

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

Dr. Antonio Núñez Jiménez

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

DEPARTAMENTO DE MINERÍA

**ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE
EXTRACCIÓN EN EL YACIMIENTO MOA ORIENTAL**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en Explotación
de Yacimientos Lateríticos**

Autor: Ing. Pedro Oscar Torres Tamayo

Tutores:

Dr. Orlando Belete Fuentes

Dra. Maday Cartaya Pires

Ing. Edil Hernández Vidal

Moa, Marzo del 2004

Resumen

Para extraer la materia prima mineral de forma efectiva en los yacimientos lateríticos ubicados en la pendiente norte del sistema montañoso Moa-Baracoa de la provincia Holguín, Cuba, se propone un análisis comparativo entre la variante de explotación minera, utilizando el equipamiento retroexcavadora Liebherr y la Dragalina SBSH-45, con el objetivo de demostrar su efectividad y la posibilidad de utilizarlo en el sistema de explotación por bancos, que desde el punto de vista técnico y económico, aumenta la productividad del trabajo y disminuyen los impactos negativos sobre el medio ambiente, considerando que para un determinado volumen de mineral y escombros, se desea calcular el equipamiento minero a utilizar en las labores de destape y extracción.

La explotación del yacimiento considerando el relieve de la superficie y las condiciones geológicas, se debe realizar en esencia, por el bloque de mayor grado de estudio, la extracción se hace por bancos de 3 m de alto con la utilización del esquema tecnológico retroexcavadora-camión articulado.

Se propone un esquema tecnológico que integra la extracción, transportación y beneficio de mineral. La apertura del yacimiento con el sistema Retroexcavadora-Camión articulado en bancos de tres metros, resultó ser el método racional por su alta eficiencia, elevada productividad y bajos costos en las operaciones.

Se determinó además, que en este yacimiento existen áreas con relieve abrupto, con intercalaciones de estériles y buenas condiciones de drenaje, donde se debe emplear la extracción por bancos para obtener una mayor recuperación y mejor calidad del mineral extraído.

Se demuestra en este trabajo que el sistema de explotación Retro-Camión es más ventajoso que el sistema Dragalina-Camión.

Palabras claves: Minería a cielo abierto, lateritas, sistema de explotación.

Summary

To extract the raw mineral material in an effective way in the lateritic deposit located in the north slope of the mountainous system Moa-Baracoa from Holguín, Cuba, it intends a rational variant of mining exploitation that from the technical and economic point of view, the productivity of the work increases and diminish the negative impacts on the environment, considering that for a certain mineral volume and rubbish, it is wanted to calculate the mining equipment to be used in the works of uncovers and extraction.

The exploitation of the location considering the relief of the surface and the geological conditions, should be carried out in essence, for the block of more study degree, the extraction is made by benches of 3 m of high with the use of the outline technological articulate retro digging-truck.

It is intended a technological outline that integrates the extraction, transportation and mineral benefit.

The opening of the location with the retro digging-truck system articulated in benches of 3 meters, was the most rational for their high efficiency, high productivity and low costs in the operations.

It was also determined that in this location areas exist with abrupt relief, with intercalations of sterile and good drainage conditions, where the extraction should be used by benches to obtain a bigger recovery and better quality of the extracted mineral.

It is demonstrated in this work that the system of exploitation retro-truck is less expensive than the digger-truck system.

Key words: Mining, open pit, lateritas, system of exploitation.

INTRODUCCIÓN

La industria minera constituye la base de materia prima para la industria metalúrgica. Sin metales no podría subsistir prácticamente ninguna rama de la economía de un país.

La materia prima necesaria para la obtención de los metales la constituyen los minerales cuya extracción es principalmente la tarea primordial de la industria minera.

La eficiencia de la industria metalúrgica depende en gran medida de la calidad del material que se le suministra. Existe una estrecha relación entre ambas industria, todo el proceso funciona como un sistema donde intervienen trabajos geológicos, extracción, transporte del mineral, proceso de beneficio y planta metalúrgica.

El presente trabajo surge por la necesidad de dar respuesta a las dificultades que se presentan durante la extracción del mineral en el yacimiento Moa Oriental de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba-Moa-Nickel S.A., en zonas con mineralización discontinua y relieve abrupto, donde la extracción con Dragalina que se usa tradicionalmente no resulta adecuada ya sea por el empobrecimiento que produce en el mineral con el sistema de arrastre o por lo difícil de su desplazamiento, a lo que se añade el alto costo de estos equipos.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Demostrar la efectividad de la extracción con Retroexcavadora Liebherr en comparación con la Dragalina.
- Manifiestar las ventajas de esta tecnología así como sus limitaciones para la aplicación en los yacimientos lateríticos.
- Demostrar la aplicación del mismo en una zona de alta complejidad del yacimiento.

Materiales y métodos:

- Análisis bibliográfico.
- Reconocimiento visual de la zona y del trabajo de los equipos.
- Elección de un sector de alta complejidad de mineralización para realizar el proyecto.
- Cálculo de los parámetros técnicos y económicos para la explotación de un sector.

CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO.

1.1 Datos generales

Durante el año 2003 se continuará la explotación en Zona A y en los yacimientos de Moa Occidental - Zona Sur, Pronóstico y Yamanigüey, los cuales están ubicados geográficamente al oeste del río Moa, y en Moa Oriental que se encuentra al este del mismo río.

El clima tropical húmedo que caracteriza la región se manifiesta con abundantes y continuas precipitaciones en los meses de septiembre a febrero, y altas temperaturas con seca desde marzo a agosto, período durante el cual suelen caer torrenciales aguaceros, principalmente en mayo, que excepcionalmente ocasionan sensibles interrupciones en las operaciones mineras.

La estadística de las precipitaciones indica que anualmente varían en rangos de 1,000 a 2,400 mm. Tradicionalmente del 60 a 70% ocurren a partir de septiembre y normalmente es noviembre el mes de mayores precipitaciones. Como en todo el territorio de Cuba el área se afecta por depresiones tropicales y grandes huracanes.

1.2 Ubicación de los yacimientos

Zona Sur - se localiza al norte del Sector Yamanigüey Cuerpo I, su basamento posee de forma general una mayor proporción de rocas básicas que el resto de los yacimientos, lo cual se refleja con la presencia de materiales arcillosos de color gris y rosado pálido, y por los altos valores de SiO₂ y Mg. Sus recursos se localizan mayormente en colinas con topografía abrupta y en la periferia del yacimiento, generalmente separadas por vaguadas en ocasiones profundas. El perfil laterítico es de poca potencia, posee baja mineralización y escaso escombros; un por ciento significativo de estos recursos se encuentran en zonas parcialmente minadas.

Pronóstico - esta ubicado al sudoeste del yacimiento Yamanigüey, no es geológicamente complejo, posee una relación LB/SB por encima de 1.07:1, por lo cual se considera que es un yacimiento eminentemente serpentinitico. En su basamento predominan las Harzburgitas serpentinizadas y las serpentinitas Harzburgitas. Se caracteriza por tener poca potencia del perfil laterítico y predominar el escombros en aquellos pozos donde la potencia mineral y los valores de Ni son muy bajos.

Tanto en Zona Sur como Pronóstico predominan los pozos secos y solamente los problemas que se pueden presentar están ocasionados por las lluvias que inundan los cortes y/o dificultan el transporte por las pendientes altas de los accesos.

Yamanigüey - yacimiento en fase de agotamiento, cuyos recursos son remanentes que dan continuidad por el este al yacimiento Pronóstico. Presenta baja potencia mineral, inferior a 3 m promedio y no posee escombro superior. Las zonas planificadas pertenecen al Cuerpo-I de este yacimiento y con su extracción agotan totalmente este sector, se localizan en zonas de la periferia y con características geológicas medianamente complejas.

Zona A - El yacimiento esta ubicado al sur del río Cabañas y al oeste del río Moa, ocupa un área total de 3.5 km². Se caracteriza por tener una corteza de intemperismo potente que varia desde 0 a 40 m, y un valor promedio de 15 m. Esta corteza se ha desarrollado fundamentalmente a partir de Serpentinatas, Harzburgitas y Harzburgitas serpentinizadas, que dieron origen al desarrollo de un perfil litológico completo en casi todo el yacimiento, aunque muy localmente en la parte oeste afloran arcillas procedentes de rocas Básicas mezcladas con lateritas ferruginosas.

En el yacimiento esta bien desarrollada la zona de ocre con una importante presencia de la coraza ferruginosa, y hacia la profundidad las zonas de los ocre estructurales finales, iniciales, zonas de serpentinas lixiviadas y ocretizadas y las zonas de serpentinas desintegradas.

Las áreas planificadas para el 2003 se caracterizan fundamentalmente por tener un perfil completo de la corteza de intemperismo, la potencia de mineral útil varia de 3 a 15 m,

Moa Oriental - Este yacimiento se localiza al este del río Moa y las cortezas de intemperismo que lo forman ocupan un área total de aproximadamente 8.2 km². Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta vaguadas con ondulaciones moderadas y mesetas de relieve favorable para las operaciones mineras, predominan los perfiles completos de la corteza de intemperismo y altos espesores de la mena tecnológica (LB).

La corteza de intemperismo en el yacimiento se ha desarrollado esencialmente sobre Serpentinatas - Harzburgitas y Harzburgitas fuertemente serpentinizadas. Estas rocas cubren prácticamente el 85% del área del yacimiento, presentan colores verdosos con tonalidades grises, verde y negro y son generalmente son estériles. Localmente aparecen otras rocas pero de muy poco predominio en el basamento.

El Plan prevé 5 áreas, ubicadas entre los ríos Moa y Jicotea, las cuales caracterizan de forma general el yacimiento completo y pertenecen en su totalidad al Dominio 2 del modelo geológico que ocupa la parte Oeste del Yacimiento. Este dominio se caracteriza por tener dos zonas de alta concentración de Ni, una aproximadamente en el centro y otra más pequeña en el límite noreste; en el sur y noreste generalmente predominan contenidos más bajos de Ni. Se caracteriza además por presentar contenidos más altos de Fe a todo lo largo del límite oeste, los contenidos más bajos se encuentran en el centro-este y sur del dominio. Aparecen tres zonas de altos contenidos de Co, dos situadas al sur en dirección noreste – sureste y una tercera orientada desde el centro hacia el norte. Hay tres zonas con contenidos más bajos de Co, de sur a norte la zona primera forma el límite suroeste del dominio, la segunda entre las zonas sur y central de alto contenido de Co y la tercera entre la zona central y la zona más al norte de alto contenido. Desde el punto de vista hidrogeológico son zonas poco complejas y sus aguas tanto pluviales como subterráneas drenan fácilmente.

I.3. Situación Geólogo - estructural de la región.

El macizo de hiperbasitas de Moa-Baracoa forma parte de la mega estructura en forma de arco convexo hacia el Norte que se extiende desde la Sierra Cristal, Cuenca del río Sagua, Cuchillas de Moa, Toa y Baracoa hasta la mitad occidental de Maisi.

Estratigrafía de la región.

Las formaciones estratigráficas de esta porción del Norte oriental están representadas por:

- **Jurasico. Serie inferior.**

Son las rocas más viejas en las zonas y están representadas por rocas metamórficas esquistosas, estas no se ponen de manifiesto en el proyecto.

- **Sistema Cretácico. Segunda serie inferior:**

Está representado por efusivos de composición básica y raras veces por porfiritas de basalto, estas están caracterizadas por su constante y uniforme composición litólogo-petrográfica.

1.a) Serie superior: Se encuentran débilmente dislocadas yaciendo sobre la superficie de las hiperbasitas en los flancos occidental y oriental del macizo y se encuentra compuesta por conglomerados friables mal clasificados con guijarros de composición básica y ultra básicas sobre yacidas por areniscas tobáceas y aleurolitas tobáceas. Finalmente calizas organógenas en forma de intercalaciones con poco espesor.

- **Sistema Paleógeno.**

1.a) Parte media. Se presentan en la zona de forma aislada en el litoral del Atlántico yaciendo sobre serpentinitas.

La composición de estos sedimentos es variada y están representadas por rocas aleuritico-arcillosas con intercalaciones de areniscas calcáreas y lentes de gravelitas y conglomerados.

- **Sistema neógeno cuaternario.**

1.a) Serie Mioceno-Cuaternario. Aparecen en la zona recubriendo los sedimentos del eoceno o yaciendo sobre las serpentinitas, después de ser disueltas y arrastradas por el agua. Está compuesto por calizas masivas, organogenas que en ocasiones presentan cavernas.

- **Sistema cuaternario.**

Se encuentra representado por formaciones del tipo marina(arena y fango), fluviales y diluvio-proluviales producto de la descomposición y dislocaciones de la corteza de intemperismo de las ultra básicas y rocas areno-arcillosas.

Además están representadas las formaciones coluviales que tienen poca potencia y eluviales a lo largo de la red de ríos y arroyos.

1.4. Tectónica.

Como resultado de las investigaciones geológicas realizadas se determinó que la región descrita ocupa una parte de la elevación denominada anticlinal oriental o zona estructuro - facial Nipe-Cristal-Baracoa. En esta estructura se mencionan tres tipos estructurales los cuales son:

- Piso estructural inferior: Está representado por formaciones plegadas del efusivo del cretácico.
- Piso estructural medio: Está compuesto por rocas típicas de molasa del Maestrichtiano, los cuales forman pliegues suaves.
- Piso estructural superior: Refleja la etapa epiplataformica del desarrollo de la región y se caracteriza por una dislocación débil de los depósitos del eoceno para las cuales es característica una yacencia monoclinal.

Los sistemas de fallas se desarrollan muy bien en la región y se refleja en forma de zonas de rompimiento, fracturación, grandes grietas y espejos de fricción. La dirección fundamental de estas fallas es submeridional, Noreste y Noroeste.

1.5. Magmatismo.

Las rocas magmáticas en la región están ampliamente representadas en su componente intrusivo no así en el extrusivo. Las intrusiones presentes son de carácter ultrabásico. Dentro de las rocas ultrabásicas se desarrolla ampliamente las Lherzolitas, wherlitas, harzburgitas y piroxenitas que se observan más raramente.

Las rocas básicas de la región se encuentran representadas por los cuerpos de gabroides que representan macizos de pequeños tamaños. De ellas las más desarrolladas son los gabros olivínicos(al este del yacimiento).

1.6. 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.

Los yacimientos de cromita refractarios por su importancia ocupan el segundo lugar en el área.

Entre los demás minerales útiles se destacan las manifestaciones de asbesto crisolítico, pobre mineralización de cobre en las zonas de los gabroides.

Las calizas coralinas, que poseen grandes reservas en la región son explotadas por la empresa con vistas a neutralizar su proceso industrial.

1.7. Rocas que componen el yacimiento.

Las rocas que componen el yacimiento Moa están representadas por el complejo ultramáfico-metamorfizado compuesto por las peridotitas y sus serpentinitas, y el complejo cumulativo formado por gabros oliviníticos y plagiogranitas.

Como representante del complejo ofiolítico en el contexto del yacimiento y por su abundancia, tiene los siguientes tipos rocosos:

1-Serpentinitas apoharzburgitas.

2-Harzburgitas serpentinizadas.

Ambos tipos rocosos cubren la totalidad del área del yacimiento siendo las primeras las más abundantes (alrededor de un 80% del yacimiento); el complejo cumulativo aparece en la zona más oriental del yacimiento son rocas poco abundantes y se encuentran representadas por:

1-Plagioclasitas

2-Anfibolitas

3-Gabros olivínicos.

Las dos primeras son las menos abundantes y se encuentran muy diseminadas por toda el área del sector Oriental en forma de pequeños cuerpos aislados.

Las serpentinitas apohazburgitas y las hazburgitas serpentinizadas se desarrollan a lo largo y ancho del yacimiento y a ellas se asocia la masa fundamental de mineralización, mientras que las rocas del complejo cumulativo se desarrollan solo en el sector Oriental determinando áreas no mineralizadas para Fe, Ni, Co.

1.8. Rocas encajantes.

Las rocas encajantes constituyen la roca madre que da origen a este tipo de yacimiento friable. El tipo rocoso más abundante en nuestro yacimiento lo constituyen las serpentinitas apohazburgitas y las hazburgitas serpentinizadas.

En su mayoría estas constituyen rocas estériles de color gris verdoso a verde con tonalidades amarillas, caracterizadas por un elevado contenido de sílice y magnesio (39,68% y 34,95% respectivamente) y bajos contenidos de óxidos de níquel y hierro (0,89% y 10,34%).

Desde el punto de vista mineralógico las fases predominantes para estas rocas la constituyen los minerales de serpentina (78%) y los minerales arcillosos (10%).

Estos tipos rocosos originan la mayor parte de la corteza friable productiva del yacimiento. Existen en el yacimiento rocas del complejo cumulativo las cuales se ubican en las partes más orientales del yacimiento. Estas rocas presentan coloraciones verdes, grisáceas, blanco verdoso, hasta rojizas en algunas ocasiones. Desde el punto de vista químico son rocas con gran contenido de SiO_2 (45,93%) y Al_2O_3 (26,67%). Mineralógicamente están caracterizados por minerales arcillosos, goethita-hematita, minerales de serpentina y gibbsita.

1.9. Rocas mineralizadas.

La masa mineralizada para nuestro caso la constituyen los horizontes friables de la corteza de intemperismo, formada por la desintegración y lixiviación de las rocas madres, y esta mineralización puede estar presente desde los primeros horizontes de ocre inestructurales con concreciones ferruginosas.

La mineralización se pone de manifiesto desde el mismo horizonte o subzona de los ocre inestructurales con concreciones ferruginosas siendo sus características fundamentales las siguientes:

Desde el punto de vista químico son menas con altos contenidos de níquel pero mucho más bajo contenido de SiO_2 y MgO con respecto a la roca madre. En la parte mineralógica predominan las fases de goethita-hematita y gibbsita, granulométricamente la fase predominante es la aleurítica, aunque la psamítica también es abundante.

Además estas se encuentran en la subzona de los ocre inestructurales sin concreciones ferruginosas, caracterizadas por un aumento del contenido de hierro y níquel. El SiO_2 mantiene más o menos el mismo valor al igual que el MgO .

Las serpentinitas lixiviadas son rocas serpentinizadas que presentan algunas características de los ocre dado al proceso de lixiviación a que a sido sometida, son rocas de color pardo verdusco a verde, hasta blanco, son ocosas y deleznable. Su granulometría está dentro de la fracción aleurítica. Desde el punto de vista mineralógico la fase predominante es la de los minerales de serpentina seguido por los minerales arcillosos. Aquí la fase de la goethita-hematita desciende bruscamente.

1.10. Capacidad menífera de la corteza de intemperismo.

La materia prima mineral útil en el yacimiento Punta Gorda la constituyen dos tipos de menas, estas son:

- Menas Laterítas de Balance (LB); aunque a veces pueden aparecer con altos contenidos de sílice y magnesio, generalmente son ricas en Fe, Ni y Co.
- Menas Serpentiníticas de balance (SB); son menas sílico – magnesianas, donde el níquel posee contenidos altos en las serpentinas lixiviadas. Estos contenidos en los ocre estructurales son más bajos.

Las menas LB se presentan en algunas ocasiones desde los mismos ocres inestructurales con concreciones ferruginosas hasta los ocres estructurales. En cambio las menas SB en su gran mayoría subsisten en los horizontes de la serpentinita lixiviada.

1.11. Grado de complejidad del yacimiento.

De acuerdo a los criterios de analogía con respecto a otros yacimientos del grupo Nicaro, el yacimiento Moa en su parte superior (ocres inestructurales) tiene complejidad II o sea es complejo (25-100%) y para los horizontes inferiores (ocres estructurales y serpentinas lixiviadas) presenta complejidad III o sea es muy complejo (mayor100%), todo ello referido a la potencia de menas y los contenidos.

Existen algunas particularidades dentro del mismo pero con carácter local tal como la aparición de los perfiles complejos en las partes más septentrionales del yacimiento, en estas no se observa un orden lógico de las diferentes zonas del intemperismo o sea que bien aparece una litología al inicio y se repite en el medio del corte o bien una litología intermedia aparece repetida mas bajo o por encima en el corte.

1.12. Características físico - mecánicas de las menas lateríticas y serpentiniticas de balance.

En los horizontes limoníticos donde prevalece el mineral útil se producen fenómenos físico-geológicos desfavorables al proceso de explotación, como deslizamientos, derrumbes, cavernas y otros, los cuales indican que durante la explotación es necesario tomar una serie de medidas que garanticen la seguridad de las operaciones mineras.

El peso volumétrico varía 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 se usa un valor único para cada mena y cada yacimiento. La humedad varia en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en la serpentinita. En algunos yacimientos el coeficiente de esponjamiento obtenido en el escombro es similar al de las menas que componen el mineral útil. Ver Tabla 1.

Tabla 1 Valores de los parámetros fundamentales de la mena limonítica por yacimiento.

Parámetros	U/M	Zona Sur	Pronóstico	Yamanigüey	Zona A	Moa Oriental
□ Mineral						
Peso						
Volumétrico:						
. Seco In-situ.	t/m ³	1.06	1.20	1.20	1.05	1.05
. Húmedo In-situ.	t/m ³	1.54	1.67	1.82	1.62	1.63
. Húmedo suelto.	t/m ³	1.17	1.29	1.36	1.27	1.20
Humedad.	%	31.39	28.27	34.07	34.0	36
Factor esponjamiento		1.31	1.29	1.33	1.27	1.37
□ Escombro						
Peso						
Volumétrico:						
. Seco In-situ.	t/m ³	1.74	1.36	1.75	1.50	1.50
. Húmedo In-situ.	t/m ³	-	-	2.03	1.91	1.90
. Húmedo suelto.	t/m ³					1.72
Humedad.	%					36.5
Factor esponjamiento					1.40	1.30

- **Horizontes de ocre inestructurales con perdigones (OI CON P).**

Dentro de sus principales características podemos decir que posee una textura compacta, los valores de granulometría son variables, presentando las gravas y las arenas los menores porcentajes contenidos:

Grava: 0-14%

Arena: 11-16%

Los limos y arcillas son de mayores porcentajes:

Limos: 37-46%

Arcilla: 33-43%

La plasticidad arrojó los siguientes resultados:

Para el límite líquido, valores entre (49-59%)

Para límites plásticos entre (31-43%)

El índice de plasticidad de variación entre (16-18%)

Las condiciones naturales del suelo son:

Masa volumétrica húmedo.....	1.7 t/m ³
Masa volumétrica seco.....	1.28 t/m ³
Densidad.....	3.57 t/m ³
Humedad natural.....	28.69 %
Coefficiente de porosidad.....	1.89
Magnitud de cohesión.....	0.63
Angulo de fricción interna.....	28.16°

Con una carga unitaria de 1.1Kg/cm² (107873.15 Pa) sufre una deformación de 0.94%. El inchamiento presentó valores de 60.6%.

• **Ocres inestructurales sin perdigones(OI SIN P).**

Masa volumétrica húmeda.....	1.65 t/m ³
Masa volumétrica seca.....	1.11 t/m ³
Densidad.....	3.67 t/m ³
Humedad natural.....	35.4 %
Coefficiente de porosidad.....	2.69
Cohesión	0.26
Angulo de fricción interna	26.93°

Bajo una carga unitaria de 0.86 Kg/cm² (84337.19 Pa) alcanza un valor de deformación de 1.32%.

- **Ocres estructurales (OE).**

Presentan una serie de fenómenos entre los cuales está un alto desarrollo de la oxidación debido a la abundancia de vetillas de manganeso, además de la presencia de fragmentos de serpentinitas desintegradas pertenecientes al próximo horizonte.

Los resultados de granulometría demuestran un bajo porcentaje de grava y arena y un aumento de limos (36-58%) y de arcillas (28-58%).

La plasticidad aumenta siendo para el límite líquido de (52.86%) y para el plástico de (30-36%), quedando el índice de plasticidad en (12-27%), además:

Masa volumétrica húmeda.....	1.59 t/m ³
Masa volumétrica seca	0.97 t/m ³
Densidad.....	3.72 t/m ³
Humedad natural.....	48.18 %
Coefficiente de porosidad.....	3.01 %
Cohesión.....	0.45
Angulo de fricción interna.....	23.3°

Bajo una carga unitaria de 1.54 Kg/cm² (151 022.41 Pa) alcanza una deformación de 2.26%.

- **Serpentinitas desintegradas friables (SDF).**

Presentan una coloración gris verdoso con textura muy compacta, afectada casi en su totalidad por el fenómeno de la zeolitización, los resultados de granulometría plantean una ausencia total de grava, así como un contenido bajo de arena y más alto de limo y arcilla.

La plasticidad presenta valores en el límite líquido de (58-60%) y en el límite plástico de 38%, con un índice de plasticidad de un 20%.

Masa volumétrica húmeda.....	1.38 t/m ³
Masa volumétrica seca.....	1.02 t/m ³
Humedad natural	34.7 %
Densidad	3.81 t/m ³
Coefficiente de porosidad.....	2.74 %
Coefficiente de saturación.....	48.4 %

Cohesión 1,4 Kg/cm²

Angulo de fricción interna..... 16°

Tabla.2. Condiciones de las menas que forman los distintos horizontes de la corteza de intemperismo.

Horizontes	Tipo de MENA	Nomenclatura	Contenido de Ni en %	Contenido de hierro en %
Escombros	Fe de balance	FB	Ni = 70	Fe = 30
Mineral	Fe fuera de balance	FF	Ni = 70	20 Fe 30
Mineral	Laterita niquelífera fuera de balance	LF	Ni = 0.7- 0.9	Fe 35
Mineral	Laterita niquelífera de balance	LB	Ni = 0.9	Fe 35
Mineral	Serpentina blanda de balance	SB	Ni = 0.9	12 Fe 35
Roca madre	Serpentina dura de balance	SD	Ni = 0.9	Fe 12
Fondo rocoso	Serpentina niquelífera fuera de balance	SF	Ni = 0.7- 0.9	12 Fe 35
Fondo rocoso	Serpentina niquelífera fuera de balance	SF	Ni = 0.7- 0.9	12 Fe 35
Fondo rocoso	Roca estéril	RE	Ni = 0.9	Fe 20

1.13 Características cualitativas y tecnológicas

En las zonas planificadas de todos los yacimientos es típico el predominio de las menas limoníticas sobre las menas serpentiniticas; localizándose en los sectores de Moa Occidental un mayor desarrollo de las menas serpentiniticas.

En general las menas se clasifican de la siguiente forma:

- *Menas lateríticas de balance (LB)*: son generalmente ricas en Fe, Ni y Co, pero pueden aparecer con alto contenidos de MgO y SiO₂; en Pronóstico estas menas son muy ricas en Ni pero con menor contenido de Co.

- *Menas serpentiniticas de balance (SB)*: es donde el Ni posee los más altos contenidos, están muy desarrolladas en Yamanigüey y Pronóstico, y en menor grado en Zona Sur.
- *Menas lateríticas fuera de balance (LF)*: En comparación con la mena LB, la SiO₂ y MgO tienen una concentración ligeramente menor, el Al algo mayor y alto contenido de Co. Es la de mayor contenido de Fe₂O₃.
- *Menas ferrosas de balance (FB)*: Son menas ferrosas altos contenidos de Al y SiO₂, aunque ésta 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.

1.14 Cálculo de recursos y reservas minerales

Base de datos - Todas las bases de datos usadas en los cálculos fueron creadas en mayor o menor grado por Geominera, las cuales se obtienen a partir de las perforaciones ordinarias de diferentes etapas de exploración, fundamentalmente de la red de 100x100 y 33x33 m, no obstante, en la base de datos de cualquier yacimiento se cuenta con los resultados analíticos de todas las perforaciones iniciales de 300x330 m o irregulares, las de confirmación en red de 66x66 ó 33x33 m desplazada, y los de la red de explotación de 16x16 m.

Condiciones de cálculo - Para los yacimientos Zona Sur, Pronóstico y Yamanigüey se emplearon las condiciones de cálculo tradicionales, donde cada metro del pozo de perforación equivale a una muestra, y solo las que contienen valores de Ni ≥ 1.00 % y Fe ≥ 35.0 % son las que constituyen la mena LB o mineral útil, y las que no reúnan esas condiciones son estéril.

Para los casos de Zona A y Moa Oriental se utilizó el nuevo concepto de *níquel equivalente*, que incluye el precio del metal, además del cut-off, y cuyo valor se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Niequi} = \% \text{ Ni} + \% \text{ Co} * (\text{Pco}/\text{Pni})$$

Donde:

Pni y Pco – son los estimados de precios de níquel y cobalto en el mercado internacional (realizados por Expertos que toman en cuenta las estadísticas de precios, situación del mercado y perspectivas a escala mundial).

En estos casos el cut-off de Ni, Fe y Niequi se aplican al compósito de las muestras que conforman cada bloque de 8x8x3m del modelo de bloques. Para el yacimiento *Zona A* se considera *mena LB* o

mineral útil todo bloque que contiene $Ni \geq 0.9 \%$, $Fe \geq 35.0 \%$ y $Niequi \geq 1.35 \%$, y *estéril* el bloque que no reúna esas condiciones. Y para el caso de *Moa Oriental*, se considera *mena LB o mineral útil* todo bloque con cut-off de Ni y Fe similar al de Zona A, pero $Niequi \geq 1.25 \%$, y *estéril* el que no cumpla esa condición. Excepcionalmente se trata como *estéril diferenciado* a los bloques con $Niequi \leq 1.25 \%$, pero con $Ni \geq 0.9 \%$, $Fe \geq 35.0\%$, los cuales son considerados de valor económico en el futuro.

Estimación de Recursos - Los recursos de Zona Sur y Pronóstico fueron estimados de forma automatizada a través del Sistema Integral Minero (SIM). Se empleó el método tradicional de Polígonos o Area de influencia, y se incluyen todos los pozos que tengan al menos 1m de mineral. Las muestras de estéril intermedio constituyen mineral siempre que su potencia sea igual o menor de 2m y el promedio del compósito del pozo sea igual o superior al cut-off empleado; las muestras que no reúnan esas condiciones son consideradas como estéril.

Los recursos de los yacimientos Zona A y Moa Oriental también se estimaron mediante el SIM, pero utilizando el método de Modelo de bloques. Las dimensiones de los bloques son de 8x8x3m y obedecen a criterios técnicos relacionados con el perfil geológico del yacimiento y las propiedades físico-mecánicas del mineral, así como los parámetros fundamentales del equipamiento minero.

Estimación de Reservas - Para la determinación de las reservas planificadas de Moa Occidental, utilizamos la estimación de recursos obtenidos de la forma anteriormente mencionada, realizando las deducciones siguientes: pozos minerales dentro de las franjas de protección medio ambiental, pozos aislados y pozos con potencia ≤ 2 m en la periferia.

Las deducciones a las reservas de Zona A y Moa Oriental se realizaron a través del SIM según el modelo de bloques, dentro de las cuales se incluyen, las franjas de protección medioambientales y restricciones por líneas eléctricas.

Estimación de Reservas - Para la determinación de las reservas planificadas de Moa Occidental, utilizamos la estimación de recursos obtenidos de la forma anteriormente mencionada, realizando las deducciones siguientes: pozos minerales dentro de las franjas de protección medio ambiental, pozos aislados y pozos con potencia ≤ 2 m en la periferia.

Las deducciones a las reservas de Zona A y Moa Oriental se realizaron a través del SIM según el modelo de bloques, dentro de las cuales se incluyen, las franjas de protección medioambientales y restricciones por líneas eléctricas. Dilución - la determinación de este parámetro tuvo en cuenta los resultados de la minería de los años 2000, 2001 y 2002.

Tabla 3 Factor de Dilución por yacimiento.

Yacimiento	tonelaje	%Fe	%Ni	%Co
Zona Sur	0.8458	0.9618	0.9326	0.9198
Pronóstico	0.8934	0.9250	0.9433	0.9086
Yamanigüey C-I	0.9412	0.9710	0.9827	0.9823
Zona A	1.0000	1.0000	0.9200	1.0000
Moa Oriental	0.9807	1.007	0.9847	0.9825

CAPITULO II MINERIA DEL YACIMIENTO

2.1 Estado actual de la minería

Zona Sur – Yacimiento en fase de agotamiento, con más del 70 % de sus recursos con difíciles condiciones para su explotación. Se prevé agotar este año el 15 % aproximadamente, que son los recursos de zonas parcialmente minadas; el resto se localiza en zonas vírgenes, pero en laderas abruptas con condiciones geológicas y minero-técnicas poco favorables para garantizar el volumen y calidad planificados. Durante el transcurso del año se definirá e informará la estrategia a seguir para el cierre del yacimiento. No se requiere de la construcción de caminos ni accesos secundarios para el cumplimiento del cronograma previsto y posee un volumen de escombros pequeño, con una relación de 0.2:1.

Pronóstico - Se planifican 7 áreas con condiciones minero-técnicas favorables, ubicadas en su mayoría en laderas, con una relación Escombros-mineral de 0.27:1. Más del 33 % son recursos de zonas parcialmente minadas. Sus caminos y accesos secundarios se conservan en buen estado, pero se requiere reconstruir aproximadamente 800 m de camino hasta las Áreas 6 y 7, que quedaron aisladas por minerías anteriores.

Yamanigüey - Son 5 áreas, cuatro de las cuales dan continuidad al Are-5 de pronóstico, por lo que para su explotación se utilizará el mismo camino; las condiciones minero-técnicas son favorables y no tienen escombros superiores. El Área -5 es la que se considera en desventaja por estar aislada y necesitar la construcción de 600 m de acceso, pero posee buena calidad y con ella se agota el Cuerpo-I de este yacimiento.

Zona A – Se planifica minar todo año en este yacimiento, a un ritmo de producción superior al de todos los años anteriores, Se iniciará la minería del año en zonas actualmente en explotación Área-4, 5 y 11, con todas las condiciones creadas, y el Área-8 que estará lista para su explotación desde enero 2003. El resto de las reservas planificadas en este yacimiento se encuentran en las Área-9, 9a y 10 planificadas para iniciar su preparación a partir de febrero, con un alto volumen de escombros a remover (relación 1:1), por lo que se requiere la apertura de dos frentes de escombros desde el mismo inicio de año.

Moa Oriental – La minería en este yacimiento dará inicio en el Área-2^a y 2b del Tajo-1, las cuales poseen todas las condiciones creadas para dar cumplimiento al cronograma previsto. Las áreas restantes se localizan en zonas vírgenes, de fácil acceso. No requiere de la construcción de caminos principales pero sí de dos caminos temporales de acceso a las Áreas-2, 5 y 6. Desde el punto de vista topográfico e hidrogeológico la zona no presenta grandes dificultades, ni constituye un peligro inminente para garantizar la producción ni la seguridad de operación. Sobre el Área-5 hay actualmente un Depósito con aproximadamente 500 a 800 m³ de suelo de la capa vegetal proveniente de las zonas de escombros, que será removido para utilizarlo en la rehabilitación de las escombreras. Las operaciones mineras en esta área comenzarán con su preparación en el tercer trimestre, pero su extracción tiene su mayor porcentaje en el cuarto trimestre del año.

2.2 Sistema de explotación

Zona Sur – La extracción se realizará con una excavadora tipo Dragalina, y el transporte con camiones rígidos hasta el Punto de carga del transportador CO-8. La operación de la Dragalina se ejecutará en un solo escalón y la dirección de desarrollo de los frentes se hará en forma de abanico extrayéndose toda la masa mineral de una vez. El escombros se realizará al corte con la propia excavadora.

La altura del escalón será variable, entre 2 y 4 m, y va a depender del espesor de la mena LB y el escombros. Para garantizar la seguridad de la excavadora durante las operaciones el ángulo de talud no debe superar en ninguno de los casos los 45° de inclinación. La plataforma de trabajo requiere solo de un buen acceso y condiciones seguras de trabajo. La carga se realizará al nivel de la plataforma.

Pronóstico y Yamanigüey – La extracción y carga del mineral se realizará por medio de una retroexcavadora, y camiones rígidos como medio de transporte hasta el punto de carga del transportador CO-8.

Las labores de preparación y extracción, se realizarán mediante la construcción de terrazas, guiándose por las curvas de nivel del terreno natural; las terrazas se comunican entre sí a través de un acceso que se enlaza con el camino principal. La distancia entre una terraza y otra no debe

exceder de 16 m, es decir el doble del radio de alcance de la retroexcavadora. En zonas llanas se construirán ramales que se operarán de forma similar a las terrazas.

La retroexcavadora se posesionará en la terraza (o ramal) para minar a ambos lados y avanzar en retroceso, de manera que se pueda alcanzar todo el mineral que hay entre cada terraza.

La altura del escalón es variable y dependerá de la potencia mineral, que no supera los 4 m. El ángulo del talud que se logra durante la excavación es de 85° aproximadamente, permitiendo estabilidad y seguridad durante la operación.

Zona A y Moa Oriental – Las operaciones de extracción y carga de la masa minera se realizarán con retroexcavadoras, utilizando camiones articulados como medio de transporte para el Estéril de ambos yacimientos, y para el mineral - articulados en Moa Oriental y camiones rígidos en Zona A.

El escombreo y la extracción se realizarán mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez. La carga de los camiones se realizará en el nivel inferior y a 90° con respecto a punto de extracción, en períodos 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 efectuará a través de trincheras longitudinales interiores o exteriores, posteriormente serán ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente.

El escombreo y la extracción se realizarán mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez. La carga de los camiones se realizará en el nivel inferior y a 90° con respecto a punto de extracción, en períodos 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 efectuará a través de trincheras longitudinales interiores o exteriores, posteriormente serán ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente.

La coincidencia de la inclinación entre el terreno natural y el cuerpo mineral permite además la ejecución de las piscinas de sedimentación sin correr riesgos de deslizamientos de taludes y construir accesos hasta ellas sin mayores dificultades.

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 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.

Tabla 4 Distancias de tiro por yacimiento.

Yacimiento / Actividad	Zona Sur	Pronóstico	Yamani-güey	Zona A	Moa Oriental	Promedio 2003
Escombreo	-	0.50	-	0.60	0.60	0.60
Extracción						
Trim – I	2.20	-	-	2.04	7.13	4.60
Trim - II	-	3.12	-	2.98	7.91	5.34
Trim - III	-	3.47	-	3.63	8.30	5.71
Trim - IV	-	-	1.81	4.37	8.33	6.39
Promedio	2.20	3.29	1.81	3.26	7.92	5.51

Escombreo – Un total de 1,85 millones de m³ de escombros será necesario remover este año con retroexcavadoras, del cual casi el 60 % (1 millón de m³) corresponden a Zona A y más de 35 % a Moa Oriental. Se removerá de forma similar a como se realiza la extracción de mineral - por bancos y con plataformas de la misma dimensión.

En Zona A se realizará escombreo selectivo, aproximadamente el 20 % (200 mil m³) del volumen total de escombros podrá almacenarse en Depósitos diferenciados por contener valores de Ni \geq 0.9 % y Co \geq 0.110 % y Ni equivalente $<$ 1.35 %.

Conformación de escombreras – Las escombreras en Moa Oriental y Zona A seguirán ejecutándose bajo el mismo criterio de diseño de la firma de consultoría Knight Piésold. Cuyos parámetros son los siguientes: Altura de banco o capa de 3 m, talud con pendiente 2:1 y bermas de 4 m entre el borde superior de cada capa y el pie de la capa superior y con una pendiente hacia en interior de 0.5 %. Como se muestra en el esquema los bordes finales de cada capa deben ser compactados para lograr mayor estabilidad e impedir el arrastre de sedimentos.

Extracción y transporte – Se realizará para todos los yacimientos conforme al Sistema de explotación que se explica en el punto 3.2; el volumen total de minado se puede ver en las Tablas – 3, 4, 6 y 7 anexas al Reporte.

Zona Sur - minará solo en el *primer trimestre* (102,6 mil t) con una Dragalina y camiones rígidos.

Pronóstico – minará 261,700 toneladas en el 2do. y 3er. trimestres, con retroexcavadora y camiones rígidos.

Yamanigüey - iniciará su minería en el 4to. Trimestre con una participación pequeña (66 mil t) y lo realizará con retroexcavadora y camiones rígidos.

Zona A - su minado promedio en el año es de 1,3 millones de toneladas (38 %), lo cual se realizará con retroexcavadora y camiones rígidos, participará en todos los trimestres y transportará directamente a embudo el 31,7 % promedio del total a alimentar.

Moa Oriental - con respecto al año 2002 el volumen de minado se reduce a un 64 %, minará en todos los trimestres un total de 1,68 millones de toneladas (49 %) y alimentará directamente más del 43 %. Su minería la realizará con 2 retroexcavadoras y camiones articulados, una de la retroexcavadoras se utilizará el 60 a 70 % del tiempo en el Destape.

Este yacimiento *posee un volumen importante de recursos* (alrededor de 1 millón de toneladas) que son remanentes de fondo de la minería de 2001 y 2002, pero no han sido planificados por estar limitados por la presencia de rocas. Este mineral podrá ser incorporado *de ponerse en funcionamiento el sistema de cribado* (en fase de proyecto) antes de ser alimentado a Planta de pulpa, *contribuyendo a la reducción del volumen de escombro a remover y a mejorar la calidad del mineral alimentado.*

Para cumplir con los volúmenes y parámetros de calidad planificados del mineral puesto en Planta, hay que depositar 200 mil toneladas en el año y transferir de ellos 332 mil toneladas con camiones rígidos y articulados. Esta combinación de los equipos de transporte es necesario realizarla todo el año.

Rehabilitación - La rehabilitación se continuará realizando en todas las escombreras en fase de culminación aprovechando el mismo equipamiento de escombreo, recubriendo las mismas con una capa vegetal y posteriormente la reforestación.

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, Zona A previstos en el Plan de Minería del año 2003.

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 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 Zona A 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.

2.3 Equipamiento minero y facilidades

Equipamiento de producción - El equipamiento fue calculado sobre la base de los volúmenes y características de material a transportar, la disponibilidad mecánica, el régimen de operación, utilización del tiempo e interrupciones por factores climáticos y otros. Ver Tabla 6.

Tabla 5 Parámetros fundamentales de diseño.

Parámetros Generales (Promedio Eq. principales y auxiliares)	U/M	Total Mina
Días Calendario / año	días	365
Días Laborables / año (promedio del total de equipos)	días	338
Turnos por Día		2
Horas Día Plan	h	24
Utilización del Turno (Descanso, Cambio de Turno, Otros)	%	84.6
Utilización del Turno (Afectaciones climáticas, Otros)	%	93.5
Disponibilidad Mecánica	%	87.2
Eficiencia Combinada	%	69.1
Horas Día Efectivas	h	16.6

Tabla 6 Relación del Equipamiento Minero.

Descripción del Equipamiento	Equipos parque
	2003
Dragalina, ESH 6/45, pluma 45m, cuchara 6m ³ , profundidad Excavación - máx. 20m.	3
Retroexcavadora, Liebherr 984C, cuchara 6m ³ , profundidad Excavación - max. 9m.	4
Retroexcavadora, Volvo EC650, cuchara 4.4m ³ , profundidad Excavación - max. 7m.	1
Camión articulado, Volvo A35C, capacidad de carga 32t, 21m ³ .	23
Camión rígido, Euclid R60, capacidad de carga 60t, 36m ³ .	4
Camión rígido, Komatsu HD 465, capacidad de carga 55t, 34.2m ³ .	2
Bulldózer, Komatsu D85 & D155, Cuchilla universal, 285 HP.	7
Cargador frontal, Komatsu WA600-3MC, 6.2m ³ .	1
Cargador frontal, Volvo L90C, 2.2m ³ .	1
Motoniveladora, Champion 750 A, Cuchilla 4.3m, 210 HP.	2
Compactador, "Dynapac"	1
Pipa de agua, "Western Star" & Volvo A35C, c/c – 20.000 litros.	2
Cuña "Ken Worth"	1
Perforadora, "Sedidrill"	1
Planta de alumbrado	8
Camión de lubricación	2
Carro de servicio	2

Equipamiento auxiliar - los equipos auxiliares cumplirán las funciones siguientes: perforación de explotación, construcción y mantenimiento de caminos, excavación de material para la construcción de caminos, servicios de mantenimiento mecánico, mantenimiento de diques, canales, piscinas de sedimentación, etc.

2.4 Fuerza laboral

Planificación de los turnos - El programa de Operaciones mineras se basa en 2 turnos de 12 horas por día y 7 días por semana. Cada trabajador de operaciones promedia 42 horas de trabajo por semana en uno de los dos turnos. Las brigadas de construcción de caminos trabajarán sobre la base de un turno de 12 horas los 7 días de la semana y Desarrollo geológico 8 horas por día con descanso en los fines de semana.

Cada trabajador de Operaciones tiene derecho a descansar 15 minutos en 2 ocasiones del turno para tomar la merienda, tiene 1 hora en el turno de día para almorzar y 15 minutos para efectuar el cambio de turno.

Interrupciones por factores climáticos - El programa de producción admite hasta 40 días improductivos por año para los camiones rígidos y equipamiento de escombreción provocado por las intensas lluvias que ocurren durante el año pero fundamentalmente en los meses de lluvia. Sin embargo, esto no afecta el salario de los trabajadores ya que generalmente son asignados para realizar otras tareas de apoyo y al restablecimiento posterior de las actividades mineras. La actividad que más se afecta resulta ser la de escombreción, la cual incorpora todos sus trabajadores al apoyo en la extracción.

Ausentismo y vacaciones - El índice de ausentismo es generalmente muy bajo, usualmente es inferior a 1.5%. El índice usado en este proyecto es de 0.7%.

Cada trabajador tiene derecho a descansar 30 días al año, los cuales son planificados según el interés personal de cada cual, no obstante, las vacaciones son programadas de forma tal que no se afecte el desarrollo normal de cada actividad minera.

Entrenamiento - No se prevén plazas para trabajadores en entrenamientos exclusivamente, pero sí se lleva una política de rotación de puesto de trabajos en los operadores y técnicos de toda la entidad. Con el objetivo elevar constantemente la calificación y destreza de los trabajadores.

CAPITULO III. ESTUDIO COMPARATIVO DEL METODO DE EXPLOTACION CON RETRO Y DRAGALINA EN EL YACIMIENTO MOA ORIENTAL

3.1 Sistema de explotación propuesto y elección del equipamiento a utilizar.

La explotación por bancos se puede realizar en cualquier condición (potencias altas, medias, bajas; mineralización continua y discontinua, etc.). Este tipo de explotación tiene las limitantes que no es recomendable su utilización donde se quiera lograr una mejor homogeneización en el frente y en zonas donde hay alta humedad (40 %).

Se deben considerar las diferentes ventajas de los equipos de extracción (Dragalina, y Retroexcavadora) para las condiciones específicas de la zona de estudio (Polanco, 1996).

Las principales ventajas que presenta la Dragalina son:

- Puede trabajar con cualquier humedad.
- Posibilita la mezcla del mineral.
- Se necesitan menor número de caminos.

Esta presenta las limitantes de que cuando hay intercalaciones de gabros no es recomendable su utilización o cuando el relieve es accidentado.

La Retroexcavadora presenta las ventajas siguientes:

- Mayor selectividad.
- Puede trabajar en cualquier tipo de relieve.
- Puede trabajar en cualquier potencia.
- Alta movilidad

Sus limitaciones son:

- No permite la mezcla del mineral en el frente.
- Donde existe alta humedad no es recomendable su utilización.

Los criterios a tener en cuenta para que la explotación por bancos múltiples se realice con eficiencia y calidad según los estudios realizados por los especialistas de la mina Moa-Níckel S.A. son las siguientes (Alexandre, 2000):

- Yacimientos con pendientes medias y abruptas.
- Cualquier potencia del mineral.
- Baja humedad del mineral.
- Presencia de mineralización continua y discontinua.

El cálculo de los volúmenes de escombros y mineral se realizaron a partir de los perfiles del bloque.

La altura del banco influye grandemente en el trabajo de la Mina, por ello su determinación correcta es uno de los problemas básicos de la proyección de Mina.

Durante su establecimiento se consideran algunos factores como son: condiciones de yacencia, propiedades físico – mecánicas de las rocas, intensidad de explotación, plan calendario de los trabajos de destape, calidad exigida del mineral, condiciones de trabajo de las Retroexcavadoras y del transporte.

Los taludes de los bancos de trabajo durante la explotación dependen del carácter de la roca, de los métodos de explotación, etc.

Es muy importante considerar las condiciones de yacencia del cuerpo mineral; es preferible que el banco esté representado por rocas homogéneas. Las cotas del techo y del piso del banco deben coincidir en la medida de las posibilidades con los contactos de los diferentes tipos de rocas. También se debe considerar la posibilidad de la extracción selectiva.

Atendiendo a las condiciones específicas del sector a explotar en el yacimiento Moa Oriental, el equipamiento a utilizar y los demás factores que influyen en la elección de la altura del banco, se determinó que la misma será de 3 metros con un ángulo de talud de 75° (Fig. 1).

Es conocido que la altura del banco influye directamente en la velocidad de desplazamiento de los frentes de excavación, frentes de trabajo y en los plazos de apertura y preparación de nuevos horizontes.

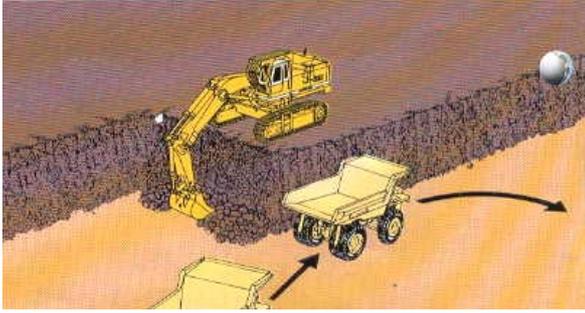


Fig.1. Forma efectiva de ataque Retro-Camión

Las velocidades de desplazamiento de los frentes de arranque (V_{fa}) y de trabajo (V_t) se determinan de la siguiente forma (Alexandre 2000):

$$V_{fa} = \frac{Q}{Ah}; \quad V_{fa} = \frac{454}{(10.35)3} = 14.62 \text{ m/h}$$

Donde:

Q- Productividad de la Retroexcavadora ($454 \text{ m}^3/\text{h}$)

A – Ancho de la banda (10.35 m)

h - Altura del banco (3 m)

$$A = R + D_e + b = 6.775 + 2.075 + 1.5 = 10.35 \text{ m}$$

El desarrollo de la Mina se caracteriza por dos direcciones básicas: desplazamiento horizontal de los bancos y profundización de la minería.

Cuando la Retroexcavadora termina una banda de trabajo se dirige a la siguiente, como resultado de ello la línea del frente se desplaza con velocidad:

$$V_t = \frac{12Q}{hL} = \frac{(12)454}{3(300)} = 0.6 \text{ m/h};$$

Donde:

L- longitud del bloque geológico (300 m)

3.2 Actividad de desbroce

Esta actividad consiste en eliminar toda la vegetación existente en la zona de la futura minería, está representada por la *Dracena Cubensis*, el Yuraguano y por variados arbustos e hierbas dispersas en gran parte del bloque. No existen árboles grandes que puedan ser utilizados para otros fines.

Toda la vegetación, es decir, los arbustos, hierbas, pequeñas plantas, etc. que se encuentran en el sector será arrancada y depositada en áreas marginales de este, pero siempre teniendo en cuenta que no pueda afectar o entorpecer un futuro trabajo minero, además pueden depositarse en el área ya minada del sector.

Esta operación se realizará con buldózer, empezando por la parte sur que tiene una mayor elevación hacia la parte norte del bloque geológico.

El sector tiene 8 hectáreas, el espesor de la capa a desbrozar es de 30 cm. El desbroce del sector se realizará en un período de 7-12 días, trabajando 12 horas.

Cálculo de la productividad teórica del Buldózer (Belete, 1999):

$$Q_{teo} = \frac{300(FL_s)}{T_c}, \quad F = F_1 + F_2, \quad F_1 = \frac{mH_e^2}{K_3}$$

$$F_2 = (1 - m)b_e H_e + h_3^2 \cot \beta_2$$

Donde:

F_1 y F_2 - Área de fragmentación de la roca durante la escarificación; m^2 .

m - Coeficiente de proporcionalidad, para rocas blandas (0.01)

H_e - Profundidad de escarificación (0.768).

K_3 - Coeficiente de proporcionalidad de la relación de H_e y el ancho del terminal (3-5).

b_e - Ancho de la cavidad de escarificación de un puntal por el paso (0.18).

h_3 - Alto de la figura de fragmentación de la roca durante la escarificación (0.576 m).

β_2 - Angulo de la punta de roca de la parte superior de la zona de fragmentación (45°).

T_c - Tiempo de ciclo; s.

L_s - Longitud efectiva de escarificación del Buldózer.

$$F_1 = \frac{0.02(0.768)^2}{4} = 0.00295 \text{ m}^2,$$

$$F_2 = (1 - 0.02)18(0.768 + (0.576)^2 \cot 45^\circ) = 0.4673 \text{ m}^2.$$

$$F = 0.00295 + 0.4673, F = 0.47 \text{ m}^2$$

Conociendo $L_s = 50 \text{ m}$, $T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

$$t_n = \frac{l_n}{v_n}$$

Donde:

t_1 - Tiempo de arranque

t_2 - Tiempo de transporte

t_3 - Tiempo de recorrido en vacío

t_4 - Tiempo de encendido

$$T_c = l_1 / v_1 + l_2 / v_2 + l_3 / v_3 + l_4 / v_4$$

Donde:

l - Longitud

v - Velocidad

$$T_c = \frac{8}{0.6} + \frac{50}{0.9} + \frac{65}{2.9} + 5 = 96.3 \text{ s.}$$

$$Q_{teo} = \frac{(3600)(0.47)(50)}{96.3} = 878.50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo de la productividad técnica (Belete, 1999).

$$Q_{tec} = \frac{Q_{teo} F_E}{F} = 132.71 \text{ m}^3 / \text{h},$$

$$F_e = \frac{3600}{T_c} (0.5 + 0.75) B_e h_e \frac{T_c}{3600} = 0.071 \text{ m}^2$$

$$h_e = \frac{(0.5b_e + a)}{2} \tan \beta_2$$

$$a = h_3 \cot \beta_2 ; \quad a = 0.576 \cot 45^\circ ; \quad a = 0.576 \text{ m}$$

$$B_e = 0.98 b_e ; \quad B_e = 0.98 \times 0.18, \quad B_e = 0.176 \text{ m}$$

Cálculo de la productividad de explotación.

$$Q_{\text{exp}} = Q_{\text{teo}} K_u T_t = 2579.88 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

K_u - Coeficiente de utilización (0.8)

T_t - Duración del turno de trabajo (8 h)

$$A = 300 (300), \quad A = 90\,000 \text{ m}^2$$

Volumen a desbrozar:

$$V = A h = 90\,000 (0.3) = 27\,000 \text{ m}^3$$

Cantidad de días necesarios para el desbroce.

$$D = \frac{V}{Q_{\text{exp}}} = \frac{27\,000}{2579.88} = 10.5 \text{ días.}$$

3.3 Actividad de destape

El destape de reservas ocasionará uno de los principales volúmenes de trabajo de la actividad minera en el sector a explotar, por lo que una buena ó mala selección del equipamiento para realizar este trabajo ha de repercutir positiva ó negativamente en los trabajos económicos de la mina. De manera que el equipo racional será aquel que permita armonizar los factores cuantitativos y cualitativos que den como resultado un bajo costo para la mina y una alta calidad del mineral.

Para el destape del sector en cuestión, utilizaremos la Retroexcavadora Liebherr por la gran aplicación de estos equipos y ventajas con respecto a otros en determinadas condiciones; puede cargar los camiones situados en el nivel inferior o al mismo nivel, tienen gran posibilidad de distribuir la carga del último cucharón sobre la caja del camión si este tiene que recorrer grandes distancias, evitando así derrame de material, además requiere de poco espacio de trabajo, tiene larga vida útil, tiene cierta movilidad que aventaja a la excavadora ESH 5/45 (Dragalina).

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

Con la necesidad de utilización de un equipo de transporte para el traslado del material de escombros removido por la Retroexcavadora utilizaremos los camiones articulados.

La elección de este tipo de equipo (camión articulado) es debido a su gran utilización y rendimiento en terrenos difíciles, ya que este equipamiento comparado con el camión rígido con la Retroexcavadora no necesita una preparación tan rigurosa de los caminos de acceso al frente y su combinación ha proporcionado grandes productividades en otros yacimientos analizados en la investigación.

Todo el material que es sacado en esta operación será depositado en una parte del sector arrancado para la posterior rehabilitación de éste.

Cálculo de los parámetros de la Retroexcavadora Liebherr 984 litronic

1. Cálculo de la productividad teórica.

$$Q_{teo} = \frac{3600E}{T_c} = 668.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

E – Capacidad de la cuchara de la Retroexcavadora (6 m³).

T_c–Tiempo de ciclo (32.3 s).

2. Productividad técnica.

$$Q_{tec} = Q_{teo} \frac{K_{LL}}{K_e} = 463.7 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

K_{LL} – Coeficiente de llenado (0.95).

K_e – Coeficiente de esponjamiento (1.37).

3. Productividad de explotación.

$$Q_{exp} = 375.6 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

K_u – Coeficiente de uso del tiempo de trabajo (0.81)

4. Cálculo de la productividad anual.

$$Q_a = Q_t P = 2\,884\,608 \text{ t/año}$$

Donde:

P – Cantidad de horas de trabajo al año

5. Cálculo de la cantidad de Retroexcavadoras necesarias para el destape planificado.

$$N_r = \frac{V_e}{Q_a} = 0.55 \approx 1 \text{ Retro}$$

Donde:

V_e – Volumen de escombros a remover

6. Cálculo del parque de inventario.

$$N_{pi} = N_r K_r = 0.55 (1.25) = 0.68 = 1 \text{ Retro.}$$

Donde:

K_r – Coeficiente de reserva que se debe tener en cuenta para cualquier eventualidad (1.25)

3.4 Actividad de extracción y transporte

La extracción del mineral es el objetivo final de toda una serie de trabajos preparatorios y de investigación que se realiza en las diferentes etapas de trabajo en la mina, pues garantiza el proceso metalúrgico, los contenidos y volúmenes necesarios para obtener el producto final.

Para la extracción del sector a explotar, se utiliza el mismo equipamiento propuesto para el destape, es decir, Retroexcavadora Liebherr con camiones Volvo BM A35C (Fig. 2) (Informe tecnico, 2003).



Fig. 2 Retroexcavadora LIEHBERR - R984C.

Determinación del tiempo de ciclo de la Retroexcavadora LIEHBERR - R984C.

El fabricante de equipos para la construcción, movimiento de tierras y minería, Liebherr ha encontrado en la excavadora hidráulica R984C un equipo polivalente. Así, el peso de estos equipos ha pasado de 114 a 117 t y la potencia del motor de los 680 CV a los 685.. Por ello, Liebherr está apostando fuertemente por unas excavadoras cuyas capacidades de carga, tiempos de los ciclos y fuerza de penetración, permiten estar a la cabeza de un segmento tan competitivo. En el modelo

R984C, la penetración de la cuchara corresponde a un 40% del tiempo total empleado por la excavadora durante el ciclo, mientras el giro con carga y en vacío corresponde conjuntamente a un 20% del tiempo de ciclo. Otro aspecto importante en estas excavadoras es el consumo y la geometría entre el camión y la excavadora: La R984C puede trabajar con cucharas entre los 6,5 y 7 m³ con materiales sueltos de densidad de 1,8 g/cm³. Con este material y con un tiempo medio de cambio entre camiones esta excavadora obtiene una producción de 800 t/h.

Para la realización de este trabajo se escogió la retroexcavadora # 6, que se encontraba trabajando en el banco # 64, para ello, con un reloj digital se midió el tiempo de ciclo del equipo, es decir el tiempo de carga-giro-descarga-regreso. El equipo se encontraba minando al mismo nivel (cota) de los camiones y el ángulo de giro para el proceso de arranque-carga-traslado era de 90°, así como la posición de las esteras de la retro con respecto a los camiones, por lo que se encontraba trabajando para un perfecto aprovechamiento de la productividad de la máquina.

Los resultados del tiempo de ciclo se encuentran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Determinación del tiempo de ciclo desglosado por actividad

Tiempos de ciclos [Tc], (s)						
Ciclos	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Tc-carga	9	9	8	8	9	9
Tg-giro	8	7	8	8	7	7
Td-descarga	8	8	7	9	8	8
Tr-regreso vacío	7	7	7	7	8	7
Σ Tc	32	31	30	32	32	31

Tabla 8. Determinación del tiempo de ciclo sin desglosarlo por actividad

Tiempos de ciclos [Tc], (s)						
Ciclos	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Ccarga, Giro, Descarga, y Regreso vacío	32	33	31	34	32	32

Nota: la efectividad de las mediciones (reloj digital) podría estar en un 90 – 98 %.

Cálculo de los parámetros de la Retroexcavadora Liebre 984.

1- Cálculo de la productividad teórica:

$$Q_{teo} = \frac{3600E}{T_c} = 668.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

2- Cálculo de la productividad técnica:

$$Q_{tec} = Q_{teo} \frac{K_{LL}}{K_e} = 463.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

3- Cálculo de la productividad de explotación:

$$Q_{exp} = Q_{tec} K_u = 375.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

4- Cálculo de la productividad anual:

$$Q_a = Q_t P = 2\,884\,608 = \text{t/año.}$$

5- Cálculo de la cantidad de Retroexcavadoras necesarias:

$$N_r = \frac{V_e}{Q_a} = \frac{1681200}{2884608} = 0.58 \approx 1 \text{ Retro.}$$

6- Cálculo del parque de inventario:

$$N_{pi} = N_r K_r = 0.58 = 1 \text{ Retro.}$$

Cálculo de los parámetros de productividad la Dragalina - HKM3 5/45.

Determinación del tiempo de ciclo de la Dragalina en el caso de que se utilice para la actividad de arranque-carga del mineral (Fig. 3).

Tabla 9. Determinación del tiempo de ciclo desglosado por actividad

Tiempos de ciclos (Tc), (s)						
Ciclos	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Tc-carga	10	9	10	10	10	9
Tg-giro	9	11	9	9	10	10
Td-descarga	14	14	14	14	13	13
Tr-regreso vacío	14	14	14	14	15	14
Σ Tc	47	48	47	47	48	46

Tabla10. Determinación del tiempo de ciclo sin desglosarlo por actividad

Tiempos de ciclo (Tc), (s)						
Ciclos	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Carga, Giro, Descarga, y Regreso vacío	47	49	48	47	46	47

Cálculo de la productividad teórica.

$$Q_{teo} = (3600s \times E) / Tc = 456.3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Cálculo de la productividad técnica.

$$Q_{tec} = (Q_{teo} \times K_{II}) / K_e = 316.41 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Cálculo de la productividad de explotación.

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times K_u$$

$$Q_{exp} = 256.29 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{año} = 1\ 968\ 307 \text{ t/año.}$$

Cálculo de la cantidad de Dragalinas necesarias:

$$N_r = \frac{V_e}{Q_a} = \frac{1681200}{1968307} = 0.85 \approx 1 \text{ Dragalina.}$$

7- Cálculo del parque de inventario:

$$N_{pi} = N_r K_r = 1.06 = 1 \text{ Dragalina.}$$



Fig. 3 Dragalina - HKM3

3.5 Valoración económica

La valoración económica se realizó con el objetivo de determinar la factibilidad económica de la tecnología propuesta al comparar el costo de producción de una tonelada de mineral extraído con la tecnología excavadora (Liebherr) – camión (Volvo) y la Dragalina (HKM3 SHN-5/45). Para el cálculo del costo de producción de una tonelada de mineral con la tecnología propuesta se tuvo en cuenta los elementos de gasto (salarios, amortización de equipos, gastos por consumo de combustible, mantenimiento y reparaciones) en las dos actividades fundamentales del proceso de producción en la mina (destape, extracción y transporte) (Ulloa, 2000).

Cálculos económicos para los trabajos de extracción y transporte (Caso Retro):

1. Gastos por concepto de salarios.

Cantidad de trabajadores en la actividad.	Total de salario en el mes (\$).	Total de salario en la actividad.
60	20 440	253 920

2. gastos por concepto de seguridad social: \$ 99028.8

3. Gastos por concepto de amortización de equipos

.Equipos	Valor (USD)	Cantidad	Amortización anual
Retroexcavadora	780 000	2	312 000
Camión articulado	330 000	20	1320 000
Bulldózer	301392	3	167 887.6
Total	1 110 000	25	1 790 887.6

4: Gastos por conceptos de combustible.

Equipos	Consumo (l / h) N	Precio	Costo total (\$ /l)
Retroexcavadora	60	0.31	321 408
Camión articulado	27	0.31	1 446 336
Buldozer	20	0.31	160 704
Total	107	0.93	1 928 448

5. Gastos por concepto de Mantenimiento y reparaciones: \$ 907 720

Otros indicadores.

Indicadores	U / M	Valor
Volumen de producción.	Toneladas (t)	1 681 200
Salario medio.	\$ / trabajadores	340.7
Productividad.	t / trabajadores	28 020
Costo unitario total.	\$ / t	2.96

El costo de una tonelada de mineral extraído teniendo en cuenta la actividad de extracción y transporte del proceso de producción.

$$C_t = G_t / V_m = 4\,980\,005 / 1\,681\,200 = 2.96 \text{ $ / t}$$

Donde:

G_t – Gasto total

V_m – Volumen de mineral

Otros factores indicadores son: mano de obra, neumáticos, lubricantes, piezas de repuestos, otras reparaciones, entre otras.

Cálculos económicos para los trabajos de extracción y transporte (Caso Dragalina HKM3 SHN -5/45):

1. Gastos por concepto de salarios.

Cantidad de trabajadores en la actividad.	Total de salario en el mes (\$).	Total de salario en la actividad.
60	20 440	253 920

2. gastos por concepto de seguridad social: \$ 99028.8

3. Gasto por concepto de Amortización del equipo.

Equipo	Valor. (\$)	Cantidad.	233 035.9
Excavadora (Dragalina).	1 165 179.51	3	290 732.4
Bulldózer	301 392	3	167 887.6
Camiones	330 000	20	1 320 000
Total	1796571,51	26	1 778 620

4. Gasto por concepto de energía

Equipo	Kw / h	Precio.	Costo total anual (\$)
Excavadora (Dragalina)	140	0.74	2 685 312

5. Gastos por concepto de Mantenimiento y reparaciones: \$ 889 200

Otros indicadores.

Indicadores	U / M	Valor
Volumen de producción.	Toneladas (t)	\$1 681 200
Salario medio.	\$ / trabajadores	\$340.7
Productividad.	t / trabajadores	\$28 020
Costo unitario total.	\$ / t	\$3.39

El costo de una tonelada de mineral extraído teniendo en cuenta la actividad de extracción y transporte del proceso de producción.

$$C_t = G_t / V_m = 5\,706\,081 / 1\,681\,200 = 3.39 \text{ \$ / t}$$

Donde:

G_t – Gasto total

V_m – Volumen de mineral

Análisis de los resultados obtenidos.

- La maquinaria Retro excavadora R984C posee una mayor posibilidad de movilidad (locomoción) (hasta 10.4 Km./h) por los diferentes relieves y frentes mineros; en comparación con la maquinaria Dragalina HKM3 la cual posee un sistema de locomoción muy lento y complejo producto a su gran peso y estructura. Podemos destacar además que la retro al ser trasladada de un frente a otro, ella misma puede desplazarse sin ayuda auxiliar, en cuanto a la Dragalina se necesita apoyo manual en los movimientos de cables así como en la preparación especial del terreno o vía, etc. Desde otras aristas se corrobora que la retro tiene

la capacidad de preparar su terreno de estacionamiento no así la Dragalina al contar con la ayuda del Buldózer en el acondicionamiento del terreno o meseta con la exigencia de buena planimetría, etc.

- El estudio realizado demostró además que por los conceptos de consumos y gastos, la retro consume por el combustible unos 162 936 USD con un gasto de (\approx) 60 l/h, con costos de 0.31 USD/l. En cambio la Dragalina consume por la electricidad aproximadamente 1 095 000 USD con un gasto de (\approx) 125 Kw/h, con costos de 0.74 USD/Kw. Como se puede apreciar la diferencia entre ambos consumos es de unos 6.7 veces mayor en la Dragalina que en la retro.
- Si por conceptos de mantenimientos y reparaciones se analizan, la retro se comporta con un consumo entre unos 760 000 – 770 000 USD, y aún por otra parte, añadiendo el consumo por concepto de combustible la diferencia se promedia en un 1.2 veces menor que la Dragalina, puesto que por conceptos de mantenimientos y reparaciones cuando esta maquinaria se avería su costo es mayor debido a la escasez de piezas de repuestos, mayor laboriosidad, entre otros factores.
- En cuanto a la seguridad del trabajo, la Dragalina ofrece un eminente peligro, fundamentalmente, a la hora de realizar el ciclo de descarga en camiones; producto a que su sistema de arranque y descarga está conformado por gúinches y una cuchara, por lo que la probabilidad de que la cuchara se desprenda es siempre eminente, aparejado a la altura, poca estabilidad del órgano de labor (oscilaciones), régimen de trabajo (arrastre), deficientes ajustes, etc. En cambio la retro posee un órgano de trabajo más acoplado y seguro, y en esto se resume además su estabilidad en el laboreo.
- En materia de productividad la Dragalina debe estacionarse hasta extraer todo el mineral proyectado, fundamentalmente por su diseño estructural y su capacidad de alcance en longitud y profundidad. Por lo que en su sistema de arrastre mezcla (contamina) niveles

importantes de mineral con rocas. No así en el trabajo de la retro puesto que su selectividad es un factor de mucha eficiencia.

- Otra fundamentalísima comparación es la acabada conformación del relieve. La retro con su sistema de explotación por banco (8x8x3) va extrayendo uniformemente las capas de mineral con más posibilidades de reforestación, drenajes, etc, así como dejar afloramientos de otros yacimientos más o menos importantes; ejemplo: yacimientos serpentínicos. Por otra parte en las labores de la excavadora Dragalina terreno queda mucho más abrupto producto a su laboreo con resultados en excavaciones muy profundas.
- En esta proyección y evaluación de la efectividad de la explotación minera con retro o Dragalina en el yacimiento Moa Oriental se debe destacar además que por las condiciones y accidentes geográficos como ríos, lomas con pendientes agudas, lejanía con respecto a los equipos Dragaminas HKM3 y con evaluación importante en el paso del camino minero actual Puente - La Veguita (pendientes más bajas), la dificultad de traslación por dicha zona es netamente imposible, sumamente peligroso, además de costoso en tiempo y recursos por el traslado y por la creación de un paso o puente idóneo, entre otros importantes factores. Todo este análisis muestra que la variante más racional para la explotación de estos yacimientos es la Retroexcavadora- camión volvo.
- El tiempo de ciclo de la retroexcavadora es mas pequeño que el de la dragalina, producido por la elevada maniobrabilidad y pequeñas dimensiones de la pluma que le permiten a la retroexcavadora disminuir el tiempo de ciclo.
- La sustitución de la Retroexcavadora por Dragalina en los procesos de extracción, le permitió a la Mina de la Fábrica Pedro Sotto Alba-Moa-Níckel S.A. ahorrar \$0.43 por cada tonelada de mineral extraída y transportada.

Tabla 11. Comparación entre la Retro Liebherr y la Dragalina HKM3 SHN-5/45)

Índices	Retroexcavadora Liebherr 984	Dragalina HKM3 SHN-5/45)
Productividad técnica (m ³ /h)	590.08	316.41
Productividad de explotación (m ³ /turno)	5877.24	3075.46
Productividad anual (m ³ /año)	2 884 608	1 968 307
Costo por \$ / t	2.96	3.39
Gastos por concepto de combustible USD	1 928 448	-
Gastos por concepto de energía USD	-	2 685 312
Gastos por concepto de mantenimientos y reparaciones USD	3 543 248	2 784 548
Gastos totales USD	7 639 581.2	7 615 532.4
Condiciones de trabajo	Favorable	Desfavorable

CAPITULO IV. SEGURIDAD MINERA

4.1 Aspectos generales

Dentro de las normas de Protección e higiene del trabajo (PHT) se tienen en cuenta tres aspectos fundamentales:

Protección del hombre - Advertir al trabajador sobre los posibles peligros del trabajo con o cerca de las máquinas e instrumentos personales de trabajo, los riesgos ambientales a que están sometidos, los posibles accidentes relacionados con el desplazamiento personal y colectivo, las normas para resguardar la salud mental, y en general se estudiar y mejorar sistemáticamente todo el sistema y condiciones de vida laboral que rodean al trabajador.

Incremento de la productividad - El objetivo principal es elevar la productividad del trabajo y evitar las pérdidas de tiempo por accidentes del trabajo que provocan alteraciones en el proceso productivo por el daño físico y mental a los trabajadores y el daño a las máquinas.

Eliminar gastos - El aspecto económico en la prevención de accidentes es de vital importancia, no solo por las afectaciones que provoca en la producción de bienes materiales sino, además, por los gastos que ocasiona la curación de los accidentados y por los gastos de seguridad social.

Cuando la PHT logra los objetivos mencionados (humanos, productivos y económicos), el trabajador mantiene una actuación sana y segura mientras trabaja.

4.2 Medidas de seguridad más importantes

Las formas específicas de protección más importantes son las siguientes:

Protección personal - Acondicionar al obrero con medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas (ver Tabla 12).

Medidas generales de seguridad para el trabajo con los equipos - Estas medidas están presentes en toda la mina para cualquier equipo.

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

Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor

- La planta y perfil de caminos deben ajustarse a las reglas y normas de construcción vigentes.
- El ancho de la parte transitable del camino se establece por las dimensiones del equipo. Debe haber una holgura ≥ 1.5 m entre automóviles que circulen al encuentro y una distancia ≥ 0.5 m desde las ruedas exteriores hasta el borde de la parte transitable del camino.
- No se permite llevar personas fuera de la cabina, ni adelantar a otro vehículo que circule en el mismo sentido.

Tabla 12 Relación entre el trabajador y los medios que debe usar para su protección.

Lugar del cuerpo	Medio Protector	Requisitos que debe cumplir el medio protector.
Cabeza	Cascos protectores para 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, orejera o casco protector contra ruido.	Que atenúen el sonido, que tengan confort y durabilidad, que no tengan impacto nocivo sobre la piel, que conserven la palabra clara y que sean de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas,	Protección adecuada para el riesgo específico

	viseras, caretas protectoras y espejuelos.	que fue diseñado, comodidad en el uso, ajuste perfecto y sin interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización.
Manos y brazos	Guantes, almohadillas, protectores de brazos, mangas y protectores de dedos.	Que estén reforzados para proteger al trabajador contra llamas, calor y cortaduras. En caso de existir, de ácidos, grasas y gasolina.
Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácidos.	Deben proteger al trabajador 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, máscara con filtro para gases, respiradores con línea de aire, máscara con puente de oxígeno.	Deben estar acordes con el elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.

Medidas de seguridad para el trabajo con la Retroexcavadora Liebherr - R984C

- Revisar el equipo antes de ponerlo a funcionar, chequeando el estado de las orugas
- Conocer de su jefe inmediato superior con exactitud la tarea a realizar durante la jornada laboral.
- Realizar la arrancada del equipo una vez de haberse cerciorado que las condiciones técnicas y de seguridad estén creadas.
- No realizar otros trabajos ajenos a sus funciones, ni operar otros equipos sin poseer la correspondiente certificación que lo acredite para ello.

- No debe dejar la máquina trabajando sólo y distanciarse de ella.
- En todo momento mantener la limpieza general de la máquina.
- Se le prohíbe aproximar la mano ó parte de su cuerpo a los elementos en movimiento del equipo (aspas de ventiladores, correas, poleas, etc.).
- No permitir que personas ajenas operen la máquina sin la debida autorización.
- Durante el traslado de la máquina se debe cumplir toda las reglas del transito; para el traslado por pendientes abruptas siempre deberá ser auxiliada por otro equipo ó a través de su barra de tiro, la distancia entre el equipo y cualquier talud del camino debe ser menor de 2 m.
- Deberá trabajar el equipo siempre que tenga suficiente visibilidad para el trabajo.
- Se le prohíbe trabajar el equipo con salideros de lubricante, petróleo, etc.
- Se le prohíbe saltarse del equipo ó bajarse de él estando en movimiento.
- Se le prohíbe meterse debajo del equipo cuando esté en movimiento.
- No debe pararse el equipo bajo líneas eléctricas ó cerca de subestaciones de alto voltaje.
- Antes de comenzar una zanja ó excavación debe tener claro que no hayan cables energizados soterrados ó tuberías de uso industrial.

Medidas de seguridad para el trabajo con bulldózer

- Se permite trabajar en el radio de acción de la excavadora sólo cuando la misma haya sido convenientemente posesionada y el cubo esté apoyado en el suelo.
- Cuando se realice la reparación debajo de la cuchilla, ésta debe estar calzada.
- Al ejecutarse cualquier tipo de trabajo, las pendientes de los accesos e inclinación transversal no debe sobrepasar los valores máximos señalados por el fabricante.
- Al empujar el material en las escombreras o depósitos de mineral el equipo no debe sacar la cuchilla fuera del borde del terraplén.
- 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.
- 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.

Recomendaciones generales – Todos los trabajadores y operadores estarán instruidos en todo lo referente a PHT y con las recomendaciones siguientes:

- No se permitirá operar los equipos de movimiento de tierra a personas que por sus indicaciones médicas no estén aptos.
- Se revisaran las partes móviles y resguardos, cuyos desperfectos mecánicos pueden ocasionar incidentes.
- Es necesario el uso de los medios de protección (Cascos, espejuelos, botas de seguridad y botas de gomas según el caso se requiera).
- Se observará sistemáticamente el grado de inclinación y compactación de las pendientes, así como las irregularidades del terreno que puedan ocasionar incidentes.
- La velocidad de operación de los equipos nunca será mayor de 30 Km./h.
- El operador o chofer tendrá especial cuidado al realizar operaciones de marcha atrás, observando que nadie permanezca ni transite por el lugar hacia donde se dirige el equipo.
- Mantener la velocidad de los vehículos por debajo del límite permisible en el horario nocturno o si la visibilidad por la lluvia y el polvo lo impiden.
- Observar las condiciones del terreno sobre todo después de la lluvia para evitar deslizamientos laterales de los vehículos en movimiento.
- No efectuar maniobras con la retroexcavadora cuando el camión se posiciona para cargar.
- Observar si aparecen aquellas señales de inestabilidad del terreno, tales como grietas o afluencia de agua.
- Se mantendrá especial atención por el área por donde transiten personas o vehículos.
- Al trabajar en la zona del río se observarán las condiciones microclimáticas, evitando trabajar cuando el mismo se encuentre crecido.
- En los trabajos que se realicen cercanos a líneas eléctricas, se mantendrán las distancias de seguridad según las NC19-01-17 de SNCPHT.

4.3 Prevenciones para el caso de accidentes y contingencias

Ante un incidente el procedimiento es el siguiente:

- En todos los casos en primer lugar llamar a los teléfonos del Equipo de Respuesta a la Emergencia (464 ó 6 7143) inmediatamente.

- Prestar solo los primeros auxilios al lesionado, esperar que llegue el personal paramédico que le prestará la debida atención y si es necesario lo trasladará al hospital.
- En caso de incendios o explosión, intentar sofocarlo con los medios disponibles (extintores, agua, tierra, etc.) antes de la llegada del personal del USEE.
- Si ocurriese un vuelco de algún equipo preservar la escena y comunicárselo al inspector de tránsito de la Compañía, (464 ó 6-7143).

En la tabla 13 que se muestra a continuación se dan las condiciones más efectivas y seguras para la utilización de los equipos.

Tabla 13 Determinación de las condiciones efectivas y seguras de los equipos mineros

Parámetros	Tipo de equipo		
	Camión “Volvo”	Retro “Volvo”	Retro “Liebherr”
Ancho efectivo del camino	12 m		
Intervalo de los descansos	Cada 350m		
Distancia max. del cargadero al viradero	25-30m		
Ancho del varadero	12 m		
Largo del viradero	24m		
Alto de barrera protectora entre el camión y la retro.	0.60m		
Altura max. Del banco	3 m	3 m	3 m
Pendiente máx. del cargadero	+ 0-2%		
Ancho de la berma del camino	1.5m		
Alto de la berma del camino	0.90m		
Zona de seguridad	0.60m	0.60m	1.0m

Al existir las condiciones de camino de dos sendas, se eliminan los descansos para darse cruce los camiones, los demás parámetros se mantienen igual.

CAPITULO V. MEDIO AMBIENTE

Una de los aspectos de mayor interés durante la explotación minera es lograr que las afectaciones provocadas al medio ambiente siempre sean las menores posibles y posteriormente se restablezcan hasta que las condiciones sean compatibles con el resto del entorno. Como *no* se trata de *reparar* los daños *sino* de *evitarlos*, la actitud de cada trabajador debe estar encaminada cada vez más en prevenir al máximo las afectaciones.

5.1 Mitigación de impactos ambientales durante las operaciones

Aspectos a considerar - La labor preventiva considera los siguientes aspectos: Relieve del terreno, Red hidrográfica de la zona, Condiciones climáticas, Caracterización geológica de la zona, Identificación de los focos contaminantes y de destrucción actuales (frecuencia, magnitud, reversibilidad, duración y características geométricas de la fuente), Características ingeniero-geológicas actuales y futuras de la región, Planes detallados de la actividad minera a desarrollar y la posibilidad de que al terminar un tipo de minería se proceda a realizar otro tipo de minería, Identificación de los probables focos contaminantes y de destrucción en el futuro (frecuencia, magnitud, reversibilidad, duración y características geométricas de la fuente), Estudio de la biodiversidad de la región y contabilización de las especies vegetales y animales presentes.

Medidas Preventivas

1. *Construir las trochas y caminos para trabajos topográficos y de muestreo geoquímico y los caminos mineros de manera que:* Tengan las dimensiones mínimas necesarias, Que sigan direcciones adecuadas para minimizar la acción erosiva de las aguas y del viento, Que tengan pendientes adecuadas, calculadas a partir de las funciones que tendrán, Construir, en casos necesarios, cunetas con obras de ingeniería para la regulación del escurrimiento superficial, Construir trampas de sedimentos en los lugares necesarios.
2. *Elaborar un plan de minería que responda a los siguientes conceptos:* Menor número posible de frentes simultáneos de minería, Desarrollar la minería, siempre que sea posible, en las direcciones que menos favorezcan la erosión por el viento y por las aguas, Planificar zonas de depósitos del suelo que se extrae en el desbroce de manera que se propicie su conservación y su

posterior reubicación, Diseñar escombreras con dimensiones adecuadas y en sitios adecuados que minimicen las acciones erosivas eólicas e hídricas.

3. Desarrollar la actividad de desbroce teniendo en cuenta que la capa de terreno que se va a mover es la que contiene las plantas y animales que caracterizan la biodiversidad de la zona (que en este caso particular presenta características especiales), y por tanto es de carácter obligatorio la protección de estas formas de vida garantizando su traslado en condiciones adecuadas y su ubicación en sitios donde no perezca.
4. Desarrollar los trabajos de destape o escombreo teniendo en cuenta que este material debe ser depositado en los sitios seleccionados y que las escombreras deben tener las dimensiones adecuadas; si se considera necesario pueden construirse empalizadas de sostenimiento o de retención, también puede verterse gravas y semillas sobre la superficie para disminuir el escurrimiento superficial y aumentar la estética y armonía del paisaje. En ocasiones deberán trazarse surcos siguiendo las curvas de nivel para evitar una larga exposición del área denudada a los agentes atmosféricos.
5. Desarrollar los trabajos de extracción según los planes previstos de manera que se evite la apertura de frentes no planificados. Deberán evitarse los movimientos de tierra que obstruyan los ríos y arroyos, represar y canalizar las aguas que transportan detritus para que los mismos sean sedimentados y no lleguen a los ríos y arroyos.
6. La transportación automotor deberá realizarse según los requerimientos técnicos exigidos y en la época de seca deberán regarse con agua los caminos.

5.2 Rehabilitación

Aspectos a considerar - Para desarrollar la labor rehabilitativa, deben considerarse las afectaciones reales producidas por la actividad minera y las diferentes variantes de reconstrucción del entorno ambiental, por lo cual se definirá la nueva superficie topográfica del terreno, se escogerán las zonas que serán reforestadas, las que se destinarán a depósitos de agua, a obras sociales, etc. y se estudiará la factibilidad de cada variante.

Las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente por las actividades mineras son: Cambios geomorfológicos, Contaminación de las aguas, Obstrucción y encenegamiento

de los arroyos y ríos, Erosión eólica, proceso de deflación y contaminación coniótica, Erosión por las aguas, Destrucción de la vegetación, Afectación al paisaje, Pérdida de la biodiversidad, Emigración de la fauna, Alteración de las rutinas migratorias, Ocupación del terreno por escombreras, Cambios en el régimen termodinámico de la zona, Cambios en el régimen hidrogeológico de la zona, Aceleración del proceso erosivo general, Inestabilidad de los terrenos.

Medidas Rehabilitativas - Terminada la explotación de una zona procederemos a evaluar los daños causados al medio ambiente para definir los planes de rehabilitación de la zona. Para ello se analiza cual será la nueva superficie topográfica; se definirán fundamentalmente los terrenos a reforestar siendo especialmente cuidadosos al definir las pendientes.

Después de conformar la nueva superficie del terreno se reincorporará el material que contiene la biodiversidad que originalmente presentaba la región. De esta manera se garantiza que la vida vegetal y animal que tradicionalmente ha existido en la zona, se regenere y mantenga su riqueza tradicional.

Finalmente se procede al completamiento de la vegetación de la zona mediante labores de reforestación. En este aspecto debe señalarse que las especies vegetales que serán sembradas deben ser las mismas que existían anteriormente o al menos ser compatibles con ellas y con las especies animales que pretendemos mantener en la zona.

Finalmente concluimos afirmando que tanto las labores *preventivas* como *rehabilitativas* deben considerarse como una parte del trabajo minero, y es por ello que en el proyecto ya se prevén esas medidas durante la ejecución de todas las actividades mineras.

CONCLUSIONES

1. La extracción por bancos múltiples con Retroexcavadora tiene su campo de aplicación en los yacimientos de lateritas níquelíferas de la región oriental, donde resulta ventajoso para determinadas condiciones geólogo – mineras presentes en los mismos.
2. La alta selectividad de la extracción con Retroexcavadora permite la extracción del mineral útil en las áreas donde existen intercalaciones de rocas básicas, no pudiendo ser así en el caso de las Dragalinas.
3. En el yacimiento “Moa Oriental” así como en los circundantes, existen áreas con relieve abrupto, con intercalaciones de estériles y buenas condiciones de drenaje, donde se debe emplear la extracción por Bancos múltiples con el uso de retroexcavadoras, para obtener una mayor recuperación y una mejor calidad del mineral extraído.
4. El esquema tecnológico retroexcavadora-camión articulado en las operaciones de arranque-carga en el yacimiento Moa Oriental, es el racional en las condiciones actuales de explotación, por su alta eficiencia, elevada productividad y bajos costos en operaciones en comparación con el de Dragalina-camión articulado.
5. La sustitución de la Retroexcavadora por Dragalina en los procesos de extracción, le permitió a la Mina de la Fábrica Pedro Sotto Alba-Moa-Níckel S.A. ahorrar \$0.43 por cada tonelada de mineral extraída y transportada.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la variante analizada retroexcavadora-camión articulado.
- Realizar más a menudo fotografía laboral a los equipos en explotación en la mina Moa oriental y chequear el cálculo de la productividad.

BIBLIOGRAFIA

1. Alexandre, Pedro, A. y M. Espinosa. Análisis minero-técnico-económico del método de explotación por bancos múltiples del yacimiento Punta Gorda (tesis de grado). ISMM. Moa, 2000
2. Belete Fuentes, O. Maquinas de excavacion-carga. Folleto. Editorial Juan Marinello. Guantanamo, 1999.
3. Bustillo Revuelta, Manuel; Carlos López Jimeno. Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid, 1997. 705 p.
3. Ferguson, B. A.; G. Camposano y J. Aponte. Manejo y preparación de mineral. Falconbridge Dominicana. (s: l, s: n, s:a).
4. García Ovejero, Roberto. Dúmpers articulados veinte años en el mercado. Rocas y minerales. España. Vol. XV (188): 90- 92, Agosto, 1997.
5. Informes geológicos. Sub- Dirección de minas “Empresa Cmdte. Pedro Sotto Alba”.
6. Informes técnicos. Sub- Dirección de minas “Empresa Cmdte. Pedro Sotto Alba”.
7. Polanco Almanza, Ramón. Dirección de los flujos de mineral en los yacimientos lateríticos . Tesis en opción al grado científico de Doctor en ciencias técnicas. ISMM, Moa. 1996,(Inédito).
8. Technical Description Hydraulic Excavator [Descrip. técnica del excavador hidráulico]. Liebherr – Fracia S.A.
9. Vera Yeste, Angel. Introducción a los yacimientos de Níquel de Cuba. Ciudad de la habana, Cuba: Orbe, 1979. 213 p.
10. Ulloa Carcassés, Mayda. Alteraciones en el medio ambiente producidas por la explotación a cielo abierto de los yacimientos lateríticos de Moa. Referat de Problemas sociales de la ciencia y la tecnología. ISMM. 2000.
11. <http://www.liebherr.com>
12. <http://www.volvo.com>