

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
DR. ANTONO NÚÑEZ JIMÉNEZ
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA**

TRABAJO DE DIPLOMA



**TÍTULO: CREACIÓN DE DEPÓSITOS DE HOMOGENIZACIÓN PARA
ESTABILIZAR LA CALIDAD DEL FLUJO MINERAL EN LA MINA PEDRO
SOTTO ALBA**

Autor: Richard Miguel Vázquez Garlobo

Tutores: MSc. Eduardo Sariol López

Dr.C Orlando Belete Fuentes

**“Año del 50 aniversario de la Revolución”
2008-2009**

PENSAMIENTO

El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que estamos sembrando.

Fidel Castro Ruz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que de una forma u otra, extendieron la mano para que un día como hoy fuera posible, en especial a mis padres, que desde niño me llevaron por el mejor camino.

RESUMEN

La alimentación del flujo mineral al proceso metalúrgico en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA, proveniente de los yacimientos Moa Oriental (Área – 11 y Área – 31) y Moa Occidental (Área – 1 y Área – 14), y se realiza con el objetivo conformar depósitos de homogeneización para preparar la mena antes de suminístrala a la Planta de Preparación de Pulpa.

En esta investigación se hace una caracterización geológica de los yacimientos, que abarca las características físico – mecánicas de las rocas y un balance de recursos y reservas. Se realiza además una caracterización de la tecnología de explotación de la mina teniendo en cuenta las principales operaciones mineras actuales, las características del equipamiento minero existente y productividad actual. Se proponen además procedimientos para la conformación de los depósitos intermedios sobre la base de un cambio operacional que responde a las productividades calculadas en el equipamiento de carga y transporte al disminuir las distancias de acarreo, aumentando la productividad y alcanzando un desfasaje mínimo entre el mineral extraído y el que se alimenta al proceso metalúrgico desde un depósito de homogeneización central, única vía para lograr la estabilidad de la calidad del flujo de alimentación.

El trabajo contiene además el esquema para la homogeneización de las menas de Ni + Co, se desarrollan los procedimientos para su conformación y el tiempo de conformación de estos en dependencia de su distancia de transportación.

Palabras claves: Homogenización, depósitos, mineral laterítico

SUMMARY

The stabilization of the quality of the mineral flow fed to the process metallurgist in the mine of the company Pedro Sotro Alba Moa Nickel INC, coming from the locations Oriental Moa (Area - 11 and Area - 31) and Western Moa (Area - 1 and Area - 14), he/she is carried out with the objective of stabilizing the quality of the mineral flow fed to the process metallurgist with the creation of intermediate deposits that receptionan the ore of the different extraction fronts to mix them and to homogenize them stops then to send them to a deposit of central homogenization to conclude the homogenization process and to feed them with a minimum range of deviation from the parameters of quality to the process metallurgist.

In this investigation he is carried out an evaluation and analysis of the uncertainty in flows of fed ore, a valuation of the operational inefficiency is made that influence in the uncertainty of the ore flow fed to the Plant Metallurgic, including the control of the quality of the fed mineral, a geologic characterization of the locations is made that embraces the physical characteristics - mechanical of the rocks and a balance of resources and reservations. He is also carried out a characterization of the technology of exploitation of the mine keeping in mind the main current mining operations, the characteristics of the existent mining equipment and current productivity. They also intend roads for the stabilization of the quality of the mineral flow, establishing the procedures for the conformation of the intermediate deposits on the base of an operational change that responds to the productivities calculated in the load equipment and transporting when diminishing the distances of transporting miner, increasing the productivity and reaching a minimum desfasaje among the mining extraction and the mineral that he/she feeds to the process metallurgist from a deposit of homogenization central, only road to achieve the stability of the quality of the feeding flow.

Key Words: Homogenization, deposits, lateritic mineral

INDICE

	INTRODUCCIÓN	Pág. 8
	CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE	15
1.1	Introducción	15
1.2	Evaluación y análisis de la inestabilidad en flujos de menas alimentadas	15
1.3	Ineficiencias operacionales que influyen en la inestabilidad de flujo de mena alimentado a la planta metalúrgica	19
	CAPITULO II: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS YACIMIENTOS	22
2.1	Introducción	22
2.2	Yacimiento Área 11 de Moa Oriental.	22
2.3	Yacimiento Área 14 de Moa Occidental.	27
2.4	Características físico - mecánica de las rocas.	30
2.5	Balance de recursos y reservas.	30
2.6	Condiciones climáticas de la región.	32
	CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS MINEROS DE EXPLOTACIÓN	33
3.1	Introducción	33
3.2	Principales operaciones mineras actuales.	34
3.3	Características del equipamiento minero existente y productividad actual.	36
	CAPITULO IV: CONFORMACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE HOMOGENIZACIÓN	41
4.1	Introducción	41
4.2	Operaciones mineras necesarias para lograr la eficiencia operacional.	42
4.3	Equipamiento minero necesario para lograr la eficiencia operacional.	44
4.4	Procedimientos para la conformación de los depósitos intermedios.	47
4.5	Operaciones mineras para la conformación de los depósitos intermedios.	49
4.6	Clasificación de los bloques que participaran en el mezclado.	49
4.7	Esquema de depósito de la mena.	50
4.8	Acarreo y mezclado de la mena.	51

4.9	Tiempo de conformación de los depósitos intermedios.	52
4.10	Evaluación de impactos producidos por la investigación.	56
4.11	Mitigación de impactos ambientales.	57
	Conclusiones	59
	Recomendaciones	60
	Bibliografía	61
	Anexos	64

INTRODUCCIÓN

La industria minera del níquel representa el primer renglón de exportación de bienes del país, por tal motivo tiene una gran importancia en el desarrollo de la economía nacional, sus perspectivas futuras son de incrementar significativamente la producción y los ingresos, aprovechando además la favorable coyuntura del mercado de los metales.

Actualmente la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA está llevando a cabo un amplio proceso de ampliación, trabajando en la expansión de su producción hasta 49 000 t de Sulfuro de Ni + Co, para lo cual debe enviar al proceso metalúrgico alrededor de 5 000 000 t de materia prima mineral cada año.

A través de los años, se han suministrado a las plantas metalúrgicas, menas con contenido de Ni + Co superior al exigido por el proceso, debido fundamentalmente a la explotación irracional de nuestros recursos minerales, al desconocimiento de las reservas futuras y las características de los yacimientos actuales.

La explotación racional de los recursos minerales ha sido el punto de partida de esta investigación, pues teniendo en cuenta la variabilidad de los yacimientos lateríticos con que contamos, considerados yacimientos de variabilidad dinámica en cuanto a sus componentes útiles y nocivos, cumplir con las exigencias del proceso metalúrgico, alimentando la Planta de Preparación de Pulpa con el mínimo rango de desviación estándar del contenido de Ni + Co, nos permite alcanzar la eficiencia operacional, controlando y dirigiendo los procesos posteriores.

Partiendo de esta variabilidad, se necesita orientar las operaciones mineras en función de esta y dirigir la actividad de extracción con el propósito de comenzar el proceso de homogeneización desde los frentes productivos.

Logrando una minería dirigida y controlada respecto a la variabilidad de cada yacimiento según sus modelos geológicos nos permite optimizar el sistema de muestreo actual disminuyendo los costos de la actividad al reducir los gastos originados por el pago de este servicio.

Durante el segundo semestre del año 2006 y el primer semestre del 2007 se estudió y analizó el sistema operacional de la mina obteniendo resultados negativos, disponiéndose de condiciones y vías de solución para la estabilización de la calidad del mineral que se alimenta

a la Planta de Preparación de Pulpa con la introducción de un cambio operacional que permite la aplicación de técnicas de homogeneización y la alimentación desde un depósito central.

Determinación del problema, objeto y objetivos.

Problema Científico:

- Ø Necesidad de crear depósitos de homogenización para estabilizar la calidad del flujo de mineral alimentado al proceso metalúrgico.

Objeto de estudio:

- Ø Los yacimientos lateríticos de la mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA.

Campo de acción:

- Ø La explotación de los yacimientos lateríticos de la mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA y el esquema para su homogeneización.

Hipótesis:

- Ø Si se crean depósitos homogeneizados que suministren la mena a la Planta de Preparación de Pulpa, se logra estabilizar la calidad del flujo de mineral alimentado al proceso metalúrgico.

Objetivo General:

- Ø Conformar depósitos de homogeneización para preparar la mena antes de suministrarla a la Planta de Preparación de Pulpa.

Objetivos Específicos:

1. Crear los procedimientos para la conformación de los depósitos.
2. Establecer los esquemas de homogeneización de las menas de Ni y Co.
3. Conformar los depósitos homogeneizados para alimentar la Planta de Preparación de Pulpa con una calidad estable.

Estructura de la tesis.

La tesis presenta la siguiente estructura: introducción, cuatro capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En la introducción se establece el problema, el objeto de estudio, la hipótesis y los objetivos generales y específicos y se señala la novedad científica.

En el primer capítulo se realiza el análisis del marco teórico o estado del arte sobre la temática y su actualidad tanto en Cuba como a nivel internacional.

En el segundo capítulo se realiza una caracterización geológica de los yacimientos, la evaluación físico – mecánica de las rocas, el balance de reservas y valoración de las condiciones climáticas de la región.

En el tercer capítulo se realiza una caracterización de la tecnología de explotación de la mina con el estudio y evaluación de las operaciones mineras actuales, del equipamiento minero existente y se calcula la productividad actual,

En el cuarto capítulo se establecen los procedimientos para la conformación de los depósitos intermedios, se diseña el esquema de homogeneización propuesto de las menas de Ni + Co, fundamentando cada una de las operaciones que se llevan a cabo, el equipamiento a utilizar y el calculo del tiempo para la conformación de los depósitos intermedios y se realiza una evaluación de los impactos científicos, tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales producidos por la investigación.

Antecedentes.

Los primeros trabajos realizados sobre el estudio de homogeneización de yacimientos lateríticos en nuestro país se relacionan a continuación:

Leonor Rivero en 1979, en su estudio hace referencia a la homogeneización del mineral en función del contenido de Níquel con diversas tecnologías, aplicando el mezclado de la mena en depósitos de pasarela.

Teresa Alfaro López en 1985, considera la homogeneización del mineral desde los frentes de extracción a partir del contenido de Níquel con la utilización de las excavadoras, confeccionando las mezclas durante el recorrido del cubo del equipo de carga al desplazarse por diferentes profundidades.

Gersin Américo en 1985, en su trabajo propone la transformación del mineral durante los procesos de carga, transporte y almacenamiento de la mena como método de homogeneización.

Laura Velásquez Pérez en 1985, hace referencia en su estudio a la homogeneización del mineral en función del contenido de Níquel conformando 3 zonas de extracción con diferente ley de Níquel para la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa.

Estrella Milián Milián en 1994, en su trabajo refiere que el método de homogeneización empleado por la mina Pedro Sotro Alba es insuficiente y los grados de homogeneización que se alcanzan son bajos.

Sandra A Estévez en 1995, en su estudio hace una clasificación en cuanto a contenido de componentes útiles y nocivos de 2 yacimientos para seleccionar los bloques a extraer, propone además un depósito con gran capacidad de recepción y posibilidad de mezclar el mineral para alimentar el 50 % de la mena que se envía al proceso metalúrgico.

Abrao Marcos en el 2002, en su trabajo hace referencia a las diferentes variantes de almacenamiento y manipulación de las menas, utilizando la efectividad de los equipos y medios disponibles en la mina para la creación de los depósitos.

Materiales y métodos:

Severo Estenóz Mejías, en sus estudios plantea la aplicación de la energía solar con sus diferentes alternativas a todos los procesos mineros llevados a cabo en las 3 Empresas del Níquel de nuestro país, implementando el Sistema Integral de Preparación de Mineral **SIPREMI**, en el cual desarrolla una metodología de trabajo y procedimientos para la conformación de varios depósitos en pilas, donde se organizaran corridas de mineral para 12 turnos de trabajo. Estas corridas son representadas por 6 pilas y cada pila a su vez estará formada por no menos de 3 lotes y cada lote estará constituido por la descarga de 20 camiones sincronizados en un solo flujo de mena procedente de la mayor cantidad posible de frentes de arranque minero. Simultáneamente con los trabajos anteriores se produce la evacuación hacia la planta metalúrgica con mineral de otra corrida a su vez formada por otras 6 pilas de mineral mezclado, secado a la intemperie y clasificado.

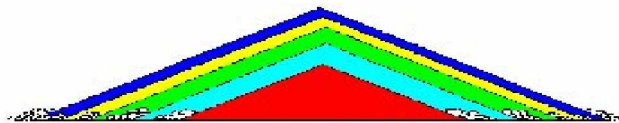
En la actualidad existen métodos para lograr la homogeneización de los minerales utilizando pilas de homogeneización pues la gran variabilidad que muestran los elementos principales en los minerales, en cuanto a su proporción, y la existencia de otros compuestos dentro del mineral, que no aportan valor económico, pero que en determinadas proporciones tienen un impacto negativo en el costo de los procesos metalúrgicos, hace que sea necesario mezclar los productos que vienen desde las minas, o de plantas de procesamiento. (Minerales a plantas de beneficio, acopios de concentrado a fundiciones, minerales a pilas de lixiviación). La mezcla resultante de estos productos debe cumplir con las restricciones metalúrgicas, ambientales, y además debe ser la más económica para el proceso a que va a ser sometida a continuación.

El gran volumen de los materiales a mezclar, ha obligado a desarrollar lo que se llama pilas de homogeneización, que permite un real control de proceso al extraerlos por grupos en que la media de cada una de estos grupos es muy cercana a la media del total.

Existen dos métodos clásicos de acopio que se llaman Método Chevron y Método Windrow-Chevron.

Método Chevron

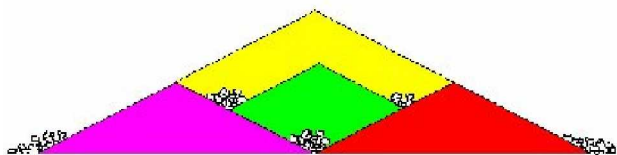
El método Chevron considera el depósito de los materiales en la pila, mediante un alimentador de desplazamiento longitudinal a ésta, según muestra la figura 1.1.



Pila de homogeneización por el método Chevron.

Método Windrow Chevron.

El método windrow-Chevron consiste en ir depositando los materiales en la pila, mediante un alimentador de desplazamiento longitudinal y transversal. Inicialmente se construyen las formas chevron del piso de la pila, y posteriormente va llenando los espacios interiores según la figura 1.2.



Pila de homogeneización por el método Windrow Chevron.

Métodos teóricos

1. Análisis y síntesis: Se realizó el análisis para fundamentar la necesidad de la aplicación de las técnicas de homogeneización a la Subdirección de Minas de la Mina Pedro Sotillo Alba Moa Nickel SA. La síntesis nos indica los puntos esenciales que condicionan las principales deficiencias. El análisis y la síntesis en su interrelación dialéctica se aplicó durante todo el proceso de investigación.
2. Sistémico estructural: La evaluación de la variabilidad de los parámetros de calidad de los bloques en los bancos de cada yacimiento en explotación debe planificarse con un enfoque sistémico. El diseño de la metodología y la determinación del esquema propuesto se concretó a través de la aplicación de este método.

3. Histórico – lógico: En el estudio de nuestro objeto de la investigación en los últimos años.
4. Inducción y deducción: En la propuesta lógica del esquema de homogeneización del mineral en la mina de la empresa Pedro Sotillo Alba Moa Nickel SA.
5. Modelación de la investigación: En la conformación de la metodología para el diseño del esquema de homogeneización de mineral.

Para el diagnóstico del estado actual del objeto de investigación se complementó la documentación ya existente, búsqueda en Internet y entrevistas a especialistas de la producción.

Método práctico:

1. Fotografía laboral: Monitoreo de la variabilidad del mineral alimentado al proceso metalúrgico, confección de las bases de datos, representación grafica y cálculo de la desviación estándar en el contenido de Ni + Co en la mena alimentada.

CAPITULO I

ESTADO DEL ARTE

1.1 Introducción

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

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

Se debe destacar que aunque seleccionen correctamente los equipos en dependencia del área donde se vaya a realizar la extracción y el método de explotación a utilizar siempre se producirá un volumen de pérdidas y cierto grado de empobrecimiento.

1.2 Evaluación y análisis de la inestabilidad en flujos de mena alimentada.

Las operaciones mineras llevadas a cabo por la mina de la empresa Pedro Soto Alba se organizan en función de la calidad de la mena que planifican a corto, mediano y largo plazo, para ello se elaboran los planes de minería anuales, trimestrales y diarios.

La esencia de estos planes de minería radica en los contenidos de componentes útiles y nocivos de las reservas técnicamente listas que entran en operación en los diferentes períodos y se fundamentan en el plan de extracción y alimentación de mineral diario de la mina.

Si analizamos el programa de producción resumen del año 2008, se observa que la calidad de la mena alimentada al proceso será de un $Ni + Co = 1.331$, donde sus componentes útiles y nocivos se comportarán de la siguiente forma:

Ni: 1.207 Mg: 0.94 Sedimentación: 133
 Co: 0.124 SiO₂: 4.9
 Ni + Co 1.331

Para lograr la calidad que planificaron necesitan alimentar al proceso metalúrgico los minerales procedentes de diferentes yacimientos y frentes mineros que a continuación relacionamos:

Tabla 1.1 Resumen del mezclado de los yacimientos del plan de minería 2008-2009.

Yacimiento	Mezcla %	% Componentes útiles y nocivos					
		Ni	Co	Mg	SiO ₂	Ni + Co	Sedim
Moa Oriental	68.5	1.25	0.129	0.96	4.4	1.38	136
Zona A	18.0	1.07	0.110	0.77	7.2	1.18	107
Presa Rechazo	8.5	1.14	0.113	1.13	4	1.26	168
Depósito Inter.	5.0	1.21	0.125	0.92	5.0	1.34	131
Calidad	100	1.207	0.124	0.94	4.9	1.331	133

De los yacimientos anteriores, en Moa Oriental participa: Área – 11 y en Moa Occidental participa: Área – 14, como se puede apreciar en la mezcla intervienen de 4 a 6 frentes que deben operar al unísono para lograr la calidad planificada; sí por algunas causas se paraliza la alimentación de uno o varios frentes determinados, se altera la calidad de la mena alimentada al proceso, influyendo negativamente en la estabilidad de los procesos metalúrgicos posteriores.

La situación actual de la inestabilidad estará dada por los resultados obtenidos durante los análisis estadísticos del comportamiento de la variabilidad de la mena alimentada al proceso metalúrgico durante los diferentes períodos evaluados.

Primeramente se confeccionó una base de datos con el comportamiento del contenido de Ni + Co en los 11 meses del año 2008 (Enero – Noviembre) y los primeros meses del 2009, obteniendo gráficos independientes cada mes que muestran la variabilidad de los

componentes útiles y a partir de ello se determinaron las máximas y mínimas amplitudes de las oscilaciones, el promedio y la desviación estándar.

Como se puede apreciar en los anexos anteriores, la variabilidad de los componentes útiles en la mena alimentada al proceso metalúrgico mantiene una desviación estándar entre 0.05 y 0.09, pues se envían al proceso minerales con una calidad inferior y superior a la planificada ($\text{Ni} + \text{Co} = 1.08 - 1.68$) en busca de lograr un promedio de la calidad del $\text{Ni} + \text{Co} = 1.35$ durante el mes y el año.

Análisis del comportamiento de la variabilidad desde los frentes mineros.

Yacimiento Moa Occidental

Área - 14.

Para analizar el comportamiento de la variabilidad de la calidad de la mena alimentada desde Área - 14 se confeccionó una base de datos en un período de operación ininterrumpido de 10 días (5 de Mayo - 15 de Mayo), para ello utilizamos las parciales intermedias que se realizan cada 2 horas durante el muestreo de camiones por frente, ver Anexo 3, fig. 26 hasta la fig. 65.

Después de analizar la base de datos confeccionada, se construyen los gráficos que muestran la variabilidad de los componentes útiles (Ni y Co) y nocivos (Mg y SiO_2) durante las 24 horas de día, en intervalos de 2 horas.

Como se puede apreciar en los anexos anteriores, la variabilidad de los componentes útiles y nocivos en la mena alimentada al proceso metalúrgico desde Área - 14 en el período evaluado mantiene una desviación estándar entre 0.049 - 0.161 de Ni, 0.005 - 0.034 de Co, 0.273 - 1.073 de Mg y 0.731 - 4.733 de Sílice, pues se envían al proceso minerales en flujos no proporcionales, donde el contenido de Ni varía entre 0.87 y 1.56.

Valorando el comportamiento de algunos indicadores en cada uno de los gráficos analizados en el Anexo 3, podemos afirmar que en los valores promedios de la variabilidad de la desviación estándar en cada uno, los máximos los podemos encontrar en los elementos nocivos, como se muestra en la Tabla 3, influyendo negativamente en el comportamiento de los costos del producto final.

Como podemos apreciar la alimentación directa desde el yacimiento de Moa Occidental de Área – 14 proporciona gran inestabilidad en el proceso metalúrgico debido a la variabilidad de sus componentes útiles y nocivos.

Yacimiento Moa Oriental

Área - 11.

Para analizar el comportamiento de la variabilidad de la calidad de la mena alimentada desde Área – 11 se confeccionó una base de datos en un período de operación ininterrumpido de 10 días ,para ello utilizamos las parciales intermedias que se realizan cada 2 horas durante el muestreo de camiones por frente.

Luego de analizar esta base de datos y construir sus respectivos gráficos observamos la variabilidad de los componentes útiles (Ni y Co) y nocivos (Mg y SiO₂) durante las 24 horas del día en intervalos de 2 horas.

Como se puede apreciar en los anexos 3- 6, la variabilidad de los componentes útiles y nocivos en la mena alimentada al proceso metalúrgico desde Área – 11 en el período evaluado mantiene una desviación estándar entre 0.081 – 0.289 de Ni, 0.007 – 0.039 de Co, 0.104 – 0.658 de Mg y 0.333 – 1.996 de Sílice, pues se envían al proceso minerales en flujos no proporcionales, donde el contenido de Ni varía entre 0.77 y 1.77.

Valorando el comportamiento de algunos indicadores en cada uno de los gráficos analizados en el Anexo 4, podemos afirmar que en los valores promedios de la variabilidad de la desviación estándar en cada uno, los valores máximos predominan en los elementos nocivos con un comportamiento más o menos similar al anterior, aunque la variabilidad en la Sílice disminuye, influyendo negativamente en el comportamiento de los costos del producto final.

Como podemos apreciar con la alimentación directa desde el yacimiento de Moa Oriental de Área – 11 provoca al igual que Área - 14 una gran inestabilidad en el proceso metalúrgico debido a la variabilidad de sus componentes útiles y nocivos.

1.3 Ineficiencias operacionales que influyen en la Inestabilidad del flujo alimentado a la Planta Metalúrgica.

Durante la ejecución de las operaciones mineras en el período Enero - Diciembre del año 2008 (12 meses), se desarrollaron operaciones ineficientes que influyeron en la Inestabilidad de la calidad del flujo de mineral alimentado al proceso metalúrgico, incumpléndose la calidad planificada de la mena enviada al proceso. Además, la planificación diaria llevada a cabo por los departamentos de Geología y minería calculan las proporciones de mena que serán mezcladas en las 24 horas de operación de la planta sin tener en cuenta en cada actividad los factores externos negativos que influyen en el proceso de mezclado y provocan la inestabilidad de la mena alimentada al proceso metalúrgico.

Actividad de escombreo minero

Esta actividad periódicamente incumple su planificación programada por causas como son:

1. Falta de retroexcavadora.
2. Falta de camiones.
3. Lluvia.
4. Falta de escombreras.
5. Difíciles condiciones de acceso a las escombreras.

Esto es debido a que en varias ocasiones el parque de equipos de carga y transporte de mineral se ve afectado por averías y se utilizan las retroexcavadoras y los camiones destinados al escombreo para satisfacer las exigencias de calidad y la demanda de mineral que necesita la Planta de Preparación de Pulpa para suministrar la Planta Metalúrgica, en períodos de lluvias se afecta total o parcialmente la actividad por las difíciles condiciones del terreno y la insuficiente capacidad de las escombreras hacen que aumenten las distancias de transportación por lo que disminuye la productividad de la actividad.

A causa de lo anteriormente expuesto se incumplió el plan de producción de la actividad en el año 2007, alcanzando solamente el 86.5 %.

Actividad de extracción minera

El incumplimiento de esta actividad se debe a las causas siguientes:

1. Insuficientes reservas técnicamente listas.
2. Aumento de la distancia de acarreo.

3. Baja productividad del acarreo minero.
4. Aumento de la variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los yacimientos.
5. Insuficientes equipos para el acarreo.
6. Preparación de accesos mineros.

Esta actividad es mucho más priorizada, pero depende de un defasaje respecto a la actividad de escombreo, de lo contrario nunca serán eficientes sus operaciones, ya que limitándose por Insuficientes reservas técnicamente listas que faciliten las operaciones simultáneas en varios frentes de extracción para lograr una mezcla que cumpla con los parámetros exigidos por el proceso metalúrgico será la causa principal de la inestabilidad de la mena alimentada, las distancias de transportación de mineral han aumentado considerablemente, provocando una disminución crítica de la productividad del equipamiento automotor y el incumplimiento de las proporciones en la mena alimentada.

La variabilidad de los parámetros de calidad de los yacimientos es muy dinámica, provocando grandes desviaciones de la calidad en menores períodos de tiempo y obliga a tomar decisiones que van desde paralizaciones parciales de los frentes de extracción hasta la paralización total de estos.

La insuficiencia del equipamiento para el acarreo de la mena provoca el incumplimiento continuo de la planificación minera diaria, afectando directamente la estrategia que se lleva a cabo en la operación de mezclado de la mena, además incorporamos menas sobrecargadas de elementos nocivos (Mg y SiO_2) al proceso metalúrgico aumentando el costo de producción del Sulfuro de Níquel + Cobalto por el alto consumo de ácido.

En varias ocasiones se han paralizado frentes mineros por la necesidad de preparar accesos y ramales de carga, realizando la operación con los equipos destinados a la extracción, afectando el plan de producción de la actividad.

Además de lo anterior, provoca un deterioro considerable de los cargadores frontales que operan en la plataforma, disminuyendo la disponibilidad de estos equipos por alto desgaste, ya que estos se ocupan de la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa en sustitución de los equipos de acarreo.

Por lo anteriormente relacionado se incumplió el plan de producción de la actividad en el año 2007, alcanzando solamente el 96.9 %.

Operaciones auxiliares.

Las condiciones de los caminos mineros, ya sean principales o secundarios y ramales de acceso a los diferentes frentes de extracción, en ocasiones necesitan un mantenimiento inmediato, lo cual la brigada de caminos no puede solucionar por sus propios medios, esto se debe a que la brigada de caminos no posee medios de transporte para asumir el acarreo de material rocoso, rechazo o rocas para el mejoramiento de los caminos en las diferentes áreas que operan, fundamentalmente en el horario nocturno, para ello se valen del equipamiento destinado a las diferentes operaciones mineras, provocando la paralización parcial o total de algún frente o actividad, afectando la flota de camiones que alimenta la Planta de Preparación de Pulpa y el incumplimiento del plan de producción de algunos turnos.

Alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa.

La alimentación diaria de la Planta de Preparación de Pulpa se realiza por medio de la planificación mencionada anteriormente, pero sin tener en cuenta los factores externos negativos que provocan la inestabilidad, ya que si la retroexcavadora de un frente que tiene una participación del 30 % en la mezcla entra en avería, la calidad planificada se altera, igualmente si disminuye el número de camiones que alimenta desde un determinado frente de extracción, si se paralizan las operaciones por lluvia o por difíciles condiciones del terreno, cualquier situación eventual trastornaría la calidad planificada.

La alimentación directa desde los frentes de extracción será el factor fundamental que influye en la inestabilidad de la calidad del mineral alimentado al proceso metalúrgico.

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS YACIMIENTOS

2.1 Introducción

Grandes depósitos de limonita níquelífera y serpentina se forman a lo largo de la costa nordeste de Cuba en la provincia de Holguín. Los depósitos de limonita níquelífera se forman como una manta superficial espesa de tierras residuales, arcillas y rocas parcialmente descompuestas. En la región de Moa, grandes áreas de rocas ultrabásicas que contienen pequeñas cantidades de níquel y cobalto han sido lixiviados por efecto de la lluvia por prolongados períodos de tiempo. La acción de la lixiviación preferencialmente disuelve y remueve ciertos metales tales como silicio, calcio y magnesio formándose arcillas enriquecidas en níquel, cobalto y hierro.

El contacto superior de la zona de níquel comercialmente explotable, llamada limonita, es definida para una ley de corte de níquel de 1% y es generalmente bastante regular. La zona inferior de la limonita es definida por la ley de corte de hierro de 35% y es altamente irregular con frecuentes valles y pináculos de descomposición de material rocoso que se proyecta dentro de la limonita. La zona limonítica como se define típicamente, varía de 2 a 7m de espesor, incrementándose ocasionalmente hasta un espesor de 15 m.

2.2 Yacimiento Área 11 de Moa Oriental.

El yacimiento está ubicado en el macizo Moa Baracoa, las cortezas de intemperismo que lo componen ocupan 8.2 km. aproximadamente. Las rocas presentes pertenecen al Complejo Ofiolítico, dentro del cual se encuentran las rocas del complejo ultramáfico serpentizado compuesto por peridotitas y serpentinitas.

Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta ondulaciones suaves de los parte agua, coincidiendo esas características con los espesores mayores de la corteza de intemperismo.

Las zonas de pendientes más bruscas, de más rápido intercambio de las aguas (laderas y confluencias) se caracterizan por una reducción en el perfil litológico de intemperismo

dándose perfiles estructurales reducidos (sin serpentina) o inestructurales (ocres inestructurales con o sin perdigones).

En general en el yacimiento es posible apreciar tres zonas situadas al este, oeste y norte donde se desarrollan las mayores potencias, y una zona situada en la parte central del yacimiento de potencia mínima, coincidiendo con las cañadas de un arroyo de curso constante de dirección sur norte.

Rocas Intrusivas Ultrabásicas

La corteza de intemperismo en el yacimiento Moa Oriental se ha desarrollado esencialmente sobre Serpentinitas - Harzburgitas y Harzburgitas fuertemente serpentinizadas. Estas rocas cubren prácticamente el 85% del área del yacimiento. Por sus características son generalmente estériles presentando colores verdosos con tonalidades grises, verde y negro. Dentro del área del yacimiento aparecen otras rocas en cantidades menores, como son: Serpentinitas Dunitas, Serpentinitas crisotílicas, Zona de intensa carbonatización metasomática de las serpentinitas. Es bueno destacar que estas rocas tienen un carácter local (distribución pobre) y no presenta predominio en el basamento.

Serpentinitas Harzburgitas

En estas rocas se encuentran los minerales del grupo de la serpentina hasta en más del 75%. Ellos son del tipo lizardita, serpofita-antigorita y lizardita-crisotilo que se entrecruzan y bordean en algunas muestras al olivino que alcanza hasta un 10% y que se encuentra bajo la acción de un proceso secundario de cloritización. Esto conforma una estructura reticular y relíctica. Estas rocas contienen ortopiroxenos bastitizados que en algunas muestras alcanzan hasta el 25%, los cuales tienen en sus bordes un incipiente proceso de talquitización. La disposición de estos granos en la masa serpentínica conforman una estructura blastoporfírica. En general actúan en las rocas procesos secundarios de carbonatización, nontronización y oxidación.

Harzburgitas serpentinizadas.

Los minerales que forman la roca son: el olivino de forma subredondeada que se encuentra poco serpentinado y bordeado por los minerales de serpentina del tipo lizardita y por ortopiroxenos alotriomórficos que en muy pocos casos se encuentran bastitizados. Sobre

ambos minerales actúan los procesos de cloritización, nontronitización y carbonatización. Los minerales de serpentina (lizardita) en forma de fibras finas forman retículos alrededor de los granos de olivino y bordean a los ortopiroxenos conformando una estructura blastoporfírica regular.

Corteza de intemperismo

En el yacimiento Moa Oriental las cortezas de intemperismo presentan una potencia que varia desde 1 hasta 42 m teniendo como promedio 8.2m, predominando las potencias entre 2 y 10 m.

La presencia de Harzburgitas y Harzburgitas serpentinizadas a dado lugar en el transcurso del tiempo geológico a la formación de una corteza de intemperismo ocrosa bien desarrollada con horizontes limoníticos bastante estables y con una variabilidad grande del horizonte serpentínico.

El grado de participación de las diferentes zonas litológicas en el espesor de la corteza es del 34% para las zonas de ocre estructurales con un 24% para los ocre inestructurales con perdigones. Las zonas de serpentina muestran una participación de solo un 4%, lo que nos señala su gran variabilidad.

El estudio de composición sustancial de las diferentes zonas litológicas de la corteza de intemperismo permitió establecer la ubicación de los diferentes tipos tecnológicos de menas: lateritas niquelíferas cobaltíferas (LB, LF), serpentinitas niquelíferas (SB, SD, SF) y ferrosas FF.

Del espesor total de la corteza de intemperismo las menas LB se encuentran en las litologías limoníticas (65% en los ocre estructurales y 25% en los ocre inestructurales sin perdigones), las menas SB concentran fundamentalmente en los ocre estructurales (83%) las menas SD en las serpentinas lixiviadas y agrietadas (correspondientemente 42 y 55%) y las menas ferrosas fundamentalmente en las zonas de ocre inestructurales con concreciones ferruginosas perdigones 82%.

Estos tipos de menas de balance y sus análogos no balanceados pueden relacionarse esporádicamente con las litologías contiguas a las señaladas de la zonalidad de la corteza de intemperismo. En términos generales se puede plantear que estas regularidades concuerdan con la regularidad establecida para los yacimientos lateríticos contiguos en la región de Moa-Baracoa (yacimiento Punta Gorda, Las Camariocas, Piloto, etc. El yacimiento Moa Oriental

se va a diferenciar por una amplia preponderancia del mineral limonítico sobre el serpentínico.

Las menas lateríticas (limoníticas) se caracterizan por una gran finura del material que las compone (la mayor cantidad de material está en las clases menores de 0.063 mm para todas las litologías). Estas menas están compuestas por geothita y en menor grado por gibbsita. Las menas serpentiniticas de balance granulométricamente son poco homogéneas y se observa un predominio de las clases gruesas.

Tectónica

Está representada por una gran diversidad de dislocaciones disyuntivas clasificadas en 4 sistemas, los cuales se relacionan a continuación:

Fallas antiguas, relacionadas con la época del emplazamiento de los macizos Hiperbasíticos que coinciden con el plegamiento general de los complejos antiguos.

Dislocaciones de desplazamiento lateral de las formaciones de dirección occidental-noroccidental.

Dislocaciones que dividen la estructura en Horts y Grabens en la región, con dirección noroeste y norte - noreste.

Dislocaciones tectónicas jóvenes de dirección sublatitudinal, paralelas al eje de la depresión marina al sur de Cuba (Bartlet) en el Caribe.

Condiciones hidrogeológicas del yacimiento Moa Oriental

Se caracteriza por un amplio desarrollo de la corteza de intemperismo desarrollada a partir de ultrabasitas serpentinizadas. En estas condiciones las aguas subterráneas se distribuyen tanto en las zonas ocrosas como en las agrietadas del substrato, donde alcanza una potencia de 2 a 4m.

El yacimiento se encuentra limitado por los ríos Moa y Los Lirios, presentándose dos horizontes acuíferos característicos: uno superior representado por las zonas de ocre inestructurales con y sin perdigones y los ocre estructurales, y un horizonte inferior representado por las ultrabasitas serpentinizadas desintegradas y fracturadas.

El horizonte superior esta distribuido en toda la zona ocrosa, su principal fuente de abasto lo constituyen las precipitaciones atmosféricas, las que determinan la aparición de algunos

manantiales y arroyos intermitentes, su gasto es en 1 – 6 l/seg. La transmisibilidad del yacimiento oscila entre 0.46 m²/día hasta 11.26 m²/día. El horizonte inferior también posee una distribución uniforme por todo el yacimiento y tiene una relación hidráulica con el superior, constituyendo ambos un complejo acuífero único.

Hidrológicamente el yacimiento es posible caracterizarlo en tres zonas donde existen los mayores horizontes acuíferos y donde existe estabilidad de los niveles de las aguas subterráneas, las cuales se ubican al norte por los bloques 1439 y 1440, donde el 100% de los pozos tienen reservas inundadas; hacia el sudeste por los bloques 1042, 943 y 942, con el 70, 51 y 97 % respectivamente de los pozos que tienen reservas inundadas, y al sudoeste por el bloque 835 con el 95% de los pozos con reservas inundadas.

Para el resto del yacimiento prácticamente las potencias acuíferas tienen un desarrollo pobre o solo aparecen en tiempos de lluvia.

Modelo Geológico del Yacimiento Moa Oriental.

En la última década, existe un interés creciente por la utilización de las técnicas geoestadísticas en la evaluación y planificación de explotación minera, esto es consecuencia de la importancia económica que tiene el disponer de una evaluación previa de la cantidad y calidad de los recursos mineros estimados in situ.

En lo que respecta a la problemática de la estimación en minas, esto está centrado a dos aspectos fundamentales:

1. Los factores Geológicos y Mineros propios del yacimiento, ligados a la geometría de la mineralización.
2. Los aspectos técnico-económicos intrínsecos de la explotación.

Con el objetivo de aumentar el conocimiento de nuestros yacimientos lateríticos, hemos dado a la tarea de emplear estas técnicas para la estimación de nuestros Recursos Minerales.

El objeto de estudio para la creación del Modelo Digital del Terreno, en este caso corresponde al yacimiento Moa Oriental, el cual está explorado en una red detalla de 33X33 metros.

Siguiendo las etapas básicas para el estudio geoestadístico (M. Chica Olmo, 1988), procedimos a procesar la información disponible con los software que poseen las herramientas competentes para dicho estudio.

2.3 Yacimiento Área 14 de Moa Occidental.

Este yacimiento es parte del gran yacimiento Moa perteneciente al macizo Moa – Baracoa, se ubica al noroeste del grupo de los yacimientos lateríticos de Moa, formando parte de la concesión de Moa Occidental de la Empresa Moa Nickel S.A, Pedro Sotillo Alba.

Limitando por el Norte con el río Cabañas, por el Este con el yacimiento Zona Central - Septentrional, por el Oeste con las áreas de la fábrica de níquel Pedro Sotillo Alba y el valle del río Moa y por el Sur con las áreas de la planta de pulpa, taller Mina y el valle del río Moa el cual lo separa del yacimiento Moa Oriental. Este yacimiento ocupa un área de 3.5 Km².

Al Norte de este yacimiento se encuentra el río Cabañas, que es de primer orden, el cual descarga sus aguas en el tercio inferior de la cuenca del río Moa, siendo este último el río principal. En toda su extensión se encuentra surcado por numerosas cañadas de tercer orden las cuales desembocan en el río Cabañas.

Las características geomorfológicas han contribuido a que los agentes meteorizantes desarrollen una corteza en forma de manto con una potencia desde 0 hasta 40 m con un promedio de 15 m. Esta corteza se ha desarrollado fundamentalmente a partir de serpentinitas, harzburgitas y harzburgitas serpentinizadas.

Es notable la presencia de bloques semiredondeados de coraza que alcanzan hasta 2 m de diámetro de óxidos e hidróxidos de hierro. Estos cubren el mineral y están compuestos principalmente por las sub-zonas de ocre inestructurales con y sin concreciones de hierro, la primera está representada por el producto final del intemperismo en forma de óxidos e hidróxidos de hierro, aparecen como una masa de color rojo oscuro, deleznable que con la profundidad se va haciendo más compacta, con alta concentración de concreciones de hierro (perdigones) de color negro o pardo oscuro rojizo. La potencia promedio de esta capa es de 3.98 m y a ella se asocian las menas ferrosas fundamentalmente las FF y en menor grado las menas limoníticas LF.

La otra Sub-zona es la de ocre inestructurales sin concreciones de hierro y está representada por ocre de color rojo oscuro más compactos, por la presencia un poco mayor de minerales arcillosos y en cuya masa aparecen corazas en fragmentos irregulares en

ocasiones muy silicificados. La potencia promedio es de 2.87 m, se asocian principalmente a menas limoníticas LF, las menas ferrosas FF y en menor grado menas limoníticas LB.

En la corteza se distinguen dos zonas geoquímicamente fundamentales, la zona de oxidación con sus subzonas correspondientes y la zona de serpentinitas lixiviadas y ocretizadas, por lo que es un yacimiento ocreoso completo con un desarrollo predominante de la zona de oxidación, donde la relación entre las menas de carácter limonítico y serpentinitico es igual a 5; no obstante, hacia el norte, en los límites del yacimiento existe un desarrollo notable de la zona de serpentinitas ocretizadas en que esta relación es menor que 1.

Desde el punto de vista menífero el horizonte más importante es el de la Sub-zona de ocre estructurales finales ya que existen las mayores concentraciones de Ni y Co, a este se asocian fundamentalmente las menas limonítica LB y en menor grado menas SB con contenidos promedio de hierro de 30 %, menas LF y menas SF (con alto contenido de cuarzo que han impedido una mayor concentración de Fe), está representada por ocre de color pardo amarillento oscuro, más arcillosos que los ocre inestructurales donde aparecen aun relictos de las estructuras iniciales en forma de vetillas finas muy meteorizadas de manganeso, y es notable también la presencia de sílice libre, en forma de arena fina.

Esta es la Sub-zona u horizonte de mayor representatividad en el corte litológico alrededor del 37.5 % y su potencia media es de 6.23 m en el área planificada para la minería.

La corteza se ha desarrollado fundamentalmente a partir de Rocas Intrusivas Ultrabásicas, tales como: serpentinitas - Harzburgitas y harzburgitas serpentinizadas.

Serpentinas - Harzburgitas:

En estas rocas se encuentran los minerales del grupo de la serpentina hasta en más del 75 %, del tipo lizardita, serpofita-antigorita y lizardita-crisotilo que se entrecruzan y bordean en algunas muestras al olivino que alcanza hasta un 10 %, y que se encuentran bajo la acción de un proceso secundario de cloritización. Esta disposición mineralógica conforma una estructura reticular y relíctica.

Contienen ortopiroxenos bastitizados que en algunas muestras alcanzan hasta el 25 %, los cuales tienen en sus bordes un incipiente proceso de talquitización. La disposición de estos granos en la masa serpentinitica conforman una estructura blastoporfírica.

En general actúan en las rocas procesos secundarios de carbonatización, nontronitización y oxidación.

Harzburgitas serpentinizadas:

Los minerales que forman la roca son: el olivino de forma subredondeada, que se encuentra poco serpentinizado, atravesado y bordeado por los minerales de serpentina del tipo lizardita y por ortopiroxenos alotriomórficos que en muy pocos casos se encuentran bastitizados. Sobre ambos minerales actúan los procesos de cloritización, nontronitización y carbonatización. Los minerales de serpentina (lizardita), en forma de fibras finas, forman retículos alrededor de los granos de olivino y bordean a los ortopiroxenos conformando una estructura blastoporfírica reticular. La mena cromita es muy escasa, menos de 1%.

La presencia predominante de serpentinitas harzburgitas y harzburgitas serpentinizadas ha dado origen a un perfil litológico completo en casi todo el yacimiento. Muy localizado en la parte oeste, aflora arcillas procedentes de rocas básicas mezcladas con lateritas ferruginosas.

Hacia la parte central y norte existen grandes bloques de corazas que alcanzan hasta 4 m³. Estas rocas intemperizadas, con tamaños menores, se encuentran mezcladas con las cortezas hacia la parte media de la zona de ocre.

Se acompañan de fases mineralógicas variadas, determinadas por el tipo de zona geoquímica. En la base del corte predominan los minerales de serpentina con la existencia de los minerales arcillosos y la Goethita. En la zona ocrosa en la base, están mezclados los minerales de Goethita, los minerales de serpentina y los minerales arcillosos. En la parte media y superior predomina la Goethita acompañada de Gibbsita, el cuarzo y la cromita.

Tectónica

Las dislocaciones presentes en este yacimiento principalmente hacia la parte oeste, en los bloques (P-27, P-28, Q-28, Q-29, R-28, S-29), donde parece extenderse una falla de dirección Norte Sur, en la zona de afluencia de las aguas superficiales.

La mayor parte de las áreas han sido afectadas por sistemas de fallas de menor desarrollo, las cuales siguen un rumbo Norte–Sur predominante, por las cuales se drenan las aguas superficiales y las que provienen del manto freático. Este sistema ha contribuido a que por estos sistemas de fallas se desarrolle un proceso erosivo significativo.

El relieve es relativamente uniforme con cotas que con relación al nivel del mar van desde 17 m en las zonas más septentrionales hasta los 164 m en la parte sur del yacimiento, estas alturas van ascendiendo de forma gradual sin cambios bruscos hacia el sureste y con

cambios más notables hacia el oeste, donde aparecen algunos bloques con pendientes algo brusca.

2.4 Características físico - mecánica de las rocas.

El peso volumétrico varía significativamente por tipo de litología, lo cual determina que un mismo tipo de mena pueda tener diferente peso volumétrico en dependencia de la zona al no estar condicionada por tipo de litología, los cálculos se realizan con un valor único de peso volumétrico para cada yacimiento o sector.

La humedad varía en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico.

Tabla 2.1 Características físico - mecánica de las rocas.

Nº	Parámetros	U/M	Zona A Área - 14	Moa Oriental Área - 11
1.	Peso volumétrico			
2.	v Seco In-situ	t/m ³	1.05	1.05
3.	v Húmedo In - situ	t/m ³	1.62	1.63
4.	v Húmedo suelto	t/m ³	1.27	1.20
5.	Humedad	%	34	36
6.	Coeficiente de esponjamiento	-	1.27	1.37

2.5 Balance de recursos y reservas minerales.

Estimación de recursos minerales.

La estimación de los recursos minerales de los yacimientos de Zona A y Moa Oriental se logra utilizando el método de Modelo de bloques. Las dimensiones de los bloques son de 8x8x3 m 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.

Tabla 2.2 Balance de Recursos minerales (Cierre 3^{er} Trimestre 2008)

Nº	Yacimiento	Recursos, t	% Ni	% Fe	% Co	Ni + Co
1.	Moa Oriental.	22 082 600	1.23	44.1	0.142	1.37
2.	Zona A.	6 748 500	1.25	41.7	0.130	1.38
3.	Zona A West.	873 200	1.31	43.3	0.130	1.44
4.	Zona Pronóstico	751 200	1.45	41.9	0.069	1.52
5.	Zona Sur	485 900	1.33	41.3	0.087	1.42
6.	Yamanigüey Cuerpo I	115 500	1.36	42.0	0.100	1.46
7.	Yamanigüey Cuerpo II	122 800	1.40	42.7	0.111	1.51
8.	Atlantic	238 500	1.42	44.1	0.120	1.54
9.	TOTAL	31 418 200	1.25	43.4	0.140	1.39

Estimación de reservas minerales.

La estimación de reservas planificadas de Moa Oriental y Moa Occidental, utilizamos la estimación de recursos obtenidos de la forma anteriormente expuesta, realizando las deducciones a los mismos según el Acuerdo de febrero del 2000, dentro de los cuales encontramos:

1. Protecciones medioambientales.
2. Pozos aislados.
3. Pozos con potencia ≤ 2 m en la periferia.
4. Restricciones por líneas eléctricas.

Tabla 2.3 Estimado de Balance de Reservas minerales (Cierre 3^{er} Trimestre 2008)

Nº	Yacimiento	Reservas, t	% Ni	% Fe	% Co	Ni + Co
1.	Moa Oriental.	16 581 800	1.21	45.1	0.14	1.35
2.	Zona A.	4 117 900	1.11	41.5	0.12	1.23
3.	Zona A West.	380 400	1.23	41.1	0.14	1.37
4.	Zona Pronóstico	205 800	1.39	38.6	0.06	1.45
5.	Zona Sur	-	-	-	-	-
6.	Yamanigüey Cuerpo I	34 600	1.34	41.2	0.10	1.44
7.	Yamanigüey Cuerpo II	-	-	-	-	-
8.	Atlantic	-	-	-	-	-
9.	TOTAL	21 320 500	1.19	44.3	0.140	1.33

2.6 Condiciones climáticas de la región.

La región de estudio se caracteriza por condiciones climáticas propias de un clima tropical lluvioso, muy húmedo y con precipitaciones mayores a los 1000 mm al año. La conjugación del relieve y su alineación entre el Este y el Noreste con la dirección de los vientos alisios procedentes del océano Atlántico, ocasionan que el aire cargado de humedad sea frenado por el sistema montañoso, originando las intensas precipitaciones que se producen en la mayor parte del año. La época de mayor volumen de las precipitaciones ocurre desde septiembre hasta marzo, coincidiendo con la temporada invernal y la de menor volumen desde abril hasta agosto que coincide con la primavera y el verano.

Anualmente ocurren precipitaciones en rangos de 1,400 a 2,000 mm con más de 60 a 70% de ocurrencia en los meses de lluvia. Normalmente el mes de mayores precipitaciones es noviembre. Como en todo el territorio de Cuba el área no está exenta de afectaciones por depresiones tropicales y grandes huracanes como el Flora donde se registraron hasta 72 mm de lluvia en 1 hora.

Las variaciones de las temperaturas son pequeñas en sentido general, manifestándose temperaturas cálidas, próximas a los 28° C - 30° C , en los meses de verano, en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en la temporada invernal, siendo enero y febrero los meses más fríos.

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS MINEROS DE EXPLOTACIÓN

3.1 Introducción

La tecnología de explotación de la mina de la empresa Pedro Soto Alba se fundamenta en la explotación tradicional por bancos, utilizando retroexcavadoras y camiones rígidos y articulados con alimentación directa a la Planta de Preparación de Pulpa.

La minería de la empresa Pedro Soto Alba Moa Nickel SA ha sufrido la influencia de una serie de factores naturales (incremento de la relación escombros-mineral, disminución de la potencia mineral y la ley de los componentes útiles) que progresivamente han afectado la productividad del trabajo en las diferentes operaciones mineras.

El desarrollo de la minería se realiza en frentes continuos a través de múltiples bancos para lograr la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa con la calidad planificada, lo que hace imposible mantener la estabilidad necesaria durante la alimentación debido a las causas siguientes:

1. Aumento de la variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los Yacimientos.
2. Insuficiencia de frentes preparados para lograr la mezcla necesaria y garantizar la calidad de la mena alimentada.
3. Alimentación directa desde frentes mineros.
4. Aumento considerable de la distancia de acarreo de la mena.
5. Disminución de la productividad del equipamiento minero.
6. Disminución de la disponibilidad del equipamiento minero.

Las operaciones mineras actuales están organizadas por la Subdirección de Minas de la forma siguiente:

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1. Exploración geológica. | 4. Destape |
| 2. Desbroce. | 5. Extracción |
| 3. Construcción de caminos. | 6. Traspasos |

3.2 Principales Operaciones Mineras Actuales.

Como mencionamos anteriormente, la mina cuenta con 6 operaciones mineras para desarrollar su plan de producción, pero las que influyen directamente en la inestabilidad de la calidad del mineral que se alimenta al proceso metalúrgico son las que relacionamos a continuación:

1. Escombreo.
2. Extracción minera.
3. Operaciones auxiliares.
4. Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento.

Actividad de escombreo minero

La operación de escombreo se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 24 horas y se divide en 3 Unidades.

1. Escombreo Tokmakjian (Contrato).
2. Escombreo Moa Oriental.
3. Escombreo Moa Occidental.

Cada una de estas unidades tiene bien definido su plan de escombreo anual, mensual, diario y por turnos, para ello se le asigna un determinado parque de equipos mediante una planificación diaria.

Esta actividad no responde a la planificación de la mina, incumpliendo su plan de producción, debido fundamentalmente al insuficiente equipamiento que se destina realmente para la misma y las difíciles condiciones de las escombreras hacen imposible la productividad de la actividad.

Actividad de extracción minera

La operación de extracción minera se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 24 horas y se divide en 2 Unidades.

1. Extracción minera de Moa Oriental.
2. Extracción minera de Moa Occidental.

Cada una de estas unidades tiene bien definido su plan de extracción anual, mensual, diario y por turnos, para ello se le asigna un determinado parque de equipos mediante una planificación diaria.

Partiendo de una falta de reservas técnicamente listas, debido al atraso acumulado durante años en la actividad de escombreo, se extraen minerales en zonas con alta variabilidad de los parámetros de calidad, que se alimentan a la Planta de Preparación de Pulpa sin una previa homogeneización, solo se lleva a cabo una mezcla de diferentes frentes que al no cumplir con las proporciones exactas en muchas ocasiones altera la calidad de la mena alimentada, influyendo negativamente en el proceso metalúrgico.

Los yacimientos lateríticos con que contamos, considerados yacimientos de variabilidad dinámica en cuanto a sus componentes útiles y elementos nocivos y las reservas técnicamente listas para la extracción minera no permiten operar simultáneamente en varios frentes y cuando se logra, al diferir tanto las distancias de acarreo, varían las proporciones planificadas, influyendo directamente en la calidad de la mena alimentada.

Operaciones auxiliares.

Dentro de las operaciones auxiliares podemos encontrar varias, pero solamente nos vamos a referir al mantenimiento de caminos, ya sean principales o secundarios.

Esta operación se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 12 horas por una brigada de mantenimiento de caminos.

El mantenimiento de los caminos principales, secundarios y de acceso a las diferentes áreas de extracción permite operar simultáneamente en varios frentes, la falta de equipos para el acarreo del material de relleno provoca que en ocasiones no se pueda operar en determinadas áreas por las malas condiciones de los caminos o no alimentar la proporción de mena planificada ya que el equipamiento de minería se destina al mejoramiento de caminos, preparación de accesos y otras tareas, ocasionando que se dejen de incorporar al proceso metalúrgico menas que por su contenido logran estabilizar la alimentación.

Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento.

Los depósitos que operan en la mina son depósitos de almacenamiento de mineral ya que en estos no se llevan a cabo procesos de mezclado, de prehomogeneización y mucho menos de homogeneización de las menas que se depositan en ellos, esta operación solo constituye una opción para los casos de lluvia, malas condiciones de los frentes de extracción, agotamiento de las reservas y para evitar falta de mineral.

El almacenamiento de mineral en estos depósitos tiene como objetivo fundamental la satisfacción de la demanda de materia prima de la Planta de Preparación de Pulpa en los

períodos de lluvia, pero la mena almacenada que ya fue muestreada en una ocasión se vuelve a muestrear, lo que trae consigo el aumento de los costos de la actividad.

3.3 Características del equipamiento minero existente y productividad actual.

En relación al equipamiento minero solamente se hará énfasis en los equipos que directamente participan e influyen en la inestabilidad de la mena alimentada, así como el cálculo de la productividad, solamente se tendrá en cuenta los equipos de carga y acarreo de la mena, ya que estos ejercen su mayor influencia durante el eslabón productivo.

Tabla 3.1 Equipamiento Minero existente.

Nº	Equipamiento	Parque de equipos
1.	Retroexcavadora Liebherr R984B, cuchara de 6 m ³ , Prof. Exc. = 9 m.	4
2.	Retroexcavadora Liebherr R964B, cuchara de 4 m ³ , Prof. Exc. = 7 m.	4
3.	Camión Articulado, Volvo A40D, capacidad de carga 37 t, 23 m ³ .	34
4.	Camión Rígido Komatsu HD465, capacidad de carga 55 t, 34.2 m ³	4
5.	Bulldozer Komatsu D858 (9), D155 (1), D375 (2).	12
6.	Cargador Frontal Komatsu W600 (3) y W700 (1).	4
7.	Moto niveladora	4
8.	Compactador Dinapac.	2

Características del equipamiento minero.

Retroexcavadoras Liebherr R964B.

Volumen del cubo: 5.2 m³.

Dimensiones.

Largo: 14.3 m.

Ancho: 5.3 m.

Altura: 5.4 m.

Longitud de la pluma: Lp = 8700 mm.

Ancho del cubo: $Ac = 1600 \text{ mm}$.

Alcance máximo durante el arranque: 7000 mm .

Peso neto: 65 t .

Retroexcavadoras Liebherr R984B.

Volumen del cubo: 6 m^3 .

Dimensiones.

Largo: 15.5 m .

Ancho: 5.6 m .

Altura: 6.3 m .

Longitud de la pluma: $L_p = 8700 \text{ mm}$.

Ancho del cubo: $Ac = 2500 \text{ mm}$.

Alcance máximo durante el arranque: 13700 mm .

Peso neto: 115 t .

Camión articulado Volvo A40D.

Capacidad de carga: 37 t .

Volumen de la caja. 22.5 m^3 .

Fórmula de ruedas: 6×6 .

Potencia del motor

Bruto: 313 Kw . (426 Hp)

Neta: 309 Kw . (420 Hp)

Tara: 31270 Kg .

Coeficiente de tara: 0.84 .

Ancho del camión: 3.4 m .

Altura del camión en posición normal: 3.74 m .

Altura del camión en descarga: 7.38 m .

Angulo de giro de la cabina: 45° .

Longitud del camión: 11.29 m .

Cargador Frontal Komatsu WA600.

Capacidad de carga: 4.68 Tn .

Volumen del cubo: 6 m^3

Potencia del motor
Bruto: 353 Kw (473 Hp)
Neta: 336 Kw (450 Hp)
Tara: 31 270 Tn
Longitud: 11.4 m
Altura normal: 4.2 m
Altura máxima: 5.2 m
Ancho del cubo: 3.68 m
Alcance máximo: 2.86 m
Profundidad de excavación: 0.5 m

Bulldózer Komatsu D85EX – 15.

Longitud: 7.255 m
Ancho: 2 m
Altura: 3.330 m
Potencia: 190 Hp
Datos de la hoja:
Largo: 3.635 m
Alto: 1.580 m
Profundidad de corte: 0.540 m

Productividad actual durante las operaciones de extracción de la mena.

El arranque de la masa mineral se hará utilizando retroexcavadoras Liebherr, modelos R964B y R984B, para el calculo de la productividad utilizaremos el modelo R964B con menor capacidad del cubo; $V_c = 5.2 \text{ m}^3$.

Productividad por hora de la retroexcavadora Liebherr R964B:

$$Q_{ret} = 3600 * V_c * K_d * K_u * K_{ll} * \gamma_s / T_{cret} * K_e$$

Donde:

$V_c = 5.2 \text{ m}^3$. Capacidad del cubo de la retroexcavadora.

$K_d = 0.9$. Coeficiente de disponibilidad del equipamiento.

$K_u = 0.82$. Coeficiente de utilización del equipamiento.

$K_{II} = 0.95$. Coeficiente de llenado del cubo de la retroexcavadora.

$\gamma_s = 1.05 \text{ t/m}^3$. Peso volumétrico del mineral seco in situ.

$T_{c \text{ ret}} = 25 \text{ Seg}$. Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.

$K_e = 1.35$. Coeficiente de esponjamiento del mineral.

$$Q_{ret} = 13780.8 / 33.75 = 408.32 \text{ t / h}$$

Tomaremos:

$$Q_{ret} = 400 \text{ t / h.}$$

Productividad de la retroexcavadora Liebherr R964B por turno:

$$Q_{turno} = H_{Eturno} * Q_{ret}$$

Donde:

$H_{E \text{ turno}}$ = Horas efectivas por turno.

$$Q_{turno} = 12 * 400$$

$$Q_{turno} = 4800 \text{ t / Turno}$$

Productividad de la retroexcavadora Liebherr R964B por día:

$$Q_{dia} = Q_{turno} * N_t$$

Donde:

$$N_t = \text{Numero de turnos al día.}$$

$$Q_{dia} = 4800 * 2$$

$$Q_{dia} = 9600 \text{ t / día.}$$

Por tanto:

$$P_p = \text{Plan de producción diario} = 10537 \text{ t / día.}$$

Calculo del equipamiento a utilizar para el arranque de la mena.

$$N_{ret} = P_p / Q_{dia}$$

$$N_{ret} = 10537 / 9600$$

$$N_t = 1.10$$

$$N_{ret} = 2 \text{ Retroexcavadoras.}$$

Estos resultados nos demuestran que con 2 retroexcavadoras se garantiza el cumplimiento del plan de extracción diario, teniendo en cuenta la variabilidad de los parámetros de calidad y elementos nocivos de nuestros yacimientos, las condiciones geólogo-mineras, las condiciones climáticas y las averías que se presenten, se necesitaran 4 retroexcavadoras, 2 en cada Unidad Minera operando en la actividad de extracción, respondiendo con alta eficiencia al proceso de arranque selectivo de la mena.

Estas retroexcavadoras tendrán un régimen de trabajo variado, en ocasiones será simultaneo, logrando el defasaje necesario que nos permita obtener la mayor eficiencia en el esquema de deposito de la mena.

Partiendo de los resultados anteriores podemos definir que el plan de escombreo minero se garantizará con 2 retroexcavadoras en operación y 2 retroexcavadoras de reserva, esto será posible logrando una sincronización eficiente en las operaciones mineras.

CAPITULO IV

CONFORMACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE HOMOGENIZACIÓN

4.1 Introducción

En el flujo de mineral general de una mina, la calidad y la estabilidad de la mena dependen de cinco grupos de factores principales interactuantes: los geológicos, los tecnológicos, los técnico – organizativos, los económicos y los socio ecológicos.

Teniendo en cuenta la geología de los yacimientos lateríticos y la tecnología utilizada por Moa Nickel SA, podemos definir que las causas fundamentales de la inestabilidad de la mena alimentada al proceso metalúrgico se debe a factores técnico – organizativos, para lo cual utilizaremos un esquema de homogeneización de las menas antes de enviarlas al proceso para garantizar su estabilidad.

El esquema propuesto posee una metodología que estará dividida en 2 etapas, la primera etapa será la encargada de la conformación de los depósitos intermedios, encargados de recepcionar las menas de los diferentes frentes mineros, acumulando diariamente en ellos una cantidad de mineral equivalente al plan de extracción diario de cada una de las Unidades Mineras, logrando un desfasaje entre la minería y la alimentación a la planta de preparación de pulpa por un período mínimo de 10 días y una segunda etapa que será el traspaso de la mena desde los depósitos intermedios hasta el depósito de homogeneización central “Depósito D” para el mezclado y la homogeneización de la materia prima mineral, que tendrá como objetivo la alimentación total de la Planta de Preparación de Pulpa con una mena estable tanto en calidad, como en volumen y asegurando la estabilidad de los procesos metalúrgicos posteriores.

En la primera etapa lograremos la creación de 4 depósitos intermedios, 2 en cada Unidad Minera, caracterizados en cuanto a parámetros de calidad y elementos nocivos, estos se clasificarán en cuanto a contenido de Ni, Co, Mg., SiO₂, además de su sedimentación, para ello se contará con una valla que identifique cada depósito.

Estos depósitos intermedios tendrán una capacidad de 100 000 t cada uno, almacenando un total de 400 000 t de mineral, que lograrán satisfacer la demanda de la Planta de Preparación de Pulpa por un período de 40 días.

4.2 Operaciones mineras necesarias para lograr la eficiencia operacional.

Para lograr una estabilidad en la alimentación a la Planta de Preparación de Pulpa, en cuanto a volumen y parámetros de calidad se necesita una extraordinaria sincronización de las operaciones mineras, que exige una reorganización operativa total que resulte ver cada una de estas actividades por separado, pero que forman entre sí el núcleo fundamental o embrión de la Planta metalúrgica.

Actividad de escombreo minero

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido y para el cumplimiento del mismo se planifica un determinado parque de equipos que operativamente se varía en dependencia de la disponibilidad del equipamiento minero existente cada día, como consecuencia se va acumulando una diferencia negativa en los planes de escombreo, ya sea diario, mensual o anual que influye directamente en el déficit de reservas técnicamente listas para llevar a cabo un proceso de homogeneización eficiente y una explotación racional de nuestros recursos naturales.

Para alcanzar el cumplimiento de los planes de producción se deben tener en cuenta los grandes volúmenes de material estéril a depositar en las escombreras y la disponibilidad de estas, así como las distancias de acarreo, no obstante los problemas fundamentales están dados durante la preparación de las mismas y sus accesos, que en la mayoría de los casos afecta la productividad por turno de esta operación.

Será necesario mantener por cada turno 2 escombreras en operación y 2 en preparación (dígase preparación a la operación de conformación, compactación y drenaje) en cada yacimiento que se encuentre en explotación, para con ello alcanzar productividades acordes al equipamiento existente logrando un defasaje entre el escombreo y la minería al menos de un trimestre.

Para esta actividad se necesitan 8 camiones, el equipamiento debe ser fijo para lograr un control estricto de averías, teniendo en cuenta que esta es la actividad que proporciona la mayor cantidad de averías, estas se resolverán por oportunidades, logrando alta disponibilidad de sus equipos.

Actividad de extracción minera

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido, sin embargo al planificar una alimentación directa desde los frentes mineros hasta la Planta de Preparación de Pulpa para

lograr una mezcla que satisfaga las exigencias del proceso metalúrgico y dependiendo de yacimientos con variabilidad dinámica de los componentes útiles y elementos nocivos, muchas veces crea una inestabilidad operacional que rompe el esquema minero planificado y provoca incumplimientos en los planes de extracción diaria.

La alimentación directa desde los frentes mineros incide negativamente en el comportamiento de los indicadores de eficiencia, productividad y costos del proceso metalúrgico ya que introduce desviaciones en la calidad del mineral alimentado.

Se debe tener en cuenta para lograr un cumplimiento de los planes de producción, que el esquema operativo de esta actividad responde en cuanto a volumen, pero no satisface en cuanto a estabilidad en la calidad del mineral alimentado al proceso, además incumple con la explotación racional de nuestras reservas ya que se dejan de incorporar al proceso minerales de baja ley de Níquel con alto contenido de Cobalto que llevando a cabo un proceso de homogeneización serán incorporadas al proceso metalúrgico y no ocuparan espacio en las escombreras.

Teniendo en cuenta la baja productividad del acarreo minero desde los frentes de extracción hasta la Planta de Preparación de Pulpa debido a diferentes factores como son:

1. Aumento de la distancia de acarreo.
2. Condiciones difíciles en los caminos de acceso.
3. Condiciones difíciles en los cargaderos.

Analizando estos factores debemos disminuir la distancia de acarreo en la extracción minera, transportando el mineral desde los frentes de extracción hasta los depósitos intermedios.

El mineral minado en Área – 31 será depositado en los depósitos 3 y 4, los cuales están situados a 2.2 y 2.5 Km respectivamente del frente, el mineral minado en Área – 11 será depositado en el depósito 3 situado a 1.8 Km del frente, el mineral minado en Zona – A será depositado en los depósitos 1 y 2 en dependencia de las proporciones necesarias que exija la mezcla para lograr la calidad planificada en cada uno de ellos.

Actividad de Operaciones Auxiliares

En esta actividad se realizaran todas las operaciones auxiliares necesarias para desarrollar el escombreo y la extracción, planificándole el equipamiento que satisfaga:

1. Acarreo de material rocoso para relleno y revestimiento de caminos.
2. Preparación de ramales y cargaderos.
3. Limpieza de rocas de los trenes de la Planta de Pulpa.

4. Limpieza de rechazo de la Planta de Pulpa.

Para esta actividad se asignarán 2 camiones, que operaran en régimen de 12 horas, utilizándose en función de otra actividad en el horario nocturno.

Traspaso desde los depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito de homogeneización.

Esta actividad tiene como objetivo la disminución de las distancias de acarreo minero, el aumento de la productividad, la conformación de una mena que cumpla con las exigencias del proceso metalúrgico con un rango mínimo de desviación de los parámetros de calidad y elementos nocivos y la explotación racional de nuestros recursos minerales.

Para esto se realizarán los trasposos desde los depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito de homogeneización “D” con una flota fija de 8 camiones articulados y en 18 días se almacenarán 100 000 t de una mena homogeneizada capaz de alimentar la Planta de Preparación de Pulpa por un período de 10 días aproximadamente.

4.3 Equipamiento minero necesario para lograr la eficiencia operacional.

Partiendo de las productividades calculadas, se obtiene el equipamiento necesario para los esquemas propuestos en cada una de las actividades que influyen operacionalmente en la estabilidad de la mena alimentada al proceso metalúrgico.

Cantidad de camiones necesarios para lograr el cumplimiento del plan de escombreo diario de la mina

Distancia de acarreo = 1.3Km

Plan de destape diario = 10 077m³.

$$Ncd = Pdddiario / Qddía$$

Donde:

Pddiario = Plan de destape diario; Pd_{diario} = 10 077m³.

Qd_{diario} = Productividad diaria del camión a 1.3 Km de distancia; Qd_{día} = 1440 m³/día.

$$Ncd = 10077 / 1440$$

$$Ncd = 6.9 \text{ camiones}$$

$$Ncd = 7 \text{ camiones}$$

Tomaremos 7 camiones.

Cantidad de camiones necesarios para lograr el cumplimiento del plan de extracción diario de la mina

Distancia de acarreo = 2 Km

Plan de extracción diario = 10 537 t/día

$$Nce = P_{\text{diario}} / Q_{\text{día}}$$

Donde:

P_{diario} = Plan de extracción diario; $P_{\text{diario}} = 10\,537 \text{ t}$

$Q_{\text{día}}$ = Productividad diaria del camión a 2 Km de distancia; $Q_{\text{día}} = 1036 \text{ t/día}$.

$$Nce = 10537 / 1036$$

$$Nce = 10.17 \text{ Camiones}$$

$$Nce = 10 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 10 camiones.

Cantidad de camiones necesarios para lograr la preparación de 100 000 t de mena homogeneizada en 18 días.

Distancia de acarreo = 4 Km

Cantidad de Mena diaria a traspasar = 5568 t

$$Nct = P_{\text{diario}} / Q_{\text{día}}$$

Donde:

P_{diario} = Plan de traspaso diario; $P_{\text{diario}} = 5568 \text{ t}$

$Q_{\text{día}}$ = Productividad diaria del camión a 4 Km de distancia; $Q_{\text{día}} = 696 \text{ t/día}$.

$$Nct = 5568 / 696$$

$$Nct = 8 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 8 camiones para el traspaso de los depósitos intermedios hasta el depósito de homogeneización.

Cantidad de camiones necesarios para lograr la alimentación diaria de la Planta de Preparación de Pulpa.

Distancia de acarreo = 2.5 Km.

Plan diario de alimentación = 9949 t.

$$Nca = Padiario / Qadía$$

Donde:

P_{diario} = Plan de alimentación diario; P_{diario} = 9949 t.

$Q_{día}$ = Productividad diaria del camión a 2.5 Km de distancia; $Q_{día}$ = 984 t/día.

$$Nca = 9949 / 984$$

$$Nca = 10.1 \text{ Camiones}$$

$$Nca = 11 \text{ camiones}$$

Tomaremos 11 camiones para alimentar la Planta de Preparación de Pulpa desde el depósito de homogeneización "Depósito D".

La cantidad de camiones que participa en la alimentación va a disminuir durante los mantenimientos de cada uno de los trenes de la Planta, aproximadamente de 4 horas diarias y cuando esta disminuya su capacidad, se aprovechan las circunstancias y se llevarán a cabo los mantenimientos del equipamiento o su utilización para el reforzamiento de otra actividad.

Estarán operando diariamente para lograr la eficiencia operacional 38 camiones, esta cifra puede disminuir y dependerá fundamentalmente de la organización de cada una de las operaciones mineras que se realicen diariamente.

Por tanto el equipamiento a utilizar será (ver tabla 10):

Tabla 4.1 Equipamiento minero a utilizar

Actividad	Equipamiento	Cantidad	Total Operando	Reserva
Escombreo	Retroexcavadoras	2		0
	Bulldózer	4		2
	Camiones	7		2
Minería	Retroexcavadoras	2- 4		
	Bulldózer	4		
	Camiones	10		
Traspaso	Retroexcavadoras	1		

	Cargador Frontal	1		0
	Bulldózer	1		
	Camiones	8		
Alimentación a Planta de Pulpa	Retroexcavadoras	1	6 – 8	
	Camiones	11		
Brigada de Caminos	Cargador Frontal	1		
	Bulldózer	1	10	
	Camiones	2	38	
Homogeneización Depósitos Intermedios	Cargador Frontal	2		
Homogeneización Depósito Central Depósito “ D “	Cargador Frontal	1	4	

4.4 Procedimientos para la conformación de los depósitos intermedios

Los depósitos intermedios tendrán como objetivo fundamental el almacenamiento de diferentes menas mezcladas y homogeneizadas, que con un muestreo preventivo y una clasificación detallada en cuanto a parámetros de calidad y elementos nocivos se van acarreado hasta el depósito de homogeneización central “Depósito D”, donde se concluye el proceso de mezclado y homogeneización de las menas para luego ser alimentadas al primer eslabón del proceso metalúrgico.

Esta metodología se llevará a cabo a través de diferentes operaciones mineras que requieren organización, supervisión y control de los esquemas mineros y de depósito, de lo contrario los resultados serán negativos, pues las operaciones ineficientes traen consigo el aumento del costo de producción del producto final.

Las dos etapas propuestas para el esquema son las siguientes:

Primera etapa

La primera etapa de la metodología constituye la conformación de los depósitos intermedios que se llevará a cabo a partir del estudio realizado a los modelos geológicos de cada yacimiento que interviene en el plan de minería de la Mina.

Esta etapa consta de 4 subetapas que referimos a continuación, pero se desarrollaran por separado en un acápite posteriormente.

1. Análisis de los modelos geológicos de los bancos de cada yacimiento.
2. Selección de los bloques y dirección de la operación de arranque de la mena.
3. Volumen de mena que participará en la mezcla.
4. Acarreo de la mena hasta los depósitos intermedios.

El análisis de los modelos geológicos de los bancos de cada yacimiento es el resultado de la planificación detallada por bancos y bloques de cada yacimiento que participará en la mezcla.

La selección de los bloques y dirección de la operación de arranque de la mena será el sentido de minado que se llevará a cabo, según el comportamiento de la variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los frentes que al unísono participan en la mezcla.

El volumen de mena que participará en la mezcla será la cantidad de mena que participa de cada frente en la mezcla para lograr la calidad planificada con la mínima desviación de la variabilidad.

El acarreo de la mena hasta los depósitos intermedios será la transportación de forma selectiva y organizada de la mena desde los frentes mineros hasta los depósitos intermedios.

Segunda etapa

La segunda etapa de la metodología constituye la conclusión del proceso de mezclado y homogeneización de las menas provenientes de los diferentes depósitos intermedios y la conformación de los lotes de 100 000 t en el depósito de homogeneización central “Depósito D” para su alimentación directa a la planta de preparación de pulpa, logrando una mayor eficiencia y estabilidad de los procesos metalúrgicos posteriores luego de haber alcanzado el defasaje entre la minería y la mena que se alimenta al proceso.

En esta etapa se conforma el depósito de homogeneización central “Depósito D” con las proporciones de mezclas homogeneizadas de los diferentes depósitos intermedios, conformando una mena homogeneizada en lotes de 100 000 t capaz de satisfacer la demanda de la Planta de Preparación de Pulpa por un período de 10 días.

4.5 Operaciones mineras para la conformación de los depósitos intermedios.

Para la conformación de los depósitos intermedios se llevarán a cabo una serie de operaciones mineras que en dependencia de su organización y sincronización será el grado de eficiencia obtenido en el proceso de mezclado y homogeneización de las menas.

Para lograr la conformación de un depósito de homogeneización que responda a las exigencias de calidad de un proceso, se necesita cumplir requisitos tales como:

1. Establecer un esquema o procedimientos de trabajo para realizar las operaciones.
2. Extracción detallada y selectiva de los bloques en los bancos de cada yacimiento.
3. Garantizar el equilibrio de la composición químico – mineralógica de las menas.
4. Dirección de las operaciones de homogeneización por técnicos capacitados al respecto.

4.6 Clasificación de los bloques que participarán en el mezclado.

La clasificación de los bloques que participarán en el mezclado se obtiene a partir de los análisis realizados a los modelos geológicos de los bancos de cada yacimiento, donde se selecciona el orden de prioridad para la extracción de cada bloque, según la magnitud de participación de su contenido en la mezcla, dando lugar a la explotación racional y selectiva de los recursos naturales.

La clasificación de los bloques garantiza el comienzo del proceso de homogeneización desde los frentes de extracción, incorporando los minerales de baja ley al proceso metalúrgico que son verdaderas fuentes estabilizadoras de la composición químico – mineralógica de las menas ya que si las mezclamos en proporciones favorables permiten mantener un equilibrio entre componentes útiles y nocivos, incrementando el contenido de Cobalto, disminuyendo altas concentraciones de Magnesio y Sílice, además de mantener la sedimentación en los niveles permisibles.

Durante la clasificación, determinación de las proporciones y acarreo de las menas procedentes de los diferentes bloques, bancos y yacimientos para los depósitos intermedios y de homogeneización debe dirigirse la operación para garantizar la eficiencia de la misma por técnicos especializados en el tema.

Luego de la clasificación de los bloques, se seleccionan para orientar y dirigir la extracción minera en función de la calidad planificada en cada banco y su acarreo hasta los depósitos intermedios.

4.7 Esquema de depósito de la mena.

Este dependerá de la variabilidad de los parámetros de calidad y elementos nocivos de los frentes de arranque, según el comportamiento del modelo geológico, donde la composición mineralógica de los bloques de extracción varía en dependencia de la profundidad de ubicación del mismo, tanto en la vertical como en la horizontal, ó sea que en un mismo banco y en un mismo tajo, los parámetros de calidad y elementos nocivos varían su contenido según la ubicación del bloque, por tal motivo esta variabilidad tiene que conocerse y aprovecharse durante el esquema de depósito en función de la eficiencia del proceso de mezclado y con esto disminuyen los costos de la homogeneización.

La dirección del esquema de depósito se llevará a cabo partiendo de la variabilidad de los frentes de arranque, ó sea si la variabilidad de los frentes de arranque es positiva, al depositar esta mena se hará en una misma fila y un solo sentido de dirección, esto será depositando una pila al lado de la otra, hasta completar una fila a todo lo largo del depósito, luego con un cargador frontal y el mismo sentido que se depositó se irán remontando esas pilas obteniendo un cordón continuo de mineral, al cambiar de tajo en un mismo banco, de mantenerse la variabilidad positiva, se depositaría en una segunda fila, pero en sentido contrario a la primera, con el procedimiento anterior, una pila al lado de la otra, hasta completar la fila, posteriormente el cargador frontal irá remontando en la misma dirección de depósito, obteniendo un solo cordón continuo de mineral hasta lograr los 4.5 m de altura, este procedimiento se repetirá hasta lograr toda una capa de mineral mezclado a todo lo largo y ancho del depósito intermedio o depósito de homogeneización.

Cuando los frentes de minería que participan en la conformación de un depósito intermedio posean variabilidad opuesta, ó sea uno con variabilidad positiva y otro con variabilidad

negativa, el sentido de dirección de depósito será el mismo, en filas diferentes, pero un mismo volumen, por tal motivo debemos crear un desfasaje en el minado de ambos frentes de extracción.

Estos depósitos se van compactando a medida que crece y avanza la operación de mezclado y remontado, logrando la compactación total al completar la última fila (ver anexos 1 y 2).

4.8 Acarreo y mezclado de la mena.

Partiendo de la variabilidad de los yacimientos y el atraso considerable que se mantiene en la actividad de escombreo necesitamos alcanzar un defasaje entre la minería y la mena que vamos alimentando al proceso metalúrgico, esto será validado con el incremento considerable de la productividad del acarreo minero desde los frentes mineros hasta los depósitos intermedios al disminuir la distancia de transportación.

Durante el acarreo de la mena debe conservarse el equilibrio de la composición químico – mineralógica de la misma para disminuir los gastos en el proceso de mezclado y homogeneización, si alteramos la cantidad de viajes de un frente minero hasta un depósito, cambiamos las propiedades del modelo geológico utilizado por tanto las proporciones calculadas influirían negativamente en la operación.

El mezclado de la mena se obtendrá conjuntamente con el esquema de depósito y su mayor eficiencia se alcanza aumentando el grado de organización y control de los esquemas mineros y de depósito, logrando los valores óptimos durante la operación de remontado de la mena donde la misma se irá mezclando continuamente alcanzando la operación sus mayores rendimientos.

Para el mezclado de las menas debemos tener en cuenta operaciones que muy lejos de ser planificadas, las ejecutamos para cumplir con la demanda en cuanto a volumen y no de calidad de la materia prima que necesita la Planta de Preparación de Pulpa.

Ejemplos:

1. A veces sale de línea una retroexcavadora por avería y alimentamos menas extraídas en otra zona que no esta planificada por mala calidad.
2. Cambiamos una retroexcavadora de zona por malas condiciones del terreno para una zona que no esta planificada.

3. Se traspasa desde los depósitos sin tener la veracidad de los parámetros de la calidad de las menas que acumulamos.
4. Incorporamos volúmenes de escombros al proceso metalúrgico.
5. Cuando minamos a fondo las mezclas no satisfacen las exigencias de calidad del proceso metalúrgico por el alto contenido de Magnesio que le suministramos.

Esto constituye alteraciones en el proceso debido a la inestabilidad de la calidad de la materia prima que suministramos, provocando que si aumentan las concentraciones de Magnesio, aumenta el consumo de ácido, si disminuye la ley de Níquel, aumenta la cantidad de materia prima a procesar y aumentarían el consumo de vapor y de electricidad, por tanto aumentan los costos considerablemente, que con una disminución de los precios del Níquel sería ineficiente la Planta Metalúrgica.

Si enviamos a proceso una materia prima con alta calidad, disminuiríamos la vida útil del yacimiento pues se agotan las reservas de alta ley que permiten que con un proceso de homogeneización la Planta Metalúrgica asimile yacimientos de baja calidad con eficiencia.

Analizando los ejemplos anteriores debemos utilizar la productividad del equipamiento disminuyendo la distancia de acarreo para lograr obtener el desfase mínimo necesario entre la minería y el mineral que alimentamos al proceso metalúrgico para que nos permita explotar el conocimiento y la experiencia profesional de nuestros técnicos, la aplicación de técnicas, métodos y procedimientos organizativos, única forma de alcanzar la estabilidad en la calidad de la materia prima que enviamos al proceso.

4.9 Tiempo de conformación de los depósitos intermedios.

Para el tiempo de conformación de los depósitos intermedios se tendrá en cuenta la productividad de los camiones articulados Volvo A40D, para una distancia de 2.5 y 4 Km.

- v Capacidad mínima de cada uno de los depósitos = 100 000 t.
- v Productividad diaria del camión articulado Volvo A40D a 2.5Km = 984 t/día.
- v Productividad diaria del camión articulado Volvo A40D a 4 Km = 696 t/día.

Teniendo en cuenta que estos depósitos se conformarán de forma simultánea, mientras se transporta la masa mineral para uno de ellos, en el otro se realizarán las operaciones de

mezclado y remontado del mineral, por lo tanto el cálculo se llevará a cabo para un solo depósito, utilizando una cantidad de camiones diferente para obtener un tiempo optimo.

La conformación de los depósitos se divide en varias etapas, estas a su vez dependerán del número de filas que comprenderá cada depósito en dependencia del área de cada uno, por tanto se exige mantener una distancia para los depósitos intermedios entre 2 y 2.5 Km máximo y la distancia de traspaso sea entre 4 y 4.5 Km máximo.

Calculo de las productividades para las distancias recomendadas.

Distancia de acarreo 2.5 k m.

$Tcd = V / Nc * Q$	$Tcd = V / Nc * Q$	$Tcd = V / Nc * Q$
$Tcd = 100000 / 4 * 984$	$Tcd = 100000 / 8 * 984$	$Tcd = 100000 / 10 * 984$
$Tcd = 100000 / 3936$	$Tcd = 100000 / 7872$	$Tcd = 100000 / 9840$
$Tcd = 25.4días.$	$Tcd = 12.7días.$	$Tcd = 10.16días.$

Donde:

V = Volumen a depositar; 100 000 t.

Nc = Número de camiones; 4, 8 y 10 Articulados.

Q = Productividad del A40D; 984 t/día.

Distancia de acarreo 4 k m.

$Tcd = V / Nc * Q$	$Tcd = V / Nc * Q$	$Tcd = V / Nc * Q$
$Tcd = 100000 / 4 * 696$	$Tcd = 100000 / 8 * 696$	$Tcd = 100000 / 10 * 696$
$Tcd = 100000 / 2784$	$Tcd = 100000 / 5568$	$Tcd = 100000 / 6960$
$Tcd = 35.9días.$	$Tcd = 17.95días.$	$Tcd = 14.3días.$
	$Tcd = 18días$	

Donde:

V = Volumen a depositar; 100 000 t.

Nc = Número de camiones; 4, 8 y 10 Articulados.

Q = Productividad del A40D; 966 t/día.

Tomaremos 10 camiones para el acarreo de la masa minera desde los frentes mineros hasta los depósitos intermedios y 8 camiones para el traspaso desde los depósitos intermedios hasta el depósito de homogeneización central, Depósito “D”.

Por tanto los lotes de 100 000 t en los depósitos intermedios se conformaran en 18 días.

Depósitos Intermedios de Moa Occidental

Teniendo en cuenta que el yacimiento de Moa Occidental se encuentra en la fase final de su explotación debido al agotamiento y la baja calidad de sus reservas, aparejado al aumento de la relación escombro mineral, los depósitos intermedios que se conformarán se encargarían del mezclado, homogeneización y almacenamiento de las menas procedentes de sus diferentes frentes mineros manteniendo una desviación estándar en su contenido de $\text{Ni} + \text{Co} = (0.02)$, estas menas serán consideradas de baja ley, con un contenido de $\text{Ni} + \text{Co} = (1.18 - 1.20)$. En cada depósito se conformará un lote homogeneizado de 100 000 t en función del contenido de $\text{Ni} + \text{Co}$, ósea un deposito de $\text{Ni} + \text{Co} = 1.18$ y el otro de $\text{Ni} + \text{Co} = 1.20$.

Depósitos Intermedios de Moa Oriental

Teniendo en cuenta que el yacimiento de Moa Oriental es muy joven, los depósitos intermedios que se conformarán se encargarían del mezclado, homogeneización y almacenamiento de las menas procedentes de sus diferentes frentes mineros manteniendo una desviación estándar en su contenido de $\text{Ni} + \text{Co} = (0.02)$, estas menas serán consideradas de alta ley, con un contenido de $\text{Ni} + \text{Co} = (1.46 - 1.48)$. En cada depósito se conformará un lote homogeneizado de 100 000 Tn en función del contenido de $\text{Ni} + \text{Co}$, ósea un deposito de $\text{Ni} + \text{Co} = 1.46$ y el otro de $\text{Ni} + \text{Co} = 1.48$.

Procedimientos para la realización de los trabajos

Estos procedimientos serán flexibles en cuanto a cambios cualitativos que pueda sufrir el elemento rector del proceso de homogeneización, durante la explotación de uno o varios yacimientos, manteniendo su rigidez en función de la desviación estándar durante la conformación de sus lotes.

La conformación de los lotes homogeneizados de 100 000 t de mena se organizará por turnos de trabajo de 12 horas, incorporando cada Unidad Minera por turno en sus depósitos

intermedios la proporción equivalente a la mitad del plan de extracción de la mina por turno, entre 2600 t y 2634 t de mineral proveniente de diferentes frentes mineros, como mínimo 2 frentes de extracción para cada depósito.

Durante la conformación de un lote deben extraerse los bloques seleccionados en un yacimiento según su orden de prioridad y acarreándose hasta el depósito intermedio correspondiente las proporciones calculadas, formando filas de pilas a todo lo largo del depósito. Estas filas se irán situando de menor a mayor contenido de Ni + Co la primera, la segunda fila se invertirá el sentido, de menor a mayor contenido, se mezclan y se remontan con el cargador frontal y por ultimo se sitúa la tercera fila de pilas invirtiendo nuevamente el sentido, se mezcla por segunda vez y se remonta, formando un cordón sólido que continua creciendo hasta totalizar las 100 000 t de mena con el contenido de Ni + Co y su desviación estándar correspondiente.

Simultáneamente con el avance de estos depósitos se irán compactando sus superficies para disminuir la absorción de agua durante los periodos de lluvia, aunque se podría pensar en cubrirlos con algún material impermeable, pues en períodos de intensas lluvias la compactación solamente disminuye la humedad que estos absorben, pero no soluciona el problema.

Conformación del depósito N° - 1 de Moa Occidental.

La conformación del depósito N° - 1 de Moa Occidental se muestra en el Anexo 2 y se realizará con las reservas de los bancos 42 con 140 bloques, 43 con 138 bloques, 44 con 177 bloques y parte del banco 45 con 28 bloques, las características de cada uno de estos bancos se muestran en la a continuación:

Volumen	100 000 t
Área del depósito N°-1	28490 m ² 2.85 ha
Altura	4.5 m
Longitud	300 m
Ancho	95 m

Conformación del depósito N° - 3 de Moa Oriental.

La conformación del depósito N° - 3 de Moa Oriental se muestra en el Anexo 7 y se realizará con las reservas de los bancos 111 con 253 bloques y 112 con 323 bloques, las características de cada uno de estos bancos y bloques se muestran a continuación:

Volumen	100 000 t		
Área del depósito N°-3	28490 m ²	2.85 ha	
Altura	4.5 m		
Longitud	300 m		
Ancho	95 m		

Conformación del depósito de homogeneización central.

Este depósito se conformará con la mezcla proveniente de los depósitos N°-1 y N°-3 en correspondencia con el esquema establecido en el Anexo 7.

Volumen	300 000 t		
Área del depósito central	85470 m ²	8.55 ha	
Altura	4.5 m		
Longitud	385 m		
Ancho	222 m		

Área total para los depósitos

4 depósitos intermedios	4 x 2.85	11.4 ha	
1 depósito central	8.55 ha		
Área total	19.95 ha		

4.10 Evaluación de los impactos producidos por la investigación.

Impacto Tecnológico

1. Cambio operacional.
2. Sincronización de las operaciones mineras.

Cambio operacional.

Se produce un cambio operacional ya que se suspende la alimentación directa desde los frentes de extracción minera a la Planta de Preparación de Pulpa por la alimentación desde el depósito de homogeneización central, Depósito “D”.

La mena extraída en los frentes mineros es acarreada hasta los depósitos intermedios, disminuyendo la distancia de transportación y aumentando la productividad de la actividad. Durante la transformación de los yacimientos comenzamos la homogeneización en los frentes mineros y en los depósitos intermedios continua la preparación de la mena controlando la calidad por lotes con mínimas desviaciones estándar para finalizar el proceso en el depósito de homogeneización central, obteniendo una mena de alto grado de homogeneización que garantice la calidad planificada y la estabilidad del proceso metalúrgico.

Sincronización de las operaciones mineras.

La introducción de cambios en el factor técnico – organizativo produce optimización en el uso del equipamiento de la mina, considerando el mantenimiento del equipamiento minero por oportunidades, aumenta la disponibilidad de los equipos y con ello se logran los desfasajes necesarios entre escombreo – minería y minería – mena homogeneizada para alimentar el proceso metalúrgico.

Impacto Económico

1. Aumento de la productividad del equipamiento de acarreo minero.
2. Disminución de los costos de operación.

Impacto Social

1. Menor presión psicológica de los técnicos durante el control de la calidad.
2. Disminución de riesgos operacionales.

Impacto Ambiental

1. Aprovechamiento racional de los recursos naturales.
2. Ocupación de mayores áreas para la construcción de los depósitos.

4.11: Mitigación de impactos ambientales.

La labor preventiva considera los aspectos siguientes:

1. Relieve del terreno.
2. Red hidrográfica de la zona.
3. Condiciones climáticas.
4. Caracterización geológica de la zona.

5. Identificación de los focos contaminantes y de destrucciones actuales y futuras (frecuencia, magnitud, reversibilidad, duración y características geométricas de la fuente).
6. Características ingeniero - geológicas actuales y futuras de la región.
7. 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.
8. Estudio de la biodiversidad de la región.
9. Contabilización de las especies vegetales y animales presentes.

Medidas preventivas:

1. Construir las trochas y caminos para trabajos topográficos y de muestreo geoquímico de manera que:
2. Tengan las dimensiones mínimas necesarias.
3. Que sigan direcciones adecuadas para minimizar la acción erosiva de las aguas y del viento.
4. Que tengan pendientes adecuadas, calculadas a partir de las funciones que tendrán.
5. Construir, en casos necesarios, cunetas con obras de ingeniería para la regulación del escurrimiento superficial.
6. Construir trampas de sedimentos en los lugares necesarios.

CONCLUSIONES

1. Se propone un procedimiento que permite conformar los depósitos intermedios para estabilizar la calidad de la mena que se alimenta al proceso metalúrgico.
2. La creación de depósitos de homogeneización permite estabilizar la mena alimentada al proceso metalúrgico con un rango de desviación estándar del contenido de Ni + Co entre 0,012 y 0.016.
3. Fue obtenido un esquema donde se explica el proceso de homogenización desde los dos yacimientos hasta depósitos intermedios y hasta el depósito de homogenización central garantizando la estabilidad de la MENA con una buena calidad.

RECOMENDACIONES

- Ø Proponerle a la dirección de la Mina de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba-Moa-Níquel S.A. la aplicación inmediata del procedimiento de conformación de los depósitos de homogenización, que permita estabilizar la mena alimentada al proceso metalúrgico con un rango de desviación estándar del contenido de Ni + Co entre 0,012 y 0.016.
- Ø Aplicar el esquema de homogeneización propuesto para un lote de 100 000 t como solución inmediata para estabilizar la calidad de la mena alimentada al proceso metalúrgico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alfaro, T. Determinación del método de aligación del yacimiento laterítico del norte de la provincia de Holguín, Trabajo de Diploma, ISMM Moa. 1985.
2. Américo, G. Homogenización mediante la transformación del yacimiento de la mina de Moa, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 1985.
3. Belete, O. Vías para la determinación del cálculo de volumen de mineral extraído en los yacimientos lateríticos cubanos. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. 1999.
4. Bravo, F. Investigación y fundamentación de la metodología de la geometrización de explotación de los yacimientos lateríticos cubanos (visto en el caso concreto del yacimiento Moa y Nicaro). Trabajo presentado en opción al grado científico de Dr. en ciencias técnicas. Leningrado, Facultad de topografía, 1984.
5. Bernal, S. Tecnología de Explotación a Cielo Abierto, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.
6. Certificación Mensual de Operaciones Realizadas en Servicio Científico-Tecnológico 1239: "Monitoreo Minero y Operación de los Depósitos de Estabilización". Desde Junio del 2004 hasta Diciembre del 2006, ECECG-CEINNIQ, Servicio.
7. Colectivo de autores, Plan de Minería 2006, Departamento de Planificación, Moa Nickel SA, 2006.
8. Colectivo de autores, Plan de Minería 2007, Departamento de Planificación, Moa Nickel SA, 2007.
9. Cuesta, A. Curso de Transporte Minero, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.
10. Estenoz, S. Muestreo minero y operación de los depósitos mineros en el contexto de la implementación del Sistema Integral de Preparación de Mineral, SIPREMI, Informe al estado y perspectivas del servicio 1239, Centro de Investigaciones del Níquel Capitán Alberto Fernández Montes de Oca. 2006.

11. Estenoz, S. Procedimiento de homogeneización para apilamiento y recogida de materiales a granel e instalación requerida. Patente CU22513, OCPI, La Habana. 1997.
12. Estenoz, S.; N. Pérez & E. Rondón. Procedimiento de homogeneización y secado solar de materiales a granel e instalación requerida. Patente cubana No. 22883, OCPI, La Habana, Cuba. 2004.
13. Estenoz, S. Evaluación de las tecnologías de explotación de depósitos mineros para mezclas, beneficio, homogeneización y secado solar en la mina de la ECECG, ECG, UB Mina, Informe Técnico. 2007. pp.46.
14. Estenoz S. Fuentes L, et al. Estudio del muestreo del mineral en los depósitos de Secado Solar, Informe de Investigación CEINNIQ, Moa. 2004.
15. Estévez, S. Propuesta del método de homogenización para la mina de la empresa Moa Nickel Pedro Sotto Alba, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 1995.
16. Fernández, M. Consideraciones acerca del empleo del Depósito Exterior en el proceso de estabilización de la calidad de la materia prima Mineral: Estudio SDM. ECECG. Moa, Holguín, Cuba. 1989.
17. GOES-12, GOES: <http://goes.gsfc.nasa.gov/05/08/2005>
18. [http://www.areaminera.com.art/Pilas de Homogeneización.chile.28/01/02](http://www.areaminera.com.art/Pilas%20de%20Homogeneizaci3n.chile.28/01/02)
19. [http://www.moanickel/zDocs/BoletínNi/boletín.pdf](http://www.moanickel/zDocs/Bolet3nNi/bolet3n.pdf). 21/07/06.
20. Marcos, A. Determinación de los parámetros y características fundamentales para la construcción de un depósito de minerales en la mina Punta Gorda, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 2002.
21. Meléndez V. y A. Tapia. Homogeneización de superpilas de mineral con la metodología Surcos Completos, ponencia en Níquel, Cuba, Guardalavaca. 2002.
22. Milián, E. Efectividad de la homogenización en el yacimiento Moa, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 1994.
23. Muestreo mina 06, Muestreo por Frentes Mineros, Mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA, 2006.
24. Muestreo mina 07, Muestreo por Frentes Mineros, Mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA, 2007.
25. Polanco, R. Establecimiento de las clases de menas según índices tecnológicos en los yacimientos lateríticos. Trabajo de evento, ISMM, Moa, 1996, inédito.
26. Reporte Diario de Producción Planta de Pulpa Moa Nickel SA, Pedro Sotto Alba, 2006.

27. Reporte Diario de Producción Planta de Pulpa Moa Nickel SA, Pedro Sotto Alba, 2007.
28. Reporte Diario del Monitoreo Minero y Operación de los Depósitos de estabilización. Desde Junio del 2004 hasta Diciembre del 2006, ECECG-CEINNIQ, Servicio Científico-Tecnológico 1239.
29. Rivero, L. Estudio de diversas tecnologías de homogenización y creación de depósitos "STOCK", Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 1979.
30. Tecnologías ecológicas <http://www.aplpotencia.com/11/04/07>.
31. Velásquez, L. Determinación del método de aligación de los yacimientos lateríticos del norte de la provincia de Holguín, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 1985.
32. Ulloa, M. Curso de Evaluación de Impactos, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.

Anexo 1. Conformación del depósito N° 1 de Moa Occidental

Depósito intermedio N° - 1	Plan	Real
Promedio del contenido Ni + Co:	1,18	1,22
Desviación estándar:	0,02	0,013

Dirección de Descarga 

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
F1	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,301
F2	1,329	1,274	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
F3	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,151	1,085	1,085
F4	1,456	1,456	1,456	1,456	1,456	1,456	1,456	1,456	1,456	1,440	1,424	1,424	1,424	1,424
F5	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,228	1,244	1,244	1,244	1,244	1,244	1,244
F6	1,070	1,070	1,044	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017	1,017
F7	1,313	1,313	1,313	1,313	1,313	1,313	1,313	1,313	1,186	1,059	1,059	1,059	1,059	1,059
F8	1,615	1,615	1,615	1,615	1,613	1,611	1,611	1,611	1,611	1,611	1,611	1,611	1,611	1,611
F9	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,183	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294
F10	0,123	0,123	1,119	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115
F11	1,178	1,178	1,178	1,178	1,178	1,181	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183
F12	1,497	1,497	1,497	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153	1,153
F13	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,031	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472
F14	1,112	1,105	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098
F15	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,557	1,383
F16	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,212	1,178	1,144	1,144	1,144
F17	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543	1,533	1,523	1,523	1,523	1,523	1,523
F18	1,151	1,151	1,250	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348
F19	1,193	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177
F20	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359	1,396	1,433
F21	1,110	1,110	1,110	1,110	1,101	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	0,993	0,894
F22	1,073	1,073	1,073	1,073	1,073	1,122	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171
F23	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,156	1,160	1,160	1,160	1,160	1,160
F24	0,991	0,991	1,081	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170
F25	1,076	1,080	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083	1,083
F26	1,427	1,427	1,444	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462
F27	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,397	1,413	1,428	1,428	1,428
F28	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,094	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
F29	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,302	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
F30	1,246	1,246	1,246	1,246	1,199	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152
F31	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305	1,305	1,322	1,339	1,339	1,339	1,339
F32	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,160	1,159	1,159	1,159	1,159	1,159	1,159	1,159
F33	1,368	1,368	1,368	1,331	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293
F34	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,267	1,307
F35	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,110	1,110	1,110	1,110

Anexo 2. Conformación del depósito N°-3 de Moa Oriental

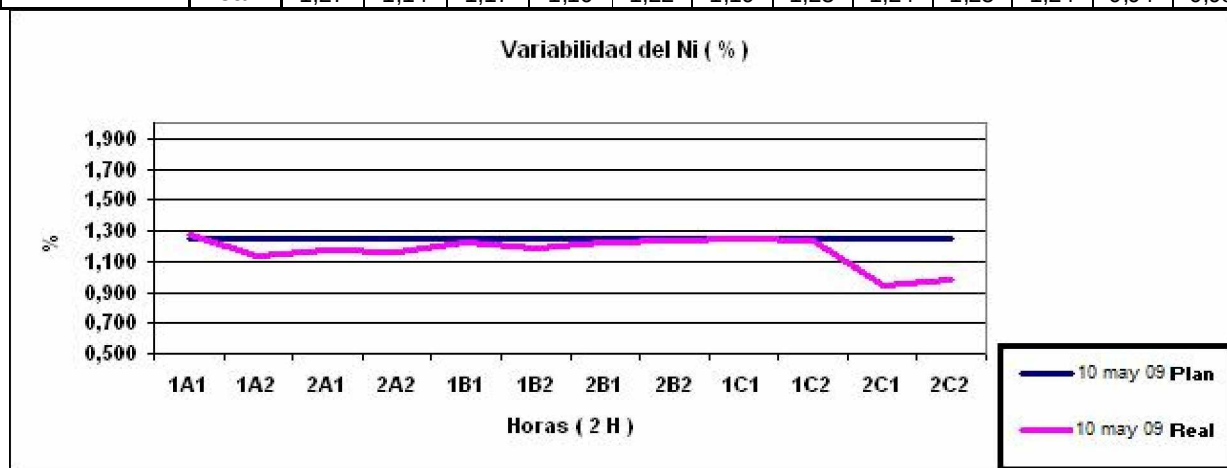
Depósito intermedio N° - 3.	Plan	Real
Promedio del contenido Ni + Co:	1,48	1,449
Desviación estándar:	0,02	0,016

Dirección de Descarga

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
F1	1,233	1,233	1,233	1,233	1,233	1,233	1,233	1,233	1,296	1,359	1,359	1,359	1,359	1,359
F2	1,577	1,577	1,577	1,577	1,577	1,577	1,577	1,577	1,395	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214
F3	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	1,154	1,154	1,154	1,154	1,154	1,154
F4	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029
F5	1,191	1,149	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108
F6	1,228	1,228	1,228	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214
F7	1,361	1,361	1,361	1,366	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372	1,372
F8	1,252	1,252	1,252	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278
F9	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,447	1,475	1,475
F10	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,547	1,570	1,592	1,592	1,592	1,592	1,592	1,592	1,592
F11	1,551	1,551	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627	1,627
F12	1,692	1,707	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722
F13	1,794	1,794	1,794	1,794	1,794	1,794	1,803	1,812	1,812	1,812	1,812	1,812	1,812	1,812
F14	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,675	1,802
F15	1,621	1,621	1,621	1,621	1,771	1,921	1,921	1,921	1,921	1,921	1,921	1,921	1,921	1,921
F16	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,132	2,132	2,132	2,132	2,132
F17	2,166	2,166	2,166	2,166	2,166	2,166	2,166	2,166	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258
F18	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,484	1,500	1,500	1,500	1,500
F19	1,008	1,008	1,008	1,008	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
F20	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477
F21	1,397	1,403	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408
F22	1,228	1,228	1,228	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215	1,215
F23	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,562	1,478	1,478	1,478
F24	0,819	0,819	0,819	0,829	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839	0,839
F25	1,873	1,873	1,833	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793	1,793
F26	1,638	1,637	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636	1,636
F27	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
F28	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294	1,294
F29	1,627	1,627	1,627	1,627	1,650	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,672	1,571
F30	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,213	1,213	1,213	1,213	1,213	1,213	1,213
F31	1,395	1,395	1,395	1,395	1,357	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319	1,319
F32	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,433	1,452	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470
F33	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333
F34	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,507	1,237	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
F35	1,116	1,116	1,116	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,117	1,115

Anexo 3. Comportamiento de la variabilidad del Níquel

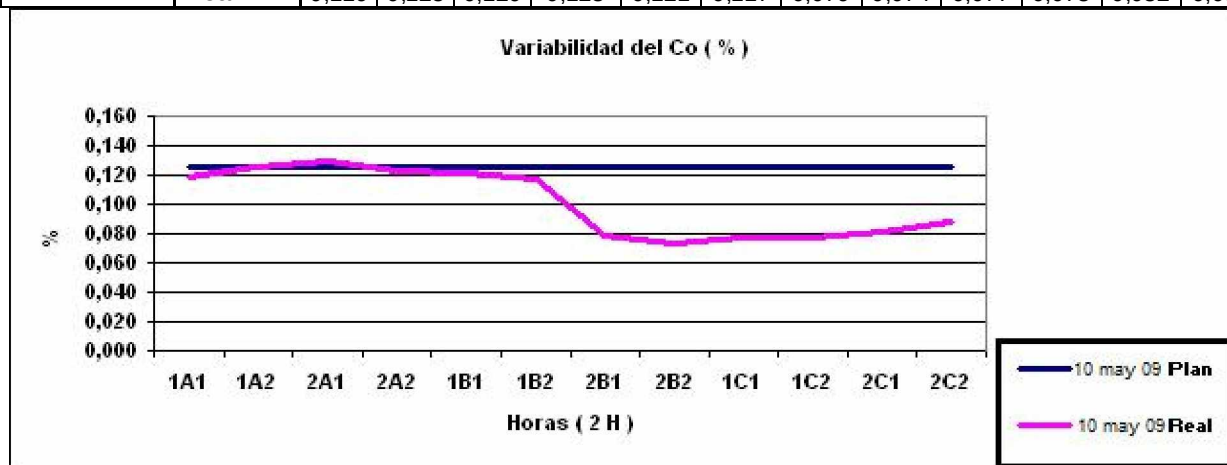
		Muestras											
10-may-09	Ni %	1A1	1A2	2A1	2A2	1B1	1B2	2B1	2B2	1C1	1C2	2C1	2C2
	Plan	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
	Real	1,27	1,14	1,17	1,16	1,22	1,19	1,23	1,24	1,25	1,24	0,94	0,98



Máxima amplitud de las oscilaciones del Ni	1,27
Minima amplitud de las oscilaciones del Ni	0,94
Promedio	1,17
Desviación	0,106

Anexo 4. Comportamiento de la variabilidad del Cobalto

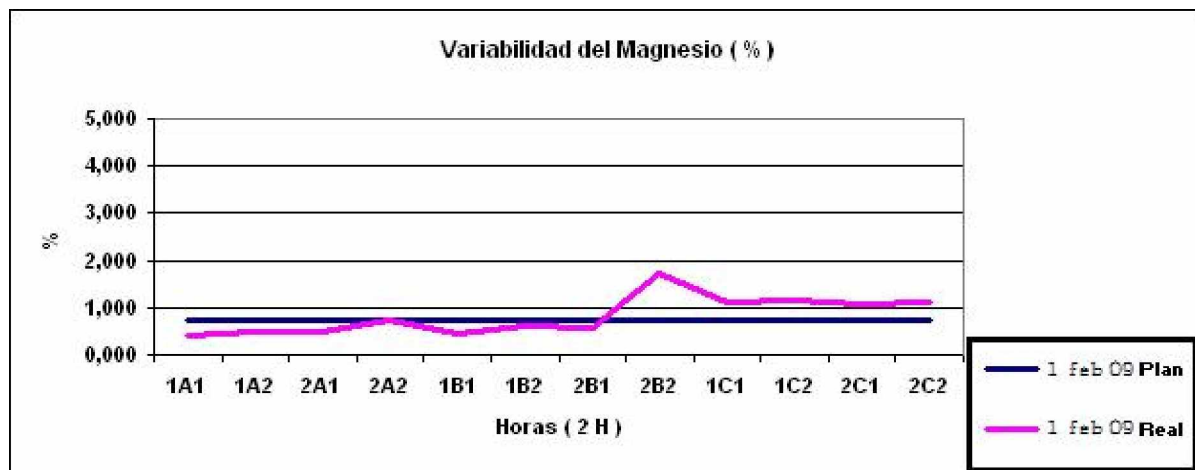
		Muestras											
10-may-09	Cobalto	1A1	1A2	2A1	2A2	1B1	1B2	2B1	2B2	1C1	1C2	2C1	2C2
	Plan	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
	Real	0,119	0,125	0,129	0,123	0,121	0,117	0,079	0,074	0,077	0,078	0,082	0,088



Máxima amplitud de las oscilaciones del Co	0,147
Minima amplitud de las oscilaciones del Co	0,102
Promedio	0,122
Desviación	0,014

Anexo 5. Comportamiento de la variabilidad del Magnesio

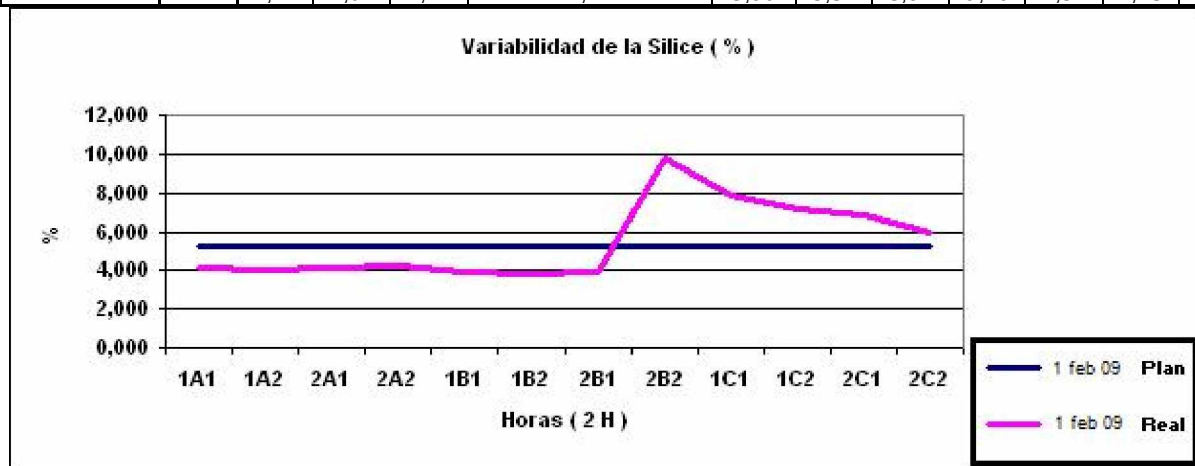
Muestras													
01-feb-09	Magnesio	1A1	1A2	2A1	2A2	1B1	1B2	2B1	2B2	1C1	1C2	2C1	2C2
	Plan	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760
	Real	0,42	0,51	0,48	0,73	0,45	0,62	0,59	1,72	1,12	1,15	1,08	1,12



Máxima amplitud de las oscilaciones del Mg	1,72
Minima amplitud de las oscilaciones del Mg	0,42
Promedio	0,83
Desviación	0,402

Anexo 6. Comportamiento de la variabilidad del Sílice

Muestras													
01-feb-09	SiO2	1A1	1A2	2A1	2A2	1B1	1B2	2B1	2B2	1C1	1C2	2C1	2C2
	Plan	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
	Real	4,17	4,01	4,12	4,22	3,90	3,82	3,94	9,76	7,84	7,18	6,84	5,97



Máxima amplitud de las oscilaciones de la SiO2	9,76
Minima amplitud de las oscilaciones de la SiO2	3,82
Promedio	5,48
Desviación	1,996

Anexo 7. Proceso de homogenización

