análisis bibliográfico demostró que el proceso de transporte de mineral laterítico se encuentra poco estudiado desde el punto de vista experimental y teórico, donde se destacaron solo dos trabajos, en los cuales se analizaban la influencia de las propiedades de este mineral para el transporte hidráulico y neumático, siendo solo uno de ellos para las condiciones objetivas de la Empresa Comandante Che Guevara.
2. De las 25 literaturas revisadas, tanto en el entorno nacional como en el internacional, ningunas de ellas contemplan el análisis del comportamiento de los camiones Volvo A40F<sub>FS</sub> y excavadoras, que garanticen el estado del consumo de combustible y la masa viajera de los camiones y otras variables.

## CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN GEOLOGO-MINERA DE LOS YACIMIENTOS

### 2.1 Situación geográfica de la zona de estudio

El área de ubicación de la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara se encuentra al norte del yacimiento de Punta Gorda, ubicado en la provincia Holguín, en la costa norte, entre los ríos Moa y Yagrumaje, a 4 Km de la Ciudad de Moa y a 2 Km del pueblo de Punta Gorda y forma parte del macizo montañoso de Sagua – Moa - Baracoa. (Figura 1).



Figura 1. Plano de ubicación de la zona de la Concesión Minera.

**El Relieve** de la zona se caracteriza por su inclinación hacia el Norte con rangos de pendientes variables y desmembrado en tres sectores por valles muy profundos, correspondientes a las áreas interfluviales Moa – Lirios - Yagrumaje, que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplanización con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre 70 y 110 m, siendo las cotas absolutas de 0 - 185 m.

**El Clima** es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27 °C, en el verano de 30 °C a 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses Mayo - Junio y Octubre - Diciembre; y dos períodos de seca, Febrero - Abril y Julio - Septiembre. La cantidad de precipitaciones oscilan en amplios límites y el promedio es de 1700 - 1800 mm al año. Durante el verano las lluvias se presentan en forma de chaparrones y en el invierno son prolongadas. La red fluvial,

está representada por los ríos Moa al Norte, Yagrumaje al Sur y Este, Los Lirios al Oeste y está atravesado por el arroyo La Vaca.

## 2.2 Breves características geológicas de los yacimientos

La concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara está constituida por los siguientes yacimientos, Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Sur, Camarioca Este. (Figura 2)

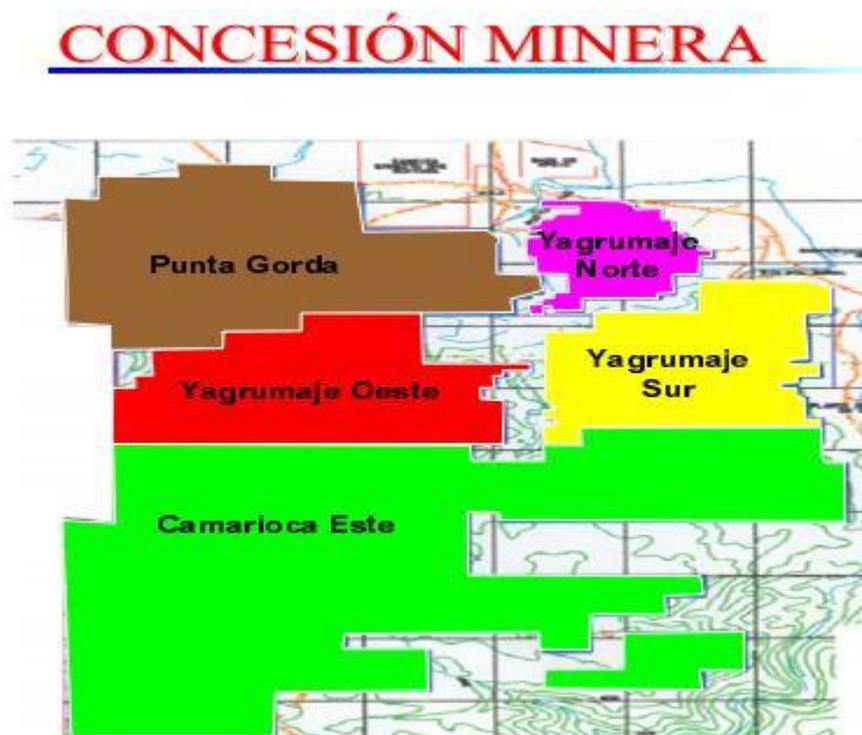


Figura 2. Composición de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

### Yacimiento Punta Gorda

El área está limitada por las coordenadas del Sistema Lambert  $X = 699\ 800 - 704\ 100$ ,  $Y = 218\ 600 - 221\ 900$ . Las coordenadas geográficas  $Y = 20^{\circ}\ 38'\ 2''$ ,  $X = 74^{\circ}\ 52'\ 8''$ , con los siguientes límites naturales: al Norte por las aguas del Océano Atlántico, al Sur la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Oeste, al Oeste el yacimiento Moa Oriental, al Este las elevaciones que constituyen la línea divisoria de las aguas del Río Yagrumaje. Las rocas que componen este depósito mineral están representadas por el complejo del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorfozado compuesto por las peridotitas y las serpentinas, y el complejo cumulativo formado por gabros olivínicos y plagiogranitos.

Como representante del complejo ofiolítico en el contacto del yacimiento Punta Gorda y por su abundancia, tiene los siguientes tipos de rocas: serpentinitas apoharzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas. Las mismas se desarrollan en todo el yacimiento y a ellas

se asocian la masa fundamental de la mineralización. En su mayoría estas constituyen rocas estériles de colores gris verdoso a verde con tonalidades amarillas caracterizadas por un alto contenido de sílice y magnesio y bajos contenidos de níquel y hierro. Desde el punto de vista mineralógico las fases predominantes para estas rocas la constituyen los minerales de serpentina (78 %) y los minerales arcillosos (10 %). Estos tipos rocosos originan la mayor parte de la corteza friable productiva del Yacimiento Punta Gorda.

El complejo cumulativo aparece en la parte más oriental del yacimiento, en las proximidades del Río Yagrumaje, y se encuentra representado por plagioclasitas, anfibolitas y gabros olivínicos. Las dos primeras son las menos abundantes y se encuentran ubicadas en el este del yacimiento y la última es más abundante y se encuentra muy diseminada por toda el área del sector oriental en forma de pequeños cuerpos aislados. Estos tipos de rocas determinan áreas no mineralizadas con hierro, níquel y cobalto, y caracterizadas por una potente capa de escombros con relación a la capa mineralizada.

Las harzburgitas serpentinizadas se desarrollan a lo largo y ancho del Yacimiento y a ellas se asocia la masa fundamental de la mineralización, mientras que las rocas del complejo cumulativo se desarrollan sólo en el sector Oriental determinando áreas no mineralizadas por Fe, Ni, Co, que son zona de alto escombros o alta relación escombros mineral.

Las rocas encajantes dan origen a este tipo de yacimiento friable. En su mayoría éstas constituyen rocas estériles de color gris verdoso a verde con tonalidades amarillas, caracterizadas por un elevado contenido de sílice y magnesio, 39,68 % y 34,95 % respectivamente y bajos contenidos de óxidos de níquel y hierro 0.89 % y 10.34 % respectivamente. La masa mineralizada la constituyen los horizontes friables de la corteza de intemperismo, formado producto de la desintegración y lixiviación de las rocas madres, harzburgita serpentinizada y esta mineralización puede estar presente desde los primeros horizontes de ocre inestructurales con concreciones ferruginosas.

La mineralización se pone de manifiesto desde el mismo horizonte o subzona de los ocre inestructurales con concreciones ferruginosas. Desde el punto de vista químico son menas con altos contenidos de hierro, bajos contenidos de níquel pero mucho más bajo contenido de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{MgO}$  con respecto a la roca madre. En la parte mineralógica predominan las fases de goethita-hematita y gibbsita, granulométricamente la fase predominante es la aleurolítica. Además éstas se encuentran en la subzona de los ocre inestructurales sin concreciones ferruginosas, caracterizadas por un aumento del

contenido de hierro y níquel. El  $\text{SiO}_2$  mantiene más o menos el mismo valor al igual que el  $\text{MgO}$ .

Desde el punto de vista mineralógico la fase predominante es la de los minerales de serpentina seguido por los minerales arcillosos. Aquí la fase de la goethita-hematita desciende bruscamente. Químicamente el  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{MgO}$  alcanzan grandes valores decreciendo el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y el  $\text{NiO}$  alcanza su valor máximo.

Desde el punto de vista morfológico el yacimiento constituye un solo cuerpo mineral únicamente interrumpido por la red de ríos y arroyos que surcan el mismo, observándose los fundamentales acuñamientos de la potencia mineral, en la medida en que se aproximan a los arroyos y afloramientos de la roca madre. El límite de este cuerpo mineral lo constituye el área cercana al río Yagrumaje. Presenta un relieve moderado, con inclinación hacia el norte, con rangos de pendientes variables, con poca complejidad para su explotación. La potencia promedio de la mena, actualmente es de 10.30 m, siendo la zona Sur la de mayor potencia, el espesor de la capa de estéril es de 6.10 m, con la relación de escombro mineral aproximadamente de  $0.45 \text{ m}^3/\text{t}$ . El mismo se encuentra afectado por las aguas subterráneas, presentando un sistema de drenaje que es deficiente. El acceso a él no presenta problemas pues existen caminos principales y secundarios que garantizan las labores mineras. La exploración geológica se realizó de manera completa con una red de  $33.33 \text{ m} \times 33.33 \text{ m}$ .

### **Yacimiento Yagrumaje Norte**

Tiene un área general de  $2 \text{ km}^2$  con forma bastante regular de dimensiones de 1.8 Km de largo y 1.4 km de ancho, ubicándose en una meseta aplanada al norte del Río Yagrumaje. Este, tiene una inclinación de sur a norte desde las cotas 100 -110 m hasta 20 – 40 m, la diferencia de las cotas absolutas dentro de los límites del yacimiento explorados es de 88 m variando de 108 - 200 m.

Las menas se relacionan principalmente con las formaciones friables de la corteza de intemperismo in situ y sus productos, excepto en las partes del yacimiento con pendientes abruptas; las intercalaciones de estériles son muy raras en todo el depósito mineral, alcanzando un área de  $0.01 \text{ km}^2$ .

La potencia promedio de las menas LB + SB es de 9.0 m, variando desde 2.6 m en el bloque 1058 hasta 17.4 m en el bloque 557. En general, la potencia va aumentando desde las partes periféricas hacia las partes centrales del yacimiento. La profundidad de yacencia de las aguas es de 2.67 m, la potencia del horizonte acuífero varía desde 1.0 - 20.50 m, las corrientes de las aguas subterráneas tienen tres direcciones principales:

hacia el río Yagrumaje, hacia la costa y hacia el arroyo Punta Gorda, aprovechando las depresiones del relieve, debido a que el nivel de las mismas queda por encima del nivel de base de erosión de las aguas superficiales. Se encuentra desarrollado totalmente en una red de exploración de 33.33 x 33.33 m, y parcialmente en una red de 23.5 x 23.5 m.

### **Yacimiento Yagrumaje Sur**

Éste, ocupa un área de 3.65 km<sup>2</sup>. Las rocas que componen el sustrato principalmente son, ultramáficos de harzburgitas con un desarrollo fuerte de la serpentización.

La corteza de intemperismo es mayormente del tipo residual, in situ, formada por la acción de los agentes de intemperismo en el sustrato rocoso formado por las rocas descritas anteriormente. La potencia de la corteza en el yacimiento Yagrumaje Sur oscila entre 1 – 40 m, siendo la media de 8 m. Los elementos valiosos fundamentales: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO y CO, que acompañan a la masa mineral durante el proceso industrial, presentan contenidos promedios para el yacimiento que están dentro de las especificaciones de la industria. Generalmente en el yacimiento hay predominio de las menas limoníticas y férricas sobre las serpentínicas.

Las aguas superficiales y subterráneas según se aprecian corren de las zonas más elevadas topográficamente ubicadas en la parte Sur y central del yacimiento, dando origen a pequeños arroyos. Los niveles de agua oscilan entre las zonas de ocres estructurales y las serpentinitas.

Las mayores potencias se observan en la parte central y oriental, ambas siguiendo la dirección norte - sur. A partir del cálculo de reservas para el cut off de 0.9 % de níquel las potencias de escombro y mineral son 4.4 m y 7.3 m respectivamente en las zonas desarrolladas en categoría probadas y 6.72 m y 11.37 m respectivamente en los recursos indicados. La relación escombro mineral es de 0.32 y 0.26 para ambas zonas respectivamente. Este yacimiento se encuentra explorado casi en su totalidad en una red de 33.33 x 33.33 m, y en una red de 100 x 100 m un área pequeña ocupada por una subestación eléctrica y sus tendidos correspondientes. Estas líneas energéticas pueden afectar algunas zonas determinadas del yacimiento. Se encuentra aproximadamente a 8.0 km de la mina a partir de la carretera Moa - Baracoa. Esta distancia puede acortarse mediante la construcción de un camino a través del yacimiento Yagrumaje Norte, debiendo atravesar los ríos Yagrumaje y Punta Gorda.

A éste se accede por un terraplén que parte del puente sobre el río Punta Gorda construido como acceso a la subestación eléctrica. Este camino está prolongado hasta algunas partes del yacimiento y puede servir inicialmente para la preparación minera,

además existen algunos caminos vecinales que comunican el yacimiento con poblados relativamente cercanos. Las aguas superficiales y subterráneas corren de las zonas más elevadas, topográficamente ubicadas en la parte sur y central del yacimiento hacia los ríos que la limitan, dando origen a pequeños arroyos; estos no crean grandes problemas hidrogeológicos.

### **Yacimiento Yagrumaje Oeste**

Ocupa un área de 4.36 km<sup>2</sup>. Las rocas que componen el sustrato son representativas del corte ofiolítico, destacándose las que se exponen a continuación:

**Harzburgitas:** son rocas del complejo cumulativo, con colores gris oscuro verdoso, gris y gris oscuro negruzco. Los minerales de serpentina fundamentales son antigoritas que varían entre el 25 - 70 %. La talquitización 25 % y la argilitización son las alteraciones más frecuentes.

**Serpentinita por harzburgitas:** sus características son: color pardo, gris, gris oscuro verdoso, gris verdoso y pardo verdoso. Minerales serpentiniticos son el crisotilo y la antigorita.

La corteza de intemperismo presente en esta área es del tipo residual in situ, es más madura que la del yacimiento Yagrumaje Sur, que posee un menor desarrollo en los ocres estructurales. Es un yacimiento típicamente limonítico, con predominio en su litología de los Ocres inestructurales, a los que se asocian las menas limoníticas balanceadas que son las más representativas.

Este yacimiento aun no está en explotación y por tanto no posee obras de infraestructura para el desarrollo de la minería. Se encuentra explorado en dos redes, la red de 100 x 100 m y 33.33 x 33.33 m, 41 y 7 bloques respectivamente, representando solo un 17 % en categoría de recursos medidos. El río Yagrumaje atraviesa este yacimiento, provocando zonas abruptas en sus riveras; en las demás zonas existen pendientes más suaves de orden del 8 -12 % promedio. Es un yacimiento típicamente limonítico con predominio litológico de los Ocres Inestructurales a los que se asocian las menas limoníticas de balance, que son las más representativas del yacimiento.

La potencia mineral y de escombros promedio para los bloques desarrollados en la red de 33.33 x 33.33 m es de 6.4 m y 1.9 m respectivamente; con una relación escombros mineral de 0.25 m<sup>3</sup>/t. Para la zona desarrollada en la red de 100 x 100 m. No posee acceso para

la minería, solo tiene caminos en mal estado usados para el acceso a los trabajos de desarrollo geológico.

**Yacimiento Camarioca Este:** Presenta un área total de 19 km<sup>2</sup> y una potencia media de 4.90 m. Por su yacencia, es una corteza de tipo superficial desarrollada en forma de manto, en ocasiones interrumpida por afloramientos de la roca madre. El yacimiento aparece como una gran superficie de nivelación de relieve erosivo - denudativo con pendientes suaves que se hacen bruscas en los límites del desarrollo de la corteza.

Su basamento pertenece a la asociación ofiolítica de la región nororiental de Cuba, representado en este depósito mineral principalmente por el cúmulo tramáfico y en menor medida por el cúmulo máfico. En los cúmulos ultramáficos se destacan por su representatividad las serpentinitas harzburgitas, las harzburgitas serpentinizadas y dunitas serpentinizadas, y de forma aislada aparecen también peridotitas anfibolitizadas y talquitizadas y serpentinitas antigoritas.

La corteza de intemperismo se caracteriza por estar compuesta por rocas deleznable, de granulometría variable de color pardo rojizo en los horizontes superiores, los cuales van aclarando su tonalidad con la profundidad hasta parda amarillenta y parda verdosa. Por la madurez de la corteza de intemperismo, el yacimiento Camarioca Este ocupa una posición intermedia entre Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste, con predominio del mineral limonítico sobre el serpentínico, independientemente de que existe en toda el área desarrollo de horizontes serpentínicos meteorizados.

Las aguas superficiales son bicarbonatadas magnesianas, su mineralización varía entre 0.1234 y 0.98 g/l y dureza total entre 0.35 meq y 1.0 meq. Por lo que son blandas y el PH determinado oscila entre 6.0 y 6.8 por lo que se clasifican como ligeramente ácidas. La afluencia de agua en el sector es de 642 600 m<sup>3</sup>/día.

Las menas LB + SB se encuentran distribuidas en diferentes cuerpos minerales que se caracterizan por su diversidad de tamaños, formas, potencia de las menas y de las cubiertas de estéril, reservas y contenidos de los elementos útiles. Por la madurez de la corteza de intemperismo, el yacimiento Camarioca Este ocupa una posición intermedia entre Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste, con predominio del mineral limonítico sobre el serpentínico, independientemente de que existe en toda el área desarrollo de horizontes serpentínicos meteorizados.

Este yacimiento se encuentra desarrollado en dos categorías: medidos e indicados. En categoría medidos se desarrollaron 30 bloques y en indicados 167 bloques. Las potencias de escombro y mineral para ambas categorías de desarrollo para el cut off de 0.9 % Ni

son 2.18 m y 6.65 m y 3.2 m y 6.6 m respectivamente. La relación escombro mineral es de 0.22 y 0.3 m<sup>3</sup>/t respectivamente. El acceso es a través de caminos construidos para las actividades de desarrollo geológico en el mismo, pero estos no poseen condiciones para la actividad minera. Este se encuentra bastante distante de la mina y requerirá de prolongación de los caminos existentes.

En el sector Camarioca Este, el nivel de las aguas subterráneas se presenta irregular debido a la presencia de gran cantidad de pozos secos. Durante la perforación se observó gran cantidad de pozos secos principalmente durante la perforación con espiral y muy poca agua durante la perforación rotatoria, la potencia de agua en los pozos se estableció entre 0.1 m y 10.0 m, esta última cifra muy raramente, las potencias más frecuentes no alcanzan un metro.

### **2.3 Breves características hidrogeológicas de la zona de estudio Yacimiento Punta Gorda**

En la zona del yacimiento están ampliamente distribuidas las aguas subterráneas, las que se encuentran relacionadas en la parte superficial agrietada del macizo ultrabásico serpentizado.

Por los trabajos realizados anteriormente se conoce que el agrietamiento intenso y la acuosidad relacionada con estos se presentan a una profundidad de 20 – 30 m y que la zona más agrietada e inundada por lo general tiene una potencia de 2 – 5 m. A grandes profundidades las rocas tienen un comportamiento acuífugo, o sea, no contienen agua. En la región existen manantiales de aguas subterráneas ligados a la zona de agrietamiento. El gasto de estos varía desde fracciones de litros hasta varios litros por segundo y se encuentra en dependencia directa con cantidad de precipitaciones atmosféricas. Las aguas son dulces, con una mineralización de 0.1 – 0.5 g/l y presentan una composición microcarbonatada magnesiana e hidrogenocarbonatada cálcica.

La región presenta una estructura tectónica compleja y se caracteriza por la presencia de alargadas zonas de fallas, se puede suponer que estas zonas pueden estar inundadas y contener grandes reservas de aguas subterráneas. Las divisorias de las aguas superficiales se encuentran al sur del yacimiento con cotas absolutas superiores a los 170 m. La dirección principal del agua subterránea es hacia el norte, donde se encuentra la zona más baja y hacia sur – sureste, constituyendo en esta dirección el río Yagrumaje la zona de descarga.

### **Yacimiento Yagrumaje Norte**

Las condiciones hidrogeológicas de este yacimiento están condicionadas a los períodos de lluvia y seca, presentando complejidades mayores en época de lluvia y en período de sequía moderada, mientras que en época de intensa sequía las condiciones hidrogeológicas son simples, independientemente que el estudio hidrogeológico no fue homogéneo en todo el yacimiento.

En época de lluvia las cotas del nivel del agua subterránea oscilan entre 15 y 90 m y la descarga de éstas se realiza hacia el Norte, el Oeste, el Sureste y Suroeste. Los gastos específicos para época de lluvia oscilan desde 5 hasta 1000 m<sup>3</sup>/día/m, sin embargo en época de intensa sequía éstos son inferiores a 45 m<sup>3</sup>/día/m. Esto está dado a que la mayor productividad acuífera está asociada a los ocres inestructurales. En el ocre estructural solo se presentan valores elevados en zonas de falla.

Si se realiza un buen trabajo de canalización previo a la explotación del mineral, la complejidad se verá reducida significativamente. El sistema de canalización debe realizarse en época de seca, permitiendo de esta forma que cuando lleguen las lluvias se acumulen pequeños volúmenes de ésta en la roca acuífera. El sistema de control de erosión, consiste básicamente en la construcción de pequeñas obras hidráulicas que drenan desde los bordes de las áreas a minar, dando de este modo, algunas soluciones para el drenaje.

### **Yacimiento Yagrumaje Sur**

La red hidrográfica está bien desarrollada, representada por los ríos Cayo Güam y Punta Gorda y los distintos arroyos de carácter permanente que cursan por dentro del yacimiento.

Las mayores capacidades para almacenar agua vienen determinada por las serpentinitas y peridotitas serpentinizadas por presentar un alto grado de agrietamiento originado por el intemperismo. Se destaca en este yacimiento un complejo acuífero, donde hay un rápido incremento del derrame subterráneo en sentido vertical, originado este por la alta porosidad de las lateritas y agrietamiento de las serpentinitas ya señaladas. Se debe aclarar que la infiltración vertical se limita localmente donde los ocres se presentan con propiedades arcillosas.

Las aguas superficiales y subterráneas corren de las zonas más elevadas topográficamente ubicadas en la parte Sur y central del yacimiento con dirección Sur a Norte y hacia el Este, dando origen a pequeños arroyos. Los niveles de agua oscilan entre las zonas de ocres estructurales y las serpentinitas.

Las aguas subterráneas están distribuidas tanto en la parte ocrosa como en la zona de agrietamiento del macizo ultrabásico, principalmente en las serpentinitas, el agrietamiento intenso y la alta acuosidad relacionada con este, se presenta a una profundidad de 10 – 20 m.

### **Yacimiento Yagrumaje Oeste**

Las condiciones hidrogeológicas de este yacimiento están condicionadas a los períodos de seca y lluvia, presentando complejidades mayores en época de lluvia y en período de sequía moderada, mientras que en época de intensa sequía las condiciones hidrogeológicas son simples.

Con el estudio del comportamiento de los niveles del agua en el tiempo, se pudo apreciar que los niveles del agua en época de seca descienden rápidamente y luego se mantienen estables, hasta tanto comienza la lluvia, donde ascienden rápidamente y al terminar estas, en pocos días retornan al comportamiento de periodo de seca prolongado.

Con los resultados de las mediciones periódicamente del nivel, se definió que la dirección del agua es NW y NE, las zonas de fallas contenedoras de aguas subterráneas, está dado por la alineación de puntos de cotas de nivel del agua coincidentes con las cotas del techo de la roca del basamento.

### **Yacimiento Camarioca Este**

Las aguas superficiales son bicarbonatadas magnesianas, su mineralización varía entre 0.1234 y 0.98 g/l y dureza total entre 0.35 meq y 1.0 meq por lo que son blandas y el PH determinado oscila entre 6.0 y 6.8 por lo que se clasifican como ligeramente ácidas. La afluencia de agua en el sector es de 642 600 m<sup>3</sup>/día.

El nivel de las aguas subterráneas se presenta irregular debido a la presencia de gran cantidad de pozos secos. Durante la perforación se observó gran cantidad de pozos secos principalmente durante la perforación con espiral y muy poca agua durante la perforación rotatoria, la potencia de agua en los pozos se estableció entre 0.1 m y 10.0 m, esta última cifra muy raramente, las potencias más frecuentes no alcanzan un metro.

## **2.4 Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera**

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima a la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido o proceso Carón. Inició

sus operaciones mineras en 1985, con la explotación de los minerales del Yacimiento Punta Gorda, con producciones anuales hasta el año 1996 entre 1.5 a 2.3 millones de toneladas de mineral minado y a partir del año 1997 hasta 2005 se incrementó a 3.0 a 3.8 millones de toneladas. Actualmente las labores mineras se desarrollan en los yacimientos Punta Gorda y Yagrumaje Norte. La superficie de la zona minada es de aproximadamente 2 854 400 m<sup>2</sup>. Para dar cumplimiento a su objeto social desarrolla las actividades que aparecen a continuación:

### **a) Desarrollo geológico**

Tiene como objetivo fundamental, la evaluación de los recursos minerales, con la finalidad de utilizarlos como materia prima ya sea a corto, medio o largo plazo. En la etapa de desarrollo se determinan los parámetros fundamentales del mineral y del yacimiento, que servirán de base para la planificación de la extracción y su procesamiento industrial. El desarrollo geológico con la perforación y muestreo se desarrolla en:

- \* Red de 400 x 400 m ó de 300 x 300 m en las áreas con perspectiva de la corteza de intemperismo. Con esta exploración preliminar se determinan las zonas que tienen posibilidades de continuarse.
- \* Red 100 x 100 m, que da un contorno más preciso al cuerpo mineral, así como una evaluación más exacta del volumen y las características del mineral.
- \* Red de 33,33 x 33,33 m, (red de explotación): permite hacer la planificación y la extracción a corto plazo, ya que aporta los datos necesarios de volumen y contenido, así como los contactos por el techo y el fondo del cuerpo mineral, el nivel del manto freático, la presencia de intercalaciones y otros datos.
- \* Red complementaria de 16 x 16 m, se realiza para determinar el contacto por el techo del mineral y en determinados casos para el fondo, actualmente esta red se está sustituyendo por una de 23.5 x 23.5 con la que definen ambos contactos.
- \* Estos trabajos se realizan contratados a las empresas de la Unión Geólogo Minera que están categorizadas para los servicios geológicos.

### **b) Preparación Minera**

Es el conjunto de trabajos mineros a realizar para que la extracción y el transporte se ejecuten con la mejor calidad y eficiencia. A continuación se describen las actividades que se realizan según su orden de ejecución:

**El Desbroce:** consiste en la eliminación de la capa de suelo y la vegetación y la modelación del terreno para que puedan entrar al área los equipos para el destape, se ejecuta con buldócer KOMATSU D85E. Esta fase es de gran importancia tanto para los trabajos de destape, como para la preservación del medio ambiente. En su ejecución y planificación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- \* El material desbrozado, tiene que conservarse para cubrir la última capa de las escombreras, debido a su contenido de materia orgánica que servirá como sustento a la vegetación en la rehabilitación minera.
- \* El terreno debe quedar en las mejores condiciones para el movimiento de los equipos que realizarán el destape.
- \* Solamente se desbrozará el área que se va a destapar de inmediato.

**El Destape:** es la labor de la Preparación Minera, que requiere de un mayor volumen de trabajo, y consiste en el corte y traslado del horizonte superior (escombro) del cuerpo mineral que por su bajo contenido de níquel y cobalto, no resulta económico enviarlo al proceso. Para realizar el mismo pueden ser utilizados una serie de equipos, que su elección está determinada por las exigencias de calidad del trabajo, potencia de la capa de escombro, relieve, distancia de transportación, etc. Actualmente los equipos más usados en estos yacimientos son las retroexcavadoras hidráulicas R974, R984, 800-H5, EC-60, excavadoras de arrastre ESH5/45 (dragalinas), camiones articulados A40D. En algunas zonas de los yacimientos se utilizan mototraíllas de brigadas contratadas a empresas de la construcción. A continuación aspectos que determinan calidad en su ejecución:

- \* Las escombreras deben ubicarse fundamentalmente en los espacios minados o donde no hay mineral y conformarse por tipo de mena y lo más plana posible. Los puntos de unión con el mineral deben ser fáciles de limpiar al extraer el mismo.
- \* Seguir la línea de contacto entre el escombro y el mineral, para reducir las pérdidas y el empobrecimiento, El personal de operación y control debe tener la calificación requerida y que la planificación sea correcta.
- \* El personal de operación y control debe tener la calificación requerida y que la planificación sea correcta.
- \* Lograr mantener un adelanto no menor de seis meses, con respecto al los trabajos de la minería.

**La construcción de los caminos mineros:** garantiza el transporte del mineral hasta la planta o el punto de recepción de mineral. Los caminos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo para el uso a que estén destinados. Los caminos principales tienen una vida relativamente larga, transportan la masa minera desde los frentes mineros a los puntos de recepción, sirven a varios frentes de minería y deben cumplir con los requisitos siguientes:

- \* Construirlos fundamentalmente sobre las escombreras inactivas o zonas no mineralizadas.
- \* Tener pocas curvas y lo más amplias posibles en concordancia con el relieve (alineación horizontal).
- \* Soportar el peso de los equipos, sin sufrir deformaciones tanto en tiempo seco como húmedo, con pendientes inferiores a las que puedan sortear estos cargados.
- \* Tener adherencia y poca resistencia a la rodadura, buena compactación, drenaje y terminación de la rasante.
- \* Ancho en función del tamaño, velocidad y densidad de flujo de los equipos.
- \* El costo de ejecución y mantenimiento debe ser mínimo.

Los caminos secundarios sólo sirven a uno o dos frentes mineros y tienen que cumplir con los requisitos siguientes :

- \* Seguir el flujo o planificación de la extracción del mineral.
- \* Ser lo más planos y estables posible, no deben de contaminar el mineral.
- \* Permitir el paso de las excavadoras y el giro de los camiones.

**El montaje de líneas eléctricas:** para el abastecimiento de energía a los frentes de minería e infraestructuras mineras tienen que ser diseñadas de acuerdo a la estrategia de minería a mediano y largo plazo. Requisitos que deben tener las líneas eléctricas:

- \* Su trazado se hará preferentemente por zonas no mineralizadas o de poco interés económico para la etapa con vida útil relativamente larga.
- \* Ser accesibles sin interferir los caminos de las excavadoras.
- \* La distancia entre dos líneas paralelas, exteriores al área planificada no debe de exceder 1,5 Km.

**El Drenaje:** por las condiciones hidrogeológicas difíciles de estos yacimientos, es muy necesario reducir la humedad del mineral y evitar las pérdidas del mismo alojado en los fondos de los frentes mineros. La efectividad del drenaje depende de factores naturales tales como la transmisibilidad del cuerpo mineral, el relieve, las características de la zona

de alimentación y régimen de lluvia, así como la configuración del fondo del mineral. En los yacimientos en explotación han sido muy efectivos los trabajos de drenaje que relacionamos a continuación:

- \* Canal colector por la parte superior del área, cortando el manto freático. Es más efectivo que el anterior, depende de las condiciones mineras del área.

- \* Combinación de ambos canales.

- \* Realización de la minería en forma de anillos inicialmente y luego realizarla por franjas transversales de arriba hacia abajo. Es efectivo, pero requiere que toda el área esté destapada con antelación.

En la elaboración de los planeamientos se prevé un esquema de distribución de las zonas de minería, que facilitan un descenso en el manto freático, aplicando cada tipo de drenaje acorde con las condiciones minero – geológicas.

### **c) Extracción y transporte del mineral**

Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez la extracción y el transporte de los minerales están subordinados a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento, por lo que se precisa de un punto de recepción, beneficio y homogeneización que equilibre las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral procedente de los frentes de minería, el cual en la práctica no existe como tal, pues el existente no cumple con los requisitos necesarios.

Actualmente estas operaciones se hacen con dragalinas modelo ESH 5/45 retroexcavadoras marca volvo y Liebherr, modelos EC 650 y R 974 y R 984 y camiones articulados volvo A - 40D. El mineral se transporta hasta depósitos intermedios, clasificados por los diferentes tipos de minerales y con un proceso tecnológico, a prueba en su implementación, para secarlo antes de alimentarlo a los puntos de recepción y trituración de mineral y al proceso metalúrgico.

La extracción se realiza con dragalinas ESH - 5/45 con un alcance de 36,7 m y una profundidad de corte máxima de 22 m, lo que se adapta bastante a las condiciones de potencia de los yacimientos en explotación, no así a la complejidad del cuerpo mineral lo que conduce a pérdidas y empobrecimiento. La introducción de retroexcavadoras hidráulicas modelos R974, R984, 800 - H5, 460, ha permitido la extracción en zonas donde existen intercalaciones de gabros o bloques flotantes y en áreas con condiciones hidrogeológicas difíciles. Esta actividad debe de cumplir con los requisitos siguientes:

- \* Conocimiento previo de las características geológicas y mineralógicas del área de extracción.
- \* Buena calificación del personal de operación y control de la extracción y transporte mineral.
- \* Cumplir la planificación provocando el mínimo de pérdidas, el empobrecimiento y que la calidad del mineral oscile en los valores promedio planificados por etapas.
- \* Evitar que queden reservas aisladas y produzca el drenaje natural del área.
- \* Condiciones de trabajo seguras para los equipos y lograr adecuada proporción entre las de arranque y carga y transporte.

#### **d) Punto de Recepción y trituración de mineral**

El mineral procedente de la mina se deposita en dos tolvas, las cuales están provistas de una criba fija en la parte superior y de un alimentador de placas en la parte inferior. De las tolvas pasa a la criba vibratoria donde es separado en dos fracciones más de 100 y menos 100 mm. Las fracciones más 100 pasan a una trituradora de martillo donde son reducidas a menos 40 mm que se unen nuevamente con las fracciones menos 100 mm. A través de los transportadores de bandas No.1 - A y B, el mineral pasa al transportador No.2, el cual mediante el transportador reversible No.3, pasa a los transportadores No.4-A ó B, los que depositan el mineral en las galerías, desde donde mediante el uso de grúas de puentes es almacenado o enviado directamente a secaderos. También puede realizarse el enlace de los transportadores 4-A y 4-B con los 14 y 15, los que trasladan el mineral directo a la fábrica sin pasar por el depósito.

### **2.5 Caracterización del transporte automotor existente en la Unidad Básica Minera**

En la actualidad todos los equipos de transporte de masa minera desde los frentes de arranque y carga hasta las tolvas de recepción de mineral, escombros y de depósitos en La Unidad Básica Minera son equipos adquiridos en la modalidad de contrato sin opción de compra (Leasing).

#### **Ventajas que proporcionan los arrendamientos de equipos**

1. Garantía de Inventario de piezas de rápido desgaste para el período de arriendo.
2. Supervisión técnica por el período de arriendo del fabricante de equipos.
3. Los riesgos por futuras reparaciones del equipamiento, que pudieran ser costosas son asumidos por el arrendador, las cuales al realizarse tendría que pagarla la empresa y

ahora este gasto se aplana entre los 36 meses del arrendamiento, además de ser responsabilidad del arrendador el cambio de los equipos que no alcancen la disponibilidad pactada.

4. En caso de roturas del equipo se dificulta la obtención de una nueva garantía para solicitar y recibir un crédito para sustituir el equipo roto.

5. En la opción de arrendar la cuota a pagar se mantiene invariable, aún cuando el arrendador incurra en sobre gastos por algún concepto.

6. No se posee la necesaria infraestructura comercial y de mantenimiento para garantizar los niveles de disponibilidad exigidos.

7. Asistencia técnica del proveedor sesiones por el período de arriendo

### **Exigencias del Transporte Automotor en las minas a cielo abierto**

1. Carga y descarga completa para acortar el tiempo de estas operaciones.

2. Alta maniobrabilidad para hacer un trabajo efectivo en las condiciones estrechas de las excavaciones minerales.

3. Gran estabilidad y buen rodaje de paso en condiciones de relieve difíciles y movimientos por caminos malos.

4. En los ascensos y descensos prolongados de los camiones, característicos para las condiciones de las minas a Cielo Abierto, tener la capacidad para desarrollar suficiente velocidad en relación con la necesidad de acortar el círculo de trabajo de la máquina.

### **Ventajas del Transporte Automotor con relación a otros tipos de transportes mineros**

1. Gran maniobrabilidad por el poco radio de giro (15 – 50 m).

2. Posibilidad de vencer grandes pendientes (34.9 - 38.6%).

3. Posibilidad de trabajar en pequeñas plazoletas.

4. Garantizar una gran intensidad de los trabajos mineros, debido a que se utilizan mejor los equipos de carga.

5. El transporte automotor cuando se utiliza con las excavadoras tienen una mayor productividad, que el transporte ferroviario.

6. Menor inversión de capital, con respecto al transporte ferroviario.

## **Desventajas del Transporte Automotor con relación a otros tipos de transportes mineros**

1. Menos productividad del trabajo comparado con el transporte ferroviario.
2. La utilización de los motores de combustión interna (Diesel) contaminan la atmósfera.
3. Gran gasto de gomas los cuales son muy costosas.
4. Mayor influencia de las condiciones climatológicas.
5. Complejidad del mantenimiento y reparaciones.
6. Consumo de combustible.

Esta unidad cuenta con 4 modelos de camiones, los cuales están destinados para el movimiento de tierra en la construcción de caminos, transporte de escombros hasta las escombreras, para el transporte de mineral hasta las tolvas y hasta los frentes donde se encuentran los depósitos. Para la caracterización de los equipos de transporte de masa minera recurrimos a los catálogos y revistas de los diferentes camiones existentes en la mina y búsqueda en Internet.

### **2.6 Conclusiones parciales**

1. Las características geológicas y mineras de los yacimientos estudiados muestran un grado de estudio terminado, que posibilitan realizar una explotación racional.
2. Para la caracterización de los equipos de arranque, carga y transporte de masa minera se recurrió a los catálogos y revistas de los diferentes camiones existentes en la mina y búsqueda en Internet.

## **CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS CAMIONES VOLVO A40F<sub>fs</sub> Y LAS EXCAVADORAS LIEBHERR- R 974 DE LA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA**

Para el desarrollo de este capítulo se realizó un trabajo de campo donde se monitorearon las excavadoras LIEBHERR- R 974 y los camiones del modelo volvo A40F<sub>fs</sub> recientemente ingresado a la Empresa. En general se monitorearon 11 turnos de trabajo, 300 viajes de los camiones cargados y vacíos desde los frentes de arranque hasta los puntos de descarga y otros lugares. También se hicieron fotografías laborales para conocer en detalles el comportamiento del gasto de combustible, la productividad y la masa viajera de los camiones, así como el proceso organizativo del transporte minero.

### **3.1 Características técnico-operativas del camión VOLVO A40F<sub>fs</sub>**

#### **Sistema de dirección:**

El diseño del sistema de dirección proporciona una fuerza superior, incluso a bajas velocidades de la máquina fuera de las condiciones de operación, por ejemplo en presencia de fangos profundos. El humedecimiento hidráulico protege la transmisión de los impactos y traqueteos a la dirección (volante) y al operador. El sistema también asegura la precisión de la dirección y la estabilidad direccional al circular a gran velocidad en los caminos, pues no hace falta para el operador compensar con el volante.

#### **Ciclo de trabajo:**

Un ciclo de trabajo típico de un camión articulado incluye la carga, viaje (transportación), maniobras y descarga. Las máquinas Volvo A35F<sub>FS</sub> y A40F<sub>FS</sub> realizan estos funcionamientos de la manera más eficaz y segura, superando a otros modelos.

#### **On Board weighing (el equipo Optativo):**

El equipo OBW- posee luces de indicador, montado en el exterior de la máquina. Esto ayuda la carga nominal y previene el exceso de carga evitando a la máquina tener un consumo excesivo de combustible. OBW registra todas las cargas transportadas y los datos se reflejan al instante mediante una pantalla (display).

#### **Sistema de Carga y Descarga:**

EL sistema de carga y descarga de ese modelo aumenta la productividad y la seguridad, facilitando la operación y evitando el desgaste del operador. Para la carga y descarga,

basta con solamente apretar un botón de aplicación automática de servicio de freno y cambiar la transmisión al neutral. Al terminar la operación mientras se selecciona una velocidad, se desactiva el botón y se suelta el freno lentamente.

Para más información sobre las características y los parámetros del camión Volvo A40F<sub>fs</sub> se puede ver el anexo 1.

### 3.2 Características de las excavadora LIEBHERR-R 874

La pala inversa hidráulica (retroexcavadora) (Fig.3.1) se compone de pluma y astil, unidos por una viga, la inclinación que se forma por la relación con la pluma se fija mediante una tracción. El giro de la pluma, astil y cuchara en el movimiento de trabajo se produce correspondientemente por los ejes con los hidrocilindros.

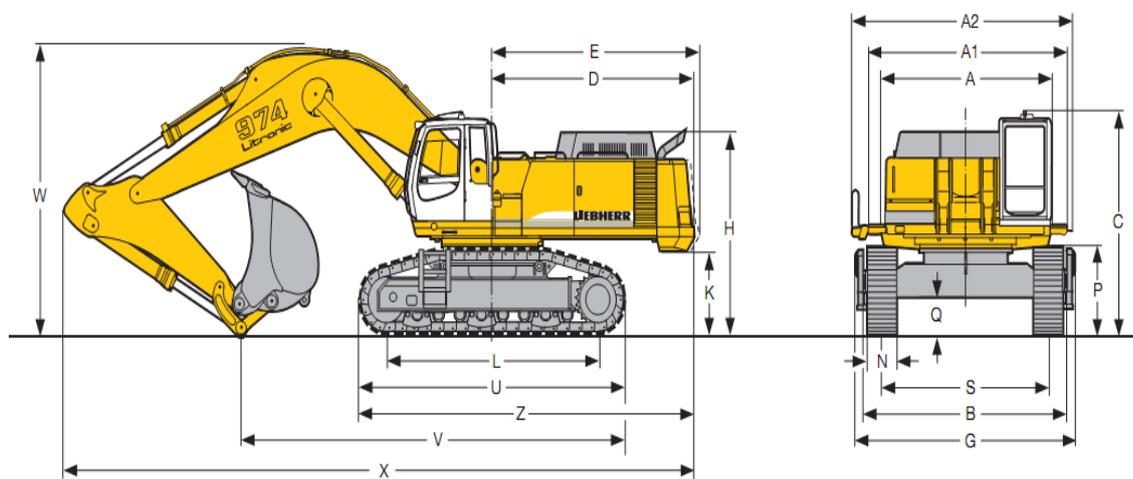


Figura 3.1. LIEBHERR - R974

Tabla 3.1- Parámetros de la excavadora LIEBHERR - R974

Peso operativo	81,500-88,200 Kg
Potencia del motor	395kW/537 CV (ISO 9249)
Capacidad de la cuchara	2,20-7,0 m <sup>3</sup>
Capac. de la cuchara de descarga por el fondo	4,40-7,50 m <sup>3</sup>
Rendimiento del artefacto	523 Kw -2,100 r.p.m
Longitud del cubo	5,80 m
Anchura cortante	2,900 mm
Max. fuerza de la muchedumbre (SAE)	750 KN/76,5 t
Max. Fuerza de la much.a nivel de la tierra (SAE)	550KN/56,1 t
Máxima altura de descarga	8,90 m
Máxima alcance al nivel molido	10,80 m

### **La Retroexcavadora LIEBHERR - R974C tiene las ventajas siguientes:**

- Mayor selectividad del mineral, debido a su astil rígido, tiene un ataque al mineral más preciso, que la Dragalina.
- Alta movilidad.
- Trabaja en cualquier tipo de relieve y potencia.
- Aumenta el volumen de mineral extraído por su carga más continua (menor tiempo de ciclo) que la Dragalina.

La Retroexcavadora tiene gran posibilidad de limpiar la plataforma de trabajo sin la ayuda de equipos auxiliares (Buldócer), puede apartar grandes bloques de rocas que dificulten las operaciones, tiene la posibilidad de limpiar el área donde se posesionan los camiones, disminuyendo el riesgo de desgaste y el costo de los neumáticos, pueden remontar inclinaciones de hasta 45° por su gran empuje de tracción.

### **Sus limitaciones en cuanto a su aplicación son:**

- No permite la mezcla del mineral en el frente.
- No es recomendable su utilización donde existe alta humedad.
- Es común que se sumerge parcialmente a partir del segundo banco del mineral por su aumento de humedad dada la presión específica que ejerce la máquina sobre el suelo.
- No es recomendable su utilización cuando el relieve es accidentado y no haya intercalaciones de gabros.

### **3.3 Monitoreo de las operaciones mineras**

Durante la segunda quincena de abril y la primera de mayo se efectuó un monitoreo detallado de las operaciones mineras del proceso de carga y transporte del mineral en la mina de la ECG, en la tabla 3.2 se muestran los equipos y áreas previstas en la planificación de la mina durante el monitoreo de las operaciones en cada una de las jornadas de trabajo.

Las principales variables monitoreadas fueron:

- ✓ Consumo de combustible;
- ✓ Distancia recorrida;
- ✓ Masa en la cama del camión;

- ✓ Velocidad del camión;
- ✓ Tiempo de cada una de las actividades ejecutadas en las operaciones mineras.

**Tabla 3.2: Datos generales del periodo monitoreado a las operaciones mineras.**

Fecha	Equipo Carga	Equipo Transp	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo Monitor	Área Bloque	Pozo Banco	Yacimiento	Lluvias d/año	Dist. Km	# Cami. Asigna.	t/turno Exc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17-abr	1174	1316	07:19	18:53	11:34	S-48	54	P. G.	17,8	2,0	2	1500
19-abr	1174	1313	07:20	13:56	06:36	S-48	44	P.G.	17,8	3,0	3	1500
22-abr	1305	1320	12:35	15:20	02:45	H-59	B-184	Y.S.	47,8	5,1	7	1000
23-abr	1305	1313	07:17	11:26	04:09	H-58	B-184	Y.S.	47,8	5,1	7	1000
24-abr	1305	1313	07:26	12:37	05:11	H-59	B-183	Y.S.	47,8	5,1	8	1000
25-abr	1305	1316	07:28	10:19	02:51	H-59	B-183	Y.S.	47,8	5,0	8	1500
29-abr	1311	1318	07:21	15:54	08:33	S-60	B-50	Y.N.	68,0	3,9	5	1800
30-abr	1311	1313	07:35	18:11	10:36	S-60	B-56	Y.N.	68,0	3,9	5	1800
2-may	1311	1316	07:09	18:34	11:25	S-60	B-56	Y.N.	68,0	3,9	3	1000
3-may	1305	1316	07:28	18:47	11:19	H-59	B-178	Y.S.	47,8	5,0	7	1000
8-may	1311	1314	19:21	04:30	09:09	S-60	B-50	Y.N.	68,0	4,4	4	950

**Leyenda:**

- 1- Fecha de los días monitoreados;
- 2- Siglas de los equipos de carga;
- 3- Siglas de los equipos de transporte;
- 4- Hora inicial del monitoreo;
- 5- Hora final del monitoreo;
- 6- Tiempo monitoreado en el turno;
- 7- Área donde se encontraba la excavadora;
- 8- Pozo o banco de la excavadora;
- 9- Yacimientos donde se monitoreó, P.G (Punta gorda), Y.S (Yagrumaje sur), Y.N (Yagrumaje norte);
- 10- Periodo de lluvia;
- 11- Distancia planificada;
- 12- Número de camiones asignados para cada excavadora;
- 13- 13- toneladas por turno planificada.

Para la determinación de las variables antes mencionadas y las presentadas en el anexo 2, se utilizaron los registros de la computadora del camión A40Ffs y un cronómetro digital de hasta 30 registros en memoria. Además, en los turnos monitoreados se revisaron los planes de operaciones y registros del control a la producción, así como las variables registradas por el sistema de posicionamiento global GPS instalado en cada uno de los camiones y disponibles en el despacho de producción y el departamento técnico de la mina, ver anexos 3,4 y 5.

### **3.4 Monitoreo de la productividad, consumo de combustible, y otras variables de los camiones.**

En las tablas desde 3.3 a 3.7 se resumen los datos del monitoreo de los camiones y las principales variables determinadas durante el estudio. En la tabla 3.3 se muestran las principales variables monitoreadas, donde se determinó el número de viajes de cada camión, el cual promedia 1,45 viajes por hora, equivalente a una productividad de 31 toneladas en base seca por hora.

Por otra parte en la tabla 3.4 se muestran las determinaciones de la masa viajera media en la cama de los camiones, la cual oscila entre 0,86 y 1,84 toneladas en base seca por cada viaje transportado. Las diferencias en la masa viajera están dadas por las diferencias de masa volumétrica del mineral y el grado de adherencia del material a la cama de los camiones, los cuales a su vez dependen de la humedad del mineral en cada uno de los frentes de minería. También se muestra el total de la masa viajera durante los 119 viajes de camiones monitoreados, la cual asciende a 223 toneladas, y es equivalente a dejar de transportar 10 camiones de mineral. De esta forma se determinó el número de viajes de los camiones necesarios a realizar según el plan de minería para cada frente de arranque y carga de mineral de las excavadoras. Por ello se determinó la capacidad de los camiones con y sin masa viajera, como se puede ver en la tabla 3.4 y 3.6, y la pérdida de productividad del camión en el turno a causa de la masa viajera. Por otra parte se determinó el número de camiones necesarios para cumplir el plan de producción, considerando o no la masa viajera con la menor cantidad posible de la misma. En estas condiciones de operaciones se determinó el consumo de combustible de los camiones en una y otra operación minera; así como el consumo horario, por kilómetro recorrido y por viaje efectuado de los camiones, los cuales oscilaron de acuerdo a las características y distancia de los frentes de minería, de los puntos de descarga del mineral. Se concluye que como consecuencia de la masa viajera en los camiones se perdían en cada turno 145 litros de diesel, lo cual representa 106 mil litros al año, más de 90 toneladas de diesel y además dejar de utilizar un camión en 180 días al año.

**Tabla 3.3 Determinación de las variables del monitoreo de los camiones**

Equipo	TM	#Viajes	RT	RV	CDM	CDH	CDR	CDV
	Hr	#	Km	Km/viaje	lts	l/h	l/Km	l/via
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1312	6,6	13	58,7	4,5	133,4	22,9	0,44	10,3
1313	19,9	28	262,7	9,4	509,7	25,7	0,52	18,2
1314	9,2	9	90,2	10,0	166,6	25,0	0,54	18,5
1316	37,2	53	395,3	7,5	181,3	24,6	0,51	14,7
1318	8,6	12	109,7	9,1	199,8	26,8	0,55	16,7
1320	2,8	4	35,6	8,9	75,1	28,9	0,47	18,8
<b>Total</b>	<b>84,1</b>	<b>119</b>	<b>263,4</b>	<b>8,0</b>	<b>517,7</b>	<b>25,1</b>	<b>0,51</b>	<b>15,7</b>

**Leyenda:**

- 1- Siglas o nombre del camión;
- 2- Tiempo monitoreado a cada equipo (camión);
- 3- Número de viajes durante el tiempo muestreado
- 4- Recorrido promedio del camión por viaje realizado;
- 5- Suma total de todos los recorridos efectuados por el camión durante el tiempo en que fueron monitoreados sus operaciones;
- 6- Consumo total de combustible del camión durante todo el tiempo monitoreado;
- 7- Consumo de combustible promedio del camión por hora de trabajo durante el tiempo monitoreado
- 8- Consumo de combustible del camión por kilómetro recorrido;
- 9- Consumo de combustible del camión por viaje realizado;

**Tabla 3.4 Determinación de las variables del monitoreo de los camiones (continuación)**

Siglas	CDM	VmM	VmC	QH	TCT	TCA	TNV	TTV
	l/ t	kph	kph	t /h	min.	min.	min.	min.
1	10	11	12	13	14	15	16	17
1312	0,62	21,0	20,2	32,6	339	11	26	27
1313	0,39	21,1	21,2	33,9	1031	159	37	42
1314	0,48	21,1	23,1	23,6	389	11	43	44
1316	0,35	22,4	22,8	30,5	1720	183	32	36
1318	0,44	27,2	23,9	29,4	341	105	28	37
1320	0,38	23,2	22,3	34,1	156	0	39	39
<b>Total</b>	<b>0,40</b>	<b>22,4</b>	<b>23,3</b>	<b>31,0</b>	<b>1115</b>	<b>131</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

**Leyenda:**

- 10- Consumo de combustible del camión por tonelada de mineral transportada;
- 11- Velocidad media del camión según el monitoreo efectuado por la computadora para los tramos de la traza (camino) bueno, regular y malo;
- 12- Velocidad media calculada según la distancia recorrida y la duración de cada viaje, lo primero por la PC del camión y lo segundo por el cronómetro;
- 13- Productividad de explotación del camión, t/h.
- 14- Suma de todo el tiempo del motor trabajando en cada equipo (camión);
- 15- Suma de todo el tiempo del motor apagado en cada equipo (camión);
- 16- Duración del viaje promedio para los tiempos del motor del equipo trabajando;
- 17- Duración del viaje promedio en el tiempo total monitoreado en el camión;

**Tabla 3.5 Determinación de las variables del monitoreo de los camiones (continuación)**

Equipo	VH	MVV	MVT	VT	QMV	PQMV	QNsMV	NCcMV
	#/h	t/viaje	t	#/turno	t /turno	t/turno	t/turno	#
<b>1</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
1312	1,97	0,86	11,1	23,6	391	20,3	406	11,2
1313	1,40	1,07	29,8	16,9	410	18,0	424	10,7
1314	0,98	1,84	16,6	11,8	283	21,7	302	15,5
1316	1,43	1,17	62,0	17,1	375	20,0	396	11,7
1318	1,40	1,36	16,3	16,8	352	22,9	372	12,4
1320	1,45	1,49	6,0	17,5	409	26,0	431	10,7
<b>Total</b>	<b>1,45</b>	<b>1,19</b>	<b>38,9</b>	<b>17,4</b>	<b>377</b>	<b>20,2</b>	<b>395</b>	<b>11,7</b>

**Leyenda:**

- 18- Número de viajes por hora;
- 19- Masa viajera (acompañante) en la cama del camión durante el tiempo monitoreado;
- 20- Masa viajera total transportada durante todos los viajes del camión en el periodo monitoreado;
- 21- Número de viajes del camión en el turno;
- 22- Productividad del camión en el turno considerando la masa viajera en la cama del camión;
- 23- Pérdida de productividad del camión en el turno por causa de la masa viajera;
- 24- Productividad neta del camión en el turno considerando la utilización de una red de sogas de Henequén cuyo peso y dimensiones ocupa 220Kg en la capacidad de la cama del camión;
- 25- Número de camiones necesarios en el turno para transportar toda la masa de mineral del plan de producción de este frente de arranque y carga en la minería considerando la pérdida de productividad del camión por concepto de la masa viajera, o la capacidad real de transporte del camión con la existencia de masa viajera.

**Tabla 3.6 Determinación de las variables del monitoreo de los camiones (continuación)**

Equipo Siglas	CRCcMV	CRCsMV	NCcR	NVcR	NVsR	DcR	DsR
	t	t	#	#	#	l/turno	l/turno
<b>1</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
1312	16,5	17,2	10,8	255	265	2621	2722
1313	24,3	25,2	10,3	174	180	3171	3283
1314	24,0	25,6	14,5	171	183	3169	3384
1316	21,9	23,1	11,1	190	200	2795	2946
1318	20,9	22,1	11,8	199	210	3309	3489
1320	23,4	24,7	10,2	177	187	3332	3513
<b>Total</b>	<b>22,0</b>	<b>23,1</b>	<b>11,2</b>	<b>192</b>	<b>202</b>	<b>2963</b>	<b>3108</b>

**Leyenda:**

- 26- Capacidad real de la cama del camión descontando la masa viajera en cada viaje;
- 27- Capacidad real de la cama del camión sin el efecto de la masa viajera, y con el uso de la red de Henequén de 220 Kg de la cama del camión;
- 28- Número de camiones necesarios en el turno para transportar toda la masa mineral del plan de producción desde ese frente minero si los camiones tuviesen la red de Henequén instalada;
- 29- Número de viajes necesarios de los camiones en el turno para cumplir el plan si todos los camiones tuviesen la red de Henequén instalada;
- 30- Número total de viajes de los camiones en el turno para cumplir el plan de producción si ninguno de los camiones tuviese red instalada;
- 31- Consumo de combustible de los camiones en el turno cuando trabajan con la red de Henequén;
- 32- Consumo de combustible de los camiones en el turno cuando trabajan sin la red de Henequén;

**Tabla 3.7 Determinación de las variables del monitoreo de los camiones (continuación)**

Siglas	DAcC	DAaC	DAaC	TOCcMV	TOCsMV	GOAcC	GOAaC
	l/turno	l/año	\$/año	h	h	\$/turno	\$/año
<b>1</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
1312	101	73811	73073,18	119	114	167,38	122190,07
1313	112	81882	81063,46	128	123	165,39	120735,78
1314	214	156464	154899,90	135	127	325,10	237320,94
1316	151	110360	109256,05	120	113	232,61	169804,28
1318	180	131364	130050,31	130	123	254,12	185504,93
1320	181	132098	130777,18	121	115	237,00	173013,47
<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>106002</b>	<b>104942,03</b>	<b>124</b>	<b>118</b>	<b>218,98</b>	<b>159854,63</b>

**Leyenda:**

- 33- Ahorro de combustible de los camiones en el turno con el uso de la red de Henequén;
- 34- Ahorro de combustible de los camiones en el año con el uso de la red de Henequén;
- 35- Monto del ahorro de combustible de los camiones en el año con el uso de la red de Henequén;
- 36- Tiempo de operación de los camiones cuando trabajan con masa viaje en la cama;

- 37- Tiempo de operación de los camiones cuando trabajan sin masa viajera en la cama a causa de la red de henequén;
- 38- Gastos de Operaciones de los camiones ahorrados por turno;
- 39- Gastos de Operaciones de los camiones ahorrados al año;

### **3.5 Monitoreo de la productividad, consumo de combustible, y otras variables para las excavadoras.**

En las tablas desde 3.83 a 3.12 se resumen los datos del monitoreo de las excavadoras y las principales variables determinadas durante el estudio. En la tabla 3.8 se muestran las variables monitoreadas, donde se determinó el tiempo de trabajo de la excavadoras para cargar cada camión, el número de viajes que pueden cargar las excavadoras por hora y por turno, así como el tiempo de cada una de las operaciones de las excavadoras, entre ellas, el tiempo neto y total cargando un camión, tiempo en espera de la maniobra de entrada y salida de los camiones al frente de minería, tiempo en habilitar y hacer la revisión técnica de las excavadoras en el campo, tiempo de espera por camiones atascados y el buldócer preparando y limpiando el frente entre otros tiempos secundarios y menos representativos por su magnitud y frecuencia.

Se realizó un análisis del tiempo que la excavadora pierde por causa de la masa viajera, la cual resta capacidad de carga al camión, así como por no constar con el parque adecuado de camiones. Además se tomaron las cantidades de combustible cada día y los trabajos planificados por la orden de extracción y los registros de control de la producción del departamento técnico de la mina.

Con estas variables se determinó el consumo de combustible de la excavadora por tonelada de mineral cargado, por camión cargado, por hora y por turno, así mismo se determinó el nivel de pérdida de tiempo y productividad en cada turno como resultado de la masa viajera y por la excavadora trabajar con un número de camiones inferior al necesario para que ella esté ocupada alrededor del 85% de tiempo del turno.

**Tabla 3.8 Determinación de las variables del monitoreo de las excavadoras**

<b>Siglas</b>	<b>TM</b>	<b>CCa</b>	<b>TCa</b>	<b>TEs</b>	<b>TPe</b>	<b>MCa</b>
	<b>h</b>	<b>#</b>	<b>min.</b>	<b>min.</b>	<b>min.</b>	<b>t</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1305	26,3	31	108,2	5,3	28,5	761
1311	39,7	55	157,1	13,7	61,9	1250
1174	18,2	33	171,2	48,1	44,3	574
<b>Total</b>	<b>84,1</b>	<b>119</b>	<b>436,5</b>	<b>67,1</b>	<b>134,7</b>	<b>2584,8</b>

**Leyenda:**

- 1- Siglas o nombre de la excavadora;
- 2- Tiempo monitoreado a cada excavadora;
- 3- Número de camiones cargados durante el tiempo monitoreado;
- 4- Suma del tiempo total empleado por la excavadora para cargar los camiones, min;
- 5- Total de tiempo que la excavadora estuvo en espera por maniobra de los camiones, camión atascado u otras causas;
- 6- Total de tiempo que la excavadora estuvo parada por merienda, habilitando, revisión técnica, preparación del cargadero por el buldócer u otras causas;
- 7- Masa de mineral neta cargada por la excavadora durante el periodo monitoreado;

**Tabla 3.9 Determinación de las variables del monitoreo de las excavadoras (continuación)**

Sigla	TNC	TTC	NCCa	QEH	QET	NCp
	min.	min.	#/h	t /h	t /turno	#
1	8	9	10	11	12	13
1305	3,7	4,6	8,8	216	2593	7
1311	3,1	4,2	5,9	134	1612	4
1174	6,6	8,0	4,4	76	913	2
Total	4,2	5,4	6,3	139	1674	4,5

**Leyenda:**

- 8- Tiempo neto medio empleado en cargar un camión;
- 9- Tiempo total necesario para cargar un camión;
- 10- Número de camiones cargados por la excavadora en cada hora;
- 11- Productividad de explotación horaria de la excavadora;
- 12- Productividad de explotación en el turno de la excavadora;
- 13- Número de camiones planificados a la excavadora para ese turno;

**Tabla 3.10 Determinación de las variables del monitoreo de las excavadoras (continuación)**

Sigla	RMVp	QTp	TEP	NCcMV	QNEfC	NCcR
	Km	t/turno	min	#	t/turno	#
1	14	15	16	17	18	19
1305	5,052	1032	20	11	3859	10
1311	3,982	1399	35	10	3869	9
1174	2,100	1500	25	4	1567	7
Total	3,739	1331,5	28,1	9	3228	9

**Leyenda:**

- 14- Distancia media de transportación de los camiones a cada excavadora;
- 15- Plan de producción medio previsto en los días y turnos en que se monitoreó esa excavadora;
- 16- Tiempo empleado por la excavadora en otros trabajos
- 17- Número de camiones necesarios para que la excavadora no pare por falta de camiones;
- 18- Productividad de la excavadora sin perder tiempo por falta de camiones;
- 19- Número de camiones con la red de Henequén para que la excavadora no pare por falta de camiones;

**Tabla 3.11 Determinación de las variables del monitoreo de las excavadoras (continuación)**

	QEcRfC	QEpC	DHE	DCE	DrEfC	DAEt	DAEa
Sigla	t/turno	t/turno	l/turno	l/turno	l/turno	l/turno	l/año
1	20	21	22	23	24	25	26
1305	4051	1266	988	484	461	504	367762
1311	4086	2257	671	300	284	371	270546
1174	1660	654	714	419	396	295	215152
<b>Total</b>	<b>3404</b>	<b>1555</b>	<b>765</b>	<b>381</b>	<b>361</b>	<b>384</b>	<b>280510</b>

**Leyenda:**

- 20- Productividad nominal de la excavadora trabajando con el parque necesario de camiones con la red de Henequén;
- 21- Producción no realizada por la excavadora en el turno al no asignársele el parque necesario de camiones;
- 22- Combustible habilitado actualmente a las excavadoras en un turno de trabajo;
- 23- Combustible consumido en la excavadora según la cantidad de trabajo planificado para cada turno de trabajo;
- 24- Combustible requerido por las excavadoras para realizar la producción planificada actualmente en el turno;
- 25- Diesel no utilizado (ahorrado) por las excavadoras para cumplir el plan de producción previsto para los turnos monitoreados;
- 26- Ahorro anual de combustible de la excavadora por concepto de la masa viajera y el parque requerido de camiones;

**Tabla 3.12 Determinación de las variables del monitoreo de las excavadoras (continuación)**

	GACEa	TOEcMV	TOEsMV	GOhE	GOtE	GOaE
Sigla	\$/año	h	h	\$/h	\$/turno	\$/año
1	27	28	29	30	31	32
1305	364084	11	8,1	40,14	117.93	86091.53
1311	267841	11	5,0	40,14	240.86	175828.33
1174	213001	11	7,0	45,76	183.44	133912.75
<b>Total</b>	<b>277705</b>	<b>11</b>	<b>6,3</b>	<b>41,70</b>	<b>192.91</b>	<b>140827.87</b>

**Leyenda:**

- 27- Monto anual ahorrado en combustible por las excavadoras;
- 28- Tiempo de operación de las excavadoras en el turno con masa viajera y parque de camiones en el turno;
- 29- Tiempo de operación de las excavadoras en el turno sin masa viajera y parque de camiones requerido en el turno;
- 30-Costo horario de operaciones de las excavadoras; **ver tabla tabla 3.14**
- 31-Gastos de operaciones ahorrado por la excavadora en el turno por aumento de capacidad del camión sin masa viajera y parque de camiones requeridos;
- 32- Gastos de operaciones ahorrado por la excavadora al año por aumento de capacidad del camión sin masa viajera y parque de camiones requeridos

**Tabla 3.13 Determinación de los regímenes de lluvia para los campos mineros de la ECG**

Días según clima	Trimestres				Lluvias mm	Participación %
	I	II	III	IV		
Días típicos						
Secos	45	45	48	31	16 9	46,3
Semi-secos	8	11	6	11	36	9,9
Seco-parciales	11	5	11	9	36	9,9
Intermedios	13	9	7	13	42	11,5
Lluviosos	4	9	10	13	36	9,9
Muy Lluviosos	9	12	10	15	46	12,6
Totales	90	91	92	92	36 5	100,0

### **3.6 Cálculo de la red para la cama del camión**

Durante el monitoreo de los camiones en diferentes turnos de trabajo, se demostró que durante la operación de transporte de la masa minera, en determinados viajes se hace necesario realizar la limpieza de la cama de los mismos, ya sea con una retroexcavadora o con la cama del mismo camión levantada dándole hacia adelante y hacia atrás, para evitar que el camión circule en los viajes vacíos con cierta cantidad de toneladas de mineral pegada en la cama. En diferentes estudios realizados por especialistas en minas de la Empresa, se ha demostrado que con una red de sogas de material (Henequén) el mineral no se pega en la cama del camión y este puede realizar el turno de trabajo completo sin necesidad de hacer la limpieza de la misma, evitando la pérdida de tiempo dentro de la jornada laboral y el consumo de combustible de la retroexcavadora y del mismo camión en esta operación. Es por ello que se da la tarea de realizar el cálculo de la red antes mencionada para un aumento de la productividad de los camiones (Volvo A40F<sub>FS</sub>) durante un ciclo de trabajo.

#### **\* Cálculo del área de la cama del camión (Volvo A40F<sub>FS</sub>)**

Área de la base:

$$A_b = B \cdot L = 3074 \cdot 5821 = 17,9 \text{ m}^2$$

Área lateral:

$$A_l = L \cdot 2H = 5821 \cdot 2 \cdot 1507 = 17,5 \text{ m}^2$$

Área del frente:

$$A_f = H \cdot B = 1507 \cdot 3074 = 4,6 \text{ m}^2$$

Área total:

$$A_t = A_b + A_l + A_f = 17,9 + 17,5 + 4,6 = 40,1 \text{ m}^2$$

### \*Cálculo de la red para la cama del camión

Longitud de la soga por el borde de la cama de (24 mm):

$$L_b = (2*L) + (2*B) = (2*5821) + (2*3074) = 17,79 \text{ m}$$

Longitud de cada soga por el largo de la cama:

$$L_l = L + H = 5821 + 1507 = 7,32 \text{ m}$$

Longitud de cada soga por el ancho de la cama:

$$L_B = (2*H) + B = (2*1507) + 3074 = 6,088 \text{ m}$$

Número de sogas por el ancho de la cama:

$$\eta_{\text{-ancho}} = (L_B + d) / (d + \varnothing_1) = (6300 + 1,6) / (1,6 + 12) = 448 \text{ sogas}$$

Número de sogas por el largo de la cama:

$$\eta_{\text{-largo}} = (L_l + d) / (d + \varnothing_2) = (7328 + 1,6) / (1,6 + 6) = 964 \text{ sogas}$$

Área de la red:

$$A_{\text{red}} = L_l * L_B = 7,32 * 6,08 = 44,61 \text{ m}^2$$

Donde;

L: largo de la cama del camión (5821mm);

H: altura de la cama del camión (1507mm);

B: ancho de la cama del camión (3074 mm);

$\varnothing_1$ : diámetro de la soga por el ancho de la red (12mm);

$\varnothing_2$ : diámetro de la soga por el largo de la red (6mm);

d: distancia entre sogas de la red (1,6mm);

### 3.7 Determinación de los Gastos Económicos

Tabla 3.14: Determinación del costo horario de operaciones del camión articulado Volvo A40Ffs, de la retroexcavadora Liebherr 974B y excavadora dragalina Liebherr HS855HD.

ELEMENTOS DE COSTO	Camión Articulado			Retroexcavadora			Excavadora		
	MN/H	CUC/H	MT/h	MN/H	CUC/H	MT/h	MN/H	CUC/H	Mt/h
Mantenimiento		26,49	26,49		19,84	19,84		22,62	22,62
Amortización	8,11		8,11	16,99		16,99	19,37		19,37
Salario	1,49		1,49	1,49		1,49	1,70		1,70
Vacaciones	0,13		0,13	0,14		0,14	0,16		0,16
Seguridad Social	0,21		0,21	0,21		0,21	0,24		0,24
Impuesto Utiliz. Fuerza de Trab.	0,37		0,37	0,37		0,37	0,42		0,42
Estimulación en CUC		0,44	0,44		0,44	0,44		0,50	0,50
Estimulación en MN	0,66		0,66	0,66		0,66	0,75		0,75
<b>TOTAL</b>	<b>10,97</b>	<b>26,93</b>	<b>37,9</b>	<b>19,86</b>	<b>20,28</b>	<b>40,14</b>	<b>22,64</b>	<b>23,12</b>	<b>45,76</b>

## Conclusiones parciales

1. Se determinó, a través de un riguroso monitoreo, la productividad del camión articulado Volvo A40F<sub>FS</sub>, de la retroexcavadora Liebherr R974 y dragalina Liebherr HS855HD.
2. El estudio realizado en la mina, se demostró que con una red de sogas de material (Henequén) el mineral no se pega en la cama del camión y éste puede realizar el turno de trabajo completo sin necesidad de hacer la limpieza de la misma, evitando la pérdida de tiempo dentro de la jornada laboral y el consumo de combustible de la retroexcavadora y del mismo camión en esta operación. Es por ello que se hizo el cálculo de la red antes mencionada para un aumento de la productividad de los camiones (volvo A40F<sub>FS</sub>) durante un ciclo de trabajo.

## **CAPITULO IV: PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD E HIGIENE AL TRABAJO**

El objetivo fundamental de una evaluación del impacto ambiental es cumplir con el papel de diagnosticar o predecir la evaluación del medio, constituyendo una variable inicial, a contemplar desde la fase de toma de decisiones de una acción con posibilidades de ejecución.

La minería es la actividad industrial básica dedicada a la obtención de georecursos para satisfacer así la creciente demanda humana de materia prima. La conciencia que se tiene hoy de la limitación de los recursos naturales, así como los diversos elementos que constituyen los ecosistemas que nos rodean, obliga a ejercitar las capacidades inventivas y creativas para solucionar los problemas de los pedidos de materias primas minerales, en claro equilibrio con la conservación de la naturaleza, permitiendo así salvaguardar el patrimonio que representa el medio y los recursos naturales para poder legarlo a generaciones posteriores

Las actividades desarrolladas por el hombre, en su mayor parte son agresivas para la naturaleza, las mineras revisten de especial interés ya que después de producirse la extracción de los recursos minerales y la transportación de las mismas provocan grandes daños a la naturaleza.

### ***4.1 Impacto ambiental producido por la actividad minera al paisaje***

El paisaje de la región ofrece un contraste enorme, entre las partes que aún se encuentran vírgenes o poco afectadas que tienen un aspecto paradisíaco, con respecto a las áreas donde se están realizando los trabajos mineros que tienen una superficie irregular de color marrón, que produce un impacto visual desagradable, muy parecido a un paisaje lunar, el que se puede observar desde la ciudad y la carretera, lo que es una razón más para devolverle la vegetación y modelar el terreno.

Dentro de los impactos ambientales producidos por la explotación de los yacimientos lateríticos podemos enumerar los siguientes:

1. Ocupación de grandes extensiones para la extracción de los minerales y para la conformación de los depósitos.
2. Contaminación de aguas subterráneas y sus afluentes.
3. Formación de cárcavas.
4. Derrubio mecánico en los suelos.
5. Inestabilidad en los bordes en los caminos y las escombreras.

#### 6. Grandes emisiones de polvo a la atmósfera.

En el desarrollo de las labores mineras como en cualquier mina ocasiona daños al medio, en el yacimiento Punta Gorda entre los comunes se citan:

1. Erosión de los suelos. Se presenta con la formación de cárcavas, surcos, deslizamiento, mayormente por el efecto de las aguas subterráneas y superficiales.
2. Deforestación de las zonas a minar. Eliminación de la capa vegetal para el desarrollo de las labores mineras.
3. Contaminación de las aguas (ríos y costeras).
4. Afectación visual al paisaje.

#### **Medidas de corrección:**

1. Diseño eficiente de los parámetros en los frentes de extracción y en los depósitos.
2. Garantizar la máxima compactación durante la conformación de los depósitos para reducir las áreas expuestas a la erosión.
3. Encausar los arrastres de sedimentos que producen las aguas superficiales hasta las piscinas de sedimentación.
4. Relleno de las grietas con materiales sueltos como arcilla, grava y rocas para construir una especie de filtro que detenga los sedimentos.
5. Construcción de drenajes para evacuar las aguas superficiales.
6. Barreras de corrección hidrológicas.
7. Estructuras de postes de madera.
8. Mallas.
9. Aumentar el factor de seguridad.
10. Constante riego de agua en los caminos principales y secundarios.

#### **4.2 Protección y conservación de los terrenos durante la actividad minera**

Para lograr la protección y la conservación de los terrenos durante la actividad minera se pueden emplear numerosos métodos, los que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Prevención y/o disminución de la afectación de los terrenos de superficie.
- Recultivación.
- Dentro del primer grupo se ubican una serie de medidas, tales como:
- Perfeccionamiento de la tecnología de los trabajos mineros.
- Ubicación racional de las diferentes obras y construcciones de superficie.

- Disminución de residuos en la actividad minera y la mayor utilización de los que se producen.
- Perfeccionamiento del diseño y construcción de las escombreras y los depósitos de cola.
- Medidas para disminuir la contaminación de los suelos.

En los últimos años se ha mejorado en lo planteado anteriormente y se avanza en este sentido, pero con una deficiencia que se mantiene desde que se inicio el desarrollo minero que hace ineficiente cualquier acción que se tome, la capa vegetal de los suelos no se almacena para ser utilizada posteriormente en la rehabilitación de estos, perdiéndose un ecosistema integro.

### **Recultivación:**

La recultivación del terreno es un conjunto de trabajos orientados a la recuperación de la productividad y valor agrícola de los terrenos afectados y también al mejoramiento de las condiciones del medio ambiente.

Para la recultivación de los terrenos afectados por la industria minera del Níquel existen 2 empresas que bajo las condiciones técnicas en que operan cada una, no se realizan los trabajos teniendo en cuenta las normas técnicas en ninguna de las dos etapas, solamente se enmarcan en volúmenes de áreas rehabilitadas que faciliten el cumplimiento de los planes de producción que se hallan trazado y garanticen su cobro de incentivos sin tener en cuenta la calidad que merita el proceso de recultivación de aquellas áreas degradadas por la industria minera y que de ella depende su posterior uso en beneficio de las futuras generaciones.

Muchas veces no se establecen las distancias entre las diferentes variedades de plantas que se cultivan, más bien se rigen por una norma donde se planta una cantidad de árboles por hectáreas sin tener en cuenta las normas técnicas para cada tipo de planta.

Las variedades de plantas que pueden cultivarse en esos terrenos como fuentes de alimentación y son de ciclos cortos y permiten obtener cosechas que garanticen su consumo tanto para la empresa o para un poblado y que además pueden ser una fuente de empleo más para la comunidad luego de ser rehabilitados, no se tiene en cuenta por los organismos rectores del gobierno en nuestro país.

### **4.3 Afectaciones del transporte automotor en la mina al medioambiente**

La transportación de los recursos minerales provoca una serie de afectaciones a la naturaleza dentro de las cuales citamos:

- Durante la transportación de minerales si no se usa la velocidad moderada los camiones levantando una gran cantidad de polvo, que esto conlleva a que se entorpezca la belleza de la naturaleza.
- El derrame de residuos tóxicos en el frente de trabajo ya que esto provoca la contaminación de las aguas superficiales.
- Los camiones emiten una serie de contaminantes gaseosos que afectan de forma adversa a la salud de los animales y las plantas y a la composición química de la atmósfera.
- Los medios de transporte emiten un ruido considerable el cual puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para las personas, llegando también a afectar a poblaciones de animales (especialmente de aves), puede ocasionar la pérdida de audición o el insomnio, irritabilidad exagerada.
- Las emisiones de dióxido de carbono y monóxido de carbono, dos de los principales contaminantes expulsados por los vehículos a motor, contribuyen al calentamiento global y son producto de la combustión de derivados del petróleo.
- La presencia de niveles elevados de estos productos hacen que la radiación reflejada quede atrapada en la atmósfera, produciendo un efecto de calentamiento que hace subir lentamente la temperatura de la misma.

#### **Medidas para moderar la contaminación de la naturaleza por causas de la transportación de masa minera.**

- No derramar residuos tóxicos en el suelo que provoquen la contaminación de las aguas.
- Mantener el riego de agua con pipas a lo largo de las vías, área de plataforma, áreas de taller en períodos de larga sequía.
- Colocar los guarda polvo a los equipos de transporte.

#### **Medidas de seguridad para los camiones:**

- No posesionarse dentro del radio de acción de la máquina excavadora.
- Acercarse a cargar solo cuando se esté seguro que el operador que carga lo haya visto y dar señales de tipo visual (luces) o sonoras (claxon).

- Lograr la mayor horizontabilidad del camión a la hora de ejecutar la carga.
- Circular por los caminos a velocidades establecidas.
- No circular paralelo, ni adelantar si el camión no está detenido.
- Depositar el material en los puntos escogidos.
- No abandonar la posición de sentado cuando esté cargando el camión.
- No abandonar el camión en pendientes confiando en los frenos de parqueo.
- No circular siempre por las mismas marcas dejadas por el camión anterior, de manera que se puedan evitar las zanjas profundas.

### ***Conclusiones parciales***

1. Se indican los impactos ambientales producidos por la actividad minera al paisaje
2. Se propusieron medidas para moderar la contaminación de la naturaleza por causas de la transportación de masa minera.
3. Se señalan las afectaciones que provoca el transporte automotor en la mina al medioambiente

## CONCLUSIONES FINALES

1. Se determinó la productividad y el consumo de combustible de los camiones volvo A40Ffs y las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, el cual permitió definir las causas que influyen en la deficiencia de los mismos durante la operación de carga y transporte de la masa minera.
2. Se calculó la masa viajera por cada camión, reportando una cantidad de 1.19 t por cada viaje, para un total de 230 507 t, con un equivalente de 264796.66 pesos considerando el consumo de combustible.
3. La reducción de la masa viajera con la red de henequén permitió incrementar la capacidad de la cama del camión de 21.7 a 22.9 t por viaje, lo que representa dejar de transportar en cada turno 10 viajes. Además permitió dejar de consumir 384 litros de combustible por cada excavadora en el turno, producto al efecto de la masa viajera.
4. Se determinó el consumo de combustible por viaje, por kilómetro y por toneladas de mineral transportado, obteniéndose un consumo de 25.1 litros de petróleo por hora de trabajo del camión; 0,507 l/Km recorrido del mismo y 0.403 l/t en base seca transportada.
5. Se calculó el tiempo requerido por la excavadora para cargar cada camión con masa viajera y sin esta, lo que permite, con el parque adecuado de camiones asignado a cada excavadora, ahorrar 4.7 horas de operación de la excavadoras por turno, que equivale a 192.91 h/turno y 140 000 pesos/año.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar la red de henequén en el transporte automotor en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara
2. Realizar un estudio similar en otras minas de la Unión del Niquel y valorar el comportamiento de los equipos de arranque-carga y transporte, considerando el factor organizacional.
3. Aplicar el método investigado en otras áreas del yacimiento y valorar su efecto.

## BIBLIOGRAFIA

1. Analistas de Noticias, (2010). "ABB Perú inicia programa preventivo de mantenimiento de maquinas eléctricas rotativas", [en línea], revisada el 14/02/2010, disponible en <http://noticiasmineras.mining.com/2010/01/07/abb-peru-inicia-programa-preventivo-de-mantenimiento-de-maquinas-electricas-rotativas/>
2. Ángel Mena, Andrés Guilarte, Carlos Paumier, (2003-2005). Informe de la disponibilidad técnica de los equipos adquiridos en el contrato 30021.
3. Angélica, Bañados (2007). "Gigantes de la Minería", [en línea], revisada el 13/02/2010, disponible en:
4. Colectivo de autores. Informes geológicos. Sub - Dirección Mina "Comandante Ernesto Che Guevara" 2005.
5. Colectivo de autores. Proyecto de reglamento Protección Higiene del Trabajo "Unión Minera Salinera".1999
6. Cooke, (2008). "Flota minera alcanza las 100000 horas de funcionamiento y va por más", [en línea], revisada el 14/02/2010, disponible en [www.cat.com/viewpoint](http://www.cat.com/viewpoint)
7. Dolgui, I.E. Silantev A.A. Fundamentos de la producción minera. Editorial Sanct Petersburgo. Versión digital. P. 81.
8. Egorov, P. V., et al. Fundamentos de minería. Editorial Universidad Minera Estatal de Moscú. Versión digital. 2000, P. 207.
9. Explotación a cielo abierto. Notas de clase del curso 2003 – 2004.
10. Explotación a cielo abierto. Notas de clase del curso 2009 – 2010. ISMM" Dr. Antonio Núñez Jiménez".
11. García De La Cruz, M. "Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros en la Empresa niquelífera Comandante Ernesto Che Guevara". Mayda Ulloa (tutor). Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2008. 113 h.
12. Hernández, P. et. All, Transporte minero. Ciudad de la Habana: 1999.
13. Informe de Protección e higiene de trabajo. Sub-Dirección de minas "Empresa Cdte. Ernesto Che Guevara".
14. Lukianov, V. G. Gromov, A. D. 1999. En su libro: Laboreo de excavaciones mineras de exploración. Editorial Moscú Nedra.. Versión digital. P. 352.
15. Macías, Irma, (2001). "El desgaste abrasivo en los elementos de trabajo de las maquinas agrícolas en Cuba", [en línea], revisada el 13/02/2010, disponible en

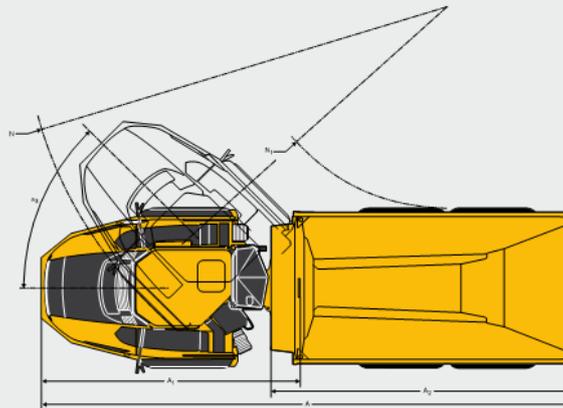
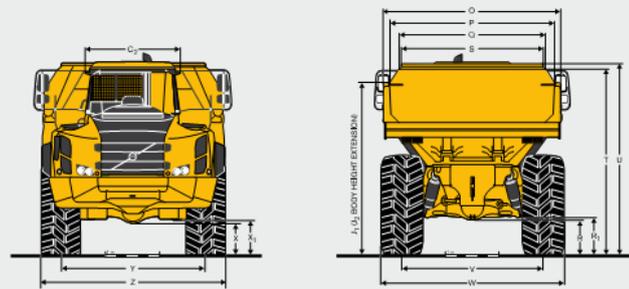
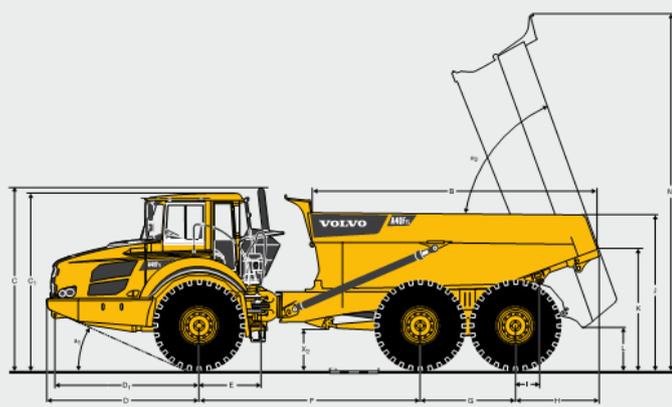
<http://www.monografias.com/trabajos14/maquinasagricolas/maquinasagricolas.shtml>

16. Manual del Terex. Traducción al español. Departamento Técnico de la mina Empresa Comandante Che Guevara.
17. Manual del VOLVO A40. Traducción al español. Departamento Técnico de la mina de la Empresa Comandante Che Guevara.
18. Murakami, Taku; (2009). "Sistema de supervisión Komatsu analizan en detalle los datos de funcionamiento de equipos mineros", [en línea], revisada el 13/02/2010, disponible en [http://www.portalminero.com/editor\\_prensa/notas/1235656946.htm](http://www.portalminero.com/editor_prensa/notas/1235656946.htm)
19. Terex Construction Equipment Online. Disponible en: <http://www.terex.com>
20. Urgellés D. Evaluación de la Eficiencia Económica de las tecnologías aplicadas en el yacimiento "Punta Gorda". Trabajo de diploma. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, 2004. 67 páginas.
21. Valiciev, A.K. 2003. Máquinas de transporte. Editorial Instituto de minas de San Petersburgo.
22. VOLVO Construction Equipment Online. Disponible en: <http://www.voloce.com>  
[www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0130052007021X0060023](http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0130052007021X0060023)

# ANEXOS

## Anexo1 Dimensiones técnicas del camión A40Ffs

Pos	A35Ffs	A40Ffs
	mm	
A	11 180	11 263
A <sub>1</sub>	5 476	5 476
A <sub>2</sub>	6 241	6 404
B	5 540	5 821
C	3 621	3 673
C <sub>1</sub>	3 546	3 597
C <sub>2</sub>	1 772	1 772
D	3 101	3 101
D <sub>1</sub>	2 941	2 942
E	1 277	1 277
F	4 578	4 518
G	1 820	1 940
H	1 683	1 706
I	650	495
J	2 995	3 154
K	2 314	2 457
L	900	844
M	7 248	7 287
N	8 853	8 967
N <sub>1</sub>	4 395	4 307
O	3 106	3 374
O**	3 304	3 497
P	2 870	3 074
Q	2 553	2 730
R	579	635
R <sub>1</sub>	604	644
S	2 422	2 653
T	3 401	3 462
U	3 516	3 565
V	2 534	2 636
V*	2 625	2 709
W	3 258	3 433
W*	3 410	3 570
X	521	571
X <sub>1</sub>	617	671
X <sub>2</sub>	754	807
Y	2 534	2 636
Y*	2 625	2 709
Z	3 258	3 433
Z*	3 410	3 570
a <sub>1</sub>	23.6°	25°
a <sub>2</sub>	72°	70°
a <sub>3</sub>	45°	45°



A35Ffs: Unloaded machine with 26.5R25  
A40Ffs: Unloaded machine with 29.5R25  
\*) A35Ffs with optional 775/65R29 tires;  
A40Ffs with optional 875/65R29 tires.  
\*\*) with overhung tailgate.



**Anexo 3 Registro del reporte de trayectoria del sistema de posicionamiento global instalado en los camiones de la mina de la ECG.**



<b>Fecha Actual</b>	<b>Período de Evaluación</b>	
08/05/2013 22:51	Desde: 08/05/13 09:08:33	Hasta: 08/05/13 22:15:41

<b>Datos Generales del Móvil</b>	
Chapa: CV1314	Índice de Consumo: 0.4 km/lts
Número: No	Conductor: Geovanis Bosil Lamot

<b>Datos de Hoja de Ruta:(Cantidad de Hojas de Ruta: 1)</b>			
Hoja de Ruta No: 32		Fecha de Inicio: 2013-05-08 09:09	
Km HR:146.23	Comb. HR:365.57	Km GPS: 146.24	Comb. GPS:365.61
Tiempo HR:13:05	Tiempo Det:06:45	Tiempo Mov:06:20	Tiempo S/R:00:01
Kms recorridos después de cerrada la Hoja de Ruta según GPS:0.0	Tiempo empleado:00:01	Fecha Final: 2013-05-08 22:14	
		Km S/R:0.0	Comb. S/R:0.0
<b>Resumen de Distancias</b>		Tiempo Det S/R:00:01	Tiempo Mov S/R:00:00

Distancia total recorrida según GPS (km): 146.24	Combustible total consumido según GPS (litros): 365.6
Distancia de HR recorrida según GPS (km): 146.24	Combustible de HR consumido según GPS (litros): 365.6
Distancia Total sin Respaldo (km): 0.0	Combustible Total consumido sin Respaldo (litros): 0.0
Distancia recorrida según HR (km): 146.23	Combustible consumido según HR (litros): 365.57
Distancia recorrida sin Respaldo (km): 0.0	Combustible consumido sin Respaldo (litros): 0.0
Diferencia de Recorrido GPS-HR (km): 0.01	Diferencia de Combustible GPS-HR (litros): 0.03
Velocidad Máxima Alcanzada (km/h): 60.5	Velocidad Promedio (km/h): 24.8

<b>Resumen de Tiempos (H:M:S)</b>				
Detenciones: 63	T. Total: 13:05:00	T. Detenido: 06:45:00	T. sin Respaldo: 00:02:00	T. Movimiento: 06:20:00

<b>Calidad de los Datos</b>	
Tamaño del Kijo: 241.87 MB	Posible Alteración del Kijo: <b>Negativa</b>
Total de Tramas: 47230	Tramas no Válidas: 0
Tramas Simplificadas:40508	Tramas no Válidas al Inicio: 0
Error de Suma Chequeo: 112	Tramas no Válidas al Final:0
Tramas Transferidas:6720	Tramas Válidas:46345

<b>Resumen General de Desconexiones</b>	
Cantidad: 0	
Desconexiones del GPS por Tarjeta:0	Tiempo Total (H:M:S):00:00:00
Desconexiones por Datos no Válidos por posición:0	Tiempo Total (H:M:S):00:00:00
Desconexiones por Datos no Válidos por satélite:0	Tiempo Total (H:M:S):00:00:00
Desconexiones por Falta de Tramas:0	Tiempo Total (H:M:S):00:00:00
Desconexiones del GPS por Corriente:0	Tiempo Total (H:M:S):00:00:00

## Anexo 4: Resumen horario de los recorridos vacíos y cargados de los camiones hacia o desde las excavadoras.

### Excavadora 1311

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	4,753	2,04	0,40	0,3	14,3	29,1	1,0	41,5	30,7	0,0	39,0	35,0	20,0	8,7	7	2,667	5,033	1.166	9,4	0,0	2,5
3	4,303	2,08	0,55	40,0	12,9	26,8	120,0	48,4	0,0	0,0	44,0	36,7	18,3	6,0	7	3,000	5,067	1.167	0,0	0,0	0,0
5	4,586	2,17	0,48	0,2	22,9	49,9	1,0	59,3	44,9	0,0	53,0	36,0	20,0	6,6	8	2,800	5,080	1.100	14,5	0,0	3,8
3	4,338	2,14	0,50	40,3	13,0	27,9	121,0	56,1	0,0	0,0	47,0	36,7	18,3	7,0	8	3,000	5,067	1.167	0,0	0,0	0,0
3	4,917	1,78	0,52	0,0	14,8	26,3	0,0	37,3	13,3	0,0	35,0	35,0	20,0	8,0	9	3,000	5,067	1.167	8,8	0,0	2,3
3	4,522	2,13	0,68	25,7	13,6	28,9	77,0	42,5	0,0	34,0	40,0	33,3	20,0	7,7	9	2,667	5,100	1.000	0,0	0,0	0,0
3	4,345	2,15	0,43	0,0	13,0	28,0	0,0	37,7	26,9	0,0	35,0	36,7	20,0	8,7	10	2,333	5,100	1.000	11,0	0,0	6,9
3	4,160	2,16	0,67	25,7	12,5	27,0	77,0	40,3	0,0	0,0	37,0	35,0	22,5	5,0	10	2,667	5,067	1.167	0,0	0,0	0,0
2	4,343	2,05	0,52	0,0	8,7	17,8	0,0	24,1	10,2	0,0	23,0	35,0	19,0	7,5	11	3,000	5,100	1.000	7,9	0,0	1,1
3	4,348	2,09	0,50	42,3	13,0	27,3	127,0	54,5	0,0	0,0	47,0	35,0	18,3	6,0	11	2,667	5,100	1.000	0,0	0,0	0,0
1	4,565	1,96	0,42	2,0	4,6	8,9	2,0	11,7	9,6	0,0	11,0	40,0	20,0	8,0	12	2,000	5,100	1.000	3,2	0,0	0,7
2	4,305	1,99	0,64	40,5	8,6	17,1	81,0	26,6	0,0	0,0	25,0	42,5	17,5	9,0	12	2,500	5,100	1.000	0,0	0,0	0,0
3	3,920	2,43	0,48	1,3	11,8	28,6	4,0	35,5	24,5	0,0	33,0	40,0	21,7	6,0	13	2,333	5,067	1.000	8,1	0,0	2,5
1	4,410	2,06	0,71	41,0	4,4	9,1	41,0	12,8	0,0	0,0	12,0	45,0	20,0	5,0	13	2,000	5,100	1.000	0,0	0,0	0,0
1	4,500	2,00	0,21	2,0	4,5	9,0	2,0	11,8	30,1	0,0	11,0	40,0	20,0	8,0	14	2,000	5,100	1.000	3,1	0,0	0,8
2	3,675	2,65	0,76	41,5	7,4	19,5	83,0	25,6	0,0	0,0	24,0	37,5	22,5	6,5	14	2,500	5,050	1.000	0,0	0,0	0,0
1	4,685	2,18	0,19	0,0	4,7	10,2	0,0	27,4	26,2	0,0	12,0	30,0	20,0	5,0	15	3,000	5,000	1.000	2,1	0,0	0,4
1	4,500	2,00	0,69	36,0	4,5	9,0	36,0	13,1	0,0	0,0	12,0	40,0	20,0	5,0	15	2,000	5,100	1.000	0,0	0,0	0,0
2	4,063	1,82	0,40	0,0	8,1	14,8	0,0	23,1	13,5	0,0	21,0	32,5	22,5	9,0	16	3,000	5,000	1.000	6,1	0,0	2,1
2	4,140	2,04	0,70	41,0	8,3	16,9	82,0	24,1	0,0	0,0	22,0	37,5	25,0	9,0	16	3,000	5,000	1.000	0,0	0,0	0,0
1	4,055	2,11	0,24	0,0	4,1	8,6	0,0	13,6	21,5	0,0	13,0	30,0	20,0	8,0	17	3,000	5,000	1.000	2,2	5,3	0,6
2	4,068	1,95	0,68	43,0	8,1	15,9	86,0	23,2	0,0	0,0	21,0	40,0	22,5	10,0	17	3,000	5,000	1.000	0,0	0,0	0,0
1	4,770	1,76	0,46	0,0	4,8	8,4	0,0	9,4	8,7	0,0	9,0	40,0	25,0	5,0	18	3,000	5,000	1.000	2,2	0,0	0,4
1	4,320	2,12	0,45	44,0	4,3	9,2	44,0	11,8	8,5	0,0	11,0	40,0	25,0	10,0	18	3,000	5,000	1.000	0,0	0,0	0,0

Leyenda: Se refiere a los siguientes indicadores en cada una de las horas monitoreadas, en los recorridos vacíos y cargados de los camiones en cada una de las excavadoras 1- Recorrido; 2- Distancia media del viaje de los camiones, km; 3- Litros por kilómetro recorrido del camión; 4- Litros consumidos por el camión en cada minuto; 5- t bh por recorrido; 6- Distancia por recorridos, Km; 7- Litros consumidos por recorrido; 8- Masa transportada por recorrido; t b.h; 9- Tiempo del motor trabajando en ALTA en los recorridos, min. ; 10- Idem 9 pero con el motor en BAJA; 11- Idem 9 y 10 pero con el motor Apagado; 12- Duración de los recorridos en esa hora, min; 13, 14 y 15 - Velocidad media en los tramos Buenos, Regulares y Malos de los caminos, min.; 16- Hora en que se efectuó el corte productivo durante el monitoreo; 17, 18 y 19- Número de camiones, Distancia de transportación (en km) y masa minera a transportar o cargar en la excavadora (t bs/turno), todos según lo asignado en el plan de minería; 20- Tiempo empleado por la excavadora para cargar el camión en esa hora, min.; 21- Idem al 20, pero el tiempo en preparar el frente o en actividades equivalentes, min.; 22- El tiempo en espera de la excavadora, min.

*Excavadora 1174*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4	2,290	2,29	0,32	0,0	9,2	21,0	0,0	26,7	38,8	0,0	24,0	33,8	23,8	9,5	7	2,500	2,100	1.500	16,6	0,0	2,7
2	2,103	1,74	0,56	15,0	4,2	7,3	30,0	13,1	0,0	0,0	12,0	40,0	25,0	5,0	7	2,500	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
3	2,290	2,15	0,39	0,0	6,9	14,8	0,0	24,3	13,9	0,0	19,0	33,3	20,0	9,3	8	2,667	2,100	1.500	12,1	0,0	2,3
4	2,163	2,36	0,69	29,3	8,7	20,4	117,0	29,5	0,0	0,0	26,0	35,0	22,5	9,0	8	2,750	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
5	2,268	2,13	0,36	0,0	11,3	24,2	0,0	26,2	41,2	0,0	23,0	33,0	21,0	8,4	9	2,400	2,100	1.500	23,3	4,2	16,8
5	2,227	2,14	0,50	29,0	11,1	23,8	145,0	47,6	0,0	0,0	40,0	35,0	21,0	8,6	9	2,400	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
5	2,206	2,06	0,37	0,0	11,0	22,7	0,0	28,2	33,0	0,0	25,0	34,0	23,0	10,0	10	2,400	2,100	1.500	23,1	0,0	10,2
6	2,113	2,20	0,50	29,2	12,7	27,9	55,5	0,0	0,0	0,0	49,0	32,5	20,8	7,5	10	2,500	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
3	2,260	2,39	0,37	0,3	6,8	16,2	1,0	17,5	25,8	0,0	15,0	30,0	20,0	8,7	11	2,667	2,100	1.500	15,9	9,9	2,5
1	2,135	2,15	0,42	31,0	2,1	4,6	31,0	11,1	0,0	0,0	10,0	30,0	20,0	8,0	11	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
3	2,222	2,46	0,31	0,0	6,7	16,4	0,0	16,4	35,9	26,0	14,0	36,7	23,3	6,7	12	2,667	2,100	1.500	16,7	12,1	2,4
4	2,159	2,33	0,77	29,0	8,6	20,1	116,0	24,2	2,0	0,0	21,0	32,5	21,3	8,5	12	2,500	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,221	2,47	0,36	0,5	4,4	11,0	1,0	10,3	20,5	0,0	9,0	35,0	22,5	8,0	13	2,500	2,100	1.500	9,7	10,8	1,3
3	2,045	2,60	1,07	28,0	6,1	15,9	83,9	14,8	0,0	0,0	12,0	33,3	20,0	8,7	13	2,667	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
1	2,000	5,00	0,38	1,0	2,0	10,0	1,0	6,7	19,6	0,0	6,0	35,0	25,0	10,0	14	2,000	2,100	1.500	5,4	11,0	0,7
1	2,135	4,17	0,99	31,0	2,1	8,9	31,0	7,3	1,7	0,0	6,0	30,0	25,0	10,0	14	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,238	2,29	0,38	1,0	4,5	10,3	2,0	10,1	16,6	0,0	9,0	35,0	20,0	7,5	15	2,000	2,100	1.500	10,6	0,0	1,1
2	2,203	2,15	0,77	29,0	4,4	9,5	58,0	12,4	0,0	0,0	10,0	32,5	20,0	5,0	15	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
3	2,237	2,21	0,46	1,0	6,7	14,9	3,0	14,9	17,6	13,5	13,0	36,7	26,7	8,3	16	2,000	2,100	1.500	17,6	0,0	1,9
2	2,135	2,33	0,72	28,0	4,3	10,0	56,0	13,0	0,8	0,0	11,0	37,5	25,0	5,0	16	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,237	2,36	0,39	1,0	4,5	10,6	2,0	15,4	11,9	0,0	14,0	35,0	22,5	10,0	17	2,000	2,100	1.500	11,9	0,0	1,4
3	2,135	2,41	0,66	29,0	6,4	15,5	87,0	23,3	0,0	0,0	20,0	35,0	20,0	7,0	17	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,237	1,73	0,20	0,0	4,5	7,8	0,0	19,1	18,8	0,0	18,0	32,5	22,5	9,0	18	2,000	2,100	1.500	8,3	0,0	1,1
2	2,170	1,79	0,65	13,5	4,3	7,8	27,0	11,9	0,0	0,0	11,0	35,0	20,0	8,0	18	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
1	2,000	5,00	0,38	1,0	2,0	10,0	1,0	6,7	19,6	0,0	6,0	35,0	25,0	10,0	14	2,000	2,100	1.500	5,4	11,0	0,7
1	2,135	4,17	0,99	31,0	2,1	8,9	31,0	7,3	1,7	0,0	6,0	30,0	25,0	10,0	14	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,238	2,29	0,38	1,0	4,5	10,3	2,0	10,1	16,6	0,0	9,0	35,0	20,0	7,5	15	2,000	2,100	1.500	10,6	0,0	1,1
2	2,203	2,15	0,77	29,0	4,4	9,5	58,0	12,4	0,0	0,0	10,0	32,5	20,0	5,0	15	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
3	2,237	2,21	0,46	1,0	6,7	14,9	3,0	14,9	17,6	13,5	13,0	36,7	26,7	8,3	16	2,000	2,100	1.500	17,6	0,0	1,9
2	2,135	2,33	0,72	28,0	4,3	10,0	56,0	13,0	0,8	0,0	11,0	37,5	25,0	5,0	16	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,237	2,36	0,39	1,0	4,5	10,6	2,0	15,4	11,9	0,0	14,0	35,0	22,5	10,0	17	2,000	2,100	1.500	11,9	0,0	1,4
3	2,135	2,41	0,66	29,0	6,4	15,5	87,0	23,3	0,0	0,0	20,0	35,0	20,0	7,0	17	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0
2	2,237	1,73	0,20	0,0	4,5	7,8	0,0	19,1	18,8	0,0	18,0	32,5	22,5	9,0	18	2,000	2,100	1.500	8,3	0,0	1,1
2	2,170	1,79	0,65	13,5	4,3	7,8	27,0	11,9	0,0	0,0	11,0	35,0	20,0	8,0	18	2,000	2,100	1.500	0,0	0,0	0,0

**Excavadora 1305**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	4,455	2,26	0,22	0,0	4,5	10,1	0,0	10,2	34,9	0,0	9,0	50,0	30,0	5,0	20	3,000	4,400	950	2,9	10,3	18,2
1	5,405	2,16	0,77	45,0	5,4	11,7	45,0	15,1	0,0	0,0	12,0	40,0	25,0	5,0	21	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
2	4,830	1,60	0,49	0,0	9,7	15,5	0,0	26,0	5,4	0,0	24,0	35,0	20,0	5,0	22	3,000	4,400	950	5,0	0,0	2,0
1	5,180	1,67	0,60	41,0	5,2	8,7	41,0	14,5	0,0	0,0	12,0	40,0	20,0	5,0	22	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
1	4,830	1,58	0,41	0,0	4,8	7,7	0,0	16,3	2,2	0,0	15,0	25,0	20,0	5,0	23	3,000	4,400	950	2,2	0,0	1,3
2	4,830	1,56	0,44	40,5	9,7	15,1	81,0	33,1	0,9	0,0	27,0	30,0	20,0	5,0	23	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
1	4,800	1,61	0,39	0,0	4,8	7,8	0,0	15,7	4,0	0,0	15,0	30,0	20,0	5,0	0	3,000	4,400	950	2,2	0,0	0,7
1	4,800	1,61	0,51	42,0	4,8	7,8	42,0	13,8	1,5	0,0	12,0	50,0	30,0	5,0	0	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
2	5,148	1,65	0,50	0,0	10,3	17,0	0,0	24,9	9,2	0,0	23,0	30,0	20,0	5,0	1	3,000	4,400	950	6,0	0,0	1,9
1	5,580	1,75	0,61	43,0	5,6	9,8	43,0	15,9	0,0	0,0	14,0	40,0	20,0	5,0	1	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
1	4,815	1,55	0,54	39,0	4,8	7,5	39,0	13,8	0,0	0,0	12,0	40,0	25,0	5,0	2	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
1	4,800	2,39	0,47	0,0	4,8	11,5	0,0	13,9	10,4	0,0	13,0	30,0	20,0	5,0	3	3,000	4,400	950	3,5	0,0	0,9
1	4,850	2,38	0,72	40,0	4,9	11,6	40,0	16,0	0,0	0,0	13,0	35,0	20,0	5,0	4	3,000	4,400	950	0,0	0,0	0,0
6	3,393	1,87	0,44	0,5	20,4	38,0	3,0	46,1	39,9	21,8	43,0	42,5	25,0	10,0	7	3,500	3,900	1.400	12,6	0,0	3,1
2	4,353	1,88	0,58	36,5	8,7	16,4	73,0	28,1	0,0	0,0	21,0	42,5	26,0	5,0	7	3,500	3,900	1.400	0,0	0,0	0,0
5	4,423	1,76	0,65	0,0	22,1	38,9	0,0	45,9	13,6	0,0	42,0	45,0	25,0	7,2	8	4,400	3,900	1.640	13,6	0,0	3,9
6	4,362	1,81	0,59	39,0	26,2	47,3	234,0	75,0	4,7	0,0	65,0	41,7	22,5	7,2	8	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
6	4,484	1,72	0,58	0,3	26,9	46,4	2,0	57,5	21,8	0,0	54,0	45,0	24,2	8,2	9	4,000	3,900	1.533	14,7	0,0	3,5
6	4,384	1,74	0,55	37,5	26,3	45,7	225,0	78,1	5,0	0,0	69,0	41,7	22,5	7,2	9	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
3	4,552	1,82	0,38	0,0	13,7	24,9	0,0	31,3	34,8	0,0	29,0	40,0	25,0	9,3	10	3,000	3,900	1.267	8,5	0,0	2,3
3	4,272	1,80	0,53	39,0	12,8	23,1	117,0	43,5	0,0	0,0	37,0	36,7	23,3	5,0	10	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
2	4,953	1,83	0,66	0,5	9,9	18,1	1,0	20,0	7,7	0,0	18,0	47,5	25,0	9,0	11	5,000	3,900	1.800	5,5	0,0	2,0
3	4,463	1,81	0,64	35,7	13,4	24,3	107,0	38,2	0,0	0,0	33,0	43,3	23,3	6,0	11	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
6	4,540	1,80	0,58	0,5	27,2	49,1	3,0	60,3	25,0	0,0	55,0	44,2	25,8	9,0	12	4,000	3,900	1.533	21,8	0,0	5,3
5	4,340	1,79	0,61	36,8	21,7	38,9	184,0	63,8	0,0	0,0	56,0	43,0	24,0	6,2	12	3,800	3,900	1.480	0,0	0,0	0,0
2	4,533	1,67	0,59	0,5	9,1	15,1	1,0	20,1	5,7	0,0	19,0	40,0	22,5	9,0	13	3,500	3,900	1.400	5,7	0,0	1,1
3	4,318	1,73	0,54	36,3	13,0	22,4	109,0	41,4	0,0	0,0	37,0	41,7	23,3	7,7	13	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
6	4,833	1,80	0,55	0,7	29,0	52,3	4,0	80,1	14,3	0,0	74,0	43,3	25,8	9,3	14	4,000	3,900	1.533	14,3	0,0	6,1
6	4,450	1,81	0,59	35,5	26,7	48,4	213,0	82,3	0,0	0,0	73,0	41,7	23,3	7,7	14	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
5	4,573	1,88	0,52	0,4	22,9	43,0	2,0	62,2	19,8	0,0	58,0	39,0	24,0	7,2	15	3,800	3,900	1.480	13,2	3,4	4,2
4	4,273	1,88	0,55	35,3	17,1	32,1	141,0	58,6	0,0	0,0	52,0	38,8	23,8	9,0	15	3,500	3,900	1.400	0,0	0,0	0,0
4	4,508	1,50	0,36	0,0	18,0	27,1	0,0	47,6	27,0	0,0	45,0	33,8	22,5	7,8	16	3,500	3,900	1.400	12,1	0,0	2,6
4	4,403	1,54	0,47	38,3	17,6	27,1	153,0	57,9	0,0	0,0	50,0	33,8	21,3	7,0	16	3,500	3,900	1.400	0,0	0,0	0,0
2	4,375	1,69	0,35	0,0	8,8	14,8	0,0	21,5	21,4	0,0	20,0	32,5	22,5	7,5	17	3,500	3,900	1.400	6,9	0,0	1,5
3	4,432	1,73	0,57	40,0	13,3	23,0	120,0	40,2	0,0	0,0	32,0	35,0	23,3	6,7	17	4,000	3,900	1.533	0,0	0,0	0,0
1	4,670	1,68	0,46	0,0	4,7	7,8	0,0	13,7	3,3	0,0	13,0	30,0	25,0	8,0	18	2,000	3,900	1.000	3,3	0,0	0,7
1	4,220	1,68	0,52	37,0	4,2	7,1	37,0	13,5	0,0	0,0	12,0	30,0	20,0	5,0	18	2,000	3,900	1.000	0,0	0,0	0,0

**Nota:** Las horas que no están en las tablas es porque en ese momento la excavadora y/o el camión no tuvieron registros.

### Anexo 5: Una de las órdenes de operaciones mineras de la mina ECG

Soleado				Orden de Extracción del 7 al 8 de mayo de 2013										-	-
				ESC	MIN.	CALIDAD					Cota	%	Cota	Cota	
Excav.	CV	Area	Pozo	m3	Ton	%Ni	%Fe	%Co	%SiO	%MgO	Excav.	Part.	I	F	
<b>Turno de Noche alimentación O1</b>															
RE-1311 Y.N Volvo	4	S-60	Banco 50		1500	1,290	39,90	0,059	3,56	1,02	53	45,5	53	50	
RE-1305YS Volvo	2	H-59	Banco 175		1000	1,20	45,38	0,115	2,48	0,70	178	30,3	178	175	
CF-Deposito volvo	1	D-4	P-1		800	1,22	40,70	0,104	8,60	1,30		24,2			
<b>Vol. Turno de Noche al O1.</b>				<b>0</b>	<b>3300</b>	<b>1,25</b>	<b>41,75</b>	<b>0,087</b>	<b>4,45</b>	<b>1,30</b>		<b>100,0</b>			
<b>Turno de Noche a depósito.</b>															
RE-1311 YS Volvo	2	S-60	Banco 50		1000	1,290	39,900	0,059	3,560	1,020	53	21,7	53	50	
EX-1174 PG Volvo	2	S-48	Pozo 44		1000	1,190	25,09	0,043	17,00	4,95	21	21,7	21	17	
RE-1305 Volvos	3	H-59	Banco 175		1100	1,20	45,38	0,115	2,48	0,70	178	23,9	178	175	
DA-1 YS Volvo	4	(K-59)	Pozo 09/09-2		1500	1,350	39,000	0,065	13,79	5,42	127	32,6	127	123	
<b>Vol. Turno de Noche a Depósito</b>				<b>0</b>	<b>4600</b>	<b>1,27</b>	<b>37,70</b>	<b>0,071</b>	<b>9,56</b>	<b>3,23</b>		<b>100,0</b>			
<b>Escombreo</b>															
RE-953 Volvo Y.S	2	H-58	Banco 175	2000								20,6			
RE-01 YN Komatsu	3	6(R/57)	FENSA	4132								42,6			
RE-1306 YS Volvo	3	T-51	Banco 67	3560								36,7			
<b>Vol. Total Turno de la Noche</b>				<b>9692</b>	<b>7.900</b>	<b>1,26</b>	<b>32,11</b>	<b>0,063</b>	<b>6,05</b>	<b>1,97</b>		<b>100,0</b>			
<b>Turno del día alimentación O1</b>															
RE-1311 Y.N Volvo	4	S-60	Banco 50		1500	1,290	39,90	0,059	3,56	1,02	53	45,5	53	50	
RE-1305 YS Volvo	2	H-59	Banco 175		1000	1,20	45,38	0,115	2,48	0,70	178	30,3	178	175	
CF-Deposito volvo	1	D-1	P-6		800	1,25	39,69	0,126	8,60	1,30		24,2			
<b>Vol. Turno de Día al O1.</b>					<b>3300</b>	<b>1,25</b>	<b>41,51</b>	<b>0,092</b>	<b>4,45</b>	<b>1,0</b>		<b>100,0</b>			
<b>Turno de día a depósito</b>															
RE-1305 YS Volvo	3	H-59	Banco 175		1100	1,20	45,38	0,12	2,48	0,70	178	23,9	178	175	
RE-1311 YN Volvo	2	S-60	Banco 50		1000	1,290	39,900	0,059	3,560	1,020	53	21,7	53	50	
EX-1174 PG Volvo	2	S-48	Pozo 44		1000	1,190	25,090	0,043	17,00	4,95	21	21,7	21	17	
DA-1 Y.S Volvo	4	(K-59)	Pozo 09/09-2		1500	1,350	39,00	0,065	13,79	5,42	127	32,6	127	123	
<b>Vol. Turno del Día a depósito</b>					<b>4600</b>	<b>1,27</b>	<b>37,70</b>	<b>0,071</b>	<b>9,56</b>	<b>3,232</b>		<b>100,0</b>			
<b>Vol. Total Turno del Día</b>				<b>0</b>	<b>7900</b>	<b>1,26</b>	<b>39,29</b>	<b>0,080</b>	<b>7,43</b>	<b>2,30</b>					
<b>Vol. Total a Dep.</b>					<b>9200</b>	<b>1,27</b>	<b>37,70</b>	<b>0,071</b>	<b>9,56</b>	<b>3,23</b>					
<b>Alimentado</b>				<b>0</b>	<b>6600</b>	<b>1,25</b>	<b>41,63</b>	<b>0,090</b>	<b>4,45</b>	<b>1,14</b>					
<b>Minado</b>				<b>0</b>	<b>15.800</b>	<b>1,26</b>	<b>39,34</b>	<b>0,079</b>	<b>7,43</b>	<b>2,36</b>					
<b>Estrategias Operaciones</b>															
MUESTREO: Se mantiene la estrategia actual, según procedimiento.															
Elaborada por: Martica H/G y Alberto Heat.															