



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Geología – Minas
Departamento de Minas

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero en Minas

*Determinación de los parámetros técnico –
mineros para la apertura del yacimiento
Yagrumaje Oeste de la Empresa Pedro Sotto Alba*

Autor: Victor Francisco Amaro Díaz

*Tutores: Dr. C. Ramón Polanco Almanza
Ing. Edil Hernández Vidal*

*Curso 2014/2015
Moa, 2015
“Año 57 de la Revolución”*



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de la tesis titulada: *“Determinación de los parámetros técnico – mineros para la apertura del yacimiento Yagrumaje Oeste de la Empresa Pedro Sotto Alba”* y autorizo al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste, firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2015.

Ing. Edil Hernández Vidal

Dr. Ramón Polanco Almanza

Firma del tutor

Firma del tutor

Victor Francisco Amaro Díaz

Firma del autor



Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas aquellas personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo y el cumplimiento de mi más grande sueño, razón por la cual estaré eternamente agradecido. Ellas son:

Mi madre Margenis Díaz Zamora y a mi padre Rafael Amaro Sevilla donde quiera que estén, a quienes les estaré eternamente agradecido por darme esta oportunidad de estudiar y saber siempre que cuento con su apoyo, en los momentos buenos y sobre todo, en los malos; a mis abuelos por darme siempre sus consejos y a mi tía Mercy Díaz Zamora le estaré eternamente agradecido por su incondicional apoyo durante mi vida como estudiante.

Agradezco al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a la Revolución Cubana que me han dado la posibilidad de ser un profesional.

Agradezco a Dios porque me proporciona la fe, la salud, fuerza física y espiritual para lograr las metas propuestas.

A mis hermanos y familia en general por haberme apoyado y educado en todos los momentos de la vida.

A mis suegros Marta y Roberto por su ayuda y apoyo en estos años de universidad.

A mi novia Lianet Vargas Hernández por su amor y apoyo en todos estos años.

A mis tutores Ramón Polanco y Edil Hernández por cada uno de sus consejos sin los cuales no hubiera sido posible la confección de este documento. Gracias por su paciencia, entrega y por las horas que en su tiempo libre le dedicaron a esta investigación.



A los profesores del Departamento de Minería por ser la fuente de conocimiento de la cual me he alimentado en estos cinco años de carrera y de los cuales he aprendido que no existe éxito sin sacrificio.

A mis compañeros del aula en especial a mis hermanos del aula Reinier, Carlos, Miguelito, Ismel, Iosnel, Tomas, Jose Carlos, Mario, Yosmany, que nos hemos apoyado unos a otros para hoy poder lograr nuestro sueño.

A mis amistades de la Fábrica Pedro Sotto Alba por estar siempre atentos a lo que me hacía falta.

Y a todas aquellas personas que han confiado en mí y en algún momento me han tendido su mano solidaria o me han dado algún consejo.



Dedicatoria

A mis tutores Ramón Polanco y Edil Hernández, por cada uno de sus consejos sin los cuales no hubiera sido posible la confección de este documento. Gracias por su paciencia, entrega y por las horas que en su tiempo libre le dedicaron a esta investigación.

A mis padres, hermanos, y familia en general por su apoyo, confianza e infinito amor.

A mis amistades, en especial a Hector Esparraguera y Yurisel Aguirre que me ayudaron tanto en la realización de esta investigación. A ustedes que en algún momento me ayudaron con un consejo o alguna idea.

A mis profesores del Departamento de Minería, que sin sus enseñanzas mis sueños no se hubieran hecho realidad.

A los compañeros de la Empresa Pedro Sotto Alba, por toda la información que me facilitaron para el desarrollo de la investigación.

Y a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron a la realización de esta investigación.

A todos Muchas Gracias.



PENSAMIENTO

Usted puede convencerme de que estoy equivocado, pero no puede decirme que estoy equivocado sin antes convencerme.

Fidel Castro Ruz.





RESUMEN

El presente trabajo de diploma denominado, “Determinación de los parámetros técnicos-mineros para la apertura del Yacimiento Yagrumaje Oeste de la Empresa mixta Cdte. Pedro Sotto Alba”, que tiene previsto su entrada en explotación en el cuarto trimestre del año 2015. Se realizó la caracterización geológica del yacimiento completo, del cual se escogió un área específica con determinadas condiciones respecto a la ley del mineral, ubicación de la misma, y que satisfaga el cumplimiento del plan de la empresa. Luego se realizó el diseño de apertura, empezando en primer lugar con la construcción de un camino secundario que enlaza el área con el camino principal ya proyectado, el cual permite el traslado del mineral útil ($Ni \geq 1\%$) hacia la Planta de procesamiento y el escombro ($Ni < 0.7\%$) hacia la escombrera, respectivamente, y la mena 4 (Limonita Fuera de Balance con $0.7 \leq Ni < 1$) hacia el depósito de baja ley ubicado en el área 39 del Yacimiento Moa Oriental. Se realizaron dos metodologías de cálculo: una para la determinación de los días necesarios para el desbroce, destape, extracción y traslado de la mena 4 hacia el depósito y para calcular la cantidad de camiones necesarios para el traslado del mineral, y una segunda metodología para determinar el costo de operaciones por cada tonelada de mineral extraído en el que se plasma el trabajo de los gastos generales de los procesos principales y de ahí el costo total de 5,32\$/t rentable para su explotación. Finalmente se detallan todas las afectaciones que pudiesen producir al medio ambiente, y proponer medidas para minimizar los impactos negativos causados, de igual manera se presentan las medidas para la protección e higiene del trabajo.



SUMMARY

This dissertation entitled "Determination of technical parameters for the opening-mining Yagrumaje Reservoir west of the JV Cdte. Pedro Sotto Alba "which is scheduled to come on stream in the fourth quarter of 2015. Full geological site characterization, which a specific area with certain conditions regarding the ore, the same location was chosen was conducted and satisfies compliance with the plan of the company. After opening design was performed, starting first with the construction of a secondary road that links the area with the main road as projected, which allows the transfer of useful mineral ($Ni \geq 1$) to the processing plant and debris ($Ni < 0.7\%$) to the dump, respectively, and the ore 4 (Limonite Out of Balance with ($0.7 \leq Ni < 1$) to the tank located in the Reservoir area 39 Moa Oriental two methodologies were made. A to determine the days needed for clearing, uncover, extraction and transportation of ore 4 to the reservoir and to estimate the number of trucks needed for transporting the ore, and a second methodology for determining the cost of operations per ton ore mined in the work of the overheads of the main processes and hence the total cost of 5.32 \$/ t profitable for exploitation is plasma. Finally all the damages that might occur to the environment are detailed, and propose measures to minimize the negative impacts caused, just as measures for the protection and health at work are presented.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
CAPÍTULO I.CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	- 7 -
1.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	- 7 -
1.2 Accesibilidad	- 7 -
1.3 Relieve.....	- 8 -
1.4 Clima.....	- 8 -
1.5 Características Socio Económicas	- 8 -
1.6 Características geológicas del territorio.....	- 9 -
1.6.1 Complejo de rocas ultrabásicas.....	- 11 -
1.6.2 Complejo vulcano-sedimentario	- 12 -
1.6.3 Principales Sistemas de Fallas del Territorio	- 14 -
1.7 Geología regional.....	- 15 -
1.8 Características geológicas del yacimiento.....	- 16 -
1.8.1 Características físico-mecánicas de las rocas	- 16 -
1.8.2 Hidrogeología.....	- 17 -
1.8.3 Hidrografía	- 18 -
1.8.4 Rocas Encajantes	- 18 -
1.8.5 Estructura y morfología del yacimiento.....	- 20 -
1.8.6 Rocas Mineralizadas	- 23 -
CAPÍTULO II. DISEÑO DEL ESQUEMA DE APERTURA.....	- 24 -
2.1 Introducción	- 24 -
2.2 Estado actual de la minería.....	- 24 -
2.3 Caracterización de Sector 11 del yacimiento Yagrumaje Oeste	- 24 -
2.4 Parámetros fundamentales de explotación	- 25 -
2.5 Fases de la minería.....	- 26 -
2.5.1 Desbroce.....	- 26 -
2.5.2 Escombreo.....	- 27 -
2.5.3 Arranque	- 27 -
2.5.4 Transporte.....	- 27 -
2.5.5 Rehabilitación.....	- 27 -
2.6 Estimación de los recursos y reservas minerales	- 28 -
2.7 Control de la calidad del mineral	- 29 -
2.8 Régimen de los trabajos y plazo de explotación del área 11	- 29 -
2.8.1 Planificación de los turnos de trabajo	- 30 -



2.8.2 Volumen de los trabajos.....	- 30 -
2.9 Elección y Fundamento Sistema de Explotación para el Área 11.....	- 30 -
2.10 Apertura del área	- 31 -
2.11 Análisis de las variantes de apertura.....	- 32 -
2.12 Parámetros de diseño de la mina.....	- 33 -
2.13 Parámetros Geométricos que configuran el sistema de explotación	- 33 -
2.13.1 Banco.....	- 33 -
2.13.2 Altura del Banco.....	- 33 -
2.13.3 Ancho de la Plazoleta de Trabajo.....	- 34 -
2.14 Descripción de los procesos tecnológicos para realizar la explotación del área 11 .-	34
-	
2.14.1 Desbroce.....	- 34 -
2.14.2 Destape.....	- 35 -
2.14.3 Arranque y carga del componente útil	- 36 -
2.14.4 Transporte del mineral	- 37 -
2.14.5 Construcción del camino	- 38 -
CAPÍTULO III CÁLCULO DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS DE EXPLOTACIÓN ..-	40 -
3.1 Introducción	- 40 -
3.2 Características técnicas del equipamiento utilizado	- 40 -
3.3 Cálculo del equipamiento para el desbroce.....	- 41 -
3.4 Cálculo del equipamiento a utilizar en el destape y escombreo.....	- 43 -
3.5 Cálculo del transporte automotor para el escombreo	- 45 -
3.6 Cálculo para el traslado del mineral	- 47 -
3.7 Cálculo del transporte automotor para el traslado de mineral.....	- 48 -
Los resultados del cálculo para la Extracción se encuentran en el anexo 8.	- 50 -
3.8 Cálculo del transporte automotor para el traslado de la Mena 4 hacia el Depósito..-	50 -
CAPÍTULO IV: CÁLCULO DEL COSTO DE EXPLOTACIÓN	- 53 -
4.1 Introducción	- 53 -
4.2 Gastos que se originan durante las labores de desbroce.....	- 53 -
4.3 Gastos que se originan durante las labores de destape.....	- 54 -
4.4 Gastos que se originan durante las labores de extracción (arranque).....	- 55 -
4.5 Gastos que se originan durante las labores de traslado del mineral al Depósito	- 57 -
4.6 Gastos por concepto de mantenimiento	- 58 -
4.7 Gastos directos generales.....	- 59 -
4.8 Gastos indirectos	- 59 -
4.9 Gastos totales.....	- 59 -



4.10 Costo de producción por tonelada de mineral extraído	- 59 -
CAPITULO V. IMPACTO AMBIENTAL	- 60 -
5.1 Introducción	- 60 -
5.2 Alteraciones Ambientales Producto de la Explotación.....	- 60 -
5.3 Las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente por estas actividades son:.....	- 61 -
5.3.1 Paisaje	- 61 -
5.3.2 Suelo.....	- 62 -
5.3.3 Vegetación.....	- 62 -
5.3.4 Red de Drenaje	- 62 -
5.3.5 Flora y fauna	- 63 -
5.4 Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental	- 63 -
5.5 Medidas generales de seguridad para el trabajo con los equipos	- 65 -
5.6 Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor	- 65 -
5.7 Medidas de seguridad para el trabajo con excavadoras.....	- 65 -
5.8 Medidas de seguridad para el trabajo con Buldócer	- 65 -
5.9 Medios y medidas generales de cumplimiento obligatorio.....	- 66 -
5.10 Prevenciones para el caso de accidentes y contingencias	- 66 -
5.11 Protección personal	- 67 -
CONCLUSIONES	- 69 -
RECOMENDACIONES.....	- 70 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 71 -
ANEXOS.....	



INTRODUCCIÓN

La explotación de los yacimientos minerales se realiza con el fin de poner a disposición de la humanidad las materias primas necesarias para el desarrollo económico de cualquier país.

En Cuba, por más de 60 años, la minería de la laterita se realizó por medio de tecnologías convencionales, en ocasiones sin proyectos y sin evento alguno para prevenir las afectaciones.

La práctica ha demostrado que muchos de los parámetros de explotación deben ser revisados y establecidos partiendo de investigaciones que garanticen su implementación.

El yacimiento Yagrumaje Oeste anteriormente fue explotado por la Empresa Ernesto Che Guevara que contaba con una tecnología diferente a la actual. Con la creación de la compañía mixta Moa Nickel S. A. en diciembre de 1994 se introdujeron nuevas tecnologías que posteriormente condujeron a la implementación de un nuevo sistema de explotación.

Problema

Necesidad de establecer los parámetros técnico – mineros que garanticen la apertura del yacimiento Yagrumaje Oeste de la Empresa Pedro Sotto Alba.

Objeto de estudio

Parámetros técnico – mineros para la apertura del yacimiento.

Campo de acción

Yacimiento Yagrumaje Oeste

Objetivo general

Determinar los parámetros técnico – mineros para la apertura del yacimiento Yagrumaje Oeste que permita su explotación racional.

Objetivos específicos

- Caracterizar desde el punto de vista ingeniero-geológico la zona de estudio.
- Diseñar el esquema de apertura



- Calcular los procesos tecnológicos de explotación.
- Calcular el costo de explotación.
- Identificar los principales impactos ambientales y proponer las medidas correctoras.

Hipótesis

La determinación de los parámetros técnico – mineros permitirá la apertura racional del yacimiento Yagrumaje Oeste de la Empresa Pedro Sotto Alba.

Métodos de investigación

Para el cumplimiento de los objetivos se aplicaron los métodos empíricos y teóricos de la investigación científica. Se empleó el siguiente método empírico:

Revisión de documentos: para buscar en tesis, libros, revistas todo lo relacionado al tema de la investigación.

Dentro de los métodos teóricos:

1. El análisis-síntesis: utilizado para desglosar el problema en sus partes esenciales y sintetizar e incorporar los aportes del conocimiento científico.
2. La integración-deducción: Es la acción que permite interpretar los resultados para luego establecer conclusiones.

Historia de los yacimientos lateríticos cubanos

Introducción

Los datos relacionados con la historia de los yacimientos de mineral, siempre revisten interés, porque nos permiten conocer las formas en que han evolucionado y los criterios que sobre los mismos han existidos, y los métodos y fines con que estos han sido objeto de aprovechamiento en las distintas etapas, le confieren mayor significado a la presente etapa de trabajo.

Así, se ha realizado un esfuerzo dirigido a reconstruir hasta donde sea posible la historia de los yacimientos lateríticos.



Antecedente internacional

Debido al desarrollo técnico alcanzado en cuanto al empleo del níquel en la metalurgia, merece mencionar que existen antecedentes en otras áreas del mundo que hubieran permitido sospechar la presencia del níquel en los yacimientos cubanos. Siglos atrás, Noruega fue el principal productor en el ámbito mundial de níquel (1848 a 1883). Sus fuentes minerales fueron los sulfuros niquelíferos; el descubrimiento del enchapado con níquel requirió de nuevas fuentes. Consecuencia de esto, fue el descubrimiento de las ricas menas oxidadas de Nueva Caledonia.

En 1863, el Gobierno francés había enviado un especialista a estudiar el yacimiento de Nueva Caledonia, el cual, como los yacimientos cubanos, presenta un manto laterítico superior y se desarrolla a partir de una roca serpentinitica. Fue Jules Garnier el enviado por dicho gobierno a investigar esos minerales, pero su atención se concentraba entonces en los ricos minerales verdes, de los que ya se tenía referencia en Francia. Este mineral, al ser recibido posteriormente por profesor James D. Dana, lo clasifica como un "silicato de magnesio hidratado" y en 1875 lo denominó Garnierita en honor a Jules Garnier.

En Nueva Caledonia, por cada tonelada de mineral garnierítico embarcado, hay que remover un promedio de 3,5 toneladas de estéril. Para muchos de los pequeños mineros, el costo del transporte del mineral en la Isla, desde la mina hasta el puerto representa el 25% del precio de venta del mineral.

En Grecia, donde se explota la mina de Larymna, a 115km de Atenas, con una reserva probada de 30-40 millones de toneladas y un contenido de níquel de 1.40% y 80 millones de toneladas de reservas pronóstico, el yacimiento posee tales características que se emplea tanto la minería a Cielo abierto como por galerías. Además la explotación a Cielo Abierto posee relación escombro-mineral de 9:1.

El yacimiento de la Isla de Eubea, también en Grecia, con 200 millones de toneladas y un contenido promedio de níquel de 1,10-1,30% y 400 millones de toneladas en categorías pronósticos, se explota a Cielo Abierto con una relación escombro-mineral de 8:1.

Independientemente, en 1876, se funda la sociedad francesa Le Ferro-Nikkel, con vistas a la explotación de los minerales "verdes", con más 10 % de Ni. Este yacimiento



se encuentra debajo del manto laterítico (serpentininas), lo que permitió a la sociedad Le Nikkel considerar que la metalurgia del níquel "había nacido" y poco tiempo después se abre Sudbury en el año 1886. Alrededor del año 1900, la recuperación mediante altos hornos de Le Nikkel, en Nueva Caledonia sobrepasó ampliamente la producción de Noruega.

Desde 1910 hasta 1920 las principales áreas dieron un promedio anual de explotación de 90.000 toneladas de mineral, con una concentración promedio de 6,3 % Ni, y su producción se embarcaba para Japón. La posterior creación de la International Nickel Company (INCO), en el año 1916, para explotar los extensos depósitos canadienses en Ontario, las producciones relativas de las fuentes de óxido y sulfuro de níquel, cambiaron otra vez. Por tal razón, la producción de níquel obtenida por la INCO sobrepasa ampliamente la producción de Nueva Caledonia hacia el año 1920.

Pero habrían de pasar muchos años antes de que el níquel de bajo grado de las lateritas cubanas fuera objeto de atención directa.

Renace el interés en el yacimiento Moa

El descubrimiento de que: Desde la superficie hasta la serpentina subyacente toda la masa era en efecto homogénea, debiéndose la presencia de formas concrecionadas a condiciones locales que no alteraban en ningún grado importante su composición química, debiéndose las variaciones en el color a su condición más o menos hidratada provocó que el yacimiento Moa volviera a llamar poderosamente la atención, debido a sus características extremadamente favorables.

Sucedió que: Una vez realizado este descubrimiento en el distrito de Mayarí, un gran número de denuncias se presentaron sobre Moa, pero no se inició ninguna exploración hasta que la Spanish american Iron Co, que poseía y había explorado Mayarí, empezó la exploración de costos mineros en Moa.

De acuerdo con los datos y los trabajos de desarrollo en el yacimiento Moa se iniciaron en 1905 y se completaron en 1906. En este período se examinaron 50000 acres de terreno mineral.



Apertura de Moa

Las operaciones mineras e industriales para la apertura de la planta de Moa continuaron su desarrollo bajo la dirección de los intereses norteamericanos, que con ese fin crearon la compañía subsidiaria Moa Bay Co. La planta inició sus operaciones en 1959, deteniendo nuevamente sus actividades antes de llegar a poner en funcionamiento todas sus instalaciones.

Su reentrada en operación bajo el control de especialistas cubanos, con la existencia de especialistas del campo socialista, así como el haberse mantenido en operación la planta de Nicaro después de 1960, en que tanto la planta como los yacimiento de mineral se recuperaron para el patrimonio nacional.

Antecedentes nacionales

Rueda (2006) en el trabajo de diploma titulado Diseño del método de explotación del Sector 14 del yacimiento Moa Oriental, plantea que por apertura del campo de mina se entiende el laboreo de excavaciones mineras que permitan el acceso del transporte desde la superficie del terreno, (o desde la plazoleta industrial de la mina hasta el yacimiento) o desde cualquier parte ya explotada hasta otro sector sin explotar que garantice la preparación del frente de trabajo. El autor diseñó el esquema de apertura para la explotación del Sector 14 del Yacimiento Moa Oriental el cual contaba con las características físico – mecánicas siguientes:

Descripción	Densidad (t/m ³)	Coeficiente de esponjamiento	Humedad (%)
Mineral	1.05	1.35	36
Estéril	1.05	1.37	36

Guerra (2006) plantea que la apertura para la explotación en esta área del Yacimiento Moa Oriental dará inicio con la construcción de un camino que enlaza el punto donde se proyectó el inicio y apertura del frente de minería con el camino principal que da acceso a la Planta de procesamiento.

La apertura como tal comienza con la preparación de una plataforma en el banco 82 (cota +155), en el extremo sureste del Área 11 que a su vez es la parte más alta.

Nfa Ndong Oyana (2010) en el trabajo de diploma titulado Proyecto de explotación del



Sector 7 del Yacimiento Camarioca Este, propuso que la apertura para la explotación en el Sector 7 del yacimiento Camarioca Este comenzara con la preparación de una plataforma de trabajo en el banco 20 (cota +400), en el extremo noreste del Sector 7 que es a su vez la parte más alta del área.

Levy (2012) en el trabajo de diploma titulado Proyecto de explotación de un área para la entrada en explotación del yacimiento Camarioca Este de la empresa comandante Ernesto Che Guevara plantea que para poner en explotación la mina se requiere crear los caminos de acceso a la mina, a partir del cual se realizan los trabajos preparatorios para iniciar su explotación. Estos trabajos preparatorios consisten en el laboreo de las trincheras y semitrincheras. Para cada banco o escalón es necesario crear una vía de transporte hacia él y un frente inicial de trabajo con su correspondiente plazoleta de trabajo.

Una vez construidas las trincheras o semitrincheras maestras se deben construir unas excavaciones horizontales con una pequeña inclinación para el drenaje. Estas excavaciones se llaman trincheras de corte y van conformando el frente de trabajo para el avance del destape o la extracción del mineral. El autor diseñó el esquema de apertura para la explotación del Yacimiento Camarioca Este el cual contaba con las características físico – mecánicas siguientes:

Descripción	Peso específico (t/m ³)	Densidad húmeda	Densidad seca	Humedad (%)
Mineral	3.6	1.62 - 1.85	0.98 - 1.27	35 - 41

En el Yacimiento Yagrumaje Oeste no se ha desarrollado ninguna investigación sobre el tema, debido a que este yacimiento anteriormente pertenecía a la Empresa Ernesto Che Guevara que se explotaba con una tecnología diferente a la de ahora, en aquel entonces cuando fue explotado se hizo con Dragalinas.

A partir del año 2013 este yacimiento pasa a formar parte de la Empresa Pedro Sotto Alba donde su sistema de explotación es el que se utiliza en estos momentos para la explotación de los yacimientos lateríticos por bancos de 3 metros de altura y bloques de 8x8 metros.

De ahí la importancia de este trabajo para la apertura del Yacimiento Yagrumaje Oeste con el nuevo método de explotación.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La región en la que se realizan los trabajos se encuentra localizada entre los vértices de coordenadas nacionales que se muestran en la tabla 1.1 a escala 1: 50 000.

Tabla 1.1 Coordenadas de ubicación geográfica del yacimiento

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	702000	217100	7	702600	219200
2	701100	217100	8	703500	219200
3	701100	218600	9	703500	218660
4	702000	218600	10	704060	218660
5	702000	218900	11	704060	218550
6	702600	218900	12	704400	218550



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

El yacimiento Yagrumaje Oeste, ubicado aproximadamente a 8 km del pueblo de Moa, ocupa un área efectiva de 5,6 km². Está limitado al norte por el río Yagrumaje el cual divide el yacimiento en dos partes, al Sur por la línea convencional que lo separa del yacimiento Camarioca Este, al oeste por el río Los Lírios y al este por el río Punta Gorda.

1.2 Accesibilidad

El acceso vía terrestre desde la provincia de Holguín hasta el municipio de Moa es a través de carretera, además está la carretera que comunica el municipio de Moa con el municipio de Baracoa, provincia de Guantánamo.

El yacimiento, a su vez, presenta diferentes caminos temporales realizados durante las labores de exploración y explotación que comunican hacia las áreas de interés. El



acceso hasta la planta de Preparación de pulpa de Moa Nickel S. A. será a través del camino principal que da acceso a los yacimientos Moa Oriental y Camarioca Norte.

1.3 Relieve

El relieve de la región se caracteriza por el predominio de montañas y premontañas bajas de cimas aplanadas o ligeramente disecionadas, de pendientes abruptas hacia los cursos de las aguas principales y secundarias, abundantes en el territorio, las que se disponen en redes sub paralelas debido al drenaje, por la tectónica y por ende al relieve.

El yacimiento Yagrumaje Oeste presenta un relieve bien disecionado por las cañadas y pendientes de los arroyos y ríos relacionados con el río Yagrumaje, el cual se ha desarrollado siguiendo principalmente los lineamientos tectónicos, afectando notablemente al área.

1.4 Clima

El clima en la zona es subtropical húmedo, con dos períodos de lluvia, correspondiendo a los intervalos mayo-junio y octubre-enero, y dos períodos de seca, febrero-abril y junio-septiembre, con valores de precipitaciones medias anuales que oscilan entre 1.600 y 3.560 mm.

Los valores de velocidad del viento media mensual y anual son de 9,0 m/s, teniendo los valores medios máximos en el mes de abril con 11,6 m/s. Las velocidades mínimas del viento se registran en los meses del período húmedo.

La temperatura media anual oscila entre 22,26 – 30,5°C, siendo el período más caluroso desde el mes de julio hasta septiembre y los más fríos entre los meses de enero y febrero.

1.5 Características Socio Económicas

Económicamente Moa constituye una de las zonas más ricas del país en lo que a recursos minerales se refiere, siendo el centro minero de mayor importancia de la nación. Asociados con las cortezas de intemperismo se encuentran los yacimientos ferroniquelíferos que representan la mayor riqueza minera del país. La región cuenta también con recursos importantes de piedras ornamentales, decorativas, arcillas para cerámica roja y Cromo.



En correspondencia con los recursos existentes en la zona, se encuentran en explotación dos plantas procesadoras de menas de níquel: la Comandante Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA y la Comandante Ernesto Che Guevara. Una tercera planta para la obtención de ferroníquel se encuentra en fase de construcción. Otras industrias y empresas relacionadas con la actividad minero metalúrgica son la Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de la Industria del Níquel (ECRIN), el Centro de Proyectos del Níquel (Cuproníquel) y varios organismos y dependencias económicas como la Empresa Geominera de Oriente, el Combinado Lácteo y otros.

1.6 Características geológicas del territorio

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el paso del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos según el objeto de la investigación.

En 1989, F. Quintas en su tesis doctoral, realiza la clasificación geológica regional según ocho asociaciones estructuro-formacionales (AEF), de las cuales seis se encuentran representadas en el área de investigación. Él doctor se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales típicos de cada estadio.

En 1997, Iturralde-Vinent, reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neoa autóctono. El cinturón plegado según el autor, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfozados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas. En Cuba Oriental las unidades continentales están representadas por el Terreno

Asunción, compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, la Fm. Sierra Verde y la Fm. La Asunción. Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de piggy back del Campaniense Tardío-



Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de piggy back del Eoceno Medio-Oligoceno. El neoa autóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

En 2001, Leduar Ramayo estudió las texturas de los minerales en El Rifle-Hato Viejo, región de Moa donde realizó una clasificación y una descripción genética del área de la siguiente forma:

I) Rocas de afinidad ofiolítica

- Dunitas y peridotitas serpentinizadas
- Cúmulos Máficos
- Basaltos en almohadillas

II) Arco volcánico cretácico

- Fm: Santo Domingo

III) Piggy Back del campaniense tardío-daniense

- Fm: Mícara
- Fm: Gran Tierra

IV) Arco volcánico terciario

- Fm: Sabaneta

V) Piggy Back del Eoceno Medio-Oligoceno

- Fm: Múcaral
- Fm: Yateras

VI) Neoa autóctono

- Formaciones cuaternarias

La faja Mayarí-Baracoa a su vez la divide en tres macizos: Mayarí-Cristal, Sierra del Convento y Moa-Baracoa, el área de estudio se encuentra en el Macizo Moa-Baracoa localizándose en el extremo oriental de la Faja Mayarí-Baracoa. Ocupando un área aproximada de 1.500 km² donde se presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, complejo máfico y vulcano-sedimentario mientras que el



complejo de diques de diabasas está muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo. Se estima un espesor de aproximadamente 1000 metros para el complejo ultramáfico y 500 metros para el de gabros, mientras que para el complejo vulcano-sedimentario se ha estimado un espesor de 1200 metros.

1.6.1 Complejo de rocas ultrabásicas

Aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentinización variable, varios investigadores tienen sus teorías, pero muchos han llegado incluso a considerar el proceso como una manifestación de autometamorfismo de las intrusiones. Sin embargo, ha predominado el criterio de procesos dinamometamórficos durante la elevación y emplazamiento de las grandes masas peridotíticas a la superficie en presencia de agua, debido a que la serpentinización, como se ha señalado en diversas investigaciones se desarrolla más intensamente hacia los bordes de los macizos, sobre todo en los límites tectónicos de sobre corrimiento de estos sobre las rocas autóctonas. Las rocas de este complejo se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento.

Los complejos máficos están representados por gabros olivínicos, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques y la mayoría de éstos se disponen en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. En el sector Moa-Baracoa están representados dos tipos de gabros, los llamados gabros bandeados y los gabros masivos en las partes más altas del corte. En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes.



Los complejos de diques de diabasas están muy mal representados, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo.

1.6.2 Complejo vulcano-sedimentario

Está en contacto tectónico con los demás complejos del corte ofiolítico y está representado por formaciones. El conjunto aparece con una coloración negro o verde oscuro. Este es un complejo bien estudiado y que está descrito en las formaciones presentes en el territorio.

Formación Santo Domingo: Única representante del arco volcánico cretácico en el área, está constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Se incluyen además en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Se le asigna una edad Cretácico Aptiano-Turoniano. Aflora en la región de Farallones-Calentura y en una pequeña área en la localidad de Centeno.

Formación Mícara: Está compuesta por tres facies terrígenas y terrígenas carbonatadas. En el inferior está constituida por aleurolitas masivas, mal estratificadas; brechas; areniscas; arcillas y calizas. En la media presenta secuencia olistostrómica compuesta por margas, areniscas, aleurolitas, gravelitas y conglomerados. En la parte superior Predominan las aleurolitas y subordinadamente brechas y areniscas tobáceas, la parte más alta, con intercalaciones de tobas ácidas bentonizadas y calizas. De edad Maestrichtiano-Daniano. Aflora en la zona de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores.

Formación La Picota: Está constituida por intercalaciones de areniscas polimícticas y conglobrechas mal seleccionadas que se intercalan con argilitas. Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichtiano). Aflora en la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes.

Formación Sabaneta: Está constituida por rocas vulcanógenas-sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos. De edad Paleoceno Inferior (Daniano parte alta)- Eoceno Medio. En la zona de Farallones el corte está compuesto por tobas vitroclásticas y cristalolito clásticas zeolitizadas, tobas vítreas y tobas cineríticas. Las



calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación. En Los Indios de Cananova, en la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad Paleoceno-Daniano. Aflora en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y en un pequeño bloque en Yamanigüey. Perteneciente a las cuencas superpuestas o piggy-back de la segunda generación, aflora en el área la Sierra de Capiro.

Formación Júcaro: Está constituida por calizas margosas poco consolidadas y a veces por margas de edad Oligoceno-Mioceno. Aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

Formación Yateras: Está constituida por calizas órgano detríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, con una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno.

Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa.

Formación Mucara: Margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas. Con una edad del Eoceno Medio (parte alta) -Eoceno Superior. Existen otras formaciones en el territorio que están documentadas en el área por pozos que se han realizado, estas no afloran.

Depósitos Cuaternarios: Estos depósitos están constituidos por calizas órgano detríticas con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial. Constituyen una cobertura prácticamente continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinua en las partes interiores.

Neoautóctono: Las rocas y estructuras del neoautóctono cubano se formaron después de la consolidación del substrato plegado, es decir, a partir del eoceno superior. Está constituido por secuencias sedimentarias donde predominan las rocas



carbonatadas sobre rocas terrígenas, depositadas en régimen de plataforma continental, aparece representado en la región por las formaciones Júcaro y Yateras que yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por su yacencia monoclinal suave u horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones jóvenes.

1.6.3 Principales Sistemas de Fallas del Territorio

En los estudios tectónicos precedentes del territorio se han reconocido y fueron cartografiados cuatro sistemas de estructuras disyuntivas que corresponden a cada uno de los períodos de la evolución geotectónica (Rodríguez, 1998). Las fallas más representativas por sistemas son:

El primer sistema y más antiguo de la región el cual se encuentra pasivo está compuesto por las siguientes fallas: Falla El Liria y Falla Caimanes Abajo.

El segundo sistema se encuentra activo y está compuesto por las siguientes fallas:

Falla Los Indios; en varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

Falla Cayo Guam; con una dirección $N15^{\circ}W$, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Falla Moa; es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de $N48^{\circ}E$, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo $N25^{\circ}W$.

Falla Miraflores; se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este-noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo $N25^{\circ}W$ desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación $N35^{\circ}E$.



Falla Cabaña; orientación N70°E hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova tomando una orientación N56°E.

Falla Quesigua; se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional, donde su trazo es más recto, un rumbo N10°E y en la meridional, N40°W.

Falla Maquey; asume un rumbo N65°E por más de siete kilómetros hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E siendo cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

En el tercer sistema al igual que el segundo se encuentra activo y lo componen las fallas:

Falla Cananova; presenta rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

Falla El Medio; con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

Cuarto sistema el cual también está activo las fallas más reconocidas son; Falla Cupey, Falla Arroyón.

1.7 Geología regional

Las secuencias mantélicas y de acumulados de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa se han datado como Jurásico-Cretácico Temprano y las rocas volcano-sedimentarias como Hauteriviense-Campaniense (Iturralde-Vinent, 1996). Los contactos observados con las estructuras circundantes son tectónicos. Estas estructuras son complicadas debido al clásico emplazamiento que presentan, estando afectadas por dislocaciones plicativas y disyuntivas.

Las ofiolitas del norte de Cuba son características de una cuenca de back arc.

Esto sugiere que la cuenca donde se formaban los niveles vulcanógenos-sedimentarios de la ofiolita se desarrollaba al mismo tipo que el arco volcánico. Esta



relación espacio-temporal entre la ofiolita y el arco de isla Cretácico es sustentada también a partir de los rasgos geoquímicos de los niveles de gabros de la secuencia ofiolítica del norte de Cuba (Fonseca et al; 1985), los cuales son indicativos de un ambiente genético de suprasubducción.

1.8 Características geológicas del yacimiento

Las rocas que componen el yacimiento son: rocas harzburgitas del complejo cumulativo y serpentinita por harzburgitas. Otras rocas con carácter subordinado son las wherlitas, gabros y las plagioclasas. La corteza de intemperismo presente en esta área es del tipo residual, in situ. El origen de este yacimiento se debe fundamentalmente a la intemperización de estas rocas.

Yagrumaje Oeste se compone esencialmente de rocas ultramáficas, presentándose rocas gabroideas poco productivas o estériles respecto al níquel, principalmente en la periferia noreste del área en cuestión. También se observan muy pequeñas áreas de menor importancia de este tipo de rocas dispersas interiormente en algunos cuerpos minerales, lo que se recalca por presentar relativamente altos contenidos de Al_2O_3 en el mineral, lo que deberá tomarse en cuenta durante la asimilación industrial de las menas de estas localidades.

1.8.1 Características físico-mecánicas de las rocas

Los pesos volumétricos son determinados acorde al tipo de mena de cada yacimiento y son obtenidos de los informes de exploración geológicas de los mismos. Es característico que el peso volumétrico varíe significativamente por tipo litológico, el cual determina que un mismo tipo de mena al no estar condicionada por tipo litológico, pueda tener diferente peso en dependencia de la zona, sin embargo, para los cálculos es comúnmente usado un solo valor de peso volumétrico para cada mena de cada yacimiento o sector. La humedad varía en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico. En algunos yacimientos el coeficiente de esponjamiento obtenido en el escombro es similar al de las menas que componen el mineral útil.

**Tabla 1.2 Características físico-mecánicas de las rocas**

Parámetros	U/M	Yagrumaje Oeste
➤ Mineral		
Peso volumétrico Seco In-situ	t/m^3	1,11
Peso volumétrico Húmedo In-situ	t/m^3	1,53
Peso volumétrico Húmedo suelto	t/m^3	0,98
Humedad	%	27,3
Factor esponjamiento	-	1,56
➤ Escombro		
Peso volumétrico Seco In-situ	t/m^3	1,29
Peso volumétrico Húmedo In-situ	t/m^3	1,73
Peso volumétrico Húmedo suelto	t/m^3	1,21
Humedad	%	25,3
Factor esponjamiento	-	1,43

1.8.2 Hidrogeología

Las condiciones hidrogeológicas de este yacimiento están condicionadas por los períodos de lluvia y seca, presentando complejidades mayores en época de lluvia, mientras que en época de intensa sequía las condiciones hidrogeológicas son poco favorables. Los niveles del agua en época de seca descienden rápidamente y luego se mantienen estables, hasta tanto comienza la temporada de lluvia, donde ascienden rápidamente y al terminar estas, en pocos días retornan al comportamiento de período de seca prolongado. La dirección de las aguas es noroeste y noreste. En el yacimiento está presente el río Yagrumaje el cual separa el yacimiento en dos partes, el cual vierte sus aguas en el océano Atlántico.

El yacimiento Yagrumaje Oeste se ubica en el macizo montañoso Moa – Baracoa del norte de las provincias orientales de Cuba. Las rocas que conforman su basamento pertenecen a las Ofiolitas del Cinturón Septentrional, por sus características



petrográficas y químicas están representados principalmente por cúmulos ultramáficos, donde son más representativas las harzburgitas serpentinizadas y las serpentinitas por harzburgitas, en menor proporción plagioclasitas y cúmulos máficos representados por gabroides, estos han sido sometidos a procesos metazomáticos, los que han provocado fuertes alteraciones, dando lugar a la uralitización, talquitización, cloritización, argilitización, y carbonatización de estas rocas. El origen de este yacimiento se debe fundamentalmente a la intemperización de estas rocas.

1.8.3 Hidrografía

La red hidrográfica en el área del yacimiento, está representada por los ríos Yagrumaje, Los Lirios y Punta gorda, que a la vez son sus fronteras naturales. Como corriente superficial interior tiene una parte del río Yagrumaje y serie de cañadas intermitentes que lo surcan de Sur a Norte.

1.8.4 Rocas Encajantes

La litología de las rocas madres que dieron origen a la corteza de intemperismo y a los cuerpos minerales se compone esencialmente de rocas ultramáficas, están representadas principalmente por dos variedades de rocas, estas son la harzburgita serpentinizada y la serpentinita por harzburgita.

➤ Harzburgita Serpentinizada

Estas rocas tienen su coloración predominantemente verde, en ocasiones presentan tonalidades que van desde verde oscuro hasta verde grisáceo, se presentan con estructura masiva, compacta, en ocasiones tienen algunas grietas rellenas de una mineralización blanca amarillenta, y a veces se observa cierta oxidación. Las texturas predominantes son la hipidiomórficarelítica, reticular y nodular.

En la composición Mineralógica de estas rocas está presente Olivino relíctico, Ortopiroxenos (los cuales en mayor o menor grado están afectados por los procesos de serpentización) y minerales del grupo de la Serpentina.

- **Olivino:** Su contenido en la roca está entre 15 y 35 %, con granos que se presentan en forma subredondeada dándole a la roca un aspecto nodular, en ocasiones muchos han sido sustituidos parcialmente por Iddingsita, en su mayoría estos granos están totalmente bordeados por minerales del grupo de la



Serpentina (Lizardita, Antigorita, Crisotilo), que le dan a la roca un aspecto reticular.

- **Ortopiroxeno:** Su contenido en la roca está alrededor de un 25 %, su textura es hipidiomórficarelítica, por lo general presentan un alto grado de alteración, resultando una pseudomorfización de estos piroxenos por minerales del grupo de la Serpentina (Bastita), a lo largo de las fracturas de los granos se ha desarrollado Lizardita y en menor proporción Crisotilo, en ocasiones en algunas grietas o fracturas y en los bordes estos granos se ha desarrollado un proceso de talquitización.
- **Minerales del grupo de la Serpentina:** Son muy frecuentes en estas rocas, su contenido varía desde 38 hasta 70 %, estando representados fundamentalmente por Lizardita, Crisotilo y Antigorita, estos minerales se encuentran por lo general en los retículos que bordean los granos de Olivino y en ocasiones rellenando grietas (Crisotilo y Antigorita), la Iddingsita se encuentra sustituyendo parcialmente a los granos de olivino y en ocasiones está más o menos transformada en óxido de hierro. Rellenando grietas también se observa Carbonato y Talco.

La mena metálica fundamental es la Magnetita, la que se encuentra entre 2 y 3 %, ésta se presenta en ocasiones con textura hipidiomórfica y también en forma de granos muy finos diseminada por toda la roca. La cromita no alcanza el 1 % y generalmente está en forma esquelética y corroída.

➤ **Serpentinita por Harzburgita**

Rocas de color gris verdoso con grietas rellenas de una mineralización blanco amarillenta algo sedoso, estructura masiva, compacta, textura variable predominando la reticular, relítica nodular, hipidiomórficarelítica y más escasamente fibroblásticarelítica. Estas rocas están constituidas fundamentalmente por minerales del grupo de la Serpentina, Ortopiroxeno y relictos de Olivino. Rellenando grietas hay Crisotilo y una mezcla de carbonato y arcilla.

- **Olivino:** Su contenido en la roca varía entre 1 y 7 %, se encuentran parcial o totalmente sustituidos por Serpofita e Iddingsita, esta última en ocasiones limonitizada. Los granos relíticos se presentan en forma subredondeada y en su



mayoría están totalmente bordeados por minerales del grupo de la Serpentina (Lizardita, Antigorita, Crisotilo), que le dan a la roca un aspecto reticular.

- **Ortopiroxeno:** Su contenido en la roca está alrededor de un 13 a 20 %, su textura es hipidiomórficarelicática, por lo general presentan un alto grado de alteración, resultando una pseudomorfización de estos piroxenos por minerales del grupo de la Serpentina (Bastita), a lo largo de las fracturas de los granos se ha desarrollado Lizardita y en menor proporción Crisotilo, en ocasiones en algunas grietas o fracturas y en los bordes de estos granos se ha desarrollado un proceso de talquitización.
- **Minerales del grupo de la Serpentina:** Son muy frecuentes en estas rocas, su contenido varía desde 76 hasta 80 % y están representados fundamentalmente por Lizardita, Crisotilo y Antigorita, éstos forman una red o malla alrededor de lo que fueron granos de Olivino, en ocasiones se encuentran rellenando grietas (Crisotilo y Antigorita), la Iddingsita se aparece sustituyendo parcialmente o totalmente a los granos de Olivino y en ocasiones está limonitizada.

La mena metálica fundamental es la Magnetita, la que se encuentra con contenidos entre 1 y 2 %, la Espínela Cromífera se presenta en forma esquelética o algo corroída y no sobrepasa el 1 %.

1.8.5 Estructura y morfología del yacimiento

El área en cuestión se compone mayormente por menas limoníticas con amplia difusión en los ocre inestructurales no perspectivas para la minería que rellenan el espacio entre los cuerpos minerales, constituyendo áreas prácticamente estériles. Las menas saprolíticas se ubican casi totalmente en la parte periférica oriental del yacimiento contribuyendo notablemente al potencial menífero de los correspondientes cuerpos minerales. En el resto del área se presentan aisladamente en forma de pequeñas manchas de forma irregular, por lo que no juegan un papel preponderante en el tonelaje.

1.8.5.1 Clasificación y características generales de los diferentes horizontes litológicos

- **Ocre inestructural con concreciones de hierro (OICP)**



Su color es pardo oscuro (rojizo), deleznable, los perdigones ocupan como promedio el 35 % de la masa mineral, el diámetro varía entre 0.5 mm hasta 2 cm, en ocasiones se observan fragmentos de coraza de Hierro, presentan óxidos e hidróxidos de Hierro y escasa mineralización de Manganeso.

Según el informe final de la exploración detallada, aproximadamente el 52,7 % de sus partículas es $\geq 0,80$ mm y el 33,7 % $\leq 0,044$ mm siendo sus minerales muy electromagnéticos. La fase mineralógica principal es la Goethítica, en menor proporción la Gibbsita y espínelas cromíferas. La sílice presente está asociada a los minerales de Serpentina y del tipo arcilloso, el Al_2O_3 se relaciona con la Gibbsita, la espínela cromífera y en menor proporción a los minerales arcillosos, el Mg está asociado a los minerales del grupo de la serpiente.

En este horizonte están relacionadas menas del tipo FF y LB, con predominio las FF.

➤ **Ocre inestructural sin concreciones de hierro (OI)**

Su color es pardo claro, por lo general semicompacto, presenta puntos de color negro (mineralización de Cromo espínela).

Según el informe final de la exploración detallada, predomina la granulometría $\leq 0,044$ mm, los minerales con tamaño de grano entre 0,30 y 0,15 mm son fundamentalmente electromagnéticos, siendo mayor la concentración en la clase $\geq 0,30$ mm, los minerales $\geq 0,074$ mm tienen tendencia a ser más magnéticos. La fase mineralógica principal es la Goethítica, en menor proporción la Gibbsita, espínelas cromíferas y minerales del tipo arcilloso. La sílice presente está asociada a los minerales de Serpentina y del tipo arcilloso, el Al_2O_3 se relaciona con la Gibbsita, la espínela cromífera y en menor proporción a los minerales arcillosos, el Mg está asociado a los minerales del grupo de la serpiente.

En este horizonte están relacionadas menas del tipo FF y LB, con predominio de las LB.

➤ **Ocre estructural final (OEF)**

Son de color pardo amarillento, aunque en ocasiones es pardo oscuro (rojizo), semicompacto, en ellos se observa de forma muy discreta la estructura relíctica de la



roca madre, finas vetillas de minerales de Manganeso, óxidos e hidróxidos de Hierro.

Según el informe final de la exploración detallada, es el horizonte de granulometría más fina predominando los tamaños de grano $\leq 0,044$ mm, los minerales son más magnéticos y se concentran en la clase $\geq 0,074$ mm, los electromagnéticos se acumulan más en la clase $\geq 0,30$ mm. La fase mineralógica principal es la Goethítica, en menor proporción la Gibbsita y Minerales Arcillosos. La sílice presente está asociada a los minerales de Serpentina y del tipo arcilloso, el Al_2O_3 se relaciona con la Gibbsita, la espínela cromífera y en menor proporción a los minerales arcillosos, el Mg está asociado a los minerales del grupo de la serpiente.

En este horizonte están relacionadas menas del tipo FF, LB y LF, con predominio las LB.

➤ **Ocre estructural inicial (OEI)**

Son de color pardo amarillento con tonalidades verdosas, se observan relictos de la estructura de la roca madre, en ocasiones presentan intercalaciones de Serpentinita desintegrada y fragmentos de Serpentinita dura. Se observan vetillas de minerales de Manganeso, óxidos e hidróxidos de Hierro.

Según el informe final de la exploración detallada, en este horizonte predomina la granulometría $\leq 0,044$ mm, los minerales son fundamentalmente electromagnéticos, siendo mayor su concentración en los tamaños de grano $\geq 0,30$ mm, los minerales más magnéticos se concentran en la clase $\geq 0,074$ mm. La fase mineralógica principal es la Goethítica, en menor proporción Minerales Arcillosos y minerales del grupo de la serpiente. En este horizonte, la sílice presente es fundamentalmente constitucional y está asociada a los minerales de Serpentina y del tipo arcilloso, el Al_2O_3 se relaciona con los minerales arcillosos y en menor proporción con las espínelas cromíferas y la Gibbsita, el Mg tiene aquí sus mayores concentraciones y está asociado a los minerales del grupo de la serpiente.

En este horizonte están relacionadas menas del tipo FF, LB, LF y RE con predominio de las SB.

Comportamiento de la corteza desde la base hasta la superficie (Fig.2)

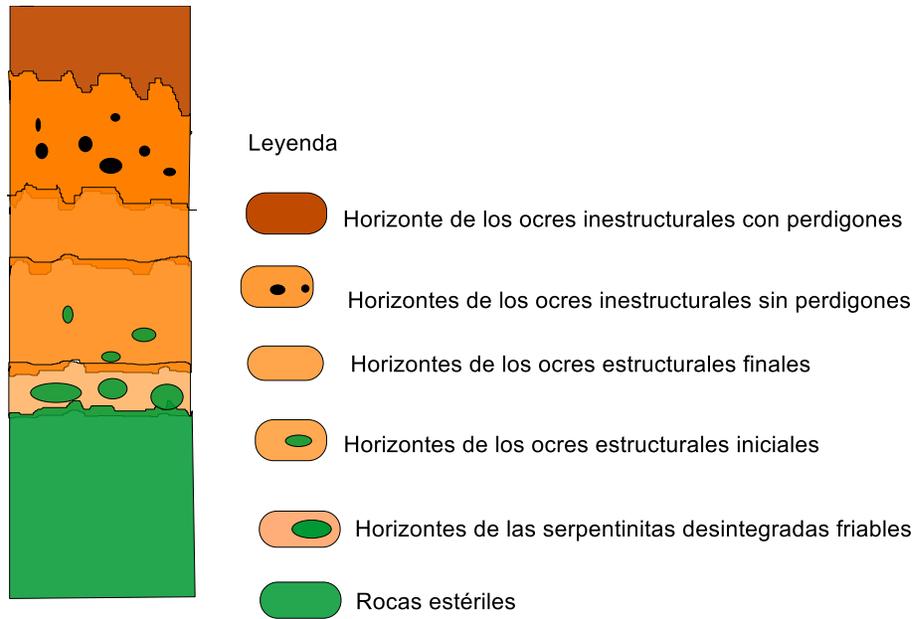


Figura 2. Perfil litológico de los diferentes horizontes

1.8.6 Rocas Mineralizadas

La corteza de intemperismo del Yacimiento Yagrumaje Oeste se ha desarrollado a partir de rocas ultrabásicas serpentinizadas, por lo general están constituidas por minerales del grupo de la Serpentina, los cuales conforman una textura serpentínico-reticular-nodular que bordea los relictos de olivino que quedan en la roca e hipidiomórfica granular conformada por los ortopiroxenos bastitizados. Se representa fundamentalmente en el área estudiada del yacimiento las características físicas y mineralógicas de las dos variedades de rocas.



CAPÍTULO II. DISEÑO DEL ESQUEMA DE APERTURA

2.1 Introducción

El diseño de una mina tiene múltiples facetas y objetivos, entre los cuales se destacan de manera significativa el sistema de explotación, el cálculo de los procesos tecnológicos y el dimensionamiento geométrico.

En el ciclo de explotación minera se pueden definir una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas tanto al material útil como al estéril. Para lo cual se tiene en cuenta las condiciones del relieve (topografía), las características geomecánicas del macizo, las condiciones hidrogeológicas del área, así como la eficiencia y productividad que requiere la mina para el abastecimiento estable a la planta y donde juega un papel primordial el equipamiento minero que se calcula y selecciona, teniendo en cuenta lo antes expuesto. Además existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión es hacer que se cumplan con la mayor eficiencia posible las operaciones principales y esto a la vez requiere de una selección del equipamiento adecuado.

2.2 Estado actual de la minería

El yacimiento en estudio fue asignado recientemente a la empresa Cdte. Pedro Sotto Alba y está parcialmente minado por el concesionario anterior. La empresa Pedro Sotto Alba no cuenta con infraestructura alguna para su explotación. Se prevé iniciar la extracción del mineral por el Área 11, ubicada al noroeste del yacimiento y se planifica que dé inicio en el 4^{to} trimestre del año 2015. Para ello se construirá un camino principal que conecte este yacimiento con el yacimiento Moa Oriental, y esto constituye una de las obras más importantes del año 2015. Se requiere construir un camino secundario de poca envergadura que deberá concluirse conjuntamente con el principal al finalizar el 3^{er} trimestre del año 2015.

2.3 Caracterización de Área 11 del yacimiento Yagrumaje Oeste

El área objeto de estudio se encuentra ubicada en la parte noroeste del yacimiento, tiene una reserva de 209.997 t de Ni \geq 1% y 270.266 t de Ni (entre 0,8-0,9%) y 3.306 m³ de escombros (ver figura 3).

Según las coordenadas nacionales empleadas en la empresa, la región de trabajo se encuentra situada entre los siguientes puntos:

Norte: 217250 – 218150

Este: 701000 – 701700

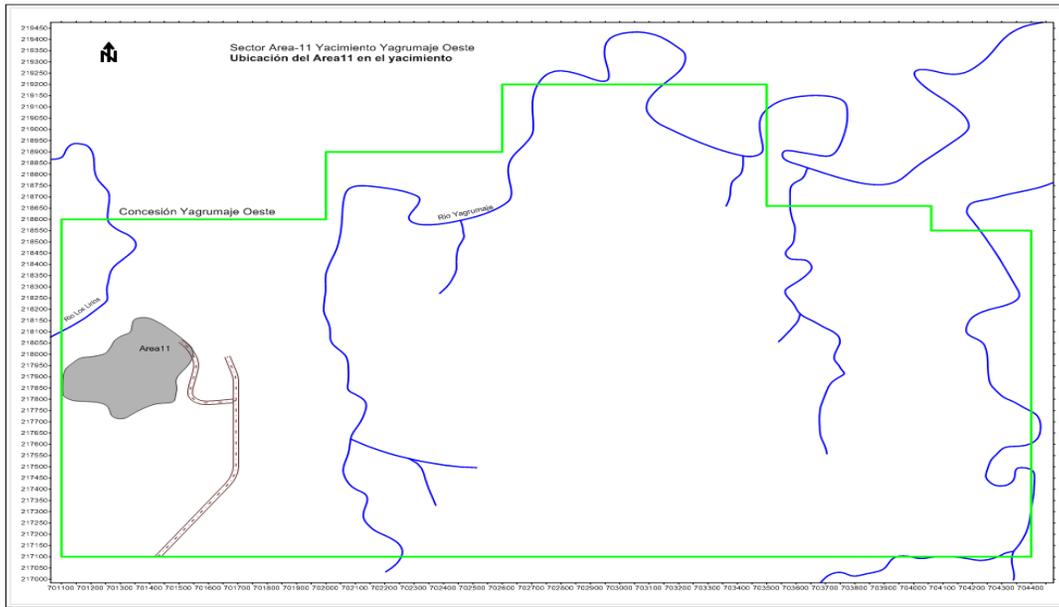


Figura 3 Ubicación del Área 11 del Yacimiento Yagrumaje Oeste

La potencia del mineral es de 5 m.

Una particularidad de este sector es que el mineral tiene un bajo contenido de níquel pero con un elevado contenido de cobalto, incluso en el escombros como se puede apreciar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Contenidos del área 11

Descripción	Reservas	Ni	Fe	Co
Mineral	209.997 t	1.11	46.8	0.125
Escombros	3.306 m ³	0.6	22.7	0.40

2.4 Parámetros fundamentales de explotación

Altura de banco: La altura de los bancos siempre será constante e igual a 3 m, tanto para el escombros como para la extracción. Su determinación estuvo basada en los siguientes parámetros:



- Altura del camión a utilizar (VOLVO) – 3 metros.
- Visibilidad apropiada para el operador de la retroexcavadora por la altura del camión.
- Mayor estabilidad del talud.
- Menor pérdida y empobrecimiento en los contactos entre diferentes tipos de menas.

Talud del banco de trabajo: El talud por su pequeña altura y gran dinamismo tendrá una inclinación generalmente superior a los 85°.

Plataforma de trabajo: Al realizar la carga desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo será de 12 m, si la carga se realiza al mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, el ancho mínimo admisible será de 16 m.

Berma de seguridad: Para alturas de banco de 3 m, se estima una berma de seguridad mínima de 2 m debido a que la altura del banco no es grande y con el objetivo de proveer mejor estabilidad. Mediante estas bermas de seguridad no se podrá tener taludes de gran altura, puesto que existe un riesgo potencial de derrumbe cuando mayor es la altura del talud, en ocasiones cuando la altura sobrepase los 3 m, la berma de seguridad se hará de 3 - 4 m.

2.5 Fases de la minería

Para la explotación de yacimientos es necesario realizar una serie de operaciones en un orden lógico, estas son:

- Desbroce
- Escombreo
- Extracción o arranque
- Transportación
- Rehabilitación

2.5.1 Desbroce

Esta actividad va a consistir en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa (25-40cm de espesor), facilitando posteriormente los trabajos de destape.



En los yacimientos lateríticos esta vegetación está representada por Pinos Cubensis o Pinos Mayarí y por varios arbustos o hiervas que ocupan el espacio disponible entre los pinos.

Conjuntamente con el desbroce se realiza el arranque de la materia orgánica que se ubica en el depósito construido con este fin, cumpliendo con la legislación ambiental, para luego ser utilizado en las últimas fases de rehabilitación de zonas.

El desbroce se realiza con buldóceres D-85 que apilan la maleza en lugares donde no pueden obstruir los lugares de destape, construcciones de caminos, etc.

2.5.2 Escombreo

El destape o escombreo consiste en arrancar la capa de los minerales lateríticos níquelíferos, los cuales son considerados Fuera de Balance (LF) por no cumplir con los requerimientos en cuanto al contenido de Níquel ($\geq 1\%$). Esta operación se considera terminada una vez que llega a la cota del techo del mineral. Dicha operación se realizará con el mismo equipamiento que se utiliza para la minería.

2.5.3 Arranque

Esta operación consiste en extraer del suelo natural el mineral para su posterior transportación a la Planta procesadora, las dos operaciones (arranque y carga) serán realizadas por retroexcavadoras del tipo LiebherrR-984, también se contará de forma auxiliar de un buldócer para la preparación de la plataforma de trabajo.

2.5.4 Transporte

Esta es la actividad que en la actualidad posee una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, y que puede cifrarse entre el 42 % del costo total. Esta actividad se basa en el traslado de los diferentes materiales hasta la Planta procesadora o los depósitos, en caso de mineral, o hasta la escombrera, en caso de estéril. La misma será realizada por camiones de tipo Volvo A40F de 40 t.

2.5.5 Rehabilitación

Las operaciones mineras se ejecutarán en áreas individuales según se vayan agotando, en ellas se irá depositando el escombros procedente del destape de otras áreas. Posteriormente se proseguirá con el recubrimiento con la capa vegetal y la



reforestación.

2.6 Estimación de los recursos y reservas minerales

La base de datos de la empresa Pedro Sotto Alba históricamente la ha aportado la empresa Geominera de Oriente a partir de la exploración de los yacimientos lateríticos desde la década de los años 60 al inicio de su explotación, fundamentalmente de la red de 100 x 100 m y 33x33 m. En los últimos tiempos se han incorporado a las bases de datos los resultados analíticos de todas las perforaciones complementarias que se realizan, tales como las de investigación en red irregular o las de confirmación en red de 66x66 m o 33 x 33 m desplazada, así como las de explotación en red de 16 x 16 m.

Para la estimación de los recursos y reservas se utilizó el concepto de níquel equivalente (Ni_{equi}), que incluye el precio de los metales básicos (Ni y Co), además del contenido de Ni y Co de la muestra, obteniéndose el valor a través de la siguiente fórmula:

$$Ni_{equi} = \%Ni + \%Co * 2.5$$

Donde: 2.5 es un factor determinado por la relación (P_{co}/P_{ni}), lo cual expresa el estimado promedio de los precios del metal Ni y Co en el mercado internacional, y es determinado por expertos que estudian el comportamiento esperado de los precios de estos metales para períodos largos.

Sin embargo, el Yacimiento Yagrumaje Oeste está estimado a partir del $Ni \geq 1\%$ y $Fe \geq 35\%$.

El estimado de reserva del yacimiento concesionado en la (tabla 3.2) se realizó descontando, a los recursos totales del yacimiento, los recursos localizados dentro de las franjas hidrorreguladoras, franjas de seguridad de líneas eléctricas, pozos aislados, y zonas con edificaciones, llegando así a la definición de perímetros de reservas económicamente minables. (Plan de minería de la empresa Pedro Sotto Alba del año 2015).

Tabla 2.2 Estimado del estado de reserva



Yacimiento	Reservas (t)	%Fe	%Ni	%Co
Yagrumaje Oeste	2.700.000	46,99	1,16	0,139

2.7 Control de la calidad del mineral

Una característica importante de los yacimientos lateríticos la constituye la alta variabilidad de la ley de hierro, níquel y cobalto en todas las direcciones. La ley de níquel puede variar a muy poca distancia de 0,4 a 0,8%, por ello para lograr el óptimo procesamiento de mineral, la producción será planificada en aras de mantener los contenidos de níquel y cobalto dentro de los rangos admisibles industriales así como el volumen de mineral. Atendiendo los resultados obtenidos del programa de perforación, las operaciones mineras deberán ser cuidadosamente planificadas, el mineral deberá ser minado simultáneamente desde dos o más frentes para lograr la mezcla deseada.

Los geólogos y técnicos de campo deberán monitorear y tomar muestras de los frentes activos en todo momento que se estime necesario, generalmente se toman muestras a cada camión.

Hay que tener alternativas de minería con varios frentes disponibles por si eventualmente las muestras tomadas de los frentes indican una desviación radical de la información de la perforación y asegurar el volumen de mineral en otro frente con la calidad requerida. Esos frentes deben estar dentro de las áreas planificadas

2.8 Régimen de los trabajos y plazo de explotación del área 11

El régimen de trabajo en el yacimiento es continuo, o sea, están definidos los días laborables en cada mes. No obstante, el programa de producción puede admitir hasta 40 días improductivos al año, provocados por intensas lluvias y las afectaciones que las mismas puedan ocasionar. En este período de tiempo, la fuerza laboral y los equipos se reorientan a otras actividades como el traspaso de mineral desde los depósitos a la Planta de Pulpa, restablecimiento de los caminos mineros y al desagüe y preparación de los frentes que han sido detenidos por las lluvias.

Teniendo en cuenta las ventajas que este régimen presenta y los magníficos resultados que se han obtenido y además por las características específicas de la



empresa minera, se ha adoptado que el régimen de trabajo actual son de 340 días para la extracción y 325 días para el escombreo.

2.8.1 Planificación de los turnos de trabajo

El programa de operaciones mineras se basa dos turnos de 12 horas al día y durante 7 días de la semana. Se trabaja con un sistema de 4 días de trabajo y 4 de descanso, promediando 42 horas semanales de trabajo. Cada trabajador de "Operaciones" tiene derecho a descansar 15 minutos dos veces en el turno para merienda y para necesidades personales y 1 hora para el almuerzo. El cambio de turno se realiza en 15 minutos y los operadores de equipos y choferes de tiro de mineral salientes entregarán los equipos personal y directamente en el área de trabajo.

2.8.2 Volumen de los trabajos

El ciclo de explotación se puede definir como una sucesión de operaciones básicas aplicadas, tanto al material estéril como al mineral, que garantiza la explotación planificada y segura del yacimiento, con la utilización más racional de sus reservas.

Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión será hacer que se cumplan con mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes, las cuales se enuncian a continuación:

Labores mineras básicas

- Desbroce
- Destape
- Arranque y carga
- Transporte

Como operaciones auxiliares se tienen: la construcción de caminos, drenajes, control de la erosión, etc.

2.9 Elección y Fundamento Sistema de Explotación para el Área 11

Las características del Yacimiento Yagrumaje Oeste expuestas al principio de este trabajo no permiten otro método que no sea a cielo abierto. En este caso



considerando la potencia de mineral del área en cuestión oscila entre 4 y 5 m y las características del equipamiento minero disponible, se decidió pasar de la minería tradicional a la minería por bancos, utilizada ya en los últimos tiempos en la explotación de los yacimientos de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba.

La explotación se realizará de norte a sur, con desplazamiento en los bancos de oeste a este, aunque en zonas potentes donde se pueden generar plazoletas de trabajos puede ser de norte a sur.

2.10 Apertura del área

Por apertura del campo de mina se entiende el laboreo de excavaciones mineras que permiten el acceso del medio transporte desde la superficie de la tierra o desde la plataforma industrial hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otra sin explotar, y que garantizan la preparación del frente de trabajo. El método de apertura se encuentra estrechamente vinculado con el sistema de explotación, con el tipo de transporte y condiciones de yacencia del cuerpo. Por ello la proyección de apertura representa una tarea muy compleja, en la cual varios factores determinantes no pueden ser valorados cuantitativamente, lo que se hace más complicado por su carácter dinámico, puesto que la misma se desarrolla durante todo el período de explotación y habitualmente se modifica en dependencia de las condiciones concretas de un banco u otro.

La apertura para la explotación minera en el Yacimiento Yagrumaje Oeste dará inicio con la construcción de un camino secundario que enlaza el punto donde se proyectó el inicio y apertura del frente de minería con el camino principal que da acceso a la Planta de preparación de pulpa. Posteriormente la apertura se efectuará mediante un sistema de trincheras longitudinales temporales de 18 m de ancho y 0,9 km de largo, y rampas con una pendiente de 8 % (ver figura 4), que permite la comunicación entre bancos, adecuada para los camiones articulados. Luego serán ampliadas paulatinamente hasta quedar expuesto o creado un nuevo frente. Los trabajos de apertura se efectuarán en la parte superior del sector.

Estas trincheras permitirán acceder a los horizontes o bancos de trabajo así como la ubicación en ellas de las vías de comunicación y la transportación del mineral útil y las rocas de destape.

Las trincheras de apertura (de entrada) terminan cuando se alcanza la cota del horizonte a preparar, a partir de aquí se laborea una excavación preparatoria horizontal denominada trinchera de corte (ver anexo 4), la cual crea el frente de trabajo en dicho horizonte.

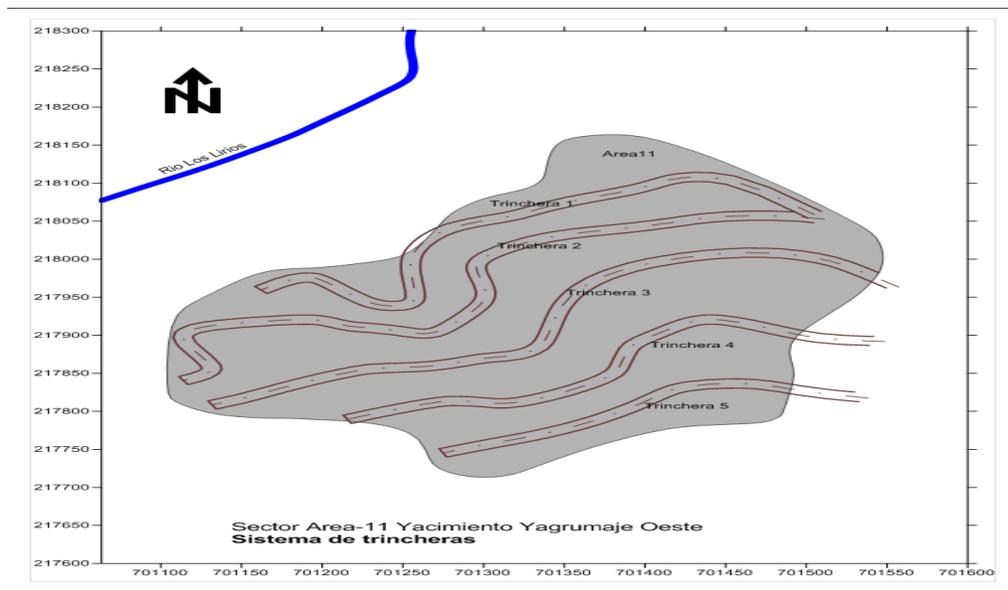


Figura 4. Sistema de trincheras de acceso

2.11 Análisis de las variantes de apertura

Después de realizar un análisis de las características del yacimiento se valoró que la apertura del yacimiento debía comenzar por el sector oeste por un cuerpo mineral denominado área 11 cuya área es la que más cerca se encuentra del camino principal proyectado y con mayor interés económico, este sector tiene una reserva total de 209.997 t de mineral con un porcentaje de 1,11 níquel y 0,128 cobalto. Está situado en la parte noroeste del yacimiento, tiene un camino principal diseñado que pasa por el este a unos 200 m de distancia.

Conociendo las condiciones de acceso y las características del cuerpo mineral se analizaron dos variantes. Una primera variante sería empezar por la parte alta del sector que es fácil de acceder pero tendría que extraer el mineral de baja ley que lo iría depositando en una escombrera determinada en el propio yacimiento o en un área que ya haya sido minada o bien en un depósito en el yacimiento Moa Oriental



para así llegar al cuerpo mineral. Esta variante trae consigo más tiempo para la extracción del mineral y mayor el costo económico.

La segunda variante que se valoró consiste en iniciar la apertura por la zona baja partiendo desde los niveles inferiores y solamente se deberá desbrozar el área para acceder al cuerpo mineral ya que por esta zona no hay escombro y sería menos el costo económico ya que el mineral extraído iría directamente a la planta de pulpa. De modo que para hacer esta apertura se deberá conformar un camino secundario el cual estaría interrumpido por el cruce de una vaguada y se deberá instalar una obra de fábrica la misma se realizará con un tubo de polietileno de 800–1000 mm de diámetro. Cercano a este cuerpo mineral se encuentra un sector minado que es una minería realizada por la empresa Ernesto Che Guevara donde hay espacio suficiente para depositar la capa vegetal que se va a extraer del desbroce y que posteriormente puede ser utilizada para la reforestación.

El sector tiene en total 21 niveles y se comenzará la apertura por el nivel 39 que se encuentra a 900 m del camino principal y cuenta con un volumen total de 18.653 m³.

2.12 Parámetros de diseño de la mina

El procedimiento para realizar la explotación queda definido por la aplicación de los parámetros o criterios de diseño de la excavación, que permite alcanzar las producciones programadas, de la forma más económica posible y en condiciones de seguridad, y evaluar en la etapa inicial las reservas explotadas.

2.13 Parámetros Geométricos que configuran el sistema de explotación

2.13.1 Banco

Es el escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la capa que se explota (estéril o mineral) y que es el objeto de excavación desde un punto de espacio hasta una posición final preestablecida. Los bancos serán divididos en bloques para su explotación de 8x8x3 m (ancho, largo y profundidad respectivamente).

2.13.2 Altura del Banco

Es la distancia vertical entre dos niveles, la misma se establece a partir de las dimensiones de los equipos de excavación y carga, las propiedades físico – mecánicas de la mena, las condiciones de yacencia, la cantidad de horizontes de



trabajo simultáneos. En nuestro caso teniendo en cuenta todos estos factores, el banco tendrá una altura de tres metros, la cual nos ofrece unas series de ventajas tales como:

- Mejores condiciones de seguridad durante los trabajos debido al incremento de la estabilidad del banco.
- Mejores condiciones de seguridad para el personal y para las máquinas pues el alcance de la retro permite un mejor saneo del frente así como mejores condiciones durante las operaciones de arranque inferior y carga inferior.
- Mayor rapidez en la ejecución de las trincheras de acceso y en la preparación de nuevos horizontes y permite una disminución del volumen de trabajos de la misma.
- Mejores condiciones durante los trabajos de rehabilitación de las zonas minadas.

2.13.3 Ancho de la Plazoleta de Trabajo

Se considera la suma de los espacios necesarios para el movimiento de los equipos que trabajan simultáneamente en el banco.

Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma es de 12 metros. Si la carga se realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo admisible sea de 16 metros.

2.14 Descripción de los procesos tecnológicos para realizar la explotación del área 11

Para la explotación del área se dividió en 5 trincheras que nos permitirán llegar al frente del banco y transportar el material útil y el escombros.

2.14.1 Desbroce

La actividad de desbroce consistirá en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa de aproximadamente 60-70cm de espesor facilitando posteriormente los trabajos de preparación para el destape y extracción



del mineral. En los casos en que exista materia orgánica en el suelo, se arrancará conjuntamente con el desbroce para ubicarlo en un depósito construido con este fin, para luego ser utilizado en las últimas fases de rehabilitación de zonas.

Esta actividad se realizará con un Buldócer D-85 (las características generales se muestran en la tabla 2.3) que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape y construcción de caminos.

El volumen total a desbrozar será de 23.997m^3 , en el anexo 6 se exponen todos los valores por separado de cada trinchera.

Tabla 2.3 Características generales del Buldócer

Parámetros	Unidad	Cantidad
Largo	m	5,36
Ancho	m	2,41
Largo de la hoja	m	3,20
Altura de la hoja	m	1,20

2.14.2 Destape

El destape consistirá en arrancar la capa de minerales lateríticos níquelíferos que son considerados fuera de balance por no cumplir los requerimientos en cuanto al contenido de níquel. Esta operación, denominada también escombreo, comenzará una vez terminada el desbroce en la trinchera y se considerará terminada cuando llegue a la cota del techo del mineral. El equipamiento a utilizar será la retroexcavadora Liebherr R-984 para el arranque-carga del estéril y como medio de transporte los camiones Volvo A40F para el traslado del material a la escombrera (ver figura 5), que es un área ya minada y se encuentra a una distancia de 1,4 km con un área total 89.072m^2 y un volumen de almacenamiento de 750.000m^3 . El volumen de estéril a destapar es de 1.780m^3 . Las características generales de la retroexcavadora se muestran en la tabla 2.4.

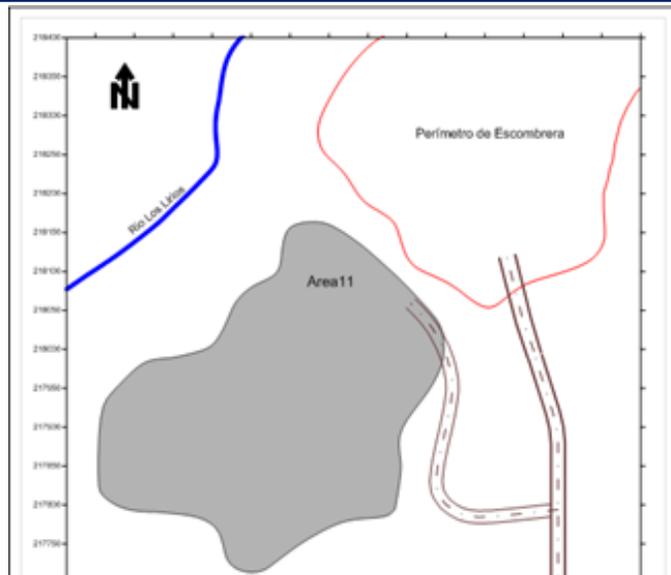


Figura 5. Ubicación de la Escombrera

Tabla 2.4 Característica generales de la retroexcavadora

Parámetros	Unidad	Cantidad
Volumen del cubo	m ³	7
Duración del ciclo de trabajo	s	45
Longitud de la pluma	m	9,35
Peso neto	t	84,5
Alcance máx. Durante el arranque	m	7,45

2.14.3 Arranque y carga del componente útil

Esta operación consistirá en extraer el mineral para su posterior trasportación a la Planta de procesamiento. El equipamiento con el que se ejecutará esta actividad será la retroexcavadora Liebherr R-984, con las mismas características técnicas que la utilizada en la operación de escombreo.

El desarrollo de la minería en la primera trinchera se realizará por bancos múltiples. En esta primera trinchera la excavadora se moverá por la cota del banco 39 de oeste a este arrancando el mineral hasta que llegue a topar con el camino secundario. Este trabajo se realizará en las demás trincheras.

Durante el trabajo con la retroexcavadora el talud del frente de explotación será de

85° aproximadamente.

Primeramente la retro se posicionará en el piso del banco 38, aquí los camiones tendrán que llegar hacer un giro y colocarse en retroceso hasta que quede conformada la plataforma de trabajo. Posteriormente cuando quede lista la plataforma de trabajo los camiones tendrán espacio para posicionarse en el banco 39 y utilizar el método de carga, arranque-carga inferior (ver figura 6) lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo del equipo.

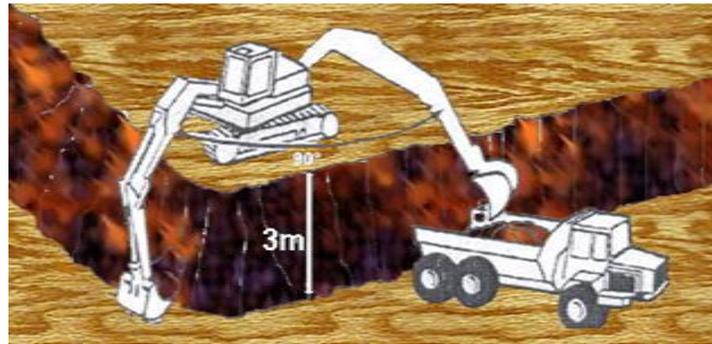


Figura 6. Arranque carga - inferior

2.14.4 Transporte del mineral

Esta operación constituye uno de los eslabones fundamentales del proceso productivo de una entidad minera, la misma se basa en el traslado del mineral hasta la Planta de procesamiento o los depósitos. En estos momentos la distancia de traspotación se encuentra a 15,6 km de la planta de procesamiento y a 5,8 km del depósito ubicado en el área 39 del Yacimiento Moa Oriental que es un depósito de mena 4 que tiene un área total de 67.067m² y un volumen de almacenamiento de 500.000m³ (laterita fuera de balance).

Se utilizarán camiones articulados Volvo A40F las características generales se pueden ver en la tabla 3.5).

Tabla 2.5 Características generales del Volvo A40F

Parámetros	Unidad	Cantidad
Capacidad de carga:	t	40
Volumen de la caja (colmado)	m ³	24



Largo:	m	11,2
Ancho:	m	3,4
Altura:	m	3,7
Máxima pendiente que vence:	%	8-10

2.14.5 Construcción del camino

El diseño de las vías de transporte debe ser tal que los equipos que se utilicen se muevan sin perder el ritmo de las operaciones en condiciones seguras. Para su diseño hay que tener en cuenta una serie de aspectos, tales como:

- Tipo de terreno
- Pendiente
- Curvatura: radios peraltes y sobre ancho
- Visibilidad en curvas y cambios de rasante
- Conexión de bombeo
- Drenaje

Un parámetro fundamental en la construcción de un camino lo constituye la pendiente del terreno. La determinación de la pendiente óptima de una vía se realiza a partir de las curvas, características del vehículo dado por su potencia, velocidad y capacidad de frenado. Los mejores rendimientos y costos, conjuntamente con las condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes menores o iguales al 8%, con una resistencia a la rodadura normal.

Para este trabajo se tienen un camino principal que llega hasta planta de procesamiento con una distancia de 14,7 km, un camino secundario que va desde el camino principal hasta el inicio de la trinchera con una distancia de 0,9 km, el cual estaría interrumpido por el cruce de una vaguada y se deberá instalar una obra de fábrica (ver figura 7) la misma se realizará con un tubo de polietileno de 800 – 1000 mm de diámetro.

La construcción de los caminos la ejecutará la brigada del mismo nombre. Para ello cuentan con obreros experimentados en dichas labores, al igual que con el equipamiento necesario y moderno (motoniveladora "Volvo" y cilindro compactador "Hamm", entre otros).

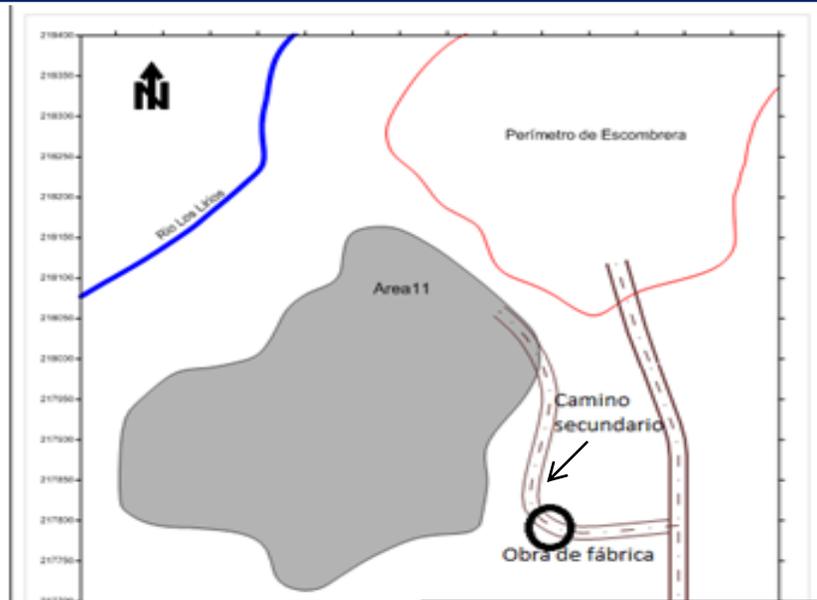


Figura 7. Caminos de acceso al área 11 y escombrera

Características del camino proyectado:

- 1) Trabajos de corte: 8.133,36 m³ de material.
- 2) Trabajos de relleno: 5.409,92 m³ de material.

El material de corte se empleará en el relleno el resto se utilizará para el relleno de la obra de fábrica.



CAPÍTULO III CÁLCULO DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS DE EXPLOTACIÓN

3.1 Introducción

En este capítulo se presentan la metodología de cálculo para la transportación del mineral, el escombros y la mena 4 del yacimiento Yagrumaje Oeste. Se realiza el cálculo del equipamiento necesario para cada trinchera, desde el yacimiento Yagrumaje Oeste hasta la Planta procesadora, para el transporte del escombros desde el yacimiento hasta la escombrera y también para el traslado de la mena 4 hasta el depósito ubicado en el yacimiento Moa Oriental. Las características técnicas del transporte utilizado se muestran a continuación en las siguientes tablas.

3.2 Características técnicas del equipamiento utilizado

Tabla 3.1 Retroexcavadoras Liebherr R-984

Características	Valor
Volumen del cubo V	7 m ³
Consumo de combustible C _c	65 L/h
Costo de mantenimiento Cm	20 \$/h
Tiempo de ciclo T _c	45 seg.
Longitud de la puma L _p	8.000 mm

Tabla 3.2 Buldócer Komatsu D-85

Características	Valor
Consumo de combustible C _c	30 L/h.
Costo de mantenimiento Cm	20 \$/h

Tabla 3.3 Camiones articulados Volvo A 40 F

Características	Valor
Capacidad q	40 t
Consumo de combustible C _c	26 L/h



Costo de mantenimiento Cm	15 \$/h
Volumen de volquete V _v	28 m ³
Velocidad de traslación V	30 km/h
Juego de neumático	36.000 \$
Lubricantes	1.500 \$/mes/camión

3.3 Cálculo del equipamiento para el desbroce

Volumen a desbrozar

$$V_d = A_{T1} \cdot P_c$$

V_d – Volumen a desbrozar, m³

A_{T1}- Área de la trinchera, m²

P_c – Potencia, m

Ciclo de trabajo

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1+L_2}{V_3} + T_{cv} + T_m$$

Donde:

T_c = Tiempo de ciclo, seg

V₁ = Velocidad de marcha de la máquina durante el corte (0,75 m/s)

V₂ = Velocidad de marcha de la máquina durante el traslado (0,9 m/s)

V₃ = Velocidad de marcha de la máquina en vacío (1,2 m/s)

L₁ = Distancia recorrido durante el corte (40 m)

L₂= Distancia a que se traslada en el terreno (80 m)

T_{cv}= Tiempo de cambio de las velocidades (2 s)

T_m= Tiempo de maniobra (0,45 s).

Volumen de rocas del prisma de arrastre

$$V = \frac{h_c \cdot \alpha_p}{2} \cdot L_c$$

Donde:

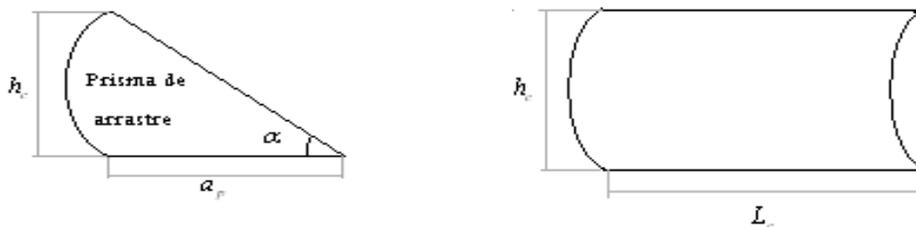
V = Volumen de rocas del prisma, m^3

h_c = Altura de la cuchilla - 1,21m

L_c = Longitud de la cuchilla - 3,20m

α_p = Ancho del prisma de arrastre - 1,61m

Figura 8 Parámetros de la hoja del buldócer y del prisma de arrastre



$$\tan \alpha = \frac{\text{sen} \alpha}{\text{cos} \alpha} = \frac{h_c}{\alpha_p} \Rightarrow \alpha_p = \frac{h_c}{\tan \alpha} = \frac{0,90}{0,75} = 0,61 \text{ m}$$

Donde:

$\alpha = 37^\circ$. Ángulo de reposo natural del material (30° - 60°)

Productividad por turno

$$Q_t = \frac{3600 \cdot V \cdot T_t \cdot K_u}{T_c \cdot K_e}$$

Donde:

Q_t = Productividad por turno - m^3/t

V = Volumen de rocas del prisma - m^3

K_e = Coeficiente de esponjamiento - 1,43

K_u = Coeficiente de utilización - 0,83

T_t = Duración del turno, 12 horas



Productividad diaria

$$Q_d = Q_t$$

Q_d = Productividad diaria - m^3 /día

Productividad mensual

$$Q_{mes} = Q_d \cdot N_d$$

Q_{mes} = productividad mensual - m^3 /mes

Tiempo necesario para el desbroce

$$T_b = \frac{V_d}{Q_d}$$

T_b =Tiempo necesario para el desbroce – días

Productividad en el período de explotación del buldócer

$$Q_{expl} = V_d \cdot T_b$$

Q_{expl} = Productividad en el período de explotación - m^3 /dias

Número de buldócer en el desbroce

$$N_b = \frac{V_d}{Q_{expl}}$$

Los resultados del cálculo del Desbroce se encuentran en el anexo 6.

3.4 Cálculo del equipamiento a utilizar en el destape y escombreo

Para la excavación – carga

Excavadora

Capacidad real volumétrica del cubo

$$Q_{rv\ exc} = V_c \cdot K_{ll}$$

Donde:

K_{ll} = Coeficiente de llenado – 0,95

V_c = Volumen del cubo – 7

Densidad del material suelto o esponjado

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e}$$

Donde:



γ = Densidad del estéril – 1,29

K_e = Coeficiente de esponjamiento – 1,43

Capacidad real de carga del cubo

$$Q_{rc\ exc} = Q_{rv\ exc} \cdot \gamma_s$$

Cantidad de cubos por camión (volumen).

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{r\ exc}}$$

Cantidad de cubos por camión (masa).

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rc\ exc}}$$

Donde:

q_c = capacidad volumétrica del camión (m^3)

q_{cc} = capacidad de carga del camión (t)

Productividad horaria de la excavadora

$$Q_{exc} = \frac{3600 \cdot Q_{rv\ exc} \cdot D \cdot K_u \cdot K_{up}}{T_c \cdot K_e}, m^3/h$$

Productividad por turno

$$Q_t = 12 \cdot Q_{exc}, m^3/turno$$

Productividad por día

$$Q_{día} = Q_t \cdot N_t, m^3/día$$

Tiempo necesario para el destape

$$T_{destape} = \frac{V_{estéril}}{Q_d}$$

Donde:

$V_{estéril}$ = Volumen de estéril, m^3

K_{ll} = 0,95 coeficiente de llenado

V_c = 7 m^3 capacidad del cubo de la excavadora

D = 0,84 disponibilidad del equipamiento

γ = 1,29 m^3/t masa volumétrica del estéril seco

K_e = 1,43 Coeficiente de esponjamiento



$T_c = 45$ s duración del ciclo de trabajo

$K_{up} = 1$ coeficiente de utilización del parque

$K_u = 0,83$ aprovechamiento de la jornada laboral

Cantidad de excavadoras necesarias para el destape.

$$N_{exc(destape)} = \frac{V_{estéril}}{Q_{T\ dest.}}$$

Donde:

$V_{estéril}$ = volumen de estéril en el sector.

$Q_{T\ dest.}$ = productividad por día de la excavadora

3.5 Cálculo del transporte automotor para el escombreo

El mineral será transportado en camiones articulados VOLVO – A40F, a una distancia de 1,4 km.

Capacidad volumétrica real del camión

$$Q_{vr} = N_{cv} \cdot Q_{rv\ exc} \cdot \delta, m^3$$

Capacidad de carga real del camión

$$Q_{cr} = N_{cv} \cdot Q_{rc\ exc}, t$$

La velocidad de traslación de los camiones para el escombreo en estado vacío será de 30 k/h y cargados de 20 k/h.

Tiempo de carga

$$t_{car} = (N_{cv} - 1) \cdot \frac{t_{cexc}}{60}, \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}}, \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}}, \text{ min}$$

Tiempo de descarga

$$t_{des} = 0,5 \text{ min}$$



Tiempo de maniobra

$$t_m = 0,8 \text{ min}$$

Tiempo de muestreo

$$t_{\text{muestreo}} = 0,33 \text{ min}$$

Tiempo perdido en otras operaciones

$$t_{\text{per}} = 3,5 \text{ min}$$

Tiempo de limpieza de la volqueta

$$t_{lv} = 0,66 \text{ min}$$

Tiempo ciclo del camión durante el escombreo

$$t_{cc} = t_{\text{car}} + t_{rc} + t_{\text{des}} + t_{rv} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{lv}, \text{ min}$$

Productividad por hora

$$Q_h = \frac{60 \cdot K_{ut} \cdot Q_{vr}}{t_{cc}}, \text{ m}^3/\text{h}$$

Productividad en el turno

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d \cdot K_{up}, \text{ m}^3/\text{turno}$$

Productividad en el día

$$Q_{\text{día}} = N_T \cdot Q_t, \text{ m}^3/\text{día}$$

Número de días necesarios para el traslado del estéril

Asumo 1 camión para el traslado del estéril hasta la escombrera

$$N_{\text{días}} = \frac{V_{\text{esteril}}}{Q_{\text{día}} \cdot N_{\text{camiones}}}$$

Donde:

K_{ut} – coeficiente de utilización del turno.

K_d – disponibilidad mecánica.

T_t – duración del turno de trabajo.

K_{up} – coeficiente de utilización del parque.



N_T – número de turnos de trabajo.

$N_{\text{días}}$ – días para la explotación.

Los resultados del cálculo para el Escombrecido se encuentran en el anexo 7.

3.6 Cálculo para el traslado del mineral

Para el arranque y carga a los camiones

En este caso se utilizará como equipo de arranque – carga del mineral la retroexcavadora Liebherr 984.

Productividad horaria de la excavadora

$$Q_{\text{exc}} = \frac{3600 \cdot Q_{\text{rv exc}} \cdot D \cdot K_u \cdot K_{\text{up}}}{T_c \cdot K_e}, \text{ t/h}$$

Donde:

$K_{\text{ll}} = 0,95$ coeficiente de llenado

$V_c = 7 \text{ m}^3$ capacidad del cubo de la excavadora

$D = 0,84$ disponibilidad del equipamiento

$\gamma = 1,11 \text{ m}^3/\text{t}$ masa volumétrica del mineral seco

$K_e = 1,43$ coeficiente de esponjamiento

$T_c = 45 \text{ s}$ duración del ciclo de trabajo

$K_{\text{up}} = 1$ coeficiente de utilización del parque

$K_u = 0,83$ aprovechamiento de la jornada laboral

Productividad por turno

$$Q_t = 12 \cdot Q_{\text{exc}}, \text{ t/turno}$$

Productividad por día

$$Q_{\text{día}} = Q_t \cdot N_t, \text{ t/día}$$

Capacidad real volumétrica del cubo

$$Q_{\text{rv exc}} = V_c \cdot K_{\text{ll}}$$

Donde:

$K_{\text{ll}} =$ Coeficiente de llenado – 0,95

$V_c =$ Volumen del cubo – 7



Densidad del material suelto o esponjado

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e}$$

Donde:

γ = Densidad del estéril – 1,11

K_e = Coeficiente de esponjamiento – 1,43

Capacidad real de carga del cubo

$$Q_{rc\ exc} = Q_{rv\ exc} \cdot \gamma_s$$

Cantidad de cubos por camión (volumen).

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{rc\ exc}}$$

Cantidad de cubos por camión (masa).

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rc\ exc}}$$

Donde:

q_c = capacidad volumétrica del camión (m^3)

q_{cc} = capacidad de carga del camión (t)

Cantidad de excavadoras necesarias para la extracción

$$N_{exc} = \frac{V_{mineral} \cdot 0,94}{Q_{día}}$$

Donde:

$V_{mineral}$ - Volumen de mineral

$Q_{día}$ - Productividad por día de la excavadora

3.7 Cálculo del transporte automotor para el traslado de mineral

El mineral será transportado en camiones articulados VOLVO – A40F hasta la Planta de preparación de pulpa, a una distancia de 15,8 km.

Capacidad volumétrica real del camión

$$Q_{vr} = N_{cv} \cdot Q_{rv\ exc} \cdot \delta, m^3$$

Capacidad de carga real del camión

$$Q_{cr} = N_{cv} \cdot Q_{rc\ exc}, t$$



La velocidad de traslación de los camiones para el traslado de mineral en estado vacío será de 30 km/h y en estado lleno de 20 km/h.

Tiempo de carga

$$t_{car} = (N_{cv} - 1) \cdot \frac{t_{cexc}}{60}, \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}}, \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}}, \text{ min}$$

Tiempo de descarga

$$t_{des} = 0,5 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra

$$t_m = 0,8 \text{ min}$$

Tiempo de muestreo

$$t_{muestreo} = 0,33 \text{ min}$$

Tiempo perdido en otras operaciones

$$t_{per} = 3,5 \text{ min}$$

Tiempo de limpieza de la volqueta

$$t_{lv} = 0,66 \text{ min}$$

Tiempo ciclo del camión durante el traslado del mineral

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{des} + t_{rv} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}, \text{ min}$$

Productividad por hora

$$Q_h = \frac{60 \cdot K_{ut} \cdot Q_{vr}}{t_{cc}}, \text{ t/h}$$

Productividad en el turno

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d \cdot K_{up}, \text{ t/turno}$$



Productividad en el día

$$Q_{\text{día}} = N_T \cdot Q_t, \text{ t/día}$$

Número de días necesarios para el traslado del mineral

Asumo 6 camiones para el traslado del mineral

$$N_{\text{días}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{\text{día}} \cdot N_{\text{camiones}}}$$

Donde:

K_{ut} – coeficiente de utilización del turno.

K_d – disponibilidad mecánica.

T_t – duración del turno de trabajo.

K_{up} – coeficiente de utilización del parque.

N_T – número de turnos de trabajo.

Los resultados del cálculo para la Extracción se encuentran en el anexo 8.

3.8 Cálculo del transporte automotor para el traslado de la Mena 4 hacia el Depósito.

Este mineral se transportará por camiones Volvo A40F hacia el depósito ubicado en el área 39 de Moa Oriental a una distancia de 5,6 km. Para el arranque de la mena se utilizará una excavadora.

Capacidad volumétrica real del camión

$$Q_{\text{vr}} = N_{\text{cv}} \cdot Q_{\text{rv exc}} \cdot \delta, \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real del camión

$$Q_{\text{cr}} = N_{\text{cv}} \cdot Q_{\text{rc exc}}, \text{ t}$$

La velocidad de traslación de los camiones para el traslado de mineral en estado vacío será de 30 km/h y en estado lleno de 20 km/h.

Tiempo de carga

$$t_{\text{car}} = (N_{\text{cv}} - 1) \cdot \frac{t_{\text{cexc}}}{60}, \text{ min}$$



Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}}, \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}}, \text{ min}$$

Tiempo de descarga

$$t_{des} = 0,5 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra

$$t_m = 0,8 \text{ min}$$

Tiempo de muestreo

$$t_{muestreo} = 0,33 \text{ min}$$

Tiempo perdido en otras operaciones

$$t_{per} = 3,5 \text{ min}$$

Tiempo de limpieza de la volqueta

$$t_{lv} = 0,66 \text{ min}$$

Tiempo ciclo del camión durante el traslado del mineral

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{des} + t_{rv} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}, \text{ min}$$

Productividad por hora

$$Q_h = \frac{60 \cdot K_{ut} \cdot Q_{vr}}{t_{cc}}, \text{ t/h}$$

Productividad en el turno

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d \cdot K_{up}, \text{ t/turno}$$

Productividad en el día

$$Q_{día} = N_T \cdot Q_t, \text{ t/día}$$

Número de días necesarios para el traslado del mineral

Asumo 4 camiones para el traslado del mineral



$$N_{\text{días}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{\text{día}} \cdot N_{\text{camiones}}}$$

Donde:

K_{ut} – coeficiente de utilización del turno.

K_{d} – disponibilidad mecánica.

T_{t} – duración del turno de trabajo.

K_{up} – coeficiente de utilización del parque.

N_{t} – número de turnos de trabajo.

Los resultados del cálculo para el traslado de la mena 4 al Depósito se encuentran en el anexo 9.



CAPÍTULO IV: CÁLCULO DEL COSTO DE EXPLOTACIÓN

4.1 Introducción

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación o empresa que se haga es el costo de producción de una tonelada de mineral extraído. Por eso se tiene en cuenta los gastos directos que se originan durante el desbroce, destape, arranque y el traslado del mineral al depósito, así como los gastos surgidos por concepto de mantenimiento, y los gastos indirectos incurridos durante la explotación de la fase.

4.2 Gastos que se originan durante las labores de desbroce

Los gastos directos que se originan durante el desbroce $G_{d(desbroce)}$, están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_{s(desbroce)}$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_{d(desbroce)}$, y los gastos por concepto de combustible $G_{c(desbroce)}$.

Tabla 4.1 - Gasto por concepto de salarios $G_{s(desbroce)}$

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario por mes (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario total (\$)
Operador de Buldócer	2	2.167	71,29	73	10.408,3
Total	2				10.408,3

Tabla 4.2 - Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_{d(desbroce)}$

Equipos	Cantidad Equipos	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (20%/año)	Depreciación total (US\$/año)
Buldócer	1	350.000	5	70.000	14.000
Total	1				14.000



Tabla 4.3 - Gastos por concepto de consumo de combustible $G_{c(desbroce)}$

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación (horas)	Precio del litro (US\$/l)	Costo total (US\$/año)
Buldócer	1	30	1.752	0,83	43.624,8
Total	1				43.624,8

Gastos directos durante el desbroce

$$G_{d(desbroce)} = G_s + G_d + G_c$$

$$G_{d(desbroce)} = 68.033,1USD$$

4.3 Gastos que se originan durante las labores de destape

Los gastos directos que se originan durante el destape $G_{c(destape)}$, están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_{s(destape)}$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_{d(destape)}$, y los gastos por concepto de combustible $G_{c(destape)}$.

Tabla 4.4 - Gastos por concepto de salario $G_{d(destape)}$

Equipos	Cantidad Operadores	Salario por mes (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario total (\$)
Operador de Camión	4	2.790	91,8	1	367,2
Operador de Retroexcavadora	4	2.258	74,27	1	297,1
Operador Buldócer	4	2.167	71,28	1	285,1
Total	12				949,4



Tabla 4.5 - Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_{s(destape)}$

Equipos	Cantidad Equipos	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (20%/año)	Depreciación total (US\$/año)
Camión articulado	1	680.000	5	136.000	372,6
Retroexcavadora	1	800.000	5	160.000	438,3
Buldócer	1	350.000	5	70.000	191,7
Total	3				1002,6

Tabla 4.6 - Gastos por concepto de combustible $G_{c(destape)}$

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación (horas)	Precio del litro (US\$/l)	Costo total (US\$)
Camión articulado	1	26	24	0,83	517,9
Retroexcavadora	1	65	24	0,83	1.298,8
Buldócer	1	30	24	0,83	597,6
Total	3				2.414,3

Gastos directos durante el destape

$$G_{d(destape)} = G_s + G_d + G_c$$

$$G_{d(destape)} = 4.366,3USD$$

4.4 Gastos que se originan durante las labores de extracción (arranque)

Los gastos directos que se originan durante la actividad de extracción $G_{d(extracción)}$, están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_s(extracción)$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_d(extracción)$, y los gastos por concepto de combustible $G_c(extracción)$.



Tabla 4.7- Gastos por concepto de salario $G_s(\text{extracción})$

Equipos	Cantidad Operadores	Salario por mes (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario total (\$)
Operador de Camión	24	2.790	91,8	13	28.641,6
Operador de Retroexcavadora	4	2.258	74,27	13	3.862,1
Operador Buldócer	4	2.167	71,28	13	3.706,6
Total	32				36.210,3

Tabla 4.8 - Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_d(\text{extracción})$

Equipos	Cantidad Equipos	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (20%/año)	Depreciación total (US\$/año)
Camión articulado	6	680.000	5	136.000	29.063,0
Retroexcavadora	1	800.000	5	160.000	5.698,6
Buldócer	1	350.000	5	70.000	2.493,1
Total	8				37.254,7

Tabla 4.9 - Gastos por concepto de combustible $G_c(\text{extracción})$

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación (horas)	Precio del litro (US\$/l)	Costo total (US\$)
Camión articulado	6	26	312	0,83	40.397,8
Retroexcavadora	1	65	312	0,83	16.832,4
Buldócer	1	30	312	0,83	7.768,8
Total	8				64.999



Gastos directos durante la extracción

$$G_{d(extracción)} = G_s + G_d + G_c$$

$$G_{d(extracción)} = 138.464USD$$

4.5 Gastos que se originan durante las labores de traslado del mineral al Depósito

Los gastos directos que se originan durante el traslado del mineral al depósito $G_{d(depósito)}$, están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_s(depósito)$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_d(depósito)$, y los gastos por concepto de combustible $G_c(depósito)$.

Tabla 4.10- Gastos por concepto de salario $G_s(depósito)$

Equipos	Cantidad Operadores	Salario por mes (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario total (\$)
Operador de Camión	16	2.790	91,8	12	17.625,6
Operador de Retroexcavadora	4	2.258	74,27	12	3.564,9
Operador Buldócer	4	2.167	71,28	12	3.421,4
Total	24				24.611,9

Tabla 4.11 - Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_d(depósito)$

Equipos	Cantidad Equipos	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (20%/año)	Depreciación total (US\$/año)
Camión articulado	4	680.000	5	136.000	17.884,9
Retroexcavadora	1	800.000	5	160.000	5.260,2
Buldócer	1	350.000	5	70.000	2.301,4
Total	28				25.446,5



Tabla 4.12 - Gastos por concepto de combustible $G_{c(depósito)}$

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación (horas)	Precio del litro (US\$/l)	Costo total (US\$)
Camión articulado	4	26	288	0,83	24.860,2
Retroexcavadora	1	65	288	0,83	15.537,6
Buldócer	1	30	288	0,83	7.171,2
Total	6				47.569

Gastos directos durante el traslado de la mena al depósito

$$G_{d(depósito)} = G_s + G_d + G_c$$

$$G_{d(depósito)} = 97.627,4USD$$

Vale destacar que en estos cálculos se utilizaron la depreciación y no la amortización de los equipos por ser este el índice que se usa en los cálculos de la empresa Pedro Sotto Alba, igualmente, en dicha empresa la depreciación de un equipo es considerada en un 20% al año.

4.6 Gastos por concepto de mantenimiento

Estos gastos (G_m) se obtienen multiplicado el costo por hora de mantenimiento por la cantidad de horas de operaciones de cada equipo, planificadas durante el tiempo que se explotará.

Tabla 4.13 - Gastos por concepto de mantenimiento (G_m)

Equipos	Horas de operaciones (horas)	Costo por hora (US\$/hora)	Costo total (US\$)
Camión articulado	624	29,01	18.102,2
Retroexcavadora	624	64,20	40.060,8
Buldócer	1752	30,43	53.313,4
Total			111.46,4



4.7 Gastos directos generales

$$G_{dg} = G_{desbroce} + G_{escombreo} + G_{extracción} + G_{depósito} + G_{mantenimiento}$$

$$G_{dg} = 68.033,1 + 4.366,3 + 138.464 + 97.627,4 + 111.476,4$$

$$G_{dg} = 419.967,2\$$$

4.8 Gastos indirectos

$$G_{ind} = G_{dg} \cdot 0,06$$

$$G_{ind} = 419.967,2 \cdot 0,06$$

$$G_{ind} = 25.198,03\$$$

4.9 Gastos totales

$$G_{totales} = G_{dg} + G_{ind}$$

$$G_{totales} = 419.967,2 + 25.198,03$$

$$G_{totales} = 445.165,23\$$$

4.10 Costo de producción por tonelada de mineral extraído

$$C_{prod} = \frac{G_{totales}}{R} = \frac{445.165,23}{83.704}$$

$$C_{prod} = 5,32\$/t$$

Tabla 4.14 - Gastos totales

Etapas	Desbroce	Destape	Extracción	Depósito	Mantenimiento	Costo de Producción (\$/t)
Gasto total (\$)	68.033,1	4.366,3	138.464	97.627,4	111.476,4	5,32



CAPITULO V. IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Introducción

El objetivo fundamental de una evaluación 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 posibilidad 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 ecosistema 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 salva el patrimonio que representa el medio y los recursos naturales para poder legar a generaciones posteriores.

5.2 Alteraciones Ambientales Producto de la Explotación

Casi toda la actividad humana es menor o mayor grado agresivo para el medio ambiente, y las actividades mineras revisten especial interés ya que luego de realizarse la extracción de los recursos minerales, sino existe una rehabilitación de los terrenos lacerados, la degradación deja sin posibilidades reales de aprovechamiento; el carácter y magnitud de la contaminación de los focos en la zona es variable, este medio circundante se encontrará afectado una vez culminados los trabajos mineros. El área será denudada y eliminada parcialmente la capa vegetal, a consecuencia de la explotación a cielo abierto empleado, a la hora de seleccionar el mineral aprovechable se deposita el estéril en la zona prevista de la escombrera, la que es afectada por la erosión, ya sea eólica o por la acción del agua. La explotación del Área 11 del Yacimiento Yagrumaje Oeste desde el punto de vista genérico causará una serie de pérdidas y alteraciones a los fundamentales recursos naturales de la zona.



5.3 Las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente por estas actividades son:

Cambios geomorfológicos

Contaminación de la aguas

Obstrucción y encenagamiento de los arroyos y ríos

Erosión eólica, proceso de deflación y contaminación coniótica

Erosión por las aguas

Destrucción de la vegetación

Afectación al paisaje

Pérdida de la biodiversidad

Emigración de las rutinas migratorias

Ocupación del terreno por escombreras

Cambios en el régimen hidrogeológico de la zona

Cambios en el régimen termodinámico de la zona

Aceleración del proceso erosivo general

Inestabilidad de los terrenos

5.3.1 Paisaje

- Modificaciones de la estructura visual del paisaje por la alteración de sus elementos y sus componentes básicos. Esto supone, unidos a la introducción de los elementos artificiales discordantes con el entorno, una disminución de la calidad paisajista de la zona.
- Modificación y homogenización de la textura por la eliminación de la vegetación en toda área de la fase, y contraste cromático muy llamativo dentro del entorno de la explotación.
- La apertura de los huecos y la creación de frentes de extracción suponen la eliminación de la morfología natural, que es el elemento soporte sobre el que descansa el reto de los elementos del paisaje.
- Las escombreras introducen un fuerte contraste discordante en forma y línea



(son elementos geométricos artificiales, de gran volumen en lo que dominan la alineas horizontales y los ángulos rectos), y color (contraste cromático entre el escombros y la vegetación del entorno), que hacen que resalten desfavorablemente en la armonía del paisaje.

A pesar de estos tipos de impactos tan común a casi todas las explotaciones mineras, en este caso a consecuencia de la cercanía de los núcleos poblaciones y carreteras, las hacen más grave por el impacto paisajístico es el hombre. Por lo que se concluyen que las fuentes principales del deterioro ambiental son los frentes de extracción y las escombreras.

5.3.2 Suelo

- La eliminación directa del suelo, su ocupación por la creación de escombreras y la introducción de efectos negativos edáficos (compactación, erosión, acumulación de finos, polvos), suponen la pérdida irreversible de recursos naturales de gran valor y de muy difícil restauración.
- Por otro lado la pérdida de suelo condiciona seriamente el establecimiento de la vegetación e influye indirectamente, y de forma negativa en la fauna y en los procesos ecológicos

5.3.3 Vegetación

- Eliminación total o reducción directa o indirecta de la cubierta vegetal. El rigor de la alteración será distinto según el tipo de vegetación (supone una pérdida mayor eliminar un árbol autóctono, sano, que una la reprobación de un pastizal) y la superficie dañada. La eliminación de la vegetación repercute sobre la fauna, los procesos ecológicos, el paisaje y la población hunaza.

5.3.4 Red de Drenaje

- Alteraciones permanentes de los drenajes superficiales a través de la contaminación de la aguas por residuos sólidos y líquidos.
- Aumenta el nivel de sedimentación.
- Alteraciones del nivel freático.



5.3.5 Flora y fauna

- Disminución de la calidad del aire, originado principalmente por las emisiones de polvo y gases generados por las labores de apertura, arranque, creación de escombreras, el tráfico y la no menos importante, construcción de caminos.
- Indirectamente todas estas emisiones de polvo afectan a las plantas las cuales se ven imposibilitadas de realizar sus funciones metabólicas normales.
- Una de las fuentes de deflación y contaminación del aire la constituye la red vial diseminada por todo el yacimiento, debido al intenso tráfico y a la acción del viento en tiempos de seca.

5.4 Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental

- Tratar que la explotación de la fase permita el menor impacto visual durante la explotación, mediante la introducción de la vegetación, el remodelado de la forma del terreno y la construcción de pantallas visuales de ocultación (creación de franjas defensivas de bosques).
- Acopio de suelo fértil antes de comenzar la explotación (medida preventiva) y la aplicación de fertilizantes al material de relleno y de la escombrera (medida correctora). Esto puede ser una buena alternativa por la pérdida de suelos y sus nutrientes, pero nunca será el terreno rehabilitado como su antecesor.
- La conformación de un sistema de terrazas para disminuir la erosión y permitir la instalación de una cobertura herbácea que favorezca el progreso de la vegetación.
- El riego de los caminos de acopio del mineral.
- La construcción de cunetas de diversión-colección y lagunas de sedimentación en los perímetros de las áreas mineras, y que deben ser mantenidas hasta el total cumplimiento de la rehabilitación (medidas a largo plazo).
- Las medidas a largo plazo como la sedimentación de cuencas río abajo debe ser sacada de servicio después de establecer la vegetación en superficies recuperadas y después de tener el terreno en condiciones pre-minadas.



La atmósfera se purifica de modo natural mediante la sedimentación del polvo, el lavado del aire o en las gotas de lluvias, la disolución de algunos gases y partículas sólidas en las gotas de agua.

En los caminos la disminución del polvo es menor cuando la vía está cubierta con una placa de tierra. Si lo está por una placa de hormigón la concentración de polvo en el aire es de 30-100 ml/m³ y cuando es natural oscila entre 150-350 ml/m³, obligando a la búsqueda de sustancias que enlacen las partículas de polvo.

Para disminuir la cantidad de polvo en los caminos se pueden emplear los siguientes métodos:

- El riego con soluciones de sales higroscópicas (de calcio y magnesio).
- La aplicación en la propia cobertura sólida de sustancias como el cloruro de calcio.
- Riego de agua (la efectividad del método dura entre 30-120 min en días de temperaturas altas).

Para el desarrollo íntegro de las áreas afectadas resulta ventajoso el sistema de terrazas, especialmente para zonas con pendientes superiores al 20 %, lo que aplicado con el avance de la minería permitirá el ahorro de tiempo y dinero, para una posterior dedicación forestal una vez concluida la minería de la fase.

Este sistema permite una rehabilitación de los suelos degradados por la minería, debido a que controla el escurrimiento superficial y controla la erosión de forma efectiva. Para la rehabilitación de las regiones se debe tener en cuenta la selección de las especies, teniendo en consideración lo siguiente:

Resistencias a plagas, adaptación a los cambios y variaciones existentes en el medio, formación de suelos y que fuesen autóctonas, los índices de sinantropismo de los frentes.

Para la rehabilitación del paisaje se deben sembrar, por todos los extremos de las áreas minadas, árboles altos (Casuarinas, pino Cubensis), los cuales por su elevada talla realizan el papel de pantalla visual de ocultación.

Al concluir los trabajos de reforestación se verifica periódicamente las zonas tratadas, velando así que todo vaya según los planes previstos.



5.5 Medidas generales de seguridad para el trabajo con los equipos

Las medidas siguientes están presentes en toda la mina para cualquier equipo:

- Se prohíbe operar equipos con defectos técnicos y con ausencia de alguna de sus partes.
- Se prohíbe operar equipos a personas que no tengan la calificación y el permiso requeridos.
- En épocas de seca hay que regar convenientemente con agua los caminos para evitar el polvo.
- Todos los equipos deben poseer sus correspondientes medias de extinción de incendio.

5.6 Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor

- El ancho de la parte transitable del camino se establece por las dimensiones del equipo.
- La velocidad máxima permitida para los camiones es de 30 km/h, en las curvas la velocidad es limitada a 20 km/h y en el puente sobre el río Moa a 10 km/h.
- No se permite llevar personas fuera de la cabina, ni adelantar a otro vehículo que circule en el mismo sentido.

5.7 Medidas de seguridad para el trabajo con excavadoras

- Cuando la retroexcavadora está en operaciones se prohíbe la presencia de personas en el radio o sector de influencia de la misma.
- Las excavadoras deben trabajar sobre plataformas aplanadas y compactas.
- La retroexcavadora debe estar provista de señalización sonora para indicar el inicio y fin de cada operación a realizar.
- Durante el movimiento en pendiente hay que tomar medidas para impedir su corrimiento, prohibiéndose su traslado por pendientes superiores a 10 %.

5.8 Medidas de seguridad para el trabajo con Buldócer

- No violentar la organización del trabajo en aras de mayor producción.



- No trasladar personas en la cabina ni en las parrillas laterales.
- Al detener el equipo colocar los implementos en el suelo.
- Llevar el corte a un mismo nivel, de manera que economice trabajos auxiliares de re-apilamiento del material.
- No desmontarse con el equipo en movimiento.
- La máxima velocidad para la traslación será la 2da.

5.9 Medios y medidas generales de cumplimiento obligatorio

Todos los equipos mineros deben poseer sus correspondientes medios de protección colectivos: extintores manuales y automáticos, barandas, pasamanos de escalerillas, mallas de protección frontal y superior en las excavadoras.

Todos los trabajadores y operadores estarán instruidos en lo referente a la PHT y con las recomendaciones siguientes:

- No se permitirá operar los equipos de movimiento de tierra a personas que por sus indicaciones médicas no estén aptos.
- Es necesario el uso de los medios de protección (Cascos, espejuelos, botas de seguridad y botas de gomas según el caso se requiera).
- La velocidad de operación de los equipos nunca será mayor de 30 km/h.
- Mantener la velocidad de los vehículos por debajo del límite permisible en el horario nocturno o si la visibilidad por la lluvia y el polvo lo impiden.
- Se mantendrá especial atención por el área por donde transiten personas o vehículos.
- En los trabajos que se realicen cercanos a líneas eléctricas, se mantendrán las distancias de seguridad según las NC19-01-17 de SNCPHT.

5.10 Prevenciones para el caso de accidentes y contingencias

Ante un incidente el procedimiento es el siguiente:

- En todos los casos en primer lugar llamar a los teléfonos del Equipo de Respuesta a la Emergencia (444 ó 464) inmediatamente.
- Prestar solo los primeros auxilios al lesionado, esperar que llegue el personal



paramédico que le prestará la debida atención y si es necesario lo trasladará al hospital.

5.11 Protección personal

Es necesario acondicionar al obrero con los medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas. En la Tabla 5.1, se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.

Tabla 5.1 Relación entre el trabajador y los medios que deben usar para su protección

Lugar del cuerpo	Medio protector	Requisitos que debe cumplir el Medio protector
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo de reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas.	Resistente a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.
Oído	Tapones de oídos, orejeras o cascos protector contra el ruido.	Que atenué el sonido, que tenga confort y durabilidad que no tengan impactos nocivos sobre la piel que conserven la palabra clara y que sea de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas, viseras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso de los mismos, ajuste perfecto y ninguna interferencia en los movimientos , durabilidad y facilidad de higienización
Manos y brazos	Guantes, almohadillas y protectores del brazo, mangas y protectores de dedo.	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.
Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácido.	Deben proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra



		agua y tierra.
Pies y piernas	Botas corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
Vías respiratorias	Respiradores con filtro para polvo, máscaras con filtros para gases, respiradores con líneas de aire, máscaras con puentes de oxígeno	Deben estar acorde al elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.



CONCLUSIONES

- El método de apertura empleado en el área 11 del Yacimiento Yagrumaje Oeste garantiza mayor productividad para su posterior explotación.
- Para la transportación del mineral útil desde el área 11 del Yacimiento Yagrumaje Oeste hasta la Planta de procesamiento se necesitan 6 camiones articulados Volvo A40F, para el traslado del escombros 1 camión y para el traslado de la mena 4 hacia el depósito ubicado en área 39 del Yacimiento Moa Oriental 4 camiones, ambos procesos para la extracción se realizará con una retroexcavadora Liebherr R-984.
- Se considera que a pesar de la distancia de transportación (15.8km) del mineral útil hacia la Planta de Procesamiento, El costo de producción (5.32\$/t) durante la apertura del área 11 del Yacimiento Yagrumaje Oeste es rentable.



RECOMENDACIONES

- Utilizar el método de apertura seleccionado para la explotación del Yacimiento Yagrumaje Oeste.
- Analizar las posibilidades de aplicación del método de apertura propuesto, en otras áreas del yacimiento con características similares al estudiado en este trabajo.
- Emplear siempre que sea posible la explotación por bancos con un esquema de arranque y carga inferior ya que el mismo nos ofrece una mayor rapidez en la ejecución de las trincheras de acceso y permite una disminución del volumen de trabajos de la misma.



BIBLIOGRAFÍA

- Cartaya, M. Tecnología de Explotación de los Yacimientos. Material Docente para la asignatura de Explotación a Cielo Abierto.
- Guerra E. (2006) Diseño de explotación del Área 11 del Yacimiento Moa Oriental. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero en Minas 2006. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Herrera, J. (2006) Métodos de Minería a Cielo Abierto. Universidad Politécnica de Madrid.
- Herrera, J. (2007) Elementos de Minería. Universidad Politécnica de Madrid.
- Levy A. (2012) Proyecto de explotación de un área para la entrada en explotación del Yacimiento Camarioca Este. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero en Minas 2012. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Nfa Ndong R. (2010) Proyecto de explotación del Sector 7 del Yacimiento Camarioca Este. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero en Minas 2010. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Otaño, J. Curso de Diseño de Minas. Material Docente para la asignatura de Explotación a Cielo Abierto.
- Pérez, F. (2014) Modelo geométrico litológico del Yacimiento Yagrumaje Oeste. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Geólogo 2014. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Plá Ortiz. y otros (2002) Curso de laboreo I. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rueda Y. (2006) Diseño del método de explotación del Sector 14 del Yacimiento Moa Oriental. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero en Minas 2006. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Vera, A. (1979) Introducción a los Yacimientos de níquel cubanos. Editorial ORBE, La Habana, 1979.
- Catálogos de equipos y maquinarias en la Industria Minera.
- Notas de clases de la asignatura Explotación a Cielo Abierto.



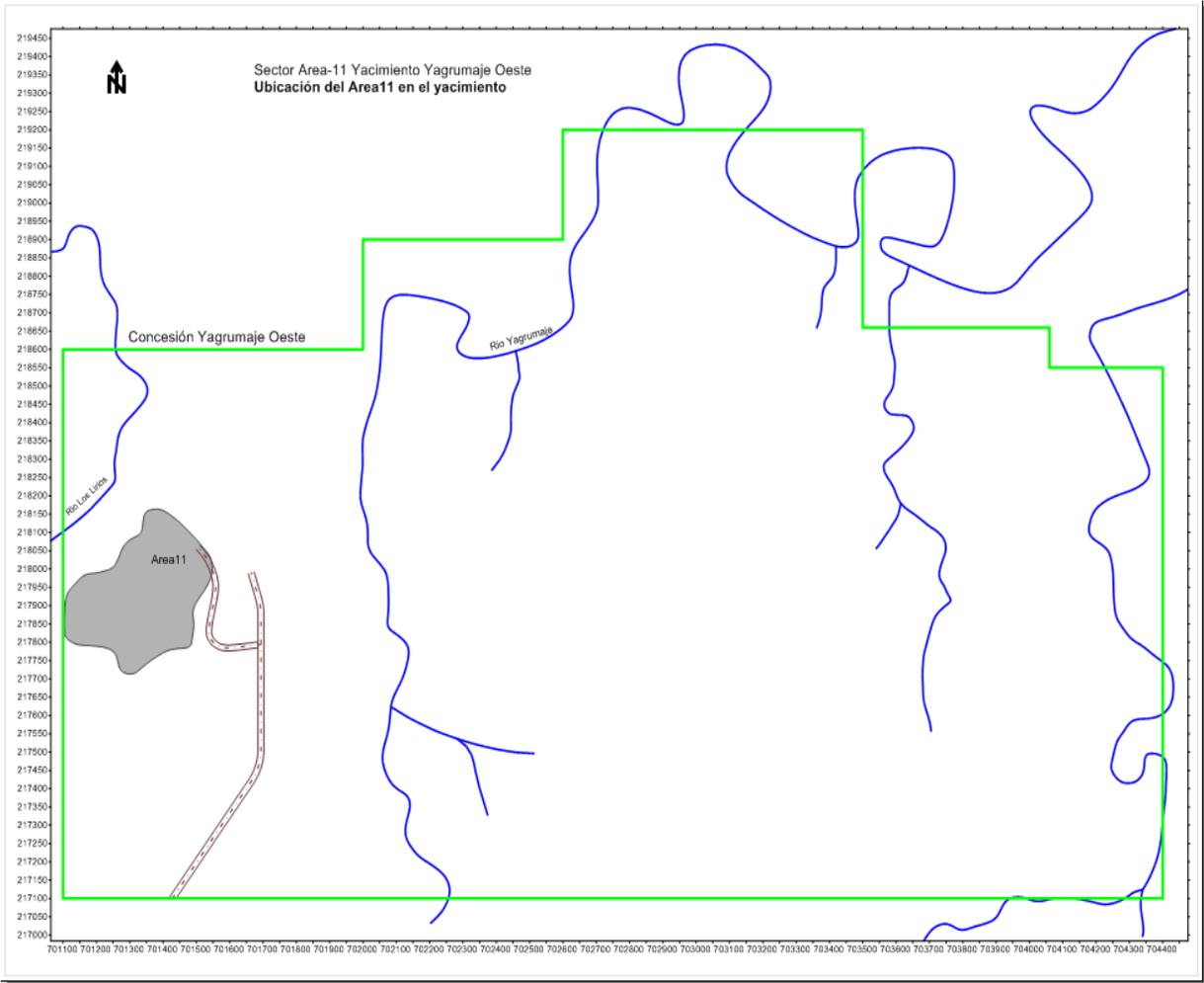
ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del yacimiento Yagrumaje Oeste



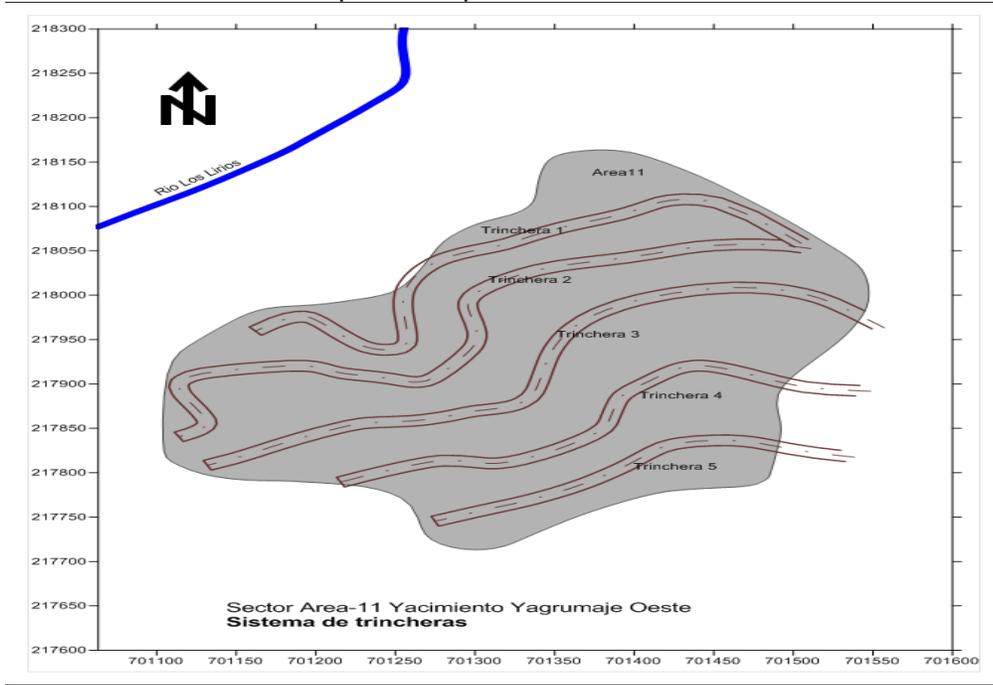


Anexo.2 Ubicación del Área 11 en el yacimiento Yagrumaje Oeste

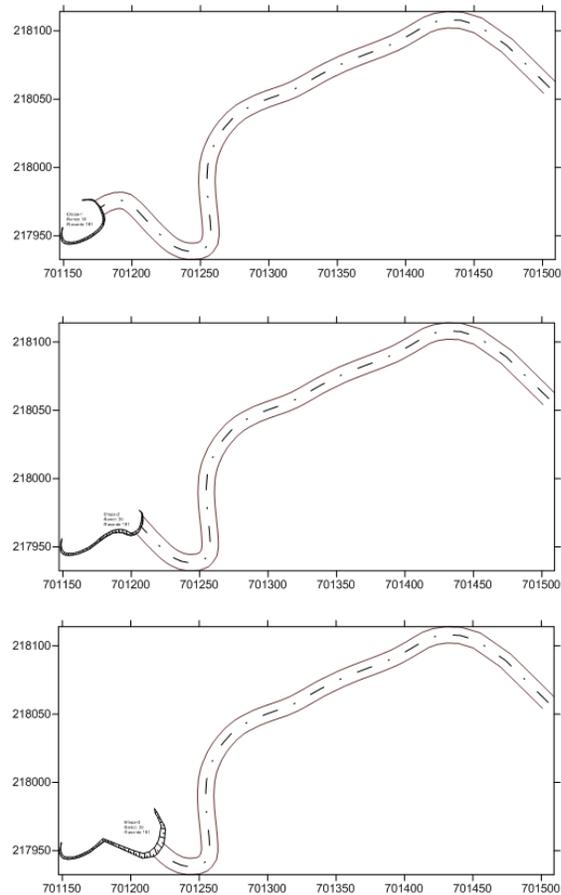




Anexo.3 Sistema de Trinchera para la apertura

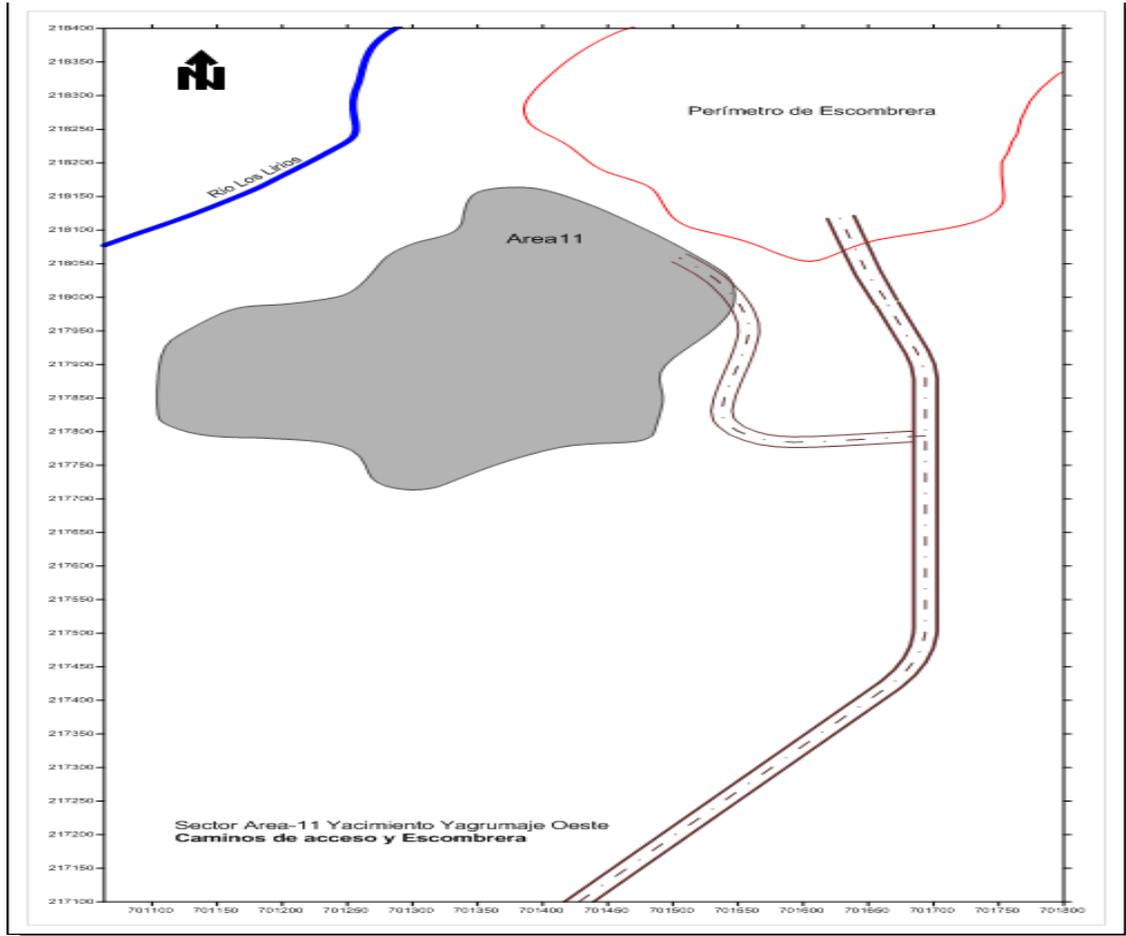


Anexo 4. Trinchera de corte





Anexo.5 Caminos de acceso y escombrera





Anexo.6 Resultado del cálculo para el Desbroce

CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO PARA EL DESBROCE

Empresa Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.	Yacimiento Yagrumaje Oeste					
Planificación e Ingeniería	Excavadora y camión	Trinchera 1 Volvo	Trinchera 2 Volvo	Trincher a 3 Volvo	Trinchera 4 Volvo	Trinchera 5 Volvo
Descripción	U/M	A40F	A40F	A40F	A40F	A40F
Área a desbrozar	m ²	8.530	10.125	9.319	6.894	5.129
Volumen a desbrozar	m ³	5.118	6.075	5.591	4.136	3.077
Tiempo del ciclo del Buldócer	seg	245	245	245	245	245
Productividad por turno del Buldócer	m ³ /turno	324	324	324	324	324
Productividad diaria del Buldócer	m ³ /día	324	324	324	324	324
Productividad por mes del Buldócer	m ³ /mes	9.720	9.720	9.720	9.720	9.720
Productividad en el período de explotación	m ³ /días	81.888	109.350	91.047	53.768	27.693
Números de días necesarios para el desbroce	días	16	18	17	13	9
Total a desbrozar	m ³	23.997				
Total de días	días	73				



Anexo.7 Resultado del cálculo para el Destape

CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO PARA EL ESCOMBREO

Empresa Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.	Yacimiento Yagrumaje Oeste				
Planificación e Ingeniería	Excavadora y camión	Trinchera 1 Volvo A40F	Trinchera 2 Volvo A40F	Trinchera 3 Volvo A40F	Trinchera 4 Volvo A40F
Descripción	U/M				
Volumen nominal del cubo	m ³	7	7	7	7
Coefficiente de llenado del cubo de la excavadora	-	0,95	0,95	0,95	0,95
Volumen real del cubo	m ³	6,65	6,65	6,65	6,65
Capacidad de carga máxima del camión	t	40	40	40	40
Capacidad volumétrica camión colmado	m ³	29	29	29	29
Capacidad real de carga del cubo	t	5,98	5,98	5,98	5,98
Cantidad cubo por camión	Und.	5,0	5,0	5,0	5,0
Peso volumétrico seco en banco	t/m ³	1,29	1,29	1,29	1,29
Peso volumétrico húmedo suelto	t/m ³	1,73	1,73	1,73	1,73
Coefficiente de esponjamiento	-	1,43	1,43	1,43	1,43
Humedad natural del mineral	%	25,3	25,3	25,3	25,3
Capacidad real del camión (Seco en Banco)	t	41	41	41	41
Tiempo del ciclo excavadora	seg	45	45	45	45
Productividad horaria excavadora	m ³ /h	259	259	259	259
Productividad por turno	m ³ /turno	3.108	3.108	3.108	3.108
Productividad diaria	m ³ /día	6.216	6.216	6.216	6.216
Distancia de transportación	km	1,4	1,31	1,35	1,14
Tiempo ciclo del camión	min	15,8	15,3	15,5	14,5
Productividad horaria camión	m ³ /h	94,4	97,1	95,9	102,8
Productividad por turno	m ³ /turno	951	979	966	1.037
Productividad diaria	m ³ /día	1.902	1.958	1.933	2.073
Números de días necesarios para el traslado del mineral	días	1	1	1	1
Volumen de Mineral a transportar	m ³	904	348	187	341
Parque Total	camiones	1	1	1	1



Anexo. 8 Resultado del cálculo para la Extracción

CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO PARA LA EXTRACCIÓN				
Empresa Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.	Yacimiento Yagrumaje Oeste			
Planificación e Ingeniería	Excavadora y camión	Trinchera 1	Trinchera 2	Trinchera 3
Descripción	U/M	Volvo A40F	Volvo A40F	Volvo A40F
Volumen nominal del cubo	m ³	7	7	7
Coeficiente de llenado del cubo de la excavadora	-	0,95	0,95	0,95
Volumen real del cubo	m ³	6,65	6,65	6,65
Capacidad de carga máxima del camión	t	40	40	40
Capacidad volumétrica camión colmado	m ³	27	27	27
Capacidad real de carga del cubo	t	5,32	5,32	5,32
Cantidad cubo por camión	Und.	7	7	7
Peso volumétrico seco en banco	t/m ³	1,11	1,11	1,11
Peso volumétrico húmedo suelto	t/m ³	1,53	1,53	1,53
Coeficiente de esponjamiento	-	1,56	1,56	1,56
Humedad natural del mineral	%	27,3	27,3	27,3
Capacidad real del camión (Seco en Banco)	t	37	37	37
Tiempo del ciclo excavadora	seg	45	45	45
Productividad horaria excavadora	t/hora	285	285	285
Productividad por turno	t/turno	3.420	3.420	3.420
Productividad diaria	t/dia	6.840	6.840	6.840
Distancia de transportación	km	15,80	14,99	15,75
Tiempo ciclo del camión	min	89,5	85,2	89,0
Productividad horaria camión	t/hora	20,7	21,8	20,8
Productividad por turno	t/turno	209	219	210
Productividad diaria	t/dia	418	439	420
Números de días necesarios para el traslado del mineral	días	4	5	4
Tonelada de Mineral a transportar	t	9.958	13.845	10.716
Parque Total	camiones	6	6	6



Anexo. 9 Resultado del cálculo para el Depósito

CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO PARA EL DEPÓSITO						
Empresa Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.	Yacimiento Yagrumaje Oeste					
Planificación e Ingeniería	Excavadora y camión	Trinchera 1 Volvo A40F	Trinchera 2 Volvo A40F	Trinchera 3 Volvo A40F	Trinchera 4 Volvo A40F	Trinchera 5 Volvo A40F
Descripción	U/M	A40F	A40F	A40F	A40F	A40F
Volumen nominal del cubo	m ³	7	7	7	7	7
Coefficiente de llenado del cubo de la excavadora	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Volumen real del cubo	m ³	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65
Capacidad de carga máxima del camión	t	40	40	40	40	40
Capacidad volumétrica camión colmado	m ³	27	27	27	27	27
Capacidad de carga real del cubo	t	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32
Cantidad cubo por camión	Und.	7	7	7	7	7
Peso volumétrico seco en banco	t/m ³	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Peso volumétrico húmedo suelto	t/m ³	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
Coefficiente de esponjamiento	-	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Humedad natural del mineral	%	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
Capacidad real del camión (Seco en Banco)	t	37	37	37	37	37
Tiempo del ciclo excavadora	seg	45	45	45	45	45
Productividad horaria excavadora	t/hora	285	285	285	285	285
Productividad por turno	t/turno	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420
Productividad diaria	t/día	6.840	6.840	6.840	6.840	6.840
Distancia de transportación	km	5,60	4,79	5,55	5,34	5,16
Tiempo ciclo del camión	min	38,3	34,2	38	37	36,1
Productividad horaria camión	t/hora	48,4	56,2	48,8	50,1	51,4
Productividad por turno	t/turno	488	546	491	505	518
Productividad diaria	t/día	976	1.092	983	1.011	1.036
Números de días necesarios para el traslado del mineral	días	4	4	3	3	3
Tonelada de Mineral a transportar	t	8.418	9.317	9.988	12.305	9.157
Parque Total	camiones	2	2	3	4	3