

REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALURGICO DE MOA
“Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD GEOLOGIA-MINERIA
ESPECIALIDAD MINERIA

TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO: Proyecto de Explotación del Área-10 del Yacimiento Moa Oriental

AUTOR: Yudorquis Figueredo Herrera

TUTORES: Dr. Roberto L. Watson Quesada

Ing. Edil Hernández Vidal

Moa-2004
“Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución”

Pensamiento

Felicito a todos los que luchan, a los que no desisten jamás ante las dificultades; a los que creen en las capacidades humanas para crear, sembrar y cultivar valores e ideas; a los que apuestan por la humanidad;

¡ a los que comparten la hermosa convicción de que un mundo mejor es posible!

¡Lucharemos junto a ellos y venceremos!

Fidel Castro Ruz

Dedicatoria

A mis queridos padres Victor Figueredo Cuenca, Y Martha Herrera Llorente que siempre inculcaron en mi el sentido de la responsabilidad ante la vida, a mi hermano, primo a Nevis Labañino Paumier, y a todos aquellos que de una forma u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

Agradecimiento

A mis tutores Edil Hernández Vidal y Roberto Watson Quesada, a los compañeros de la subdirección de minas de la Empresa P.S.A., a mis compañeros de aula, y a mis vecinos; por la colaboración a la realización del presente Trabajo de Diploma, en especial al gobierno de Cuba por darme la posibilidad de formarme como digno Ingeniero de Minas.

RESUMEN

El Area-10 como parte del yacimiento Moa Oriental, ubicado al norte del sistema montañoso Mayarí – Baracoa, ocupando un área de aproximadamente 388833 m² resulta una zona estratégica en el abastecimiento del mineral para dar cumplimiento al plan de producción de la Mina P.S.A para los próximos años.

Teniendo en cuenta sus reservas 1147700 t, lo que representa el 20% del plan de producción de la Mina para el tiempo de explotación del mismo y para que se explote de forma racional y se logre la producción con la calidad requerida, se proyectó la explotación del sector proponiendo el equipamiento existente en la empresa, un esquema tecnológico basado en la combinación retroexcavadora – camión con un orden de explotación a través de bancos múltiples paralelos que se van a explotar de oeste a este y en cada banco de norte a sur. Se realizó el calculo del equipamiento necesario para su explotación racional (6 camiones para el arranque y 1 para el destape).

Para valorar la efectividad del proyecto se procedió al cálculo del costo de producción de una tonelada de mineral extraída, que resulto ser de 3.22 \$/ tonelada.

Al terminar se valoró el impacto ambiental que causará la explotación del sector estudiado, se determinó las medidas correctoras para atenuar dicho impacto.

SUMMARY

The sector # 10 as part of the eastern Oriental Moa deposit, situated on the northern slope of the mountainous Mayari – Baracoa system, occupying an area of approximately 388833 m² is a strategic zone in the supply of the mineral in order to achieve the production plan of the P.S.A. mine in the coming years.

Bearing in mind its reserves (1147700 t) which is proposed the exploitation of the same and in order that it is exploited in a rational manner and that the production is achieved with the required quality, the exploitation of the sector was projected using a technological outline based on the combination retroexcavadora – truck starting with the existing equipment in the company and with an order of exploitation via de multiple parallel banks which will be exploited from west to east and in each bank from south to north and in each bank from the calculation of the necessary equipment for their rational exploitation (6 trucks for the mining and 1 trucks for the one uncovering).

The calculation of the cost of production of an extracted ton of mineral was done next, in order evaluate the effectiveness of the project and that turned out to be of 3.22 \$/ tonelada.

On ending environmental impact of the exploitation of the sector, was studied, the correct measures to lessen this impact was determined.

INTRODUCCIÓN

La minería tiene la misión de poner a disposición de la humanidad las materias primas minerales que necesita, o sea buscarlas en las partes accesibles de la corteza terrestre y explotárselas; por su importancia ha resultado una actividad determinante en el desarrollo de la sociedad, pues de acuerdo a cálculos, entre los recursos naturales utilizados para la satisfacción de las necesidades, los minerales componen el 80%.

La principal fuente de materia prima con que cuenta la Republica de Cuba la constituye los yacimientos de corteza de intemperismo distribuidos ampliamente en la región nororiental del país, lo que ha hecho que se convierta en unos de los principales renglones de la economía nacional.

La elevación de la productividad del trabajo y la efectividad de la producción depende básicamente del nivel de la técnica, la tecnología y la organización de la producción utilizada. Por tal razón el presente trabajo de diploma consistirá en proyectar la explotación del Area-10 del yacimiento Moa Oriental considerando las difíciles condiciones naturales existentes en la zona de trabajo.

Para cumplir con tal premisa se utilizará la siguiente metodología de investigación:

Problema: necesidad de explotar de forma racional y efectiva la materia prima mineral del Area-10 del yacimiento Moa Oriental.

De acuerdo a este problema definimos los siguientes parámetros:

Hipótesis: Con un buen proyecto de la explotación y una adecuada organización de los trabajos se podrá explotar de forma racional el Area-10.

Objetivo: Proyectar la explotación del Area-10

Tareas que se deben realizar para cumplir el objetivo:

- Realizar una revisión bibliográfica relacionada con la geología y la minería del yacimiento que nos permita su caracterización detallada.
- Realizar visitas de familiarización al sector y al yacimiento en general.

- Analizar el sistema de explotación utilizado en la actualidad en el yacimiento Moa Oriental.
- Calcular el equipamiento necesario para la explotación efectiva del sector y su valoración económica.
- Analizar las alteraciones ambientales que se producirán debido a las labores de explotación en el sector y definir las medidas correctoras para minimizar dicho impacto.

CAPITULO I CARACTERIZACION GENERAL DEL YACIMIENTO

1.1 Introducción

En este capítulo se presenta un resumen sobre los trabajos más importantes desarrollados en la región, dirigidos tanto a profundizar en el conocimiento geológico de la misma como a evaluar los potenciales económicos de sus reservas minerales. El objeto de estudio del mismo lo constituyen los rasgos fundamentales de las características geográficas y geológicas del área de estudio, las nociones generales sobre la determinación de dominios geológicos en yacimientos residuales de Níquel y además, las cualidades geológicas, dinámicas e importancia económica de dichos yacimientos. En el desarrollo de este capítulo se describen las principales características geológicas de la asociación ofiolítica, por cuanto constituyen las litologías sobre las que se desarrollan los yacimientos lateríticos.

1.2 Situación geográfica del yacimiento

El yacimiento laterítico denominado Moa Oriental ocupa un área de 16Km y se localiza en el municipio minero metalúrgico de Moa al nordeste de la provincia de Holguín, limitada al Oeste con el Valle del río Moa, al Norte con el poblado de la Veguita, al Sur con el altiplano del alto de la Calinga, y para el Este con el arroyo Los Lirios y el Yacimiento Punta Gorda. Según el sistema de coordenadas de Lambert, la región de los trabajos se encuentra limitada por las siguientes coordenadas

X – 697000.00 – 703000.00

Y – 215000.00 – 220000.00

En la región las cotas absolutas oscilan entre 0 y 360 metros, por lo general las pendientes son suaves, predominando las de 5 – 10⁰ .

En el marco de las áreas ínter fluviales mencionadas se observan formas aplanadas y suaves del relieve con cañadas y valles formados en el periodo de peniplanización del relieve. Los desniveles relativos del relieve en la parte del yacimiento oscilan entre 70 y 110 metros. (Anexo-1).

1.3 Hidrografía

En la región se distinguen dos periodos de lluvias. Alcanzándose las máximas precipitaciones en los meses de Mayo a Junio y de Noviembre a Enero.

En correspondencia a estos periodos mencionados se encuentra el régimen de las aguas superficiales, ya que en época de seca disminuye considerablemente el curso de los ríos, convirtiéndose fácilmente en vados, aunque en el periodo de lluvia alcanzan un caudal considerable, provocando en ocasiones, la inundación de caminos.

1.4 Clima y Vegetación

El clima de la región es subtropical, se caracteriza por la presencia de dos periodos de lluvia (Mayo – Junio y Octubre – Enero) y dos periodos de seca (Febrero – Abril y Julio – Septiembre). Las precipitaciones promedio del año en las partes bajas del relieve oscilan entre 1700 – 1800 milímetros y las partes montañosas de 2200 a 2300 milímetros. En las épocas de verano las lluvias ocurren en forma de aguaceros y en invierno se caracteriza por su constancia. El régimen de temperatura para periodo seco es bastante alto. Las diferencias de temperaturas promedio raras veces sobrepasan de 5 – 5⁰ c. La temperatura ordinaria para el verano es de 30 - 32⁰ c y para el invierno de 22 - 25⁰ c, en las montañas la temperatura es de 5 - 5⁰ c menor.

En la región se desarrollan siete formaciones vegetales naturales y ocupan alrededor del 90% del área de estudio (Bosque tropical, Ombrofilo aluvial, Sempervirente tropical, Xenomorfo espinoso, Matorral tropical, Xenomorfo subespinoso). Referente a la flora se reportaron un total de 345 especies de las cuales el 92% esta en los ecosistemas naturales antes mencionados, 213 son endémicos y representa el 23% de endemismo reportado para el distrito Moa Baracoa. De estas especies endémicas 17 son exclusivas de Moa, 5 en peligro de extinción y 20 vulnerables a la desaparición.

En cuanto a los recursos forestales el total de bosques alcanza la cifra de 11398.3 hectáreas, de los cuales 11005.5 ha corresponde a bosques naturales y 392.8 a bosques en el área de estudio CSIGMA 2000.

La fauna esta caracterizada por arácnidos, anfibios, aves, mamíferos, de los cuales 104 se reportan como endémicas, 5 en peligro de extinción y 13 vulnerables a desaparecer.

1.5 Orografía de la localidad y la red fluvial.

Según las características hidrográficas, la red fluvial de la zona esta orientada en dirección submeridional, y representada principalmente por los ríos Moa, Yagrumaje, Punta gorda y Cayo Guam, los cuales desembarcan en el Océano Atlántico.

En el área del yacimiento se encuentran las estribaciones septentrionales y meridionales orientadas del macizo Moa – Baracoa. Estas cordilleras están separadas unas de otras por los valles de varios ríos, en lo que se destaca el río Moa; la parte meridional representa en si cordilleras frecuentemente en forma de colinas divididas por las corrientes de agua y en la parte central se encuentran espacios limitados por pendientes abruptas de los valles de los ríos. En la parte septentrional del territorio son características las elevaciones con alturas no mayores de 50 – 100 m.

El río Moa que corre en los limites de yacimiento es la fuente de abastecimiento de agua de las empresas y la población; la velocidad promedio de la corriente de agua esta cerca de 1.5 m/s.

La correlación entre los distintos tipos de mena no es constante en los limites del área de los trabajos de explotación realizados se observan claramente tres aisladas zonas naturales que se controlan, y por lo visto son condicionadas por factores geomorfológicos, y se distinguen unas de otras por su contenido total de níquel en la corteza de interperismo. Estas zonas fueron llamadas condicionalmente: Septentrional, Central, y Meridional.

La zona Meridional es muy rica en níquel y se extiende al Oeste del río Moa, en las superficies la divisoria de las aguas son colinas de poca altura.

La zona septentrional se caracteriza por un contenido de bajo níquel, esta situada al norte del río Cabañas en una superficie aplanada pero descendiente.

En los límites de esta misma zona el contenido total de níquel en la corteza de interperismo aumenta en dirección WE, pero al mismo tiempo al este se observan frecuentes casos de estructuras irregulares del depósito y se altera la sucesión clásica de los tipos de mena en el corte.

1.6 Caracterización socioeconómica de la región.

La región es una de las más desarrolladas del país desde el punto de vista económico, debido a que cuenta con las plantas procesadoras de níquel.

Comandante Pedro Sotto Alba y Ernesto Che Guevara que impulsan la industria minera metalúrgica. Además existen otras entidades, tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de la Industria de Níquel., el Centro de Proyectos de Níquel. Además de los yacimientos lateríticos, existen yacimientos de cromo refractario clasificados como los mayores de su tipo en el territorio nacional distribuido en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey donde una parte del mineral extraído se procesa en la planta de beneficio.

Los gabroides y ultra básicas presentes en la región se pueden emplear como áridos en la industria de materiales de la construcción. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera arrecifal cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso tecnológico de la planta Pedro Sotto Alba. También existen otras identidades de las cuales depende la economía de la región. La Empresa Municipal Agropecuaria (EMA), el Tejar, el Combinado Lácteo entre otras. Al sur se desarrolla la ganadería y se lleva a cabo la explotación de recursos forestales que abundan en la zona.

La población ha crecido hasta alcanzar la cifra de 76000 habitantes, la región cuenta con una Empresa Marítima para el embarque de productos obtenidos en la Empresa de Níquel y la planta beneficiadora de cromo.

1.7 Vías de comunicación y fuentes de abastecimiento de agua y energía eléctrica.

Las principales vías de comunicación son terraplenes y carreteras, las que comunican al municipio con otras ciudades como Sagua de Tanamo, Baracoa, Guantánamo, etc.

Además existe comunicación directa por aire con la capital y otras ciudades del país.

El puerto Marítimo posee una capacidad que permite el atraque de barcos con capacidad entre 10000 – 15000 toneladas, el abastecimiento de agua se realiza de la presa nuevo mundo de donde es enviada para el consumo después de purificada, la energía eléctrica utilizada en la región procede de la red nacional proveniente de la Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez de Felton en el municipio de Mayari.

1.8 Característica geológicas del yacimiento Moa Oriental

1.8.1 Constitución geológica de la región

Los yacimientos que componen la región se desarrollan a partir de las ultrabasitas serpentinizadas que integran el cinturón hiperbásico de Cuba, el cual después de varias hipótesis de acuerdo a su origen, se ha considerado sobre la base de los trabajos de Knipper, Fonseca, Telepuguin y otros, como una asociación ofiolítica, que tiene una relación puramente tectónica con las demás unidades que la secundan. Se puede dividir en cuatro complejos:

- Ultramáfico serpentinado.
- Cumulativo.
- Diques paralelos de diabasas.
- Basáltico con rocas vulcanógenas metaforizadas y sedimentos pelágicos asociados.

La complicada estructura interna y el desigual desarrollo son las características fundamentales de esos Complejos, así como la gran actividad tectónica que los afecta en forma de grietas tectónicas, que forman brechas y fajas de esquistosidad paralela.

Los yacimientos estudiados se ubican en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera un manto alóctono de unos 2,500 km² con potencia de 800 a 1,000 m, en cuya base afloran las rocas del manto alóctono representado fundamentalmente por areniscas y conglomerados del cretácico al paleoceno temprano y rocas volcánicas del cretácico, lo que hace pensar que el manto tectónico ofiolítico ocupó su actual posición en el paleoceno; esto se demuestra por la no presencia en las rocas de los contactos de deformaciones producidas por las altas temperaturas en caso de haberse formado en el lugar actual así como por el grado de deformación de las rocas, sobre todo, en la parte cercana a la base del manto. En el bloque oriental esta asociación está representada fundamentalmente sólo por tres de los complejos mencionados: el Ultramáfico metamorfozido, el cumulativo y el de diques paralelos de diabasas.

El complejo Ultramáfico metamorfozido abarca del 60 al 80% del volumen total de la asociación y está representado por harzburgitas, lherzolitas y en menor grado por Dunitas y Piroxenitas, todas intensamente serpentinizadas.

El complejo cumulativo se caracteriza por el bandeamiento de las rocas y está representado por Dunitas, lherzolitas y Piroxenitas, así como Troctolitas y Gabros.

Los dos complejos anteriores aparecen frecuentemente cortados por grietas rellenas de diabasas, las cuales forman el complejo de diques paralelos que aparecen como cuerpos tabulares con pocos metros de espesor, llegando hasta la cuarentena de metros.

En el área que abarca el yacimiento Moa Oriental, se distinguen dos secuencias estratigráficas. Una corresponde al periodo cuaternario, a ella pertenecen las formaciones aluviales del río Moa, donde encontramos guijarros y lentes de arena de granos gruesos con una potencia muy pobre, lo cual carece de importancia.

La otra secuencia es la efusiva del cretácico inferior situada al nordeste, está representada por porfiritas, andesitas, rodeando esta formación encontramos las ultrabásicas serpentinizadas que ocupan casi toda el área, estando representadas por las harzburgitas y en menor cantidad dunitas y piroxenitas.

Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta ondulaciones suaves de los parte agua y amesetamiento, coincidiendo esas características con la zona planificada para el 2001, la cual presenta los espesores mayores de la corteza de intemperismo (perfiles completos).

Las zonas de pendientes más bruscas, de más rápido intercambio de las aguas (laderas y confluencias) se caracterizan por una reducción en el perfil litológico de intemperismo dándose perfiles estructurales reducidos (sin serpentina) o inestructurales (ocres inestructurales con o sin perdigones).

1.8.2 Tectónica

El yacimiento Moa Oriental se encuentra bajo la influencia de una gran falla que sigue la dirección del río Moa, a partir de ella se desarrolla otra estructura que sigue la dirección del arroyo los Lirios, ambas estructuras constituyen los límites del yacimiento por el Oeste y el Este respectivamente a partir de estas dos grandes estructuras se desarrollan pequeñas fracturas en todas las áreas que siguen la dirección de cañadas y arroyos como el de la Veguita.

En la génesis de este yacimiento representan un papel importante los fenómenos tectónicos porque para la desintegración y posterior lixiviación de la roca madre es necesaria una red de grietas que permitan que el agua y los demás agentes de intemperismos puedan actuar sobre ellas, en la formación del yacimiento Moa es evidente que estos fenómenos estuvieron presentes, porque aunque existe un predominio de los perfiles incompletos, se encuentran zonas donde es imposible observar el corte completo, lo que corrobora que para que este se formara los fenómenos tectónicos tuvieron que influir.

1.8.3 Minerales Útiles

La presencia de rocas ultrabásicas en la región determina sus minerales útiles principales. En primer lugar podemos citar las menas de hierro, níquel y cobalto asociadas a la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas.

Los yacimientos de cromitas refractarias, por su importancia, ocupan el segundo lugar. Todos los cuerpos y manifestaciones conocidas de cromita se agrupan en

cuerpos minerales, la mayor parte de los cuales se agrupan en las partes marginales de la intrusión ultrabásica.

En menor orden de importancia aparecen manifestaciones de asbesto crisotílico, pobre mineralización de cobre en la zona de los gabroides, fangos coralinos y zeolitas, localizándose importantes manifestaciones de este último en la zona de Farallones de Moa. Los fangos coralinos son utilizados en el proceso industrial de la Empresa Moa Nickel S.A. para neutralizar las soluciones después de lixiviar el Ni. Hasta el momento, no se ha podido detectar otros minerales útiles en la región.

1.8.4 Características hidrogeológicas

El yacimiento niquelífero Moa Oriental se encuentra situado en el complejo ofiolítico donde predominan las variedades de serpentinas, harzburgitas fuertemente serpentinizadas, existiendo en porciones reducidas serpentinitas crisotílicas y zona de intensa carbonatización de las serpentinitas. Sobreyaciendo a todas estas variedades litológicas se encuentra la corteza de intemperismo laterítica que varía desde 1 hasta 42.00 m, predominando los espesores de 2 hasta 10 m.

La corteza de intemperismo está constituida por Ogres Estructurales finales e iniciales, así como por Ogres Inestructurales con y sin perdigones de hierro de diferentes tamaños.

En este yacimiento se desarrolla el complejo acuífero de los horizontes litológicos presentes en la corteza laterítica, la que es infrayacida por las rocas fracturadas del complejo ofiolítico. La Laterita está constituida por los Ogres Inestructurales con y sin perdigones así como los Ogres estructurales.

Según los estudios Hidrogeológicos que se han realizado para la explotación del yacimiento Moa Oriental se pudo apreciar que el agua se encuentra presente en los Ogres estructurales, en el contacto de este con las rocas Ofiolíticas y en estas, y que los Ogres Inestructurales constituyen la zona de aereación las cuales se inundan en épocas de lluvias y descargan sus aguas muy rápidamente. De acuerdo con estos estudios, efectuados durante las prospecciones y exploraciones geológicas, en la red de 66x66 y 16x16, en los cuales el nivel del agua está próximo a las profundidades

de los pozos, se ha podido apreciar también que las aguas subterráneas asociadas a los metros del Ocre estructural y en el contacto de la roca del basamento.

Durante el estudio del comportamiento del nivel en el tiempo según el informe de exploración orientativa y detallada del yacimiento Moa Oriental del año 1992, se pudo apreciar que los niveles en un mismo pozo oscilaban en el año con diferencia de 5 a 6 metros, lo que estaba relacionado con los períodos estacionales.

Haciendo un análisis de las propiedades acuíferas de las aguas podemos definir zonas de alta acuosidad dadas por su gasto específico con valores mayores de 216 metros cúbicos por días.

De acuerdo con el estudio del comportamiento de los niveles en el tiempo en la exploración detallada desde el año 1985 hasta 1987 se pudo apreciar que los niveles oscilan frecuentemente en cortos períodos de tiempo, por lo que el acuífero se carga rápidamente lo que está relacionado directamente con las precipitaciones atmosféricas.

Las cotas del nivel del agua en la parte Sur del yacimiento oscilan entre 300m y 260 m, siendo las cotas del nivel del terreno de 350 a 250m . En la parte central del yacimiento las cotas del nivel del agua están entre 220m y 140m, aproximadamente y en la parte más baja del yacimiento las cotas del nivel del agua entre 60 a 0 m, mientras que las cotas del terreno están entre 150 y 50m.

1.8.5 Características hidrológicas del yacimiento

El yacimiento Moa Oriental limita al este con el río Moa, para el cual se ha estimado un caudal medio de $11.4 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual drena una cuenca de 288 km^2 , al Este con el río los Lirios el cual posee una cuenca de 9.12 km^2 y según los cálculos el caudal es de $0.188 \text{ m}^3/\text{s}$ en la parte central del yacimiento se encuentra el arroyo Jicotea el cual drena un área total de 6.95 km^2 con un caudal estimado de $0.134 \text{ m}^3/\text{s}$. En la parte central y oeste del yacimiento se encuentra el arroyo del oeste drena una cuenca de 0.71 km^2 con un caudal calculado de $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$. En la parte Sudeste del yacimiento se encuentra el arroyo Revuelta de los chinos cuyas cuencas arenal es de 11.41 km^2 y un caudal de $0.267 \text{ m}^3/\text{s}$.

Todos los caudales dados anteriormente fueron tomados del estudio de impacto ambiental del yacimiento Moa Oriental, donde se plantea que fueron calculados por el método de J. M. Batista. Todos los ríos y arroyos mencionados anteriormente son afluentes del río Moa, el arroyo Jicotea es alimentado por numerosas corrientes.

En el río los Lirios y el arroyo Jicotea se hicieron mediciones aguas arriba obteniéndose caudales de $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.0076 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente y en uno de los afluentes del Jicotea se realizaron mediciones agua arriba en el punto R-2 y aguas abajo en el punto R-1 observándose diferencias de $0.007708 \text{ m}^3/\text{s}$. En el arroyo de la parte Oeste del yacimiento se midió aguas arriba siendo de $26 \text{ m}^3/\text{días}$. Todas estas mediciones se hicieron el mismo día y en periodo de seca.

1.8.6 Interpretación sobre la génesis del yacimiento

Moa Oriental es por naturaleza un yacimiento de meteorización su génesis puede interpretarse como la destrucción y posterior transformación de las rocas del basamento o substrato, general por la acción de la energía de los agentes atmosféricos, hídricos y biogénicos los que dieron lugar al surgimiento de nuevas rocas con textura, estructura, una composición mineral y química propias.

No existen perfiles complejos, no son considerables las cortezas redepositadas lo que evidencia un origen aluvial del yacimiento.

1.8.7 Grado de desarrollo de la corteza de intemperismo

La corteza de los yacimientos lateríticos del norte de Holguín, presentan cuatro zonas principales que pueden ser descritas microscópicamente debido a la variación de color y la textura de la corteza, coincidiendo con la variación del contenido de níquel en ella.

Zona superior (primera)

Representa una coloración marrón oscuro, con abundantes concreciones con óxidos e hidróxido de hierro, que frecuentemente se hallan cementado entre sí por una materia ferruginosa de similar composición al de las concreciones, tienen una potencia variable, es la vía de entrada del agua de filtración, así como la zona de

evaporación por lo que está sujeta al movimiento ascendente de las soluciones mineralizadas.

En la parte inferior, las concreciones se hacen más pequeñas y menos numerosas, predominando el material terroso de composición similar.

Segunda zona

Sigue a la anterior en la profundidad, está formada por materiales de carácter terroso con alta humedad, predominando la coloración amarilla, su potencia es variable.

Tercera zona

Formada por serpentinas descompuestas, su coloración y consistencia varía con relación al grado de alteración, dentro de la serpentina se presentan grietas y bolsones con materiales lateríticos. Su potencia es aun más irregular que las anteriores, transiciona a las serpentinas duras y compactadas de las que derivaran. En ellas se encuentran numerosas grietas, rellenas con silicatos de magnesio hidratado de color blancuzco y verdoso.

Cuarta zona

Aquí se ubica la roca madre y compacta extendiéndose en profundidad hasta niveles indeterminados.

La erosión del río Moa expone cortes de más de 200m de espesor, otros cortes similares se observan en el cauce del río Levisa.

1.8.8 Corte Típico

El área del yacimiento está compuesta por las peridotitas serpentinizadas en la superficie de las cuales está ampliamente desarrollada la corteza de intemperismo laterítico. Las ultrabásicas son las rocas madres de dicha corteza, se encuentran separadas en grandes bloques por un sistema de fallas tectónicas, estas rocas a causa de su diferenciación tectónica vertical se han encontrado en diferentes condiciones geomorfológicas e hidrogeológicas. A causa de esto, la estructura del perfil de la corteza de intemperismo por la horizontal varía de un bloque a otro alcanzando un desarrollo homogéneo el horizonte de las lateritas.

- **Menas lateríticas de balance (LB):** pueden aparecer con alto contenido de MgO y SiO₂, son generalmente ricas en Fe, Ni y Co; en Pronóstico estas menas son muy ricas en Ni pero con menor contenido de Co.
- **Menas serpentiniticas de balance (SB):** Son menas donde el níquel posee los más altos contenidos. El silicio y el magnesio en Moa Oriental puede alcanzar valores máximos de 36 y 26% respectivamente.
- **Menas lateríticas fuera de balance (LF):** En comparación con la mena LB, los elementos nocivos MgO y SiO₂ tienen una concentración discretamente menor, la de Al es algo mayor y tiene un alto contenido de Co. Es la de mayor contenido de Fe₂O₃.
- **Menas ferrosas de balance (FB):** Son menas ferrosas que se acompañan de un alto contenido de Al y SiO₂, aunque esta última se encuentra en menor cantidad que los otros tipos de menas.
- **Rocas estériles (RE):** Tienen bajo contenidos de Ni, Fe y Co y altos de MgO y SiO₂.

1.8.9 Características físico - mecánicas de las rocas

El alto grado de intemperización que presenta la roca dificulta la determinación del agrietamiento. En el contacto de la corteza de intemperismo y el basamento, se presenta una faja discontinua muy alterada con características friables y deleznales, a medida que se profundiza aparece la roca fresca pero agrietada, las que desde el punto de vista ingeniero - geológico presentan una buena estabilidad por su dureza y solidez.

En los horizontes limoníticos se producen fenómenos físico - geológicos muy diferentes a los ocurridos en el basamento, desfavorables al proceso de explotación, entre los que encontramos deslizamientos, derrumbes, etc. Estos fenómenos que ocurren en las lateritas indican que durante la explotación es necesario tomar una serie de medidas que garanticen la estabilidad del mineral útil.

Es característico que el peso volumétrico varíe significativamente por tipo litológico, lo 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 varia en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico. En algunos yacimientos el coeficiente de esponjamiento obtenido en el escombros es similar al de las menas que componen el mineral útil.

1.8.10 Características de las rocas del substrato

Las litologías a partir de las cuales se formaron las potentes cortezas de intemperismo que hoy constituyen los yacimientos lateríticos de Hierro, Níquel y Cobalto de la región de Moa están constituidas fundamentalmente por peridotitas serpentinizadas y subordinadamente, dunitas y piroxenitas.

Microscópicamente son rocas densas y masivas de granos finos y generalmente agrietadas en diferentes grados. El color de la roca fresca es de gris verdoso a gris oscuro, en ocasiones hasta negro. La masa volumétrica de estas rocas oscila entre 2,41 y 2,58 g/cm³. Bajo el microscopio es común observar una textura de enrejado, con finas vetillas de serpentina en los centros de cuyas mallas se encuentran núcleos de olivino y piroxenos.

En la composición mineral aparecen los minerales del grupo de la serpentina (crisotilo, lizardita, antigorita, etc.) cuyo contenido comúnmente alcanza el 60 %. Los minerales primarios a veces representan el 5-30 %, en casos raros pueden alcanzar hasta 50 %. En pequeñas cantidades aparecen en su composición cromo espínelas y magnetita en forma de granos independientes y pequeños agregados.

El agrietamiento es una regularidad textural de las litologías ultramáficas del complejo ofiolítico, que contribuyó de forma importante a los procesos de serpentización y laterización de las ultramafitas, originando las cortezas lateríticas ferro níquelíferas.

1.8.11 Parámetros geomorfológicos

Se caracteriza por tener relieve suave y ondulado, y gradualmente ascendente de norte a sur desde los 50 m de elevación sobre el nivel de mar hasta

aproximadamente 300 m. Hacia el oeste la topografía disminuye bruscamente hasta cerca del río Moa, mientras que el límite hacia el este se caracteriza por tener pendientes más suaves dirigidas hacia el río Los Lirios. Internamente la zona se encuentra formada por diferentes elevaciones y crestas divididas por quebradas que drena hacia el río Moa.

1.8.12 Propiedades de los suelos

El área del yacimiento de Moa Oriental ocupa una gran parte de las premontañas escalonadas septentrionales de la Altiplanicie del Alto de la Calinga, caracterizada, desde el punto de vista edafológico, por el predominio de los suelos del agrupamiento ferríticos.

Estos suelos han sido redefinidos recientemente por Hernández et al.(1995) como Ferríticos Rojos Oscuros en la nueva versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba: Resolución Ministerial PCN No.42/ 95.

Desde el punto de vista de su potencial agrícola, puede decirse que estos suelos poseen un lavado intenso de las bases alcalinos-térreas y una baja fertilidad natural. Por otra parte, la cantidad excesiva de Fe_2O_3 bloquea casi todos los elementos básicos para la alimentación de las plantas , principalmente la asimilación del P_2O_5 .

El área del yacimiento de Moa Oriental está caracterizada por la existencia de una cobertura edáfica ferrítica lixiviada típica, sobre los restos de las superficies de planación premontañosas, y por la presencia de los suelos poco evolucionados, esqueléticos naturales, en las laderas y pendientes más abruptas.

En términos generales, los perfiles típicos de los suelos ferríticos del yacimiento poseen las siguientes características (tabla No 1).

Tabla No 1: Descripción general del perfil del suelo ferrítico.

Horizonte	Prof (cm)	Descripción del perfil
A	0-10	Poco sistema radicular, capa vegetal (A ₀ - A ₀₀) muy delgadas (1mm), constituida fundamentalmente de acículas de pino, la estructura de los agregados es granular, estable, sin perdigones, la textura es franca arenosa, color rojo oscuro, con Hue 2,5 YR 3/4 (entiéndase value =3, chroma =4), no es pegajoso al tacto, no se observan canales de lombrices, no hay caracoles, ni otras macro formas de vida.
B ₁	10-30	Muy poco sistema radicular, la estructura es poliédrica pequeña, poco estable, abundantes perdigones ferro mangánicos (más del 5%) textura franca arcillosa, el color es rojo oscuro, con Hue 2,5 YR 3/6, no es pegajoso al tacto, sin canales de lombrices.
B ₂	Más de 30	No tiene sistema radicular, la estructura es granular –nuciforme pequeña, estable textura franca arcillosa, menor contenido de perdigones ferro mangánico, etc color similar al B ₁ , sin canales de lombrices.

Los suelos ferríticos distribuidos en el área del yacimiento de Moa Oriental, se caracterizan por la presencia en ellos, del horizonte de diagnóstico sub-superficial Ferrítico (horizonte B Ferrítico; endopedón oxidico en la Séptima Aproximación Norteamericana), el cual posee las siguientes características físico –químicas:

- Presencia de nódulos ferroginosos que representan menos del 20% del volumen de la masa del suelo.
- Tiene más de 50% de sesquioxidos de hierro.

- Capacidad de intercambio menor de 12 cmol(+)Kg⁻¹ en arcilla.
- La composición de minerales secundarios está representada por hematita, geotita, gibbsita y trazas de minerales arcillosos 1:1.
- Relaciones moleculares en arcilla SiO₂ /Fe₂O menor que 2 y SiO₂/R₂O₃ menor que uno.
- Grado de saturación por bases mayor de 50%.
- Valores cercanos de pH en agua y en cloruro de potasio.
- Estructura de agregados finos, poco estables.
- Este horizonte debe ser al menos de 10 cm de espesor si descansa directamente sobre la roca madre.

Tabla No 2: Indicadores ambientales claves promedios de 112 muestras de suelos ferríticos tomadas en profundidades hasta de 15 metros.

SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	Ni,Cr,Co	Coloides	PH en	CCB
%	%	%	%	%	H₂O	Mq/100g
3.6	11.9	64.9	1.1	55-70	6.1	menor de 3

Como se aprecia, estos suelos poseen una muy baja capacidad de bases cambiables (CCB), lo que se traduce en una también muy baja fertilidad natural. El pH en agua es ligeramente ácido, aspectos este de importancia en cuanto a las medidas a tomar para la rehabilitación.

Suelos Esqueléticos (lithosoles)

En las áreas de pendientes inclinadas del yacimiento, se distribuyen los suelos poco Evolucionados Esqueléticos, los cuales presentan, en general el perfil siguiente:

Tabla No 3: Descripción general del perfil del suelo Esquelético.

Horizonte	Prof (cm)	Descripción del perfil.
A	0-5	Abundante sistema radicular, capa vegetal (A ₀ -A ₀₀) espesa (mayor que 3 cm) constituida fundamentalmente de hojas descompuestas y semidescompuestas del charrasco y de gramíneas, estructura es arcillosa, color pardo amarillento oscuro, con hue 10 YR ³ / ₄ , no es pegajoso al tacto , no se observan canales de lombrices, no hay caracoles, no reacciona al HCL, tiene algunos fragmentos de serpentinas.
AC	5-20	Poco sistema radicular, sin estructura de los agregados, textura arcillosa, color igual que en A, no es pegajoso al tacto, no hay canales de lombrices, no hay reacción al HCL, tiene abundantes fragmentos de serpentinas.

Se trata de los suelos de perfil ACD o AD, poco profundos (menos de 20 cm de solum) con alto contenido de gravas y fragmentos de la roca madre en superficie, donde hay poca alteración de los minerales primarios.

Estos suelos , aparecen en niveles fuertes de pendientes (15° a 35°), rodeando las superficies ínter fluviales de los ríos Moa ,Jicotea y Los Lirios, entre los 150 y 400 m de altitud.

Tabla No 4: Análisis de fertilidad promedio del Lithosol sobre serpentinitas.

Hor	Prof (cm)	M.o (%)	N% (total)	%C	C/N	CCB (suelo)	Gr de satur %	P ₂ O ₅ (asim)	K ₂ O (asim)	Microele (ppm) Zn	Cu	Bo
AC	0-20	5.0	0.206	2.9	14.08	24.34	66.7	1.43	3.02	0.5	4.1	0.08

No- numero de muestras.

Hor- horizonte.

Prof- profundidad.

M.O- materia orgánica.

C/N- relación carbono – nitrógeno.

CCB- bases de cambio.

Meq/100g- mili equivalente por cada 100g.

P₂O₅(asim)- fósforo admisible.

K₂O- potasio admisible.

ppm – partes por millón.

Gr de satur – grado de saturación por bases.

En general, y como se aprecia en la tabla anterior los Lithosoles sobre ultrabásicas son suelos algo fértiles, con alta saturación por bases (mayor de 50 %) y alto contenido de materia orgánica(5.0%), moderada disponibilidad de Nitrógeno total (0.026%) etc; sin embargo, son suelos muy poco productivos, debido fundamentalmente a la manifestación extrema de algunos factores limitantes para los cultivos agrícolas , tales como la poca profundidad efectiva y pedológica, rocosidad, pedregosidad , intensa erosión y muy baja disponibilidad de Fósforo y Potasio.

CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA MINERÍA ACTUAL DEL YACIMIENTO.

2.1 Introducción.

El yacimiento Moa Oriental entró en explotación en octubre del año 2000, un mes antes habían comenzados los trabajos de destapes, se caracteriza por tener un relieve suave y ondulado y gradualmente ascendente de norte a sur, hacia el oeste la topografía varía bruscamente hasta cerca del río Moa, mientras el límite hacia el este se caracteriza por pendientes más suaves dirigida hacia el Río los Lirios, internamente la zona se encuentra formada por diferentes elevaciones y crestas divididas por quebradas.

Por razones climáticas generalmente predominan dos afectaciones fundamentales: la generación de polvo en los periodos secos y la creación de embalses, y zonas minadas en los periodos de intensas lluvias, pero ello no constituye un peligro para garantizar la producción ni para la seguridad de las operaciones.

2.2 Sistemas de explotación

El sistema de explotación que se utiliza en este yacimiento difiere sensiblemente de la minería tradicional aplicada en los yacimientos lateríticos cubanos.

La primera diferencia radica en el equipamiento minero utilizado (retroexcavadora - camión).

El escombreo y la extracción se realizan mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez. La carga de los camiones se realiza en el nivel inferior y a 90° con respecto al punto de extracción, en periodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede realizar a nivel de plataforma.

La apertura de nuevos bancos y frentes de minería se efectúa a través de trincheras longitudinales interiores o exteriores, posteriormente serán ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente.

Este sistema prevé la extracción del mineral y los trabajos de destape a través de bancos de 3m de altura divididos en bloques de 8x8m, con este sistema el control topográfico de la minería desempeña un rol fundamental en el aseguramiento de la

calidad del mineral ya que se requiere la ubicación especial preciso de cada bloque primario.

Otra diferencia sustancial con el sistema tradicional consiste en la no ejecución de caminos secundarios para el desplazamiento de un banco a otro, se utilizan accesos temporales que desaparecen con el avance de la minería.

La altura de los bancos será siempre de 3 m tanto para el escombreo como la extracción, la cual ha sido determinada en función de diferentes parámetros, como: dimensiones del equipamiento - altura de camión y radio de alcance de la excavadora fundamentalmente; seguridad de las operaciones mineras - maniobras, visibilidad y paso de un banco a otro; estabilidad de los taludes - el ángulo que se obtiene es casi vertical (85° aproximadamente) pero es estable, y otros factores que permiten disminuir el riesgo de contaminación en las zonas de contacto escombromineral y las pérdidas de mineral y que facilitan las actividades de control de la calidad y topografía.

2.3 Parámetros fundamentales de explotación.

La altura de los bancos es siempre de 3 m tanto para el escombreo como la extracción, la cual ha sido determinada en función de diferentes parámetros, como: dimensiones del equipamiento - altura de camión y radio de alcance de la excavadora fundamentalmente; seguridad de las operaciones mineras - maniobras, visibilidad y paso de un banco a otro; estabilidad de los taludes - el ángulo que se obtiene es casi vertical (85° aproximadamente) pero es estable, y otros factores que permiten disminuir el riesgo de contaminación en las zonas de contacto escombromineral y las pérdidas de mineral y que facilitan las actividades de control de la calidad y topografía.

Plataforma de trabajo - Cuando la carga se realiza desde el banco superior el ancho de la plataforma de trabajo no debe estar en un rango mínimo de 8 a 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 de la plataforma sea de 16 metros.

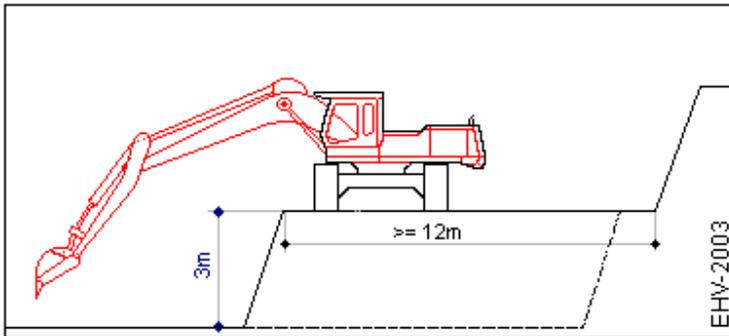


Fig. Plataforma de trabajo.

Explotación con Retroexcavadoras.

Altura de banco - La altura de los bancos va a ser siempre constante, de 3 metros, tanto para el escombrecimiento como para la extracción, debido a : la Altura del camión a utilizar (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 menas.

Angulo de talud - El talud por su pequeña altura tendrá una inclinación generalmente superior a los 85°.

Plataforma de trabajo - Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo será de 12 metros. Cuando 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 será de 16 metros.

Fases de minería

Desbroce:

Esta operación se lleva a cabo con el buldózer **Komatsu 56`D125 E-2**, el cual presenta las características técnicas siguientes:

Dimensiones:

- Largo: 60060 mm.
- Ancho: 3500 mm
- Potencia: 225 HP/2000 r.p.m.

- Datos de la hoja:
- Largo: 4365 mm
- Alto: 1210 mm

Escombros:

Dicha operación se realiza con el mismo equipamiento que se utiliza para la minería (buldózer, retroexcavadora y camión).

Arranque y transporte:

El arranque y transporte se realizarán con retroexcavadoras Liebherr 984 con los siguientes:

Parámetros:

- Volumen del cubo: $V_c=6m^3$.
- Duración del ciclo de trabajo: $T_c=40$ seg.
- Longitud de la pluma: $L_p=8000$ mm.
- Ancho del cubo: $A_c=2600$ mm
- Alcance máximo durante el arranque: 6m.
- Productividad : 203 000 t/mes.

Transporte automotor:

El mineral es transportado a través de los camiones articulados VOLVO BM A35C.

Características técnicas del camión.(VOLVO BM A35C)

- Capacidad de carga:32t.
- Volumen de la caja:21m³ .
- Fórmula de ruedas:6x6
- Potencia del motor:228Kw=306Hp

- Tara –25700 Kg.
- Coeficiente de tara:0,8.
- y generalmente se aparta con el mismo buldózer hasta los límites de la minería.

Control de Erosión y Sedimentos:

La empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A. está implementando medidas en aras de mejorar progresivamente el comportamiento medioambiental de las operaciones mineras para cumplir con los estándares internacionales relacionados con el medio ambiente, como parte de las mejoras medioambientales, se está llevando a cabo un Programa de Control de Erosión y Sedimentación (PCES) para un nuevo desarrollo minero en los yacimientos Moa Oriental, previstos en el Plan de Minería del año 2004 .

La topografía prevaleciente en la zona de los yacimientos, la intensidad de las lluvias, y las grandes áreas expuestas a la minería, potencian enormemente el arrastre de sedimentos y la erosión de los suelos.

Los principios generales para el Programa de Control de Erosión y Sedimentación (PCES) Efectivo son los siguientes:

- Minimizar las Perturbaciones.
- Control de Drenaje.
- Prevención de la Erosión.
- Recolección de Sedimentos.
- Rehabilitación Progresiva.

El principal objetivo es proteger al medio ambiente (que incluye a los habitantes de la región) de los impactos negativos causados por la minería, entre los objetivos generales tenemos:

- Minimizar la carga de sedimentos desde las operaciones mineras al ambiente.
- Integración del PCES con las operaciones mineras para mantener la eficiencia en la producción.

- Establecimiento de superficies rehabilitadas estabilizadas y protegidas que requieran el mínimo o ningún mantenimiento.
- Utilización de materiales locales en el diseño y construcción.
- Implementación de soluciones de costo efectivas.

Los componentes principales del PCES en Moa Oriental prevé la ejecución de canales de desvío y colección, barreras artificiales para la recolección de sedimentos y prevención de la erosión, sedimentadores en las áreas que lo requieran, cercas de sedimentos, tratamiento de las pendientes, diseño de las escombreras observando los parámetros necesarios para la disminución de la erosión.

CAPITULO 3. Diseño del sistema de explotación del Área 10.

3.1 Introducción

El diseño de una mina tiene múltiples facetas y objetivos entre las cuales se destacan de manera significativa el método de explotación, el cálculo del equipamiento y el dimensionamiento geométrico.

Anteriormente la selección del método para la explotación de un yacimiento se basaba en la revisión de las técnicas aplicadas en otras minas y en la experiencia conseguida sobre yacimientos similares, dentro de un entorno próximo. Actualmente, como la inversión de capital que se necesita para abrir una mina o para cambiar el método de explotación existente son muy elevados y las influencia que estos tienen sobre los costos de extracción son muy importantes, es necesario que dicho proceso de selección responda a un análisis sistemático y global de todos los parámetros específicos del yacimiento: geometría del cuerpo mineral y distribución de leyes, propiedades geomecánicas del mineral y rocas encajantes, factores económicos, limitaciones ambientales, condiciones sociales etc.

La variabilidad de estos parámetros y la dificultad de su cuantificación total, han impedido el desarrollo de reglas rígidas y esquemas precisos de explotación aplicables en cada yacimiento en particular. No obstante, los avances logrados en las diferentes ramas de la ciencia durante la última década han permitido establecer unos métodos generales de explotación y unos procesos numéricos de selección válidos durante la etapa de viabilidad de un proyecto.

Para la explotación del sector en cuestión se utilizará la maquinaria existente en la empresa, la cual está constituida por técnicas de avanzada a escala mundial y que de acuerdo a la experiencia obtenida en otros sectores del yacimiento ha mostrado una alta eficiencia y compatibilidad con las condiciones minero geológicas y ambientales del yacimiento.

3.2 Caracterización del área 10

El área de estudio se encuentra ubicado en la parte central del yacimiento Moa Oriental, ocupa un área de 388 833 m², limitada en el extremo oeste por el Río Jicotea, al norte y al sur por afluentes del mismo río, al este limita con otros sectores

de minería futura; para su explotación se proyectó un camino principal que va hacia la fábrica, la planta de pulpa y el yacimiento Moa Occidental. (Anexo-2)

Según el sistema de coordenadas de Lambert, la región de los trabajos se encuentra limitada por las siguientes coordenadas:

Norte: 7500 – 8366

Este: 11100 – 12250

Las pendientes varían gradualmente entre las cotas 259 – 119 (de este a oeste). Por lo general los perfiles de la corteza son completos. La potencia promedio del mineral del área es 2.4 m.

Los contenidos de níquel se mantienen prácticamente de forma constante, con valores que varían entre (0.99 - 1.21%) y el hierro entre (43,5 – 44,4%).

En cuanto a la clasificación del área del yacimiento en el cual se enmarca nuestro trabajo, desde el punto de vista de su explotación puede realizarse atendiendo a diferentes criterios, entre los que se encuentran.

Por el relieve del terreno original: se clasifica como inclinado por encontrarse en un relieve relativamente suave.

Por su proximidad a la superficie: se define de superficial, ya que el material de recubrimiento nunca sobrepasa los 20 ó 30 metros.

Por su inclinación: inclinado, ya que los ángulos varían desde los 10° hasta los 20° sobre el plano natural.

Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento: no uniforme, porque la mineralización presenta cualidades distintas en algunas direcciones en planta o en profundidad dentro del depósito. En este caso se suele efectuar la extracción simultánea en varias zonas, para proceder a la mezcla y la homogenización de los minerales extraídos.

3.3 Estimación de las reservas y recursos del área

Todas las bases de datos utilizada en los cálculos fueron creadas en menor o mayor grado por la empresa Geominera, los cuales se obtienen a partir de las perforaciones

ordinarias de diferentes etapas de exploración, fundamentalmente de la red de 100 x 100 m y 33 x 33 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 66 x 66 m ó 33 x 33 desplazada, así como las de explotación en red de 16 x 16 m.

Para los cálculos en nuestro yacimiento se utilizó el nuevo concepto de níquel equivalente, que incluye el precio de los metales básicos (Ni y Co), además del cut-off, obteniéndose el valor de dicha fórmula:

$$Ni_{equi} = \%Ni + \%Co \times (P_{co}/P_{ni})$$

Donde:

P_{ni} y P_{co} – son los estimados del precio del níquel y el cobalto en el mercado internacional.

En este caso el cut -off de Ni, Fe y Ni_{equi} se aplican al coposito de las muestras que conforman cada bloque de 8 x 8 x 3 m del modelo de bloques. De este modo en nuestro yacimiento, se considera mena LB o mineral útil todo bloque con cut-off de Ni y Fe, pero Ni_{equi} ≥ 1.25 %, y estéril el que no cumpla esa condición.

Excepcionalmente se trata como estéril diferenciado a los bloques con Ni_{equi} ≥ 1.25%, pero con Ni ≥ 0.9 %, Fe ≥ 35.0 %, los cuales son considerados de valor económico en el futuro.

Los recursos se estimaron mediante el sistema integral minero (SIM), desarrollado en la subdirección de minas pero utilizando el método de bloques. Las dimensiones de los bloques son de 8 x 8 x 3 m y obedecen a criterios técnicos relacionados con el perfil geológico del yacimiento y la propiedades físico-mecánicas el mineral, así como los parámetros fundamentales del equipamiento minero. Ver tabla #5.

Tabla # 5: Balance de recursos minerales.

Sector 10		%Fe	%Ni	%Co
Recursos	1 325 400	43.5	1.21	0.125
Reservas	1 147 700	44,4	1.18	0.123

El procedimiento para la estimación de las reservas del yacimiento y de la fase se realizaron a través del SIM según el modelo de bloque, dentro de las cuales se incluyen, las franjas de protección medioambientales y restricciones por líneas eléctricas.

3.4 Dilución.

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados prácticos acumulados durante los años de experiencia en la explotación de estos yacimientos, con los valores siguientes:

Tabla #6 Factores de dilución.

Dilución	% Fe	% Ni	% Co
Coefficiente	1.021	0.986	0.973
%	+ 0.93	-0.017	-0.004

3.5 Capacidad de producción del área 10.

La capacidad de producción de la fase está sujeta al cumplimiento de las necesidades de Níquel dosificado, en aras de obtener los contenidos de Níquel y Cobalto dentro de las especificaciones del proceso metalúrgico, así como de un aprovechamiento máximo de las capacidades de los equipos en el turno de trabajo.

Las reservas de mineral estimadas dentro de los límites del área (1147700 t) representan el 20% de las necesidades para el plan de producción de la mina (3.3 millones t), por lo que se ha estimado que la capacidad de producción del área es de 2186 t/día, correspondiendo la otra parte de la producción a otros sectores que se explotaran simultáneamente.

3.5.1 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 las especificaciones así como la relación de Ni/Co y el volumen de mineral.

Sobre la base de 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.

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.

3.6 Régimen de los trabajos y plazo de explotación del área.

El régimen de trabajo para la explotación del Area-10 será continuo, que abarca los 365 del año en 2 turnos de 12 horas de trabajo cada uno, planificándose por la experiencia de la explotación en esta Empresa hasta 15 días improductivos al año, provocados por intensas lluvias que ocurren en la etapa invernal, en este periodo de tiempo los trabajadores son asignados a tareas de apoyo, al restablecimiento posterior de las actividades mineras, la actividad que más se afecta resulta ser la de escombreo, la cual incorpora todos sus trabajadores al apoyo en la extracción.

El plazo de explotación del sector está determinado a partir de la productividad necesaria por cada mes procedente de este sector, la cual fue obtenida de los planes estratégicos de la Mina (2186 t/mes).

Determinación de la duración de la explotación del Area-10.

$$Nm = \frac{R_{area}}{CP_{area}}$$

$$Nm = \frac{1147700}{2186}$$

$$Nm = 525 \text{ dias}$$

Planificación de los turnos de trabajo.

La organización de las operaciones mineras y de mantenimiento prevé dos turnos de 12 horas durante los 7 días de la semana, las brigadas de construcción de caminos y desarrollo geológico trabajarán un turno de 12 horas por día.

El cambio de turno a los operadores de equipos y chóferes de tiro de mineral salientes entregarán los equipos personalmente y directo en el área de trabajo.

3.7 Volumen de los trabajos.

El ciclo de explotación se puede definir como una sucesión de fase u operaciones básicas aplicadas tanto al material estéril como al mineral. 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.

Fases básicas:

- Desbroce.
- Escombreo y formación de escombreras.
- Arranque y carga.
- Transporte y almacenamiento.
- Como operaciones auxiliares tendremos: la construcción de caminos, drenajes, etc.
- Rehabilitación

Desbroce.

Esta actividad va a consistir en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa (25 a 40 cm 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 hierbas 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 buldózeres que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape, construcciones de caminos, etc. La operación se llevará a cabo con cierto desfase con respecto a la minería. (Anexo-3)

Escombros.

Durante el desarrollo de esta actividad se removerá un total de 335200 m³ de escombros con un coeficiente de destape muy bajo ($Esc/Min = 0.29$). Se puede decir que en cuanto al destape la planta metalúrgica, dentro de los parámetros tecnológicos y económicos, presenta índices específicos para el contenido de Fe, Ni y Co, la mena que no cumple con estos índices se considera escombros y son llevados a la escombrera ($Fe \geq 35 \%$, $Ni \leq 0.9 \%$, y el Co interviene en la determinación del Ni equivalente, conjuntamente con los precios de Ni y Co, como se explica en el acápite 3.3).

El destape consiste en arrancar la capa de los minerales lateríticos níquelíferos, los cuales son considerados fuera de balance por no cumplir con los requerimientos en cuanto al contenido de Níquel. 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. La misma se iniciará un mes antes de iniciarse la extracción para una reserva de áreas listas a minar suficientes como norma para tres meses de explotación. El sistema de extracción es similar al de la minería. (Anexo-4)

Construcción de caminos.

El diseño de las vías de transporte debe ser tal que las unidades de transporte que se utilicen se muevan sin perder el ritmo de la operación en condiciones seguras:

- Firme.
- Pendiente.

- Anchura de la vía.
- Curva: radios, peraltes y sobreancho.
- Visibilidad en curvas y cambios de rasante.
- Convexidad o bombeo.

Los dos primeros parámetros tienen que ver básicamente con el costo de transporte, pero también con la seguridad. La determinación de la pendiente óptima de una vía se realiza a partir de las curvas características de los vehículos, que considera la velocidad y la capacidad de frenado. Los mejores rendimientos y costos conjuntamente con las condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes menores o iguales a 8%, con una resistencia a la rodadura normal.

Para la proyección de los caminos se tuvo en cuenta las características del medio de transporte. Para lograr el acceso desde la fábrica hasta el yacimiento, se utilizó parte del camino principal que enlaza la fábrica con la planta de pulpa, parte del camino que va hasta el poblado de la Veguita y un camino proyectado desde este último hasta el área del yacimiento.

Para la explotación del área se construirá un camino secundario para el traslado de estéril a la escombrera. Su vida útil estará en correspondencia con el tiempo de explotación del área, dicho camino tendrá su conexión con el camino que de acceso al área de explotación.

Ancho de las vías.

$$A = a (0.5 + 1.5n)$$

$$A = 3.2 (0.5 + 1.5 \cdot 2)$$

$$A = 11.2 \text{ m}$$

Donde:

A - ancho total de la vía (m)

a – ancho del vehículo (3.2m)

n – número de carriles deseados (2)

B – ancho inferior del drenaje (1m)

D – distancia entre el eje del drenaje y el borde del vial (2.1m)

x – espacio de seguridad entre vehículos (1.35m)

h – profundidad de drenaje (0.5m)

A_1 y A_2 – ancho de cada vía

y – distancia entre el borde exterior del neumático y el borde del vial (0.7m)

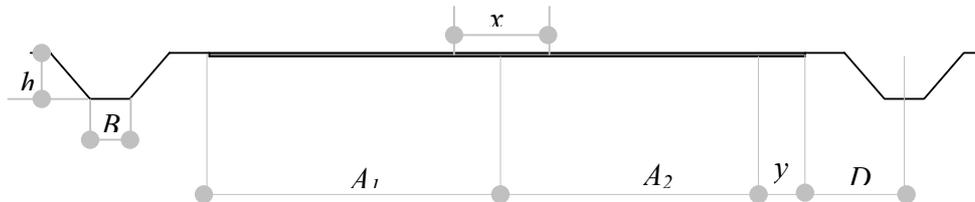


Fig.4- Caminos principales a utilizar durante la explotación.

Drenaje y Control de erosión y sedimentación

Por el efecto desestabilizador que posee el agua, que es además el principal medio de transporte de la contaminación, se diseñará un sistema de drenaje eficaz que impedirá la entrada de agua superficial mediante canales de cintura dispuestos ladera arriba.

En la escombrera se desalojará el agua de lluvia caída sobre la misma impidiendo acumulaciones e infiltraciones, lo cual se logrará dando una pendiente, plataforma y berma adecuada. Todo el sistema de drenaje se dirigirá hacia las piscinas o lagunas de sedimentación que se construirán en los perímetros de las áreas minadas.

Debido a la irregular topografía que presenta el yacimiento a la intensidad de las lluvias en esta zona y a la gran superficie de terreno que será dañada por la minería podemos afirmar que existe una elevada potencialidad de arrastre de sedimentos y erosión en esta zona para los próximos años.

Para la realización del diseño se cuenta con las informaciones necesarias, entre ellas:

1. Hidrología – para determinar el diseño de los flujos.
2. Topografía – para determinar las áreas de recolección de agua y localización de los componentes del PCSE.
3. Suelos – para determinar los requerimientos de control de erosión y sedimentación.

4. Vegetación - para la rehabilitación a largo plazo.
5. Plan de Minería - entender los cambios del paisaje ocasionados por las operaciones mineras.
6. Control de Sedimentación:
7. Eliminación de partículas mayores de 0.02 mm.
8. Medidas a corto plazo (6-12 meses de vida para el período operacional):
9. Tormentas de 1 en 5 años para el control de sedimentos.
10. Medidas a largo plazo (< 10 años para el período de rehabilitación):
11. Tormentas de 1 en 10 años para el control de sedimentos.
12. Tormentas de 1 en 50 años para la capacidad del aliviadero.

Arranque y carga.

Esta consiste en extraer del suelo natural el mineral para su posterior transportación a la planta de pulpa, las dos operaciones (arranque y carga) serán realizadas por retroexcavadoras de tipo LIEBHERR 984, también se contará de forma auxiliar de un buldózer para la preparación de la plataforma de carga . (Anexo-5)

El desarrollo de la minería en el área, se realizará por frentes continuos a través de bancos múltiples; las excavadoras van a moverse de sur a norte y viceversa, con avance del frente de este a oeste, de tal forma que se aproveche cada vez más la cercanía al camino principal que atraviesa el yacimiento. Durante el trabajo con la retroexcavadora el talud de explotación tendrá un ángulo de aproximadamente 85 a 90°.

El método y carga más utilizado será arranque y carga inferior lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hace menos compleja. El movimiento del transporte dentro de los límites del laboreo puede ser cerrado o continuo.

Transporte.

Esta es la actividad que posee en la actualidad una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, y que puede cifrarse entre el 35 % del costo total incluso de la inversión en equipos principales. Esta operación se basa en el traslado de los diferentes materiales hasta la planta de pulpa o los depósitos, en caso de mineral, o hasta la escombrera, en caso de estéril. La misma será realizada por camiones de tipo Volvo BM A35C de 32t de capacidad.

Diseño y formación de escombreras.

En el área de explotación es necesario la construcción de una escombrera interior donde se depositará el 90 % del escombros total del Área, el resto (10%) del escombros a remover durante la apertura, se depositará en escombreras interiores de zonas anteriormente minadas. El diseño de escombrera se realizará según tecnología recomendada por la firma de consultoría Knight Piésold.

Parámetros de la escombrera:

- Altura del banco o capa (3m)
- Talud con pendiente (2:1=26.6°)
- Bermas de 4m entre el borde superior de cada capa y con una pendiente hacia el interior de 0.5%

Las escombreras interiores formaran parte de lo que es la rehabilitación de las áreas minadas, y se formaran de manera similar que las exteriores, pero al final la superficie debe adoptar una forma muy parecida a la de la superficie del terreno original, como se muestra en la figura.

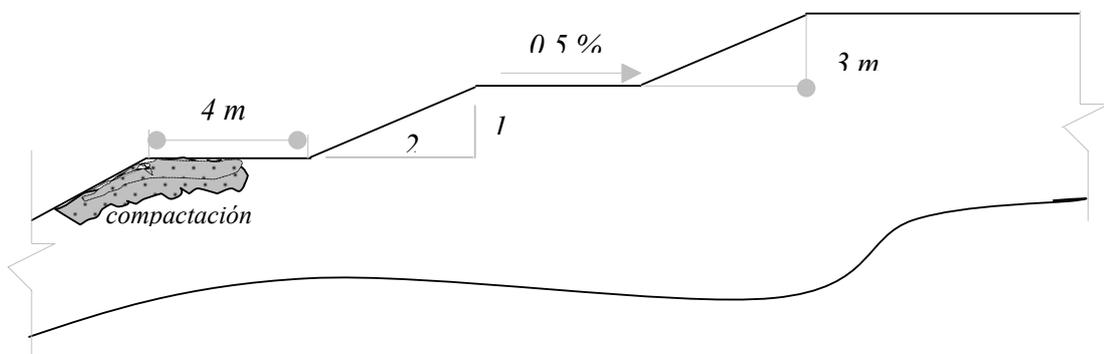


Fig. Esquema de la escombrera.

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. (Anexo-6) Este procedimiento es aplicable en Moa Oriental, en lo demás yacimientos la rehabilitación se realiza depositando capa vegetal directamente sobre las zonas agotadas sin reservas de serpentina para su uso posterior, a continuación se realiza la reforestación.

3.8 Fundamento del método de explotación seleccionado.

La característica del yacimiento (Area-10) expuestas al principio de este trabajo no permite otro método que no sea a Cielo Abierto. En este caso considerando la potencia promedio de mineral del área en cuestión, alrededor de 2,4m, 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 minería de la Empresa Moa Nickel S.A. Cmdte. Pedro Sotto Alba, el desarrollo de la minería se hará en sentido contrario a la pendiente del terreno, el desplazamiento de los frentes de trabajo será en dirección horizontal.

3.9 Apertura del sector.

La apertura de campo de mina se entiende por el laboreo de las excavaciones mineras que permiten el acceso del transporte desde las superficie de la tierra, o desde la plazoleta industrial de la mina hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otro sector sin explotar y que garantice la preparación del frente de trabajo. El método de apertura se encuentra estrechamente vinculado con el sistema de explotación, con el tipo de transporte, condiciones de yacencia del cuerpo mineral y el régimen de trabajo. 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 periodo de explotación y habitualmente se modifica en dependencia de las condiciones concretas de un banco u otro.

La apertura para la explotación minera 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 preparación de pulpa.

La apertura como tal comienza con la preparación de una plataforma en el banco 56 (cota +233), en el extremo sureste del Area-10 que es a su vez parte más alta del área, lo cual se realizará con un buldózer. Este buldózer realizará además el desbroce de esta parte inicial y continuará realizando el mismo trabajo en el resto de área.

Sobre la plataforma preparada con el buldózer se posesionará la retroexcavadora que comenzará con el escombrecido de los bancos 56, 57 y 58, los cuales destapan las primeras reservas minerales localizadas en el banco 57.

El inicio de la remoción de escombros se realizará ubicando la retroexcavadora en el extremo Norte del banco 56 para comenzar con el escombrecido de los primeros bloques de norte a sur avanzando hacia el este, ver perfil a continuación.

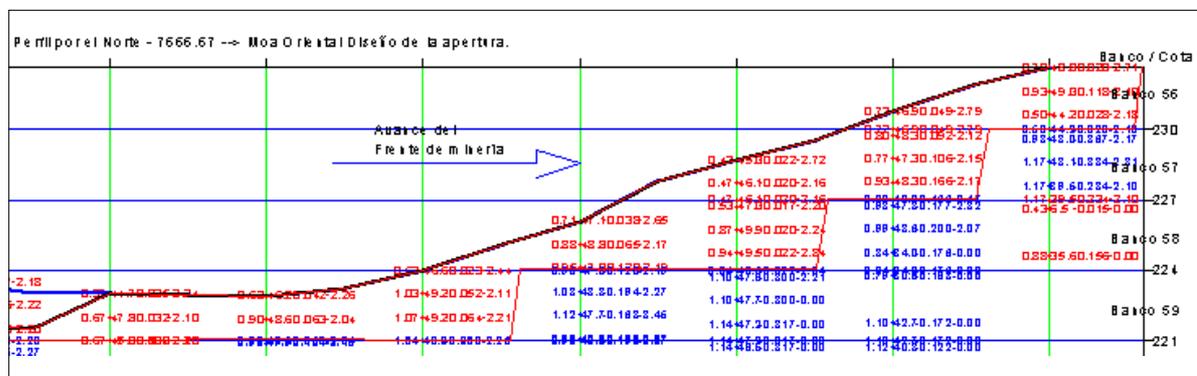


Fig. Perfil para el diseño de la apertura del Area-10.

Conjuntamente con el escombrecido se procede a la construcción de trincheras o accesos que comunican un banco con otro y a su vez se accede al camino principal, con lo cual es posible iniciar la extracción del mineral.

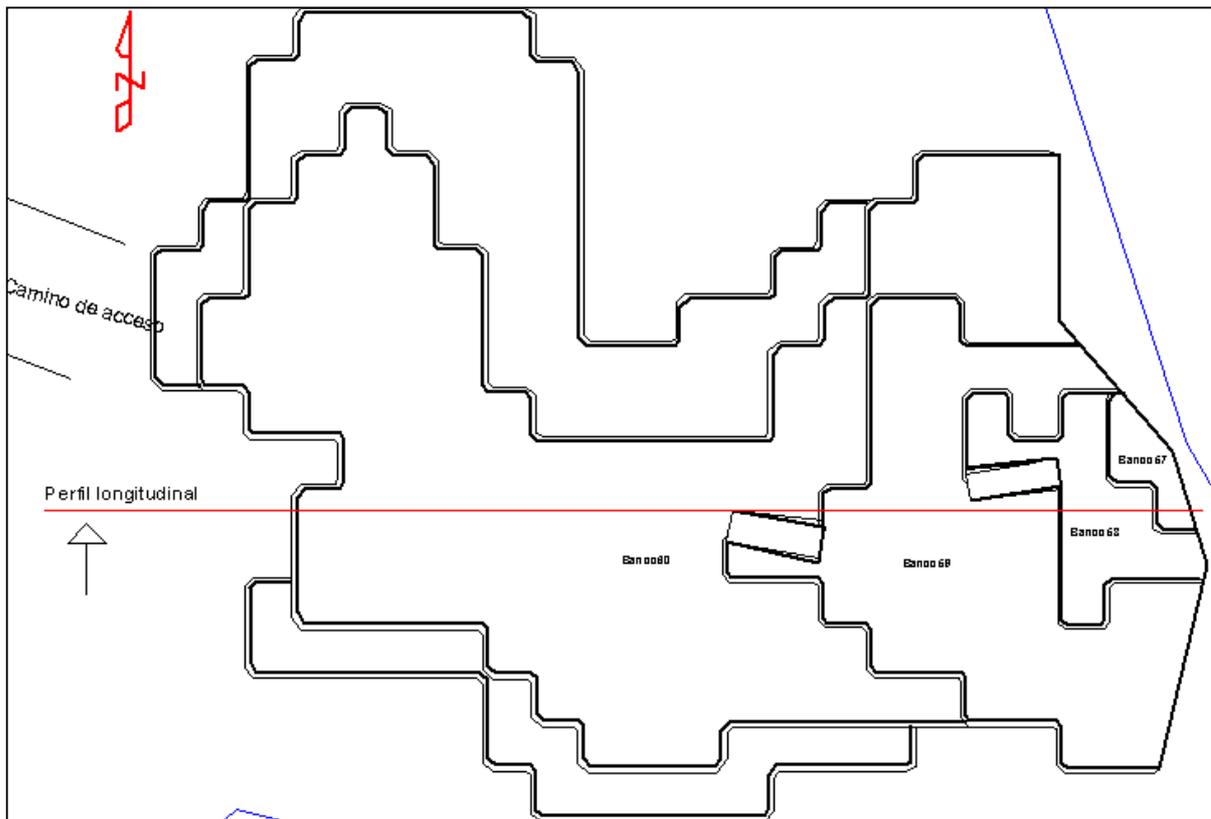


Fig. Diseño de apertura y construcción de rampas de acceso a los primeros bancos expuestos.

3.10 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 explotables.

Parámetros geométricos que configuran el sistema de explotación:

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 bloque para su explotación de 8x8x3 m (ancho, largo y profundidad).

Altura del banco.

Es la distancia vertical entre dos niveles, la misma se establece a partir de las dimensiones de los equipos de excavación carga, las propiedades físico-mecánica de la mena, las condiciones de yacencia, la cantidad de horizontes de trabajo simultáneos, y fundamentalmente la altura máxima que alcanza el cubo o cuchara de la retroexcavadora. En nuestro caso teniendo en cuenta la potencia el banco tendrá una altura de tres metros, a pesar de que el alcance máximo de la retro es de 5 metros, tomamos la de 3 metros por la inestabilidad del macizo, y por las ventajas que nos ofrece 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.

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 de la plataforma sea de 16 metros.

Otros índices fundamentales del sistema de explotación.

Velocidad de desplazamiento del frente de arranque.

$$V_{fa} = \frac{Q_{exc}}{A * h}$$

$$V_{fa} = \frac{66953}{30 * 3}$$

$$V_{fa} = 743.9 \text{ m/mes}$$

Velocidad de desplazamiento del banco.

$$V_{fe} = 12 * \frac{Q_{exc}}{L_b * h}$$

$$V_{fe} = 12 * \frac{66953}{100 * 3}$$

$$V_{fe} = 2678 \text{ m/año}$$

Donde:

Q_{exc} – productividad de la excavadora: 66953 m³/mes

3.11 Cálculo del equipamiento a utilizar en la explotación del sector.

3.11.1 Equipamiento utilizado durante el arranque.

Para la excavación y carga.

El arranque se hará utilizando retroexcavadoras LIEBHERR 984, con los siguientes parámetros:

Productividad horaria de la excavadora.

$$Q_{exc} = \frac{3600 * V_c * D * K_{ll} * K_u * K_{up} * \gamma}{T_c * K_e}$$

$$Q_{exc} = \frac{3600 * 6 * 0.9 * 0.95 * 0.82 * 1 * 1.05}{40 * 1.37}$$

$$Q_{exc} = 290.2 \text{ t/h}$$

Productividad por turno

$$Q_t = 12 * Q_{exc}$$

$$Q_t = 12 * 290.2$$

$$Q_t = 3482 \text{ t / turno}$$

Productividad diaria.

$$Q_{día} = Q_t * N_t$$

$$Q_{día} = 3482 * 2$$

$$Q_{día} = 6964 \text{ t / día.}$$

Productividad del tiempo de explotación del sector

$$Q_{T \text{ exp lot}} = Q_d * R_{\text{sec tor}}$$

$$Q_{T \text{ exp lot}} = 6964 * 525$$

$$Q_{T \text{ exp lot}} = 3656100 \text{ t / a}$$

Donde:

$K_{ll} = 0.95$ Coeficiente de llenado.

$V_c = 6m^3$. Capacidad del cubo de la excavadora.

$D = 0.9$ Disponibilidad del equipamiento.

$\gamma = 1.05m^3 / ton$. Masa volumétrica del mineral seco.

$K_e = 1.37$. Coeficiente de esponjamiento.

$R_{\text{sec tor}} = 525$. Días laborables para la explotación del sector.

$T_c = 40seg$. Duración del ciclo de trabajo.

Capacidad real volumétrica del cubo.

$$Q_{rexc} = V_c * K_{ll}$$

$$Q_{rexc} = 6 * 0.95$$

$$Q_{rexc} = 5.7 m^3.$$

Densidad del material suelto o esponjado.

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e} = \frac{1.05}{1.37}$$

$$\gamma_s = 0.76t/m^3$$

Capacidad real de carga del cubo.

$$Q_{rcexc} = Q_{rexc} * \gamma_s$$

$$Q_{rcexc} = 5.7 * 0.76$$

$$Q_{rcexc} = 4.37 t$$

Cantidad de cubos por camión, en cuanto al volumen.

$$N_{cv} = \frac{q_q}{Q_{rexc}} = \frac{21}{5.7}$$

$$N_{cv} = 3.68$$

$$N_{cv} = 4 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión, en cuanto a la masa.

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rcexc}} = \frac{32}{4.37}$$

$$N_{cm} = 7.32$$

$$N_{cm} = 7 \text{ cubos.}$$

Donde:

q_q – Capacidad volumétrica del camión.

q_{cc} – Capacidad de carga del camión.

Debido a la baja densidad del mineral, se opta por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por lo que el número de cubos final es de 4 por camión.

Determinación de la eficiencia y disponibilidad de la combinación excavadora-camión.

$$E_{fb} = F_e * E_{fop} * D_{mec} * E_{ftb}$$

$$E_{fb} = 0.83 * 0.95 * 0.93 * 0.9$$

$$E_{fb} = 66.3\%$$

Donde:

$F_e = 0.83$ Factor de eficiencia (50 min.).

$E_{fop} = 0.95$ Coeficiente que tiene en cuenta la eficiencia del operador.

$D_{mec} = 0.93$. Coeficiente que tiene en cuenta la disponibilidad mecánica.

$E_{tc} = 0.9$. Coeficiente que tiene en cuenta el tráfico de los camiones (5 min.).

Este valor se corresponde con los valores recomendados por la bibliografía especializada (55-88%).

Cantidad de excavadoras necesarias para la extracción.

$$N_{exc} = \frac{P_{año}}{Q_{año}}$$
$$N_{exc} = \frac{1147703.04}{3656100}$$
$$N_{exc} = 0.31 \text{ excavadora}$$

Se asume 1 excavadora para los trabajos de extracción.

Cantidad de horas de trabajo de la excavadora.

$$H_{exc} = N_{exc} * R_{mes} * D_t * N_t * F_e * E_{fop} * D_m * E_{tc}$$

$$H_{exc} = 0.31 * 525 * 12 * 2 * 0.8 * 0.95 * 0.93 * 0.9$$

$$H_{exc} = 2620.9 \text{ h} / t_{exp}.$$

Cálculo del transporte automotor durante la extracción.

El mineral será transportado a través de camiones VOLVO BM A35C, desde el área de trabajo hasta la planta de pulpa, a una distancia de 8 Km. Se utilizará este camión debido a las ventajas que ha proporcionado durante la explotación de otros sectores del yacimiento, lo cual ha pesar de las difíciles condiciones minero-técnicas y geólogo-mineras, no merma en grado elevado la versatilidad y aceptable rendimiento de estos camiones.

Entre las ventajas figuran:

- Gran maniobrabilidad, facilitada por el sistema articulado.

- Posibilidad de vencer grandes pendientes.
- Excelente movilidad en el área de carga y descarga.
- Pocas exigencias de la vía.
- Posibilitan la elevación de la productividad de los equipos de carga.
- Reducida presión sobre el terreno.
- Buena movilidad extravial, incluso en condiciones adversas.
- Apenas necesita ayudas de equipos de cadenas en el área de descarga.
- y aceptable, y no está sujeto a desgastes mecánicos, lo cual representa su alta economía Potencia de frenado uniforme

Características técnicas del camión (VOLVO BM A-35C).

Capacidad de carga: 32 ton

Volumen de la caja: 21m³

Tracción: 6x6

Ángulo de vasculación de la caja: 73°

Tara: 25000Kg

Capacidad volumétrica real del camión.

$$Q_{rv-cam} = N_c * Q_{rexc}$$

$$Q_{rv-cam} = 3.68 * 5.7$$

$$Q_{rv-cam} = 21 m^3$$

Capacidad de carga real del camión.

$$Q_{rc-cam} = N_c * Q_{rcexc}$$

$$Q_{rc-cam} = 3.68 * 4.37$$

$$Q_{rc-cam} = 16.3t$$

Cálculo de la productividad del camión.

El tiempo necesario para los recorridos cargados y vacíos depende de la velocidad que puede desarrollar el camión que a su vez depende de varios factores como: estado técnico del equipo y de las vías de comunicación así como de las condiciones climáticas fundamentalmente. La velocidad se ha limitado también por las normas de

seguridad del trabajo vigentes en la empresa, las cuales rigen que durante el tiempo seco (condiciones normales) los camiones cargados no deben desarrollar velocidades superiores a 22 km/h y no mayores de 24 km/h estando vacíos.

Como el tiempo de explotación del sector abarca condiciones difíciles (tiempo de lluvia), tomaremos como velocidad de recorrido vacío 22 km/h y cargado 20 km/h.

Por lo que:

Tiempo de carga.

$$t_{car} = (N_c - 1) * \frac{t_{cexc}}{60}$$

$$t_{car} = (3.68 - 1) * \frac{40}{60}$$

$$t_{car} = 1.79 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado.

$$t_{rc} = \frac{60 * L}{V_{cc}} * k$$

$$t_{rc} = \frac{60 * 8.2}{22} * 1.1$$

$$t_{rc} = 24.6 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío.

$$t_{rv} = \frac{60 * L}{V_{cv}} * k$$

$$t_{rv} = \frac{60 * 8.2}{24} * 1.1$$

$$t_{rv} = 22.6 \text{ min}$$

Tiempo de descarga.

$$t_{des} = 0.5 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra.

$$t_m = 0.9 \text{ min.}$$

Tiempo de muestreo.

$$t_{muestreo} = 0.5 \text{ min}$$

Tiempo perdido en otras operaciones.

$$t_{perd} = 1.5 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo.

$$Tc = t_{carga} + t_{rc} + t_{rv} + t_{desc} + t_{man} + t_{muest} + t_p$$

$$Tc = 1.79 + 24.6 + 22.6 + 0.5 + 0.9 + 0.5 + 1.5$$

$$Tc = 52.3 \text{ min}$$

$$Tc = 52 \text{ min}$$

Productividad por hora.

$$Q_h = \frac{60 * K_{ut} * qrc * Kd * Kup}{t_{cc}}$$

$$Q_h = 16.5t / hora$$

Kut - coeficiente de utilización del camión 0.95

qrc - capacidad de carga real del camión 16.3

Kd - disponibilidad 0.93

Kup - 1

Productividad en el turno.

$$Q_t = Q_h * t_T$$

$$Q_t = 198.5t / turno$$

Productividad en el día.

$$Q_d = C_T * Q_T$$

$$Q_d = 397t / dia$$

Productividad del tiempo de explotación

$$Q_{año} = Q_{día} * R_{sector}$$

$$Q_{año} = 208437t / tp_{expt}$$

Donde:

($N_c - 1$)-Se considera que de acuerdo a la organización de los trabajos la carga de los camiones se realiza en dos ciclos de la excavadora ya que el primero lo realiza durante el tiempo de maniobra del camión (retirada del camión cargado).

R_{sector} –Días laborales para la explotación del sector: 525

q -Masa de mineral en el camión (seco in situ)

N_d –Número de días de trabajo al mes.

Camiones necesarios para el traslado del mineral desde el área hasta planta de pulpa.

$$N_c = \frac{P_{dfase}}{Q_{año}}$$

$$N_c = \frac{1147703.04}{208437}$$

$$N_c = 5.5$$

$$N_c = 6 \text{ camiones}$$

Donde

P_{dfase} - productividad anual del sector: (1147703.04)

Horas trabajadas por camiones asumidos.

$$H_{tc} = N_{cam} * R_{mes} * D_t * N_t * K_d * K_u * K_{up}$$

$$H_{tc} = 5.6 * 525 * 12 * 2 * 0.95 * 0.93 * 1$$

$$H_{tc} = 62204.2 \text{ h/ t}_{exp}$$

Determinación de cantidad de Buldózeres en el frente de extracción.

Teniendo en cuenta que el Buldózer durante el arranque de mineral sólo realiza funciones auxiliares, como la de amontonar parte del mineral que se derrama en el piso durante la carga del camión para permitir una mejor operación de la retroexcavadora y el equipamiento de transporte, el mismo fue determinado mediante normas de productividad para este equipo en este tipo de trabajo.

La productividad horaria asumida es de 165 m³/h para ser utilizado durante 2.5 horas por turno en estas funciones. Conociendo que durante el día es necesario remover aproximadamente 840 m³ de material producto del derrame de los camiones en el

frente y otros trabajos como conformación de la plazoleta debido a los canarreos que originan los camiones en el frente, se asume un buldózer para esta actividad.

Equipamiento utilizado durante el destape.

Para la excavación carga.

Se opera con el mismo equipamiento utilizado en el arranque de mineral (retroexcavadora LIEBHERR 984)

Capacidad real volumétrica del cubo.

$$Qr_{exc} = V_c * K_{ll}$$

$$Qr_{exc} = 6 * 0.95$$

$$Qr_{exc} = 5.7m^3$$

Densidad del estéril suelto o esponjado.

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e} = \frac{1.50}{1.30}$$

$$\gamma_s = 1.15 t / m^3$$

Capacidad real de carga del cubo.

$$Qrc_{exc} = Qr_{exc} * \gamma_s$$

$$Qrc_{exc} = 5.7 * 1.15$$

$$Qrc_{exc} = 6.6 t$$

Cantidad de cubos por camiones (volumen).

$$N_c = \frac{q_c}{Qr_{exc}} = \frac{21}{5.7}$$

$$N_c = 3.68 = 4 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camiones (masa).

$$N_c = \frac{q_{cc}}{Qrc_{exc}} = \frac{32}{6.6}$$

$$N_c = 4.84 = 5 \text{ cubos}$$

Donde:

q_c – capacidad volumétrica del camión.(21 m³)

q_{cc} – capacidad de carga del camión.(32 t)

Por lo ya explicado al asumir la cantidad de cubos por camiones articulados, asumiremos 3 cubos para el estéril.

Productividad horaria de la excavadora.

$$Q_{exc} = \frac{3600 * Qr_{exc} * K_u * D * K_{up}}{T_c * K_e}$$

$$Q_{exc} = \frac{3600 * 5.7 * 0.82 * 0.9 * 1}{40 * 1.30}$$

$$Q_{exc} = 291.2 \text{ m}^3 / h$$

Productividad por turno.

$$Q_i = 12 * Q_{exc}$$

$$Q_i = 12 * 291.2$$

$$Q_i = 3494.4 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

Productividad diaria.

$$Q_{día} = Q_{turno} * N_t$$

$$Q_{día} = 3494.4 * 2$$

$$Q_{día} = 6988.8 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Productividad del tiempo de explotación

$$Q_{T \text{ explot}} = Q_{\text{turno}} * R_{\text{sector}}$$

$$Q_{T \text{ explot}} = 6988.8 * 106.7$$

$$Q_{T \text{ explot}} = 745539 \text{ m}^3 / \text{Nd}$$

Cantidad de excavadoras necesarias para el destape.

$$N_{\text{exc}(\text{destape})} = \frac{V_{\text{estéril}}}{Q_{T \text{ explot}}} = \frac{335200}{745539}$$

$$N_{\text{exc}(\text{destape})} = 0.45 \text{ excavadora}$$

Se asumirán 1 excavadoras.

Cálculo del transporte automotor durante el traslado de estéril a la escombrera.

Capacidad volumétrica real del camión.

$$Q_{Rv\text{-camión}} = N_c * Q_{r \text{ exc}}$$

$$Q_{Rv\text{-camión}} = 3.68 * 5.7$$

$$Q_{Rv\text{-camión}} = 21 \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real del camión.

$$Q_{Rc\text{-camión}} = N_c * Q_{rc \text{ exc}}$$

$$Q_{Rc\text{-camión}} = 3.68 * 6.6$$

$$Q_{Rc\text{-camión}} = 24.2 \text{ t}$$

Tiempo de carga.

$$t_{c \text{ arg a}} = (N_c - 1) * \frac{t_c}{60}$$

$$t_{c \text{ arg a}} = (3.68 - 1) * \frac{40}{60}$$

$$t_{c \text{ arg a}} = 1.79 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado.

$$t_{rc} = 60 \frac{L}{V_{cc}}$$

$$t_{rc} = 60 \frac{0.6}{18}$$

$$t_{rc} = 2.0 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío.

$$t_{rv} = 60 \frac{L}{V_{cv}}$$

$$t_{rv} = 60 \frac{0.6}{20}$$

$$t_{rv} = 1.8 \text{ min}$$

Tiempo de descarga.

$$t_{desc} = 0.5 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra.

$$t_{manio} = 0.9 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión.

$$T_{cc} = t_{c \text{ arg } a} + t_{descar} + t_{rc} + t_{rv} + t_{manio} + t_{prdi}$$

$$T_{cc} = 1.79 + 2.0 + 1.8 + 0.5 + 0.9$$

$$T_{cc} = 8.87 \text{ min}$$

$$T_{cc} = 9 \text{ min}$$

productividad horaria del camión.

$$Q_h = 60 * K_{ut} * K_d * K_{up} * \frac{V_m}{T_{cc}}$$

$$Q_h = 60 * 0.95 * 0.93 * 1 * \frac{24.2}{8.87}$$

$$Q_h = 144.8 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

productividad del camión en el turno.

$$Q_t = Q_h * t_t$$

$$Q_t = 144.8 * 12$$

$$Q_t = 1737.8 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

productividad diaria del camión.

$$Q_{dia} = Q_t * C_t$$

$$Q_{dia} = 1737.8 * 2$$

$$Q_{dia} = 3475.7 \text{ m}^3 / \text{día}$$

productividad del periodo de explotación del camión.

$$Qt \text{ explt} = Q_{dia} * R_{sector}$$

$$Qt \text{ explt} = 3475.7 * 106.7$$

$$Qt \text{ explt} = 370738 \text{ m}^3 / Nd$$

Número de camiones necesarios para el traslado de estéril hasta la escombrera.

$$N_c = \frac{V_{escombro}}{Q_{explt}}$$

$$N_c = \frac{335200}{370378}$$

$$N_c = 0.9 \text{ camiones}$$

Se asumirá 1 camión.

Donde

V_m – volumen real de escombro in situ en el camión.

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.

C_t – cantidad de turnos de trabajo.

R_{sector} – días laborables en la explotación del sector.

Calculo del equipamiento para el desbroce.

El desbroce se realizará con el mismo tipo de Buldózer descrito durante los cálculos relacionados a la extracción.

Volumen de material a desbrozar.

$$V_{md} = A_{\text{fase}} * P_c$$

$$V_{md} = 388833 * 0.3$$

$$V_{md} = 116649.6 \text{ m}^3$$

Determinación de los parámetros del Buldózer.

Duración del ciclo de trabajo.

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

$$T_c = \frac{20}{0.75} + \frac{30}{0.9} + \frac{40 + 80}{1.2} + 2 + 0.45$$

$$T_c = 104.1 \text{ seg}$$

Donde:

L_1 -distancia recorrida durante el corte (20 m)

L_2 -distancia a que se traslada en el terreno (30 m)

V_1 -velocidad durante el corte (0.75 m/seg)

V_2 -velocidad durante el traslado de material (0.9 m/seg)

V_3 -velocidad de marcha en vacío (1.2 m/seg)

T_n -tiempo de cambio de velocidad (2 seg.)

T_{ma} -tiempo de maniobra (0.45 seg)

Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado del mismo.

$$K_n = 1 - L_2 * J^3$$

$$K_n = 1 - 80 * (0.06)^3$$

$$K_n = 0.98$$

Donde:

J-coeficiente de corrección (0.06-0.1)

Ancho del prisma del material a trasladar.

$$a = \frac{h}{\tan \beta}$$

$$a = \frac{1.21}{\tan 30^\circ}$$

$$a = \frac{1.21}{0.176326}$$

$$a = 2.09m$$

Volumen del material mullido trasladado en el montón.

$$V = 0.5 * L * h^2 * \cot \beta$$

$$V = 0.5 * 4.37 * 1.4641 * 1.73205$$

$$V = 5.54 m^3$$

Donde:

h- altura de la cuchilla del Buldózer (1.21 m)

β – ángulo que forma el prisma en el arrastre (30°)

L- Larga de la cuchilla del buldózer. (4.37m)

Productividad horaria del Buldózer.

$$Q_h = \frac{3600 * D_1 * V * K_u}{T_c * K_e}$$

$$Q_h = \frac{3600 * 5.54 * 0.8}{104.1 * 1.30}$$

$$Q_h = 117.9 m^3 / turno$$

Donde:

T_c – tiempo de ciclo (104.1 seg)

K_u – coeficiente de utilización del tiempo (0.7-.08)

Productividad por turno

$$Q_t = Q_h * N_t$$

$$Q_t = 117.9 * 12$$

$$Q_t = 1414.8 m^3 / tur$$

Productividad diaria del buldózer.

$$Q_{dia} = Q_{tur} * Nt$$

$$Q_{dia} = 1414.8 * 1$$

$$Q_{dia} = 1414.8 m^3 / dia$$

Productividad en el periodo de explotación del buldózer.

$$Q_{t\ exp\ l} = Q_{dia} * Rperi$$

$$Q_{t\ exp\ l} = 1414.8 * 85.2$$

$$Q_{t\ exp\ l} = 116649.9 m^3 / t\ exp\ l$$

Cantidad de Buldózeres el desbroce.

$$Nb_{desbroce} = \frac{V_{md}}{Q_{ano}}$$

$$Nb_{desbroce} = \frac{116649.9}{116649.9}$$

$$Nb_{desbroce} == 1\ buldózer$$

asumimos 1 buldózer

Donde:

A_{fase} –área de la fase a desbrozar: 388833 m²

P_c –potencia promedio de la capa a desbrozar: 0.3 m

Q_{tt} –productividad de tiempo de trabajo del Buldózer: 116649.9 m³/texpl

Cálculo de la escombrera.

Determinación del número de camiones que descargan en la escombrera en una hora.

$$N_c = \frac{A_{oh} * F_n}{Q_{rc}}$$

$$N_c = \frac{233.4 * 1.20}{21}$$

$$N_c = 13.34 \text{ camiones}$$

Donde:

A_{oh} –productividad del estéril de la mina en una hora: m^3/h

F_n –coeficiente que refleja la no uniformidad del trabajo en la mina: (1.25-1.15)

Q_{rc} –volumen real del camión: ($21m^3$)

Número de camiones que pueden descargar simultáneamente en la escombrera.

$$N_o = \frac{N_c * T_d}{60}$$

$$N_o = \frac{32 * 1.4}{60}$$

$$N_o = 0.75 \text{ camión}$$

Donde:

T_d –tiempo de descarga y maniobra: 1.4 min.

Cantidad de Bulldózers necesarios para la escombrera.

Para determinar la cantidad de Bulldózers necesarios para la escombrera se hace necesario determinar su productividad. Por lo que:

Volumen de material en estado desbrozado y que es trasladado por el Bulldózer.

$$V_m = \frac{h^2 * L}{2 \tan g \alpha}$$

$$V_m = \frac{(1.21)^2 * 4.37}{2 \tan g 30}$$

$$V_m = 5.5 \text{ m}^3$$

Donde:

L –longitud de la hoja del Bulldózer:4.37 m

h – altura de la hoja del Bulldózer: 1.21 m

Productividad horaria.

$$Q_{turn} = \frac{3600 * V_m * K_u}{T_c * K_e}$$

$$Q_{turn} = \frac{3600 * 5.5 * 0.8}{245 * 1.30}$$

$$Q_{turno} = 3249.1 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

Productividad del período de explotación.

$$Q_{año} = Q_{turn} * C_t * R_{sector}$$

$$Q_{año} = 3249.1 * 2 * 106.7$$

$$Q_{año} = 693145.6 \text{ m}^3 / \text{t exp}$$

Cantidad de Bulldózers necesarios en la escombrera.

$$N_b = \frac{V_{ester(fase)}}{Q_{año}}$$

$$N_b = \frac{335200}{693145.6}$$

$$N_b = 0.5 \text{ bulldózer}$$

asumimos 1 bulldózer

Parque de Bulldózers.

$$N_{inv} = \frac{N_b}{K_{upb}} = \frac{0.5}{0.85}$$

$$N_{inv} = 0.59$$

Donde:

K_{upb} – coeficiente de utilización del parque de Bulldózer: 0.85

$Q_{año}$ – productividad anual del Bulldózer: $\text{m}^3/\text{año}$

K_u – coeficiente de utilización del tiempo (disponibilidad y utilización del turno: 0.7-0.8)

D – duración del turno de trabajo.

T_c – tiempo de ciclo del bulldózer.

K_e – coeficiente de esponjamiento.

C_t – cantidad de turnos de trabajo.

R_{sector} – días de explotación del sector.

CAPITULO 4. CALCULO ECONOMICO.

4.1 Cálculo económico.

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 y arranque; así como los gastos surgidos por concepto de mantenimiento, reforestación, y los gastos indirectos incurridos durante la explotación de la fase.

4.2 Gastos directos 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 $G_{e(desbroce)}$ y los gastos por concepto de combustibles $G_{c(desbroce)}$.

Gastos por concepto de salario $G_{s(desbroce)}$

Puesto de trabajo.	Cantidad.	Salario del mes (\$/mes).	Tiempo de trabajo (meses).	Salario total (\$).
Operador de buldózer.	2	340	3	2040
Total	2	340	3	2040

Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_{e(desbroce)}$

Equipos	Cantidad	Valor inicial(US\$)	Vida útil(años)	Depreciación (US\$/año)
Buldózer	1	269315	5	53863
Total	1	269315	5	53863

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

Equipos	Cantidad	Consumo inicial (l/hora)	Total de horas trabajadas al año(h/año).	Precio del litro (US\$)	Costo total anual (US\$)
Bulldózer	1	25	298.8	0,31	2315.5
Total	1	25	298.8	0,31	2315.5

Gastos directos durante el desbroce.

$$G_{d(desbroce)} = G_{s(desbroce)} + G_{e(desbroce)} + G_{c(desbroce)}$$

$$G_{d(desbroce)} = 2040 + 53863 + 2315.5$$

$$G_{d(desbroce)} = 58218.5 \text{ US\$}$$

4.3 Gastos originados por la actividad de destape.

Los gastos directos producidos por dicha labor $G_{d(destape)}$ están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_{s(destape)}$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_{e(destape)}$ y los gastos por concepto de combustibles $G_{c(destape)}$.

Gastos por concepto de salario $G_{s(destape)}$

Operadores de equipos	Cantidad por equipo	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	4	340	4	5440
Operador de retroexcavadora.	4	340	4	5440
Operador de bulldózer	4	340	4	5440
Total	12	1020	12	16320

Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_{e(destape)}$

Equipos	Cantidad	Valor inicial(US\$)	Vida útil (años)	Depreciación20% (US\$/año)
Camión articulado BM VOLVO A35C	1	385 260	5	77052
Bulldózer	1	269 316	5	53863.2
Retroexcavadora	1	796 864	5	159372.8
Total	3	1 451 439	15	290288

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

Equipos	Cantidad	Consumo horario (l/hora)	Total de horas trabajadas al año (h/año)	Precio (US\$/año)	Costo total (US\$)
Camión articulado BM VOLVO A35C	1	30	2044.9	0,31	19018.1
Bulldózer	1	25	1165.2	0,31	9030.1
Retroexcavadora	1	56	762.7	0,31	13240.1
Total	6	111	3972.8	0,93	41288.3

Gastos directos durante el destape.

$$G_{d(destape)} = G_{s(destape)} + G_{e(destape)} + G_{c(destape)}$$

$$G_{d(destape)} = 16320 + 290288 + 41288.3$$

$$G_{d(destape)} = 654504.3 \text{ US\$}$$

4.4 Gastos originados por la actividad de arranque.

Los gastos directos producidos por dicha labor $G_{d(arranque)}$ están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario $G_{s(arranque)}$, los gastos por concepto de depreciación de los equipos $G_{e(arranque)}$ y los gastos por concepto de combustibles $G_{c(arranque)}$.

Gastos por concepto de salario $G_{s(arranque)}$

Operador de equipo	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	24	340	18	146880
Operador de retroexcavadora.	4	340	18	24480
Operador de bulldózer	4	340	18	24480
Total	32	1020	54	195840

Gastos por concepto de depreciación de equipos $G_{s(arranque)}$

Equipos	Cantidad	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (US\$/año) 20%
Camión articulado VOLVO A35C	6	385 260	5	462312
Bulldózer	1	269 316	5	53 863.2
Retroexcavadora	1	796 864	5	159 372.8
Total	8	1 451 440	15	675 548

Gastos por concepto de combustible $G_{c(arranque)}$

Equipos	Cantidad	Consumo horario (l/hora)	Total de horas trabajadas al año (h/año)	Precio (US\$/año)	Costo total (US\$)
Camión articulado VOLVO A35C	6	30	62 240.2	0.31	1 464 203.2
Bulldózer	1	25	2100	0,31	16 275
Retroexcavadora	1	56	2 620.9	0,31	45 498.8
Total	8	111	30 961.1	0.93	1 525 977

Gastos directos durante el arranque.

$$G_{d(arranque)} = G_{s(arranque)} + G_{e(arranque)} + G_{c(arranque)}$$

$$G_{d(arranque)} = 195840 + 675548 + 1525977$$

$$G_{d(arranque)} = 2397365US\$$$

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 Moa Níkel S.A., igualmente dicha empresa la depreciación de un equipo es considerada en un 20% al año. Cabe señalar que los datos empleados son oficiales por lo que no se dan más detalles por limitantes de acceso a las fuentes de información, ya que se consideran clasificadas, acorde a la política de la empresa mixta.

4.5 Gastos por concepto de mantenimiento.

Estos gastos (G_m) se obtienen a raíz a de la suma de los costos por hora de mantenimiento (C_h) multiplicado por la cantidad de horas de mantenimiento planificados durante el tiempo que se explotará los equipos que participan en las labores (h_p).

Equipos	Cantidad	Mantenimiento planificado (h/año)	Costo por hora (US\$/año)	Costo total (US\$)
Camión articulado BM VOLVO A35C.	7	100	10	7 000
Bulldózer.	2	250	9	4 500
Retroexcavadora.	1	150	26	3 900
Total	10	500	45	15 400

$$G_m = \sum (C_h * h_p)$$

$$G_m = 15400 \text{ US\$}$$

4.6 Gastos por reforestación.

Estos valores se obtienen a partir del momento en que se invierte en la reforestación 0.31 por tonelada de mineral extraído. Esto está acorde a las reglamentaciones y política de la empresa, que emplean la referida tarifa.

$$G_r = 0.31 * R_{fase}$$

$$G_r = 0.31 * 1147700$$

$$G_r = 355787 \text{ US\$}$$

4.7 Gastos directos generales.

$$G_{dg} = G_{desb} + G_{dest} + G_{arrq} + G_m + G_{rf}$$

$$G_{dg} = 58218.5 + 654504.3 + 2397365 + 15400 + 355787$$

$$G_{dg} = 3481274.8 \text{ US\$}$$

4.8 Gastos indirectos u otros.

$$G_{ind} = G_{dg} * 0.06$$

$$G_{ind} = 3481274.8 * 0.06$$

$$G_{ind} = 208876.48 \text{ US\$}$$

4.9 Gastos totales.

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

$$G_{\text{totales}} = 3481274.8 + 208876.48$$

$$G_{\text{totales}} = 3690151.28\text{US\$}$$

	Desbroce	Destape	Arranque	Mantenimiento	Reforestación	Gastos directos generales
Duración (meses)	3	4	18	12		18
Total de gastos Directos (US\$)	58218.5	654504.3	2397365	15400	355787	208876.48

4.10 Costo de producción por tonelada de mineral extraído.

$$C_{\text{prd}} = \frac{G_{\text{total}}}{R_{\text{fase}}}$$

$$C_{\text{prd}} = \frac{3690151.28}{1147700}$$

$$C_{\text{prd}} = 3.22 \text{ \$ / tonelada}$$

Se considera este resultado bastante aceptable ya que está por debajo de la media actual.

CAPÍTULO 5 IMPACTO AMBIENTAL.

5.1 Introducción.

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

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

5.2 -Alteraciones ambientales producto de la explotación.

Casi toda actividad humana es en menor o mayor grado agresiva 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 de la fase 22 desde el punto de vista genérico causará una serie de pérdidas y alteraciones a los fundamentales recursos naturales de la zona.

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

1. Cambios geomorfológicos.
2. Contaminación de las aguas.
3. Obstrucción y encenagamiento de los arroyos y ríos.
4. Erosión eólica, proceso de deflación y contaminación coniótica.
5. Erosión por las aguas.
6. Destrucción de la vegetación.
7. Afectación al paisaje.
8. Pérdida de la biodiversidad.
9. Emigración de la fauna.
10. Alteración de las rutinas migratorias.
11. Ocupación del terreno por escombreras.
12. Cambios en el régimen termodinámico de la zona.
13. Cambios en el régimen hidrogeológico de la zona.
14. Aceleración del proceso erosivo general.
15. Inestabilidad de los terrenos.

Estas afectaciones se incrementan cuando estas áreas permanecen mayor cantidad de tiempo sin ser rehabilitada, estas áreas despobladas están expuestas a factores que inciden en ellos que dañan considerablemente el medio. Uno de estos los más significativo ocurre con el arrastre de sedimentos provocados por las lluvias, por esta razón en los embalses y ríos cercanos se han encontrado una cantidad de partículas sólidas en las aguas, en la tabla que.

- **Paisaje**

La explotación minera causará:

- a) Modificación de la estructura visual del paisaje por la alteración de sus elementos y sus componentes básicos. Esto supone, unido a la introducción de los elementos artificiales discordantes con el entorno, una disminución de la calidad paisajista de la zona.

- b) Modificación y homogeneización de la textura por la eliminación de la vegetación en toda el área de la fase, y contraste cromático muy llamativo dentro del entorno de la explotación.
- c) La apertura de los huecos y la creación de frentes de extracción supone la eliminación de la morfología natural, que es el elemento soporte sobre el que descansa el resto de los elementos del paisaje.
- d) Las escombreras introducen un fuerte contraste discordante en forma y línea (son elementos geométricos artificiales, de gran volumen en lo que dominan las líneas 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 este tipo de impacto tan común a casi todas las explotaciones mineras, en este caso a consecuencia de la cercanía de los núcleos poblacionales y carreteras, las hace más grave por el mayor número de observadores, ya que el receptor del impacto paisajista es el hombre. Por lo que se concluye que las fuentes principales del deterioro ambiental son los frentes de extracción y las escombreras.

- **Suelo.**

- a) 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.

- **Vegetación.**

- a) 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 repoblación de un pastizal) y la

superficie dañada. La eliminación de la vegetación repercute sobre la fauna, los procesos ecológicos, el paisaje y la población humana.

- **Red de drenaje.**

- a) Alteración permanente de los drenajes superficiales a través de la contaminación de las aguas por residuos sólidos y líquidos.
- b) Aumenta el nivel de sedimentos.
- c) Alteración del nivel freático.
- d) Disminución en el caudal de los arroyos y ríos, lo que trae consigo trastornos en la flora y fauna.

- **Atmósfera.**

- a) Disminución de la calidad del aire, originada 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.

5.3 Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental surgido.

1. 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).
2. 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, pero nunca será el terreno rehabilitado como su antecesor.

3. 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.
4. El riego de los caminos de acopio del mineral.
5. 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).
6. 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 30-100ml/m³ y cuando es natural oscila entre 150-350ml/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:

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

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.

5.4 Protección e higiene del trabajo.

En la mina de la Moa Nickel S.A. existen medidas de seguridad a cumplir cabalmente en cada puesto de trabajo, las cuales son de estricto cumplimiento para garantizar una buena protección e higiene del trabajo, las que se plasman a continuación:

Requisitos en el puesto de trabajo.

En la mina de la P. S. A. Existen medidas de seguridad a cumplir en cada puesto de trabajo, las que a continuación se presentan:

- Instrucción de seguridad para el puesto de trabajo del operador.
- El operador debe tener los conocimientos básicos acerca de los trabajos a realizar, para ello deben haber recibido las instrucciones generales del trabajo.

Operador de buldózer.

- Antes de iniciar el trabajo:
 1. Debe realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
 2. Comprobar el sistema hidráulico, luces de trabajo, frenos, etc.
 3. Recibir una explicación real del operador que sale, acerca del comportamiento de la máquina.

- Luego:

1. Realizar una entrega correcta del equipo al operador que lo recibe.
2. Poner en aviso cualquier hecho de relevancia durante el turno y que pueda repetirse en el siguiente.
3. Dejar a la máquina limpia y organizada.

Operador del camión Volvo articulad BM A 35C

- Antes de iniciar las labores:

1. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces y relojes.
2. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
3. Limpieza del puesto de trabajo.

- Durante las operaciones de trabajo:

1. No posesionarse dentro del radio de acción de la máquina retroexcavadora.
2. Lograr mayor horizontalidad del camión a la hora de ejecutar la carga.
3. Circular por los caminos con las velocidades establecidas.
4. No adelantar ni transitar paralelo a otro vehículo.
5. No depositar la carga directamente contra el talud de las escombreras o contra el borde del nivel inferior.
6. No circular siempre por las mismas marcas dejadas por ese u otro camión, para evitar las zanjas.

Operador de la retroexcavadora LIEBHERR 984B.

- Antes del trabajo:

Ídem al anterior.

- Durante el trabajo:

1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
2. Al detenerse el equipo, el cubo debe estar apoyado en el suelo.
3. No esperar por el próximo camión con el cubo en alto.
4. Asegurarse que el material se expanda por toda la caja del camión.

5. Comprobar los límites de las articulaciones del brazo.

- Al finalizar las labores:

Ídem al anterior.

Se deben cumplir cabalmente con las medidas contra catástrofes que se llevan a cabo en la (mina) P. S. A.

5.5 Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadoras:

1. Cuando la excavadora esta en operaciones, se prohíbe la presencia de personas en el radio o sector de influencia de la misma.
2. La excavadora debe estar provista de señalización sonora de manera que indique el inicio y fin de cada operación a realizar.
3. 3.Durante el movimiento en pendiente deben contemplarse aquellas medidas que impidan su corrimiento.
4. El movimiento de la excavadora debe hacerse a la señal del jefe de turno o de brigada.
5. Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio - comunicación entre el operador y el que dirige el movimiento.
6. Las excavadoras deben trabajar sobre plataformas aplanadas y compactas.
7. Los cables de acero que se utilicen en el alza, el arrastre y la guarnición deben corresponderse con los del pasaporte del equipo y revisarse no menos de una vez por semana, y la cantidad de hilos rotos no debe ser mayor del 15% del total de hilo.

5.6 Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor:

1. La planta y perfil de los caminos deben corresponder a las reglas y normas de construcción vigentes.
2. El ancho de la parte transitable del camino se establece partiendo de las dimensiones del equipo de manera que haya una holgura no menor de 1.5 m entre los automóviles que circulen al encuentro y una distancia no menor de 0.5 m de las ruedas exteriores hasta el borde de la parte transitable del camino.
3. No se permite transportar personas fuera de la cabina.
4. No se permite adelantar a otro vehículo que circule en el mismo sentido.

5.7 Medidas de seguridad para el trabajo con bulldózer:

1. Se permite el trabajo en el radio de acción de la excavadora sólo cuando la misma haya sido convenientemente posicionada y el cubo esté apoyado en el suelo.
2. Cuando se realice la reparación debajo de la cuchilla, ésta debe estar convenientemente calzada.
3. Al ejecutarse cualquier tipo de trabajo, las pendientes de los accesos e inclinación transversal no debe sobrepasar los valores máximos señalados por el fabricante.
4. Al empujar el material en las escombreras o depósitos de mineral el equipo no debe sacar la cuchilla fuera del borde del terraplén.
5. Al moverse en dirección paralela al borde de la escombrera o depósito de mineral la distancia entre la estera y el borde del terraplén no debe ser menor de 2m.
6. Los bancos y terrazas creadas por el bulldózer en las laderas, deben tener una pendiente transversal de 1° a 3° hacia el lado opuesto del borde superior del talud.

5.8 Protección del personal.

Es necesario acondicionar al obrero con medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas.

En la tabla # 5 se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.

Tabla # 9. Relación entre el trabajador y los medios que deben usar para su protección.

Lugar del cuerpo	Medio protector	Requisito que debe cumplir el medio protector.
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad
Oídos	Tapones de oídos, orejeras o casco protector contra ruido	Que atenúe 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, protectores de 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 asido	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 filtro para gases, respiradores con líneas de aire, máscaras con puentes de oxígeno	Deben estar acorde con el elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.

CONCLUSIONES

1. El sistema de explotación proyectado es racional para el equipamiento minero utilizado (Retroexcavadora de 6m³ y Camiones Articulados de 32t).
2. Las condiciones naturales de este sector proyectado exigen extremar las medidas de protección ambiental, sobre todo las relacionadas con la erosión y el arrastre de sedimentos.
3. El equipamiento minero disponible es suficiente para llevar a cabo la explotación del Area-10 de Moa Oriental (se necesitan 7 Camiones Articulados y 1 Retro).
4. A pesar de la distancia de transportación del mineral (8.2 km) la explotación del yacimiento es rentable, debido fundamentalmente al elevado índice de explotación del equipamiento.

RECOMENDACIONES

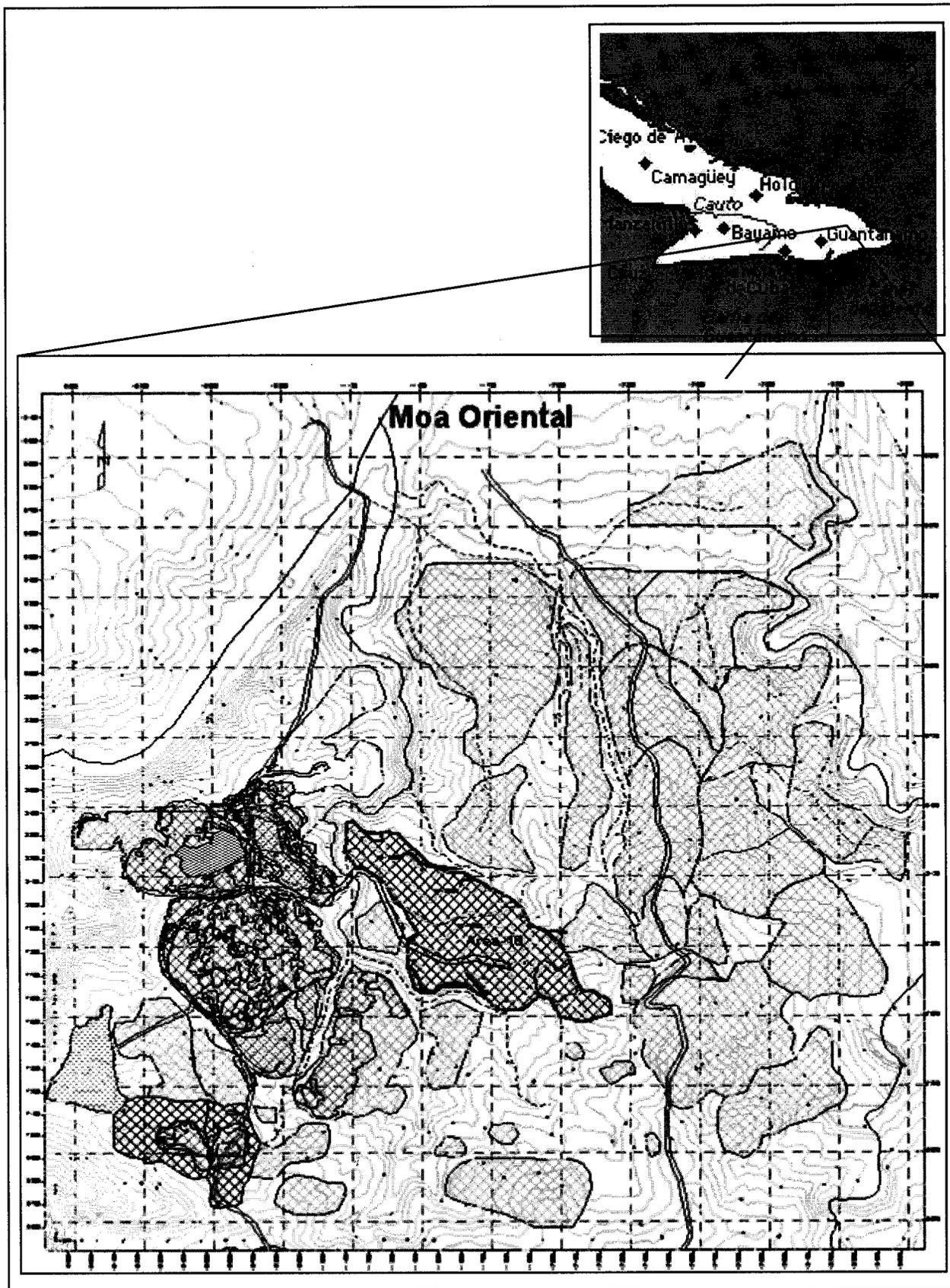
1. La explotación del Area-10 de Moa Oriental se debe realizar a través del mismo sistema de explotación utilizado en el resto del yacimiento.
2. El desplazamiento de los frentes de excavación se debe realizar en sentido norte – sur o viceversa.
3. El desplazamiento de los bancos de trabajo se debe realizar de oeste a este, es decir en sentido ascendente.
4. La distancia de transportación promedio para el escombros no debe sobrepasar 1km.
5. Una vez que se hayan definido el o los sectores que se explotarán simultáneamente con el Area-10, se recomienda que se haga un estudio más detallado sobre el orden de explotación de los bancos de manera que se obtenga en el momento dado la calidad del mineral requerida por el proceso metalúrgico de la planta.
6. Diseñar 8 obras de protección medioambiental durante la explotación del Area.
7. Una vez que se decida poner en explotación este sector del yacimiento se recomienda la aplicación del presente proyecto por los óptimos resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

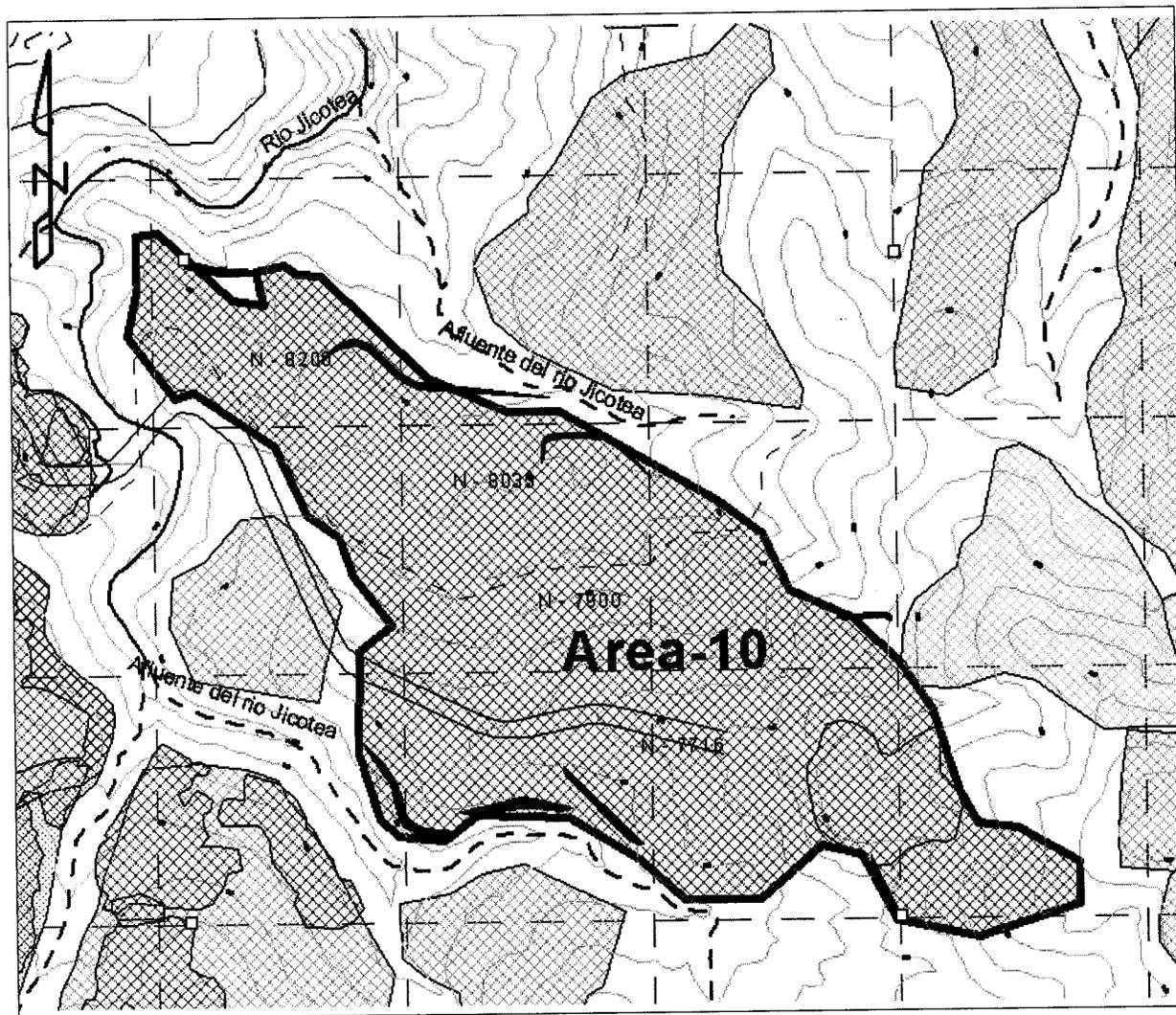
1. Ariosa Iznaga José. Curso de yacimientos minerales metálicos típicos genéticos. Ciudad de la habana: Editoriaial pueblo y educación. 1977.
2. Bustillo Revuelta Manuel, López Jimeno C. Recursos minerales (Tipología, Prospección ,Evaluación ,Explotación, Mineralogía e Impacto Ambiental) Gráficas Areas Montal , Móstoles (Madrid 1996)
3. CECIGMA .Estudio del impacto Ambiental, yacimiento Moa Oriental. Trabajo de evento. Empresa Moa Nickel S.A. Pedro Sotto Alba. 2000.
4. Directivos del Departamento de planificación e ingeniería . Plan de minería del año 2004 . Pedro Sotto Alba .
5. Embree. K. D. Parfitt. M. R. Phillips. C. A. Moa Oriental mine development erosion and sediment control . North Bay .Canada. 2001
6. Hernández Vidal, Edil y Ortiz Pelegrín, Domingo. Plan de minería para el año 2004 de la Mina Pedro Sotto Alba. Mina PSA. Moa, Dic-2003.
7. Hernández Vidal, Edil. Proyecto de minería 2004 - 2008. Mina PSA. Moa, Dic-2003.
8. Hernández Vidal, Edil y Domínguez, Nelsy. Proyecto de explotación del Bloque P-46 del yacimiento Punta Gorda. Mina PSA. Moa, Mayo 2000.
9. López Guerrero, Yusmila. Diseño de la Fase 3 de minería del yacimiento Moa Oriental.
10. Manual de restauración del terreno y evaluación de impactos ambientales en minería. España: Intituto tecnológico Geominera. 1989
11. Otaño N.J.; Torrens Blanco Robert; Nociones de minería. Ministerio de educación superior. La Habana. 1988.
12. Pereda Hernández, Segundo y Polanco Almanza, Ramón. Transporte minero. Ciudad de la Habana, 1999.
13. Vera Yeste, Angel. Introducción a los yacimientos de Níquel de Cuba. Ciudad de la Habana, Cuba, 1979.

ANEXOS

Anexo-1 Ubicación geográfica del yacimiento Moa Oriental



Anexo-2 Ubicación geográfica del Area-10



Anexo-3 Zona en Desbroce



Anexo-4 Escombreo *Carga*



Anexo-5 Arranque y Carga



Anexo-6 Etapas de Rehabilitación

