

FACULTAD GEOLOGIA-MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

TÍTULO: PROYECTO DE EXPLOTACIÓN PARA EL SECTOR
HOYO DEL MUERTO EN EL YACIMIENTO SAN JOSÉ SUR

Autor: Paulo Luzendo Eduardo Vieira

Curso
2016 - 2017
“Año 59 de la Revolución”



FACULTAD GEOLOGIA-MINERÍA

DEPARTAMENTO DE MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

**TÍTULO: PROYECTO DE EXPLOTACIÓN PARA EL SECTOR HOYO
DEL MUERTO EN EL YACIMIENTO SAN JOSÉ SUR**

Autor: Paulo Luzendo Eduardo Vieira

Tutores: Dr.C José Antonio Otaño Noguel

Ing. Héctor Esparraguera Guilarte

Curso

2016 - 2017

“Año 59 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Paulo Luzendo Eduardo Vieira, autor de este trabajo de diploma, que tiene como título: **“PROYECTO DE EXPLOTACIÓN PARA EL SECTOR HOYO DEL MUERTO EN EL YACIMIENTO SAN JOSÉ SUR”** y los tutores, Dr.C. José Antonio Otaño Noguel e Ing. Héctor Esparraguera Guilarte, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.

Para que así conste, firmo la presente a los 2 días del mes de junio del año 2017.

Firma del autor. Paulo Luzendo Eduardo Vieira

Firma del tutor. Dr.C. José Antonio Otaño Noguel

Firma del tutor. Ing. Héctor Esparraguera Guilarte



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia en especial a mi madre Rosa Eduardo y a mi papa Antônio Vieira, y a mis hermanos Carlos Vieira, Afonso Vieira, Arleth Vieira, Famildina Vieira, Eduardo Ngueve, Russel Sipopi, Anacleto Vieira, Pedro Vieira, Augusto Vieira, Hermenegildo Vieira, Solange Vieira, Vieira Vigas, Paulo Cabonga, Chengue. A mi novia Dailen Jardinez Fonseca, a su hermana Daliana Jardinez Fonseca, a su madre Dunielquis Fonseca Borges y a su papa Alexis Jardinez Dimínguez y a mi hijo Dairon Eduardo Vieira Jardinez que fue mi luz durante este tiempo todo. A mis tutores el Dr.C. José Antonio Otaño Noguel y el Ing. Héctor Esparraguera Guilarte, A mis amigos hermanos Wilson, Haoba, Zé Beni, Belezao, Zé Kenno que su alma descanse en paz A todos aquellos que de una forma u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios padre todo poderoso que si no fuera por el nada de esto si hubiera logrado, también agradecer a todos mis compañeros de aula y profesores que contribuyeron en mi formación como profesional a lo largo de estos cinco años y me brindaron su ayuda siempre que lo necesité. A mi novia Dailen Jardínez Fonseca y a mi príncipe que estuvieron a mi lado estos cinco años brindándome toda la ayuda, consejos y conocimientos para poderme formar como profesional. A toda mi familia que siempre me han apoyado y aconsejándome en mi formación como profesional. A todo el personal de la Empresa de Canteras y de la UEB Cantera de San José Sur y Ceproníquel por facilitarme las condiciones para el desarrollo del trabajo. A mis tutores el Dr.C. José Antonio Otaño Noguel y el Ing. Héctor Esparraguera Guilarte por su precioso tiempo dedicado en la realización de este trabajo. A mis amigos y hermanos de Cuba Hélio Bruno, Sebastiao de Almeida, Ângelo da Mata, Julio da Mata, Luís Vunge, Miguel Filho, Miguel Pacheco, Helder Vemba, Paulo Bunga, Admiró Junior, Albino, Joveth, Yuri Motas, Jonas Thiremo, Emmanuel, Custodio Muassichaco, Eliene, Custodia, Lukenia, Patricia, Masule, Almira, Joice, que nos hemos apoyado unos a otros para hoy poder lograr lo que hemos hecho. A la Revolución cubana y a su líder Fidel Castro Ruz por darme la posibilidad de estudiar y formarme como profesional acá en Cuba. A todos muchas gracias.



PENSAMIENTO

No hay punto de partida sin virtud, donde la grandeza de nuestra victoria está en la profundidad de nuestro sacrificio.

Autor: Paulo Luzendo Eduardo Vieira



RESUMEN

El yacimiento San José Sur se encuentra ubicado en el municipio de San José de las Lajas, en la provincia de Mayabeque. En el mismo se realiza un sistema de explotación minera a cielo abierto en dos sectores La Compresora y Hoyo del Muerto. El presente trabajo de diploma tiene como objetivo elaborar un sistema de explotación para el Sector Hoyo del Muerto en el yacimiento San José Sur para el aprovechamiento integral de sus reservas y para lograrlo se realizó una caracterización geológica del yacimiento y del área de estudio, el régimen de trabajo, el cálculo y la selección del equipamiento minero, el cálculo de los trabajos de perforación y voladura, la organización y la valoración económica de las actividades mineras , el análisis del impacto medioambiental, las medidas de seguridad y salud de los trabajadores.

Palabras claves: proyecto de explotación, yacimiento, cantera



ABSTRACT

The San José Sur deposit is located in the municipality of San José de las Lajas, in the province of Mayabeque. In the same one is realized an system of open mining in two sectors The Compresora and Hoyo del Muerto. The present diploma work has as objective to elaborate a system of exploitation for the Sector Hoyo del Muerto in the San José Sur deposit for the integral use of its reserves and to obtain it a geological characterization of the deposit and of the area of study was realized, the regimen, the calculation and selection of mining equipment, the calculation of drilling and blasting operations, the organization and economic valuation of mining activities, environmental impact analysis, safety and health measures for workers.

Key words: I lay plans of exploitation, deposit, stone pit



ÍNDICE	Páginas
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO	4
1.1 Ubicación del yacimiento.....	4
1.2 Características geológicas del yacimiento.....	5
1.3 Tectónica.....	6
1.4 Hidrología del yacimiento	7
1.5 Características cualitativas de la zona mineral.....	7
1.6 Características hidrometeorológicas	8
CAPÍTULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL SECTOR HOYO DEL MUERTO	15
2.1 Condiciones minero - técnicas del yacimiento.....	15
2.2 Volumen de material útil in situ a extraer en un año.....	16
2.3 Labores de desbroce.....	18
2.4 Volumen de material estéril	19
2.5 Extracción del material útil.....	29
2.6 Método de apertura	34
2.7 Trabajos de perforación y voladura para la extracción de la masa minera	34
2.8 Pasaporte de perforación y voladura.....	37
CAPÍTULO III. COSTO DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	41
3.1 Valoración económica	41
3.2 Identificación y caracterización de los impactos ambientales.....	43
3.3 Identificación de los impactos.....	44
3.4 Medidas de protección y mitigación	44
3.5 Medidas de seguridad para los trabajos con explosivos	45
3.6 Medidas de seguridad para trabajo con equipos de transporte.....	45



CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	50

ÍNDICE DE FIGURAS	Páginas
Figura 1. Ubicación del sector Hoyo del Muerto.....	4
Figura 2. Litología del yacimiento San José Sur.....	5
Figura 3. Sólidos presentes en el proyecto (sólido mineral y estéril)	9
Figura 4. Modelo de bloques, recursos por categoría.....	9
Figura 5. Caminos del sector Hoyo del Muerto... ..	13
Figura 6. Vista satelital del área de la Cantera San José Sur.....	15
Figura 7. Esquema de ubicación de los barrenos de arranque.....	40

ÍNDICE DE TABLAS	Páginas
Tabla 1. Coordenadas de la concesión minera San José Sur.....	5
Tabla 2. Propiedades físico – mecánicas de las rocas.....	7
Tabla 3. Resumen de los parámetros utilizados para la categorización.....	11
Tabla 4. Estimación de los recursos totales.....	12
Tabla 5. Estimación de los recursos totales en el Sector Hoyo del Muerto.....	12
Tabla 6. Características técnicas del Bulldozer Komatsu D85.....	17
Tabla 7: Características técnicas del cargador Daewoo Doosan Mega 250.....	18
Tabla 8. Características técnicas del Camión KRAZ 256B.....	18
Tabla 14. Datos técnicos de la sustancia explosiva <i>Senatel Magnafrac</i>	35
Tabla 15. Datos técnicos de la sustancia explosiva Amex.....	35
Tabla 16. Características técnicas del Perforador Rock 460 PC.....	36
Tabla 17. Características técnicas del Compresor Xahs 416.....	37
Tabla 18. Gastos por concepto de salario G_s	42



Tabla 19. Gastos por concepto de combustible Gc.....	42
--	----

Tabla 20. Gastos totales originados mantenimiento (G _m).....	43
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Páginas

Anexo 1. Bulldozer Komatsu D85.....	50
-------------------------------------	----

Anexo 2. Perforadora Rock 460 PC.....	50
---------------------------------------	----

Anexo 3. Camión KRAZ 256B.....	51
--------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

El auge que ha obtenido la minería y las industrias de materiales para la construcción en Cuba se ha debido a las grandes transformaciones de desarrollo en el sector constructivo y las distintas estrategias marcadas para disminuir los problemas a los que se enfrenta la sociedad. En Cuba se realizan transformaciones reflejadas programáticamente en los Lineamientos del Congreso del Partido Comunista de Cuba entre estos los siguientes:

292. Las labores de mantenimiento y conservación del fondo habitacional deberán recibir atención prioritaria, incluyendo la adopción de formas no estatales de gestión para dar solución a los problemas habitacionales de la población, así como el incremento de la comercialización de materiales de construcción.

293. Deberá prestarse especial atención al aseguramiento de los programas de viviendas a nivel municipal, a partir de las materias primas existentes en cada lugar y las tecnologías disponibles para fabricar los materiales necesarios.

294. Se adoptarán las acciones que correspondan para priorizar la construcción, conservación y rehabilitación de viviendas en el campo, teniendo en cuenta la necesidad de mejorar las condiciones de vida y las particularidades que hacen más compleja esta actividad en la zona rural, con el objetivo de contribuir al completamiento y estabilidad de la fuerza de trabajo en el sector agroalimentario.

295. La construcción de viviendas deberá organizarse sobre la base de la adopción de diferentes modalidades que incluyan una significativa proporción del esfuerzo propio, así como otras vías no estatales. Promover la introducción de nuevas tipologías y el empleo de tecnologías constructivas que ahorren materiales, recursos energéticos, fuerza de trabajo y que sean de fácil ejecución por la población. Normar los trabajos a ejecutar en los elementos comunes de los edificios multifamiliares, que por su grado de especialización técnica y complejidad no puedan ser asumidos individualmente por los propietarios y en todos los casos, deberán ser sufragados por estos.

296. Satisfacer con la calidad requerida, por la industria de materiales de la construcción, con énfasis en la producción local de materiales, la demanda para la

venta a la población con destino a la construcción, conservación y rehabilitación de viviendas.

299. Los materiales de la construcción con destino a la conservación, rehabilitación y construcción de viviendas se venderán a precios no subsidiados. En los casos que se requiera, se aplicará el subsidio a las personas, parcial o totalmente, dentro de los límites planificados.

En tal sentido la construcción de diferentes obras para el desarrollo, conlleva a que se preste especial atención a las canteras de materiales para la construcción a lo largo y ancho de nuestro archipiélago. Para la extracción de los minerales no metálicos, se necesita la realización de un proyecto de explotación que permita realizar las labores mineras con efectividad, logrando la utilización racional de los recursos y la protección del medio ambiente. La Empresa Canteras tiene como objetivo fundamental la elaboración de áridos destinados a la industria de materiales de construcción, hormigones hidráulicos, mezclas asfálticas y para obras de albañilería en general, además de productos blancos derivados de la cal viva (hidrato de cal y masilla, terció) para la construcción y otros usos en la economía interna. Para sus producciones cuenta con cinco Unidades Empresariales Básicas productivas radicadas en Guanabacoa, Marianao, Mariel, Unión de Reyes y San José de las Lajas. Actualmente en el yacimiento San José Sur existen pérdidas por concepto de explotación, lo que constituye el **problema** de esta investigación, la necesidad de elaborar un proyecto de explotación para el aprovechamiento integral de las reservas del Sector Hoyo del Muerto en el yacimiento San José Sur.

El **objeto de estudio**: La explotación de los yacimientos de materiales para la construcción.

El **campo de acción**: El Sector Hoyo del Muerto en el yacimiento San José Sur.

El **objetivo general**: elaborar un proyecto de explotación para el Sector del Hoyo Muerto en el yacimiento San José Sur para el aprovechamiento integral de sus reservas.

Hipótesis: si se conocen las características geológicas de la zona de estudio y la tecnología a emplear en los diferentes procesos tecnológicos, es posible elaborar

un proyecto de explotación racional del Sector Hoyo del Muerto en el yacimiento San José Sur para lograr el aprovechamiento integral de las reservas, provocando el menor impacto al medio ambiente.

Objetivos específicos:

1. Realizar una caracterización geológica del yacimiento San José Sur.
2. Calcular los procesos tecnológicos de explotación en el Sector Hoyo Muerto en el yacimiento San José Sur para el aprovechamiento integral de sus reservas.
3. Determinar los índices técnicos económicos del sistema de explotación.
4. Establecer las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros.

Métodos empleados

- Método empírico de compilación de conocimientos para revisar, compilar la información y el procedimiento utilizado en múltiples proyectos y bibliografía especializada sobre la explotación de canteras.
- Método teórico básico de análisis y síntesis, para realizar el análisis por partes de la explotación de la cantera con todos sus elementos y sintetizar los procedimientos utilizados.
- Método teórico estructurado de analogía lógica para aplicar los procedimientos conocidos para los cálculos de los elementos que conforman el sistema de explotación de canteras.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO

1.1 Ubicación del yacimiento

Ubicación

El yacimiento San José Sur se encuentra ubicado a 3 km del poblado de San José de Las Lajas perteneciente al municipio homónimo en la provincia de Mayabeque. El yacimiento está situado en la plancheta cartográfica del ICGC a escala 1:50 000, Hoja Topográfica 3784 – I.



Figura 1. Ubicación del sector Hoyo del Muerto

El centro del yacimiento se encuentra situado en las coordenadas Lambert:

$X = 379000.00$

$Y = 350500.00$

La concesión minera de explotación, otorgada dentro de este yacimiento, se encuentra limitada por las siguientes coordenadas nacionales:

Tabla 1. Coordenadas de la concesión minera San José Sur

Vertices	X	Y	Vértices	X	Y
1	379571.14	350062.96	11	378680.06	350376.97
2	379339.48	349800.99	12	378739.65	350420.00
3	379326.08	349800.71	13	378769.80	350809.99
4	379313.49	349850.76	14	378955.30	351020.94
5	379248.45	349852.52	15	378975.65	350997.76
6	379179.61	349809.10	16	379318.97	350807.05
7	379178.47	349811.09	17	379656.37	350464.29
8	379103.61	349906.06	18	379490.07	350270.15
9	378862.08	350092.90	19	379475.12	350192.59
10	378680.18	350200.21			

1.2 Características geológicas del yacimiento

El yacimiento está compuesto por un conjunto de rocas carbonatadas representadas por calizas, calizas dolomíticas, calizas margosas y margas, que se alternan de forma irregular.

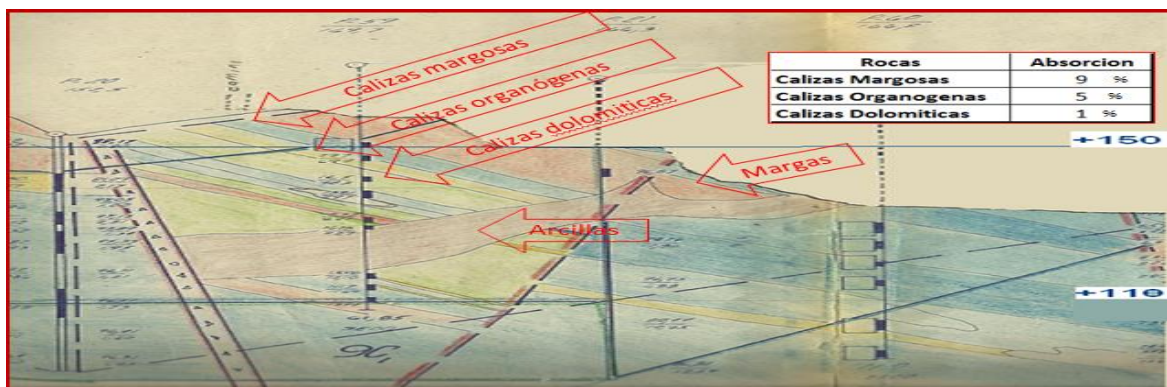


Figura 2. Litología del yacimiento San José Sur

Las calizas por lo general son compactas, macizas de grano fino de color gris claro con tonos amarillos, rosadas y carmelitas. Las calizas dolomíticas y dolomitas calcáreas son de color gris husillo ampliamente desarrollado en el área. La materia prima del yacimiento está representada por las calizas, calizas dolomíticas y dolomitas. Además, se observan arcillas en el yacimiento, las que junto a las margas aparecen relleno de cavernas, grietas y zonas de fallas. A continuación, se ofrece una descripción detallada de las variedades litológicas encontradas en el yacimiento.

Margas: aparecen en forma consolidada y deleznable relleno de cavernas, de color amarillento a crema poco duras en ocasiones arcillosas.

Arcillas: aparecen relleno de cavernas principalmente, de color crema claro con impurezas de margas y fragmentos de calizas. Esta arcilla macroscópicamente se define como plástica. En ocasiones es algo arenosa.

Calizas: constituye la parte útil del yacimiento, abarca las variedades.

Areniscas: aparecen de forma aislada en el yacimiento relleno de cavernas y grietas no de forma continua. Son de color gris claro y de grano muy fino.

1.3 Tectónica

En investigaciones anteriores se plantea la existencia de dos sistemas principales de fallas, casi perpendiculares entre sí. El primer sistema atraviesa el yacimiento en el rumbo oeste – noroeste, este - sureste hasta el oeste - este y el otro tiene un rumbo norte – noreste, sur - suroeste. El yacimiento presenta un agrietamiento que se corresponde con los sistemas de fallas antes mencionados. Estos sistemas causan una situación compleja en el yacimiento, que se manifiesta en el amplio desarrollo que tiene el Carso con un alto contenido de material arcilloso, que influye desfavorablemente en la explotación del yacimiento. Según las posiciones que presentan las diferentes litologías (observando los sondeos) parece que las zonas más afectadas por los procesos tectónicos se encuentran en la parte sur y suroeste del yacimiento además es donde se encuentra el contacto entre dos formaciones geológicas (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017).

1.4 Hidrología del yacimiento

En las cercanías del yacimiento no existen cauces superficiales de gran caudal, existen pequeños arroyos intermitentes hacia el oeste y suroeste y sur de la cantera, las cuales corren en épocas de lluvia que prueba que las aguas de precipitación se infiltran muy rápido en la zona y favorecen el escurrimiento superficial. Las cotas de yacencia del nivel freático, según los datos que han brindado los pozos de perforación oscilan entre 94.6 y 105.4 m, pero en los frentes de trabajo en épocas de lluvia (2005 – 2006) se ubica en la cota 110.0 m. Los gastos en los pozos bombeados son de 0.62 y 0.55 l/seg. El espesor del horizonte acuífero es de 12.15 y 13.3 m. Las cotas del nivel estático oscilan entre 105.15 y 105.6. Las cotas del nivel dinámico entre 130.83 y 104.87. El abatimiento es de 0.73 a 1.60. El coeficiente de filtración tiene valores entre 0.20, 1.0 y 2.88 m/día. El coeficiente de transmisibilidad tiene valores de 1.72, 11.66 y 32.67 m²/día. Estos resultados fueron obtenidos durante los bombeos de pruebas (cubeteo) y deben tenerse como orientativos. Hasta la profundidad a la que se realizaron los trabajos solo existe un acuífero y no existen capas impermeables, excepto las arcillas relleno algunas cavidades cársticas dentro de las calizas y dolomitas calcáreas existentes en el área, las cuales aparecen en pequeñas zonas, (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017).

1.5 Características cualitativas de la zona mineral

Los requisitos fundamentales para la calidad de la materia prima es que debe de presentar una marca no menor a 200 Kg/cm² y además debe tenerse en cuenta los requerimientos técnicos de la norma soviética 10 268 “Áridos para hormigón pesado”. A continuación, se muestran los datos de las propiedades físico – mecánicas realizadas a las rocas que engloba la materia prima.

Tabla 2. Propiedades físico – mecánicas de las rocas

Fuente: (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017)

Propiedades físico – mecánicas	Valor promedio	UM

Absorción	2.70	%
Resistencia a la compresión saturada	63.3	Mpa
Resistencia a la compresión seca	67.5	Mpa
Marca	800	Kg/cm ²
Peso volumétrico	2.50	g/cm ³

1.6 Características hidrometeorológicas

Las precipitaciones en la región oscilan entre 40 mm en febrero y 160 mm en junio y octubre, el promedio mensual es 90 mm. Las temperaturas promedio mensuales varían entre 22°C y 27°C, la temperatura promedio anual es de 25°C.

Información para la estimación de los recursos de materia prima

En el cálculo de los recursos geológicos se usaron las informaciones precedentes de los informes antes realizados: “Informe final de la materia prima de construcción”, 1975 y el “Proyecto Minero para la Concesión del Explotación Yacimiento San José Sur”, 2007. El parámetro utilizado para estimar es el porcentaje de pérdida seca.

Recursos minerales

El cálculo se ejecutó por la Empresa de Ingeniería y Proyecto Ceproníquel, mediante el *software* minero GEMCOM 6.04 aunque se utilizaron otros para la entrada y análisis de datos (*Microsoft Excel*, *Surfer 13* y *GSLIB* (módulo “*vmodel*”)). La herramienta dio la posibilidad de representar en 3D el cuerpo mineral y el estéril (ver figura 3) y posibilitó la creación del modelo de bloques que caracteriza cuantitativa y cualitativamente el yacimiento, permitiendo realizar estimados con gran exactitud, (Ceproníquel, enero 2017).

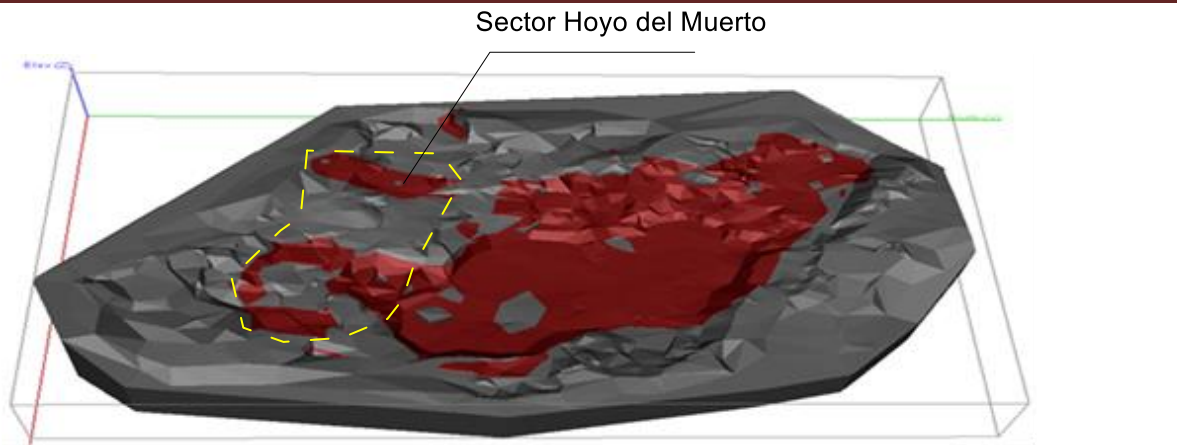


Figura 3. Sólidos presentes en el proyecto (sólido mineral y estéril)

Una vez que se confeccionó el modelo 3D del cuerpo mineral, y los diferentes modelos necesarios para la estimación; se calcularon los recursos geológicos y se clasificaron (ver figura 4. Se utilizó un nivel de integración de cinco, es decir 25 agujas por cada bloque (25x25x2), estas fueron orientadas en la dirección vertical.

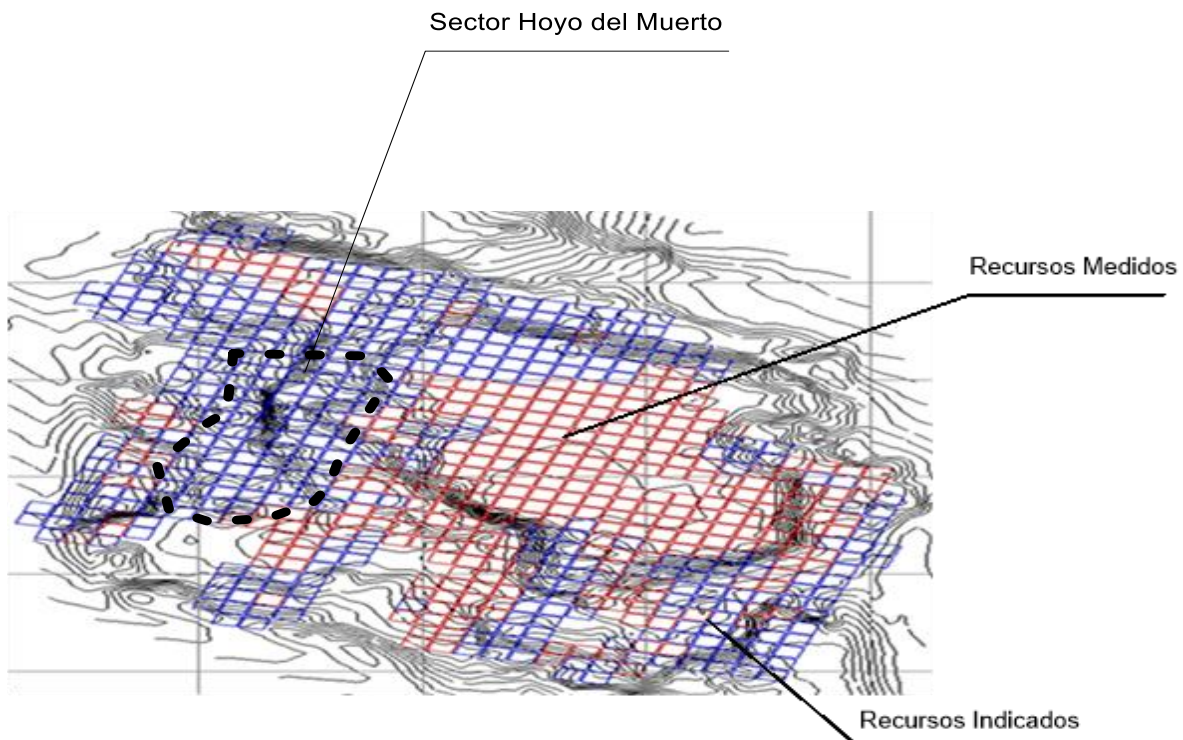


Figura 4. Modelo de bloques, recursos por categoría

Clasificación de los recursos

Para la clasificación de los recursos se tomó en cuenta la Resolución No. 385 “Normas para la Clasificación de los Recursos y Reservas Minerales Sólidos y el Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos de la República de Cuba”. La clasificación de los recursos fue realizada usando técnicas geoestadísticas y para ello se empleó la metodología propuesta por Tulcanaza E. (1992), se puede encontrar en su libro “Técnicas Geoestadísticas y Criterios Técnico-Económicos para la Estimación y Evaluación de Yacimientos Minerales”. Según esta metodología y usando como variable el porcentaje de pérdida seca se usaron los siguientes criterios para la clasificación de los recursos, (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017).

Recursos medidos:

Elemento 1: Alcance del Variograma. Se consideró la mitad del alcance ($R/2$). A partir del Variograma ajustado se obtuvo un alcance equivalente a 340 m, por tanto se tomó $R/2=170$ m. Se tomó como base para categorizar la distancia al punto más cercano usado para estimar.

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría ≥ 10 muestras.

Elemento 3: Varianza kriging. Se calculó la varianza de estimación que afecta a un bloque unitario teniendo en cuenta la desviación admisible en porcentaje para la ley media, en este caso $\pm 10.0\%$ con un nivel de confianza del 95 %, estableciéndose a partir de ésta dos varianzas, una por debajo de este valor y otra por encima. Éstas se comparan con la varianza kriging del bloque y se determina en qué categoría pudiera clasificar.

Recursos indicados:

Elemento 1: Alcance del Variograma. Se consideraron los bloques con distancias al punto más cercano menores o iguales a 340 m (R).

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría ≥ 4 y $<$ de 10 muestras.

Elemento 3: Varianza kriging. Se limitó la varianza seleccionando los bloques que tuvieran varianza por debajo y por encima de 26.63 y que no habían sido categorizados como medidos fuesen incluidos en indicados.

Recursos inferidos:

Elemento 1: Alcance del Variograma. Se consideraron los bloques con distancias mayores a 340 m.

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría < 4 muestras.

Elemento 3: Varianza kriging. Se limitó la varianza seleccionando los bloques que tuvieran varianza por encima de 26.63 y que no habían sido categorizados como medidos e indicados fuesen incluidos en inferidos. En el modelo no hay presencia de recursos inferidos.

En la tabla tres se muestra el resumen para la categorización de los recursos asumiendo los elementos antes expuestos. La categorización se hizo considerando los tres elementos. Se usaron selecciones para ir excluyendo los bloques que ya hubiesen sido categorizados previamente. Una vez corridas las manipulaciones condicionales se hicieron correcciones en el modelo de categoría para evitar zonas aisladas pequeñas que no fuese objetivo mantener con cierta clasificación, de manera que resultara lo más adecuado y gradual posible.

Tabla 3. Resumen de los parámetros utilizados para la categorización

Fuente: (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017)

Categoría	Distancia	Cantidad de muestras	Varianza kriging
Medidos Rojo	$\leq R/2$ (170 m)	≥ 10	$\leq \sigma_B^2$ (26.63)
Indicados azul	$\leq R$ (340 m)	≥ 4 y < 10	$< \sigma_B^2 >$ (26.63)

Inferidos	> R (340 m)	< 4	> σ_B 2 (26.63)
-----------	-------------	-----	------------------------

Tabla 4. Estimación de los recursos totales

Fuente: (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017)

Categoría	Unidad	Medidos	Indicados	Total
Volumen	(m ³)	6 677 941.97	1 882 834.78	8 560 776.76
Densidad	(g/cm ³)	2.61	2.54	2.59
Tonelaje	(t)	17 421 744.16	4 786 453.56	22 208 197.72
% de pérdida seca	(%)	13.98	14.95	14.19
Marca	(kg/cm ²)	800.00	800.00	800.00
Absorción	(%)	1.86	2.33	1.96
% de recursos	(%)	78.01	21.99	100.00

Tabla 5. Estimación de los recursos totales en el Sector Hoyo del Muerto

Fuente: (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017)

Categoría	Unidad	Medidos	Indicados	Total
Volumen	(m ³)	3 338 970.98	941 417.39	4 280 388.37
Densidad	(g/cm ³)	2.61	2.54	5.15
Tonelaje	(t)	8 710 872.08	2 393 226.78	11 104 098.86
% de Pérdida seca	(%)	6.99	14.95	21.94
Marca	(kg/cm ²)	800	800.00	1.600
Absorción	(%)	1.86	2.33	4.19
de recursos	(%)	78.01	21.99	100

Elementos principales de la explotación en esta cantera

Parámetros del sistema de explotación:

- Altura del banco: 10 m
- Angulo de inclinación del talud: 85°
- Ancho de las bermas de seguridad: 3 m
- Angulo del talud minero de la cantera en el borde inactivo: 60°
- La profundidad final de la cantera 66 m

Caminos mineros

La cantera cuenta con una red de caminos mineros principales y ramales tanto en los distintos lados como en la parte central que dan acceso a todos los niveles que a su vez establecen varias rutas hasta las plantas de procesamiento del mineral y a las escombreras y a las demás partes de la infraestructura de la cantera a los cuales solo se le deberán efectuar mantenimientos de minería programados que garanticen que se encuentren en buen estado hasta finalizar la explotación.



Figura 5. Caminos del sector Hoyo del Muerto

Escombreras

El yacimiento sector Hoyo del Muerto tiene una escombrera del tipo en laderas ubicada en el norte, como característica principal se destaca que los ángulos de los

taludes queden próximos a 85° siendo suficiente estable de acuerdo al tipo de material. Se mantendrá el vertido del estéril considerando que las mismas cumplan con las normas que se exigen para la construcción de escombreras y con la preparación adecuada para mantener la capacidad de almacenamiento necesaria y debido a que se reutiliza hasta el 30% de material en la nueva planta que se monta para la recuperación de parte del material depositado en las escombreras.

Drenaje

La morfología del área y la tecnología de extracción a desarrollar, propician condiciones favorables para que el desagüe de la cantera sea por gravedad. El desagüe natural de la zona es hacia el sur, por lo que se mantiene este sentido para el drenaje durante la explotación. Para garantizar un mejor drenaje durante la extracción, los bancos están diseñados con uno por ciento de pendiente, en este caso hacia el este de forma que el agua drene hasta lagunas existentes en las cotas más bajas y así evitar la acumulación de aguas en las áreas de trabajo. La pendiente del piso se hace en todos los niveles hacia el este.

CAPÍTULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL SECTOR HOYO DEL MUERTO

2.1 Condiciones minero - técnicas del yacimiento

La explotación en el yacimiento se realiza a cielo abierto, se desbroza con el uso de bulldozer y la extracción con perforación y explosivos y carga a camiones con el uso del cargador frontal. Los bancos de extracción tienen altura de diez metros. Los niveles de explotación están definidos en los horizontes + 154 y + 130, los cuales se laborean de forma que no dificulten el drenaje. La materia prima extraída del yacimiento abastece a la planta de procesamiento Dragón. El material extraído se utiliza como materia prima para la producción de materiales para la construcción. Para el periodo a proyectar se tomó la topografía actualizada (ver figura seis).

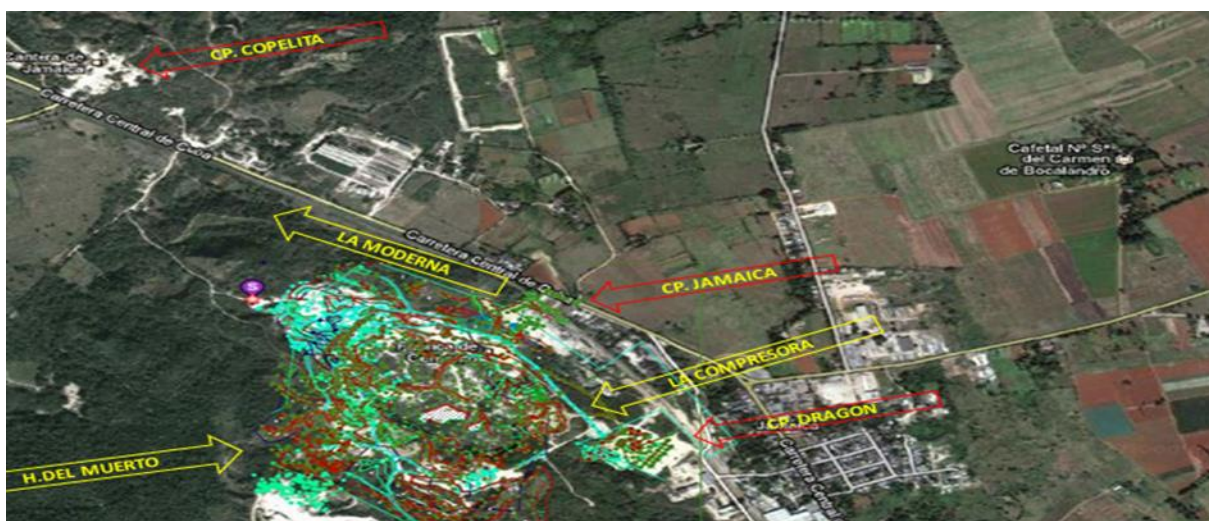


Figura 6. Vista satelital del área de la Cantera San José Sur

Fuente: (Proyecto original, Ceproníquel, enero 2017)

Régimen de trabajo

El régimen de trabajo con el que operará la cantera se ha considerado que sea el siguiente:

Días calendarios.....	365
Días feriados y domingos.....	58
Días estimados de lluvias.....	27

Días laborables o efectivos..... 280

Turnos de trabajo al día..... 1

Horas de un turno..... 12.5

Aprovechamiento del tiempo (%)..... 80

El régimen de trabajo condiciona al trabajo minero ya que en este se tiene en cuenta el horario de almuerzo, merienda, tiempo de habilitación y otros imprevistos de necesidades de los trabajadores en lo que se estima diez horas productivas en el turno de 12.5 horas.

2.2 Volumen de material útil in situ a extraer en un año

El material extraído del sector Hoyo del Muerto es alimentado en la planta Dragón, la cual tiene una productividad anual de (rajón): 108 036 m³/año, por lo que se necesita extraer del sector 135 045 m³ de roca anual teniendo en cuenta el 20% de las pérdidas durante la explotación.

Volumen de material útil in situ a extraer en un año

$$V_m = \frac{108\,036 \times 100}{80} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_m = 135\,045 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

Q_p: Productividad anual de la planta Dragón (rajón): 108 036 m³/año

Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos

Para la realización de los trabajos, el establecimiento productivo cuenta con los siguientes equipamientos mineros que son medios básicos de la cantera: • Un bulldozer marca Komatsu, modelo D85, sobre estera. • Un cargador marca Daewoo, modelo Mega 250, sobre neumáticos. • tres camiones KRAZ 256B.

El servicio de barrenación está contratado a la empresa Explomat, perteneciente a Geicon, la misma lo realiza con un complejo Atlas Copco, perforadora Rock 460 PC y compresor Xahs 416.

La retroexcavadora New Holland Kobelco con martillo hidráulico acoplado, basificada en otras UEB de la empresa, prestará los servicios de fragmentación secundaria en este yacimiento cuando el volumen de rocas sobre medidas justifique su traslado.

Características técnicas del equipamiento minero

Tabla 6. Características técnicas del Bulldozer Komatsu D85

Parámetros	Unidad
Largo	5.65 m
Alto	3.06 m
Potencia	180 HP
Altura de la cuchilla	1 m
Ancho de cuchilla	2.5 m
Consumo de combustible	25 l/h
Altura máxima de corte	0.42 m
Radio de giro exterior	3.3 m
Tipo de combustible	Diésel
Velocidad de corte	120 m/min
Velocidad de transporte	190 m/min
Disponibilidad mecánica	70%

Tabla 7: Características técnicas del cargador Daewoo Doosan Mega 250

Parámetros	Unidad
Largo	7.60 m
Ancho	2.90 m
Volumen del Cubo	2.5 m ³
Consumo de combustible	21 l/h
Disponibilidad mecánica	70%

Tabla 8. Características técnicas del Camión KRAZ 256B

Parámetros	Unidad
Capacidad de carga	8 m ³
Tipo de combustible	Diésel
Potencia del motor	215 HP
Consumo de combustible	12 l/h
Pendiente máxima superable	12%
Ancho	2.64 m
Longitud	8.1 m
Radio de giro	12 m
Disponibilidad mecánica	70%

2.3 Labores de desbroce

Estos procesos en general se realizan por separado debido a las características del material que se trata, la cantidad de árboles y malezas de gran tamaño y el gran espesor de material que se debe arrancar y otros factores de condiciones del

terreno. En este yacimiento se pueden realizar conjuntamente las labores precedentes teniendo en cuenta que el relieve de la superficie es prácticamente llano, que en la zona el material a extraer está formado de arcilla de color gris que es fácil de arrancar, donde no se encuentran arboles ni malezas de gran tamaño, donde la capa de material estéril y vegetal que se encuentra encima del material útil tienen una potencia promedio según los informes geológicos de 0.3 m. Se trabajará en dirección de este a oeste del área, donde el material estéril se extraerá y se apilará en la misma área de laboreo en pilas donde no puedan obstruir los trabajos u otras operaciones auxiliares, posteriormente se cargará y se trasladará el material hacia la escombrera. Estos trabajos se consideran terminados una vez que se haya transportado todo el estéril hacia la escombrera y alcanzado el nivel del material útil en toda el área de la zona.

2.4 Volumen de material estéril

Para los cálculos de las operaciones de los trabajos del equipamiento minero que se utilizaran en la parte de desbroce y destape antes se debe calcular el volumen del material estéril:

Volumen total de estéril

$$V_e = A_{\text{ampl}} \times P_{\text{destape}} = 450\,998 \times 0.3 = 135\,299.4 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

A_{ampl} : Área de la zona: 450 998 m²

P_{destape} : Potencia de destape promedio (estéril y vegetal) 0.3 m

Cálculo del equipamiento minero en las labores de desbroce

Cálculo del bulldozer Komatsu D85

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3600 \times T_t \times V \times K_p \times K_u \times K_i}{K_e \times T_c} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_h = \frac{3600 \times 10 \times 2.15 \times 0.9 \times 0.85 \times 1}{1.23 \times 67}$$

$$Q_h = 718.49 \text{ m}^3/h$$

Donde:

T_t : Duración del turno: 10 h

V : Volumen que mueve la cuchilla 2.15 m^3

K_u : Coeficiente de utilización del bulldozer: 0.85

K_e : Coeficiente de esponjamiento de la roca: 1.23

K_p : Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante su traslado:
0.9

T_c : Tiempo de ciclo: 67 s

K_i : Coeficiente de pendiente del terreno donde trabaja el bulldozer: 1

Cálculo del coeficiente de pérdida de material durante el traslado

$$K_p = K_i - (L_2 \times \beta) \dots\dots\dots (4)$$

$$K_p = 1 - (20 \times 0.006)$$

$$K_p = 0.9$$

Donde:

B : Coeficiente que depende del tipo de roca: 0.006

L_2 : Distancia de arrastre del material: 20 m

K_i : Coeficiente de pendiente del terreno donde trabaja el bulldozer: 1

Cálculo del tiempo de ciclo

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_{cv} + T_m \dots\dots\dots (5)$$

$$T_c = \frac{10}{0.5} + \frac{20}{1} + \frac{10 + 20}{2.5} + 5 + 10$$

$$T_c = 67 \text{ s}$$

Donde:

L_1 : Distancia de corte: 10 m

L_2 : Distancia de arrastre del material: 20 m

V_1 : Velocidad de movimiento durante el corte: 0.5 m/s

V_2 : Velocidad de la maquina durante el traslado del material arrancado: 1 m/s

V_3 : Velocidad de movimiento vacío: 2.5 m/s

T_v : Tiempo de cambio de las velocidades: 5 s

T_m : Tiempo de maniobra: 10 s

Cálculo del volumen de material en el prisma de arrastre

$$V_p = \frac{l \times h \times a}{2} \dots\dots\dots(6)$$

$$V_p = \frac{2.5 \times 1 \times 1.72}{2}$$

$$V_p = 2.15 \text{ m}^3$$

Donde:

l: Longitud de la cuchilla del bulldozer: 2.5 m

h: Altura de la cuchilla del bulldozer: 1 m

a: Ancho del prisma de arrastre: 1.75 m

Cálculo del ancho del prisma de arrastre

$$a_p = \frac{h}{\tan \varphi} = \frac{1}{0.58} \dots\dots\dots(7)$$

$$a_p = 1.72 \text{ m}$$

Donde:

φ : Ángulo de reposo natural del material (30°)

h: Altura de la cuchilla del bulldozer: 1.75 m

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t \dots\dots\dots(8)$$

$$Q_t = 718.49 \times 10$$

$$Q_t = 7184.9 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

T_t : Horas productivas en el turno 10 h

Q_h : Productividad horaria 718.49 m³/h

Productividad mensual

$$Q_{mes} = Q_d \times N_d \dots \dots \dots (9)$$

$$Q_{mes} = 7184.9 \times 23$$

$$Q_{mes} = 165\,252.7 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días en un mes: 23 días

Tiempo necesario para el desbroce

$$T_{dd} = \frac{V_e}{Q_t} \dots \dots \dots (10)$$

$$T_{dd} = \frac{135\,299.4}{7184.9}$$

$$T_{dd} = 18.83 \text{ se tomó } 19 \text{ días}$$

Donde:

V_e : Volumen total de estéril: 135 299. 4 m³

Q_t : Productividad por turno 7184.9 m³ /turno

Parámetros de operación del bulldozer Komatsu D85

Tabla 9. Parámetros de operación del bulldozer Komatsu D85

Parámetros	Unidad
Tiempo de ciclo	67 s
Productividad horaria	718.49 m ³ /h
Productividad por turno	7184.9 m ³ /turno

Cálculo del cargador Daewoo Doosan Mega 250

Productividad teórica

$$Q_{teorica} = \frac{3600 \times C_c}{T_c} \dots\dots\dots(11)$$

$$Q_{teorica} = \frac{3600 \times 2.5}{35}$$

$$Q_{teorica} = 257.14 \text{ m}^3/h$$

Donde:

C_c: Capacidad de la cuchara: 2.5 m³

T_c: Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad técnica

$$Q_{técnica} = Q_{teórica} \times \frac{K_{ll}}{K_e} \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_{técnica} = 257.14 \times \frac{0.9}{1.23}$$

$$Q_{técnica} = 188.15 \text{ m}^3/h$$

Donde:

K_{ll}: Coeficiente de llenado de la cuchara: 0.9

K_e: Coeficiente de esponjamiento: 1.23

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3600 \times C_c \times K_{ll} \times K_u}{K_e \times T_c} \dots\dots\dots(13)$$

$$Q_h = \frac{3600 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.85}{1.23 \times 35}$$

$$Q_h = 160 \text{ m}^3/h$$

Donde:

K_u: Coeficiente de utilización del cargador: 0.85

C_c: Capacidad de la cuchara: 2.5 m³

K_{ll}: Coeficiente de llenado de la cuchara: 0.9

Ke: Coeficiente de esponjamiento: 1.23

Tc: Tiempo de ciclo: 35 s

Cálculo del tiempo de ciclo

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3 + T_v + T_m \dots\dots\dots(14)$$

$$T_c = 10 + 8 + 6 + 7 + 4$$

$$T_c = 35 \text{ s}$$

Donde:

T₁: Tiempo de llenado de la cuchara: 10 s

T₂: Tiempo de movimiento cargado: 8 s

T₃: Tiempo de movimiento vacío: 6 s

T_v: Tiempo de descarga de la cuchara: 7s

T_m: Tiempo de maniobra: 4 s

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t \dots\dots\dots(15)$$

$$Q_t = 160 \times 10$$

$$Q_t = 1\,600 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

T_t: Horas productivas en el turno 10 h

Q_h: Productividad horaria 160 m³/h

Tiempo para las labores de desbroce

$$T = \frac{V}{Q_d} \dots\dots\dots(16)$$

$$T = \frac{135\,299.4}{1600}$$

$$T = 85 \text{ días}$$

Donde:

V: Volumen total de estéril: 135 299.4 m³

Q_d : Productividad diaria: 1600 m³ /día

Tabla 10: Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250

Parámetros	Unidad
Tiempo de ciclo	35 s
Productividad por turno	1600 m ³ /turno
Productividad horaria	160 m ³ /h

Cálculo del camión KRAZ 256B (Transporte del material estéril hasta la escombrera)

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{rv} + T_{rc} + T_c + T_d + T_e + T_{md} + T_{mc} \dots \dots \dots (17)$$

$$T_c = 2.2 + 3.6 + 1.75 + 0.30 + 0.4 + 1 + 1$$

$$T_c = 10.3 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 2.2 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 3.6 min

T_c : Tiempo de carga: 1.75 min

T_d : Tiempo de descarga: 0.30 min

T_{md} : Tiempo de maniobra para la descarga: 1 min

T_{mc} : Tiempo de maniobra de carga: 1 min

T_e : Tiempo de espera y retención: 0.4 min

Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rcc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}} \dots \dots \dots (18)$$

$$T_{rcc} = \frac{60 \times 0.9}{15}$$

$$T_{rcc} = 3.6 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0.9 km

V_{prcc} : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}} \dots\dots\dots (19)$$

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 0.9}{25}$$

$$T_{rcv} = 2.2 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia de transportación hasta la escombrera: 0.9 km

V_{prcv} : Velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_c \times N_c}{60} \dots\dots\dots (20)$$

$$T_{cc} = \frac{35 \times 3}{60}$$

$$T_{cc} = 1.75 \text{ min}$$

Donde:

N_c : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 3

T_c : Tiempo de ciclo del cargador: 35 s

Número de viajes en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_d + T_o)}{T_c} \dots\dots\dots (21)$$

$$N_v = \frac{600 - (90 + 30)}{10.3}$$

$$N_v = 46.6 \approx 47 \text{ viajes}$$

Donde:

T_d: Tiempo de descanso en el turno de trabajo: 90 min

T_t: Tiempo de duración del turno: 600 min

T_o: Tiempo de rehabilitación de los equipos: 30 min

T_c: Tiempo de ciclo del camión: 10.3 min

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = N_{vt} \times K_u \times C_{cc} \dots \dots \dots (22)$$

$$Q_t = 47 \times 0.85 \times 8$$

$$Q_t = 320 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

Números de viajes en un turno: 47 viajes

K_u: Coeficiente de utilización del cargador: 0.85

C_{cc}: Capacidad de carga del camión

Productividad mensual

$$Q_{\text{mes}} = N_d \times Q_d \dots \dots \dots (23)$$

$$Q_{\text{mes}} = 23 \times 320$$

$$Q_{\text{mes}} = 7360 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Donde:

Q_d: Productividad diaria: 320 m³/día

N_d: Número de días laborables del mes: 23 días

Productividad anual

$$Q_{\text{año}} = N_a \times Q_d \dots \dots \dots (24)$$

$$Q_{\text{año}} = 280 \times 320$$

$$Q_{\text{año}} = 89\,600 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

Q_d : Productividad diaria: $320 \text{ m}^3/\text{día}$

N_a : Número de días laborables al año: 280 días

Cantidad de camiones

$$N_c = \frac{V_{et}}{Q_{\text{año}}} \dots\dots\dots (25)$$

$$N_c = \frac{135\,299.4}{89\,600}$$

$$N_c = 1.5 \text{ se tomo 2 camiones}$$

Donde:

V_{et} : Volumen de estéril: $135\,299.4 \text{ m}^3$

Q_t : Productividad anual: $89\,600 \text{ m}^3/\text{turno}$

Tiempo en el desbroce

$$T = \frac{V}{N_{\text{camiones}} \times Q_d} \dots\dots\dots (26)$$

$$T = \frac{135\,299.4}{2 \times 320} = 211 \text{ días}$$

Tabla 11: Parámetros de operación del camión KRAZ 256B

Parámetros	Unidad
Tiempo de ciclo	10.3 min
Productividad horaria	$32 \text{ m}^3/\text{h}$
Productividad por turno	$320 \text{ m}^3/\text{turno}$
Tiempo	211 días

2.5 Extracción del material útil

El arranque se efectuará con explosivos, la carga de las rocas se realizará con el cargador frontal **DAWOO MEGA 250** que lo depositará sobre camión **KRAZ 256** y este lo trasladará hasta la planta de beneficio.

Nota: Teniendo en cuenta que para alimentar 108 036 m³/año a la planta Dragón, se necesita extraer del sector Hoyo Muerto 135 045 m³ de roca durante 280 días, hay que alimentar a la planta diariamente 482.3 m³ diarios.

Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil

Cálculo del cargador Daewoo Mega 250

Productividad teórica

$$Q_{teórica} = \frac{3600 \times C_c}{T_c} \dots\dots\dots (27)$$

$$Q_{teórica} = \frac{3600 \times 2.5}{35}$$

$$Q_{teórica} = 257.2 \text{ m}^3/h$$

Donde:

Cc: Capacidad de la cuchara: 2.5 m³

Tc: Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad técnica

$$Q_{técnica} = Q_{teórica} \times \frac{K_{II}}{K_e} \dots\dots\dots (28)$$

$$Q_{técnica} = 257.2 \times \frac{0.9}{1.3}$$

$$Q_{técnica} = 178 \text{ m}^3/h$$

Donde:

K_{II}: Coeficiente de llenado de la cuchara: 0.9

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1.23

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3600 \times C_c \times K_{ll} \times K_u}{K_e \times T_c} \dots\dots\dots (29)$$

$$Q_h = \frac{3600 \times 2.5 \times 0.9 \times 0.85}{1.23 \times 35}$$

$$Q_h = 160 \text{ m}^3/h$$

Donde:

K_u : Coeficiente de utilización del cargador: 0.85

C_c : Capacidad de la cuchara: 2.5 m³

K_{ll} : Coeficiente de llenado de la cuchara: 0.9

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1.23

T_c : Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t \dots\dots\dots (30)$$

$$Q_t = 160 \times 10$$

$$Q_t = 1600 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

T_t : Horas productivas en el turno 10 h

Q_h : Productividad horaria 160 m³/h

Cantidad de cargadores

$$N_{cargadores} = \frac{V}{Q_t} \dots\dots\dots (31)$$

$$N_{cargadores} = \frac{482.3}{1600} = 0.3 \text{ se tomo 1 cargador}$$

Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250

Tabla 12: Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250

Parámetros	Unidad
Tiempo de ciclo	35 s
Productividad por turno	1600 m ³ /turno
Productividad horaria	160 m ³ /h
Cargadores	1

Cálculo del transporte automotor (camión KRAZ 256B)

$$T_c = T_{rv} + T_{rc} + T_c + T_d + T_e + T_{md} + T_{mc} \dots \dots \dots (32)$$

$$T_c = 2.8 + 4.8 + 1.75 + 0.30 + 0.4 + 1 + 1$$

$$T_c = 12.05 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 2.8 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 4.8 min

T_c : Tiempo de carga: 1.75 min

T_d : Tiempo de descarga: 0.30 min

T_{md} : Tiempo de maniobra para la descarga: 1min

T_{mc} : Tiempo de maniobra de carga: 1 min

T_e : Tiempo de espera y retención: 0.4 min

Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rcc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}} \dots \dots \dots (33)$$

$$T_{rcc} = \frac{60 \times 1.2}{15}$$

$$T_{rcc} = 4.8 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 1.2 km

V_{prcc} : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}} \dots\dots\dots(34)$$

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 1.2}{25}$$

$$T_{rcv} = 2.88 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 1.2 km

V_{prcv} : Velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60} \dots\dots\dots(35)$$

$$T_{cc} = \frac{35 \times 3}{60}$$

$$T_{cc} = 1.75 \text{ min}$$

Donde:

N_c : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 3

T_{cc} : Tiempo de ciclo del cargador: 35 min

Número de viajes en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_d + T_o)}{T_c} \dots\dots\dots(36)$$

$$N_v = \frac{600 - (90 + 30)}{12.05}$$

$$N_v = 40 \text{ viajes}$$

Donde:

T_d: Tiempo de descanso en el turno de trabajo: 90 min

T_t: Tiempo de duración del turno: 600 min

T_o: Tiempo de rehabilitación de los equipos: 30 min

T_c: Tiempo de ciclo del camión: 12.05 min

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = N_{vt} \times K_{ll} \times C_{cc} \dots \dots \dots (37)$$

$$Q_t = 40 \times 0.85 \times 8$$

$$Q_t = 272 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

N_{vt}: número de viajes en un turno: 40 viajes

K_{ll}: coeficiente de llenado: 0.85

C_{cc}: capacidad de carga del camión: 8 m³

Cantidad de camiones necesarios para alimentar a la planta Dragón

$$N_c = \frac{V}{Q_t} \dots \dots \dots (38)$$

$$N_c = \frac{482.3}{272} = 1.7 \text{ se tomaron 2 camiones}$$

Tabla 13: Parámetros de operación del camión KRAZ 256B

Parámetros	Unidad
Tiempo de ciclo	12.05 min
Productividad por turno	272 m ³ /turno

Cantidad de camiones	2
Tiempo	280 días

2.6 Método de apertura

La apertura del yacimiento se realiza para asegurar el enlace del transporte entre los puntos de carga del material y los puntos de descarga. Ésta debe garantizar el funcionamiento normal de los flujos de carga que se tendrán en la cantera.

Actualmente la cantera está en explotación. En la parte suroeste sur se encuentran aperturados varios niveles, se continuará extrayendo favoreciéndose de los caminos existentes como se desarrolla actualmente, la cota + 108.0 m se establecerá como el límite del fondo de explotación debido a la existencia del manto freático formando medianas y grandes lagunas que dificultan la extracción de material por debajo del nivel anteriormente mencionado, en otra dirección y en dependencia de las necesidades de envío de material a plantas se procederá a la ampliación y extracción en los horizontes superiores como es el caso del nivel + 174.0 m entre otros en la parte suroeste favoreciéndose de caminos existentes, mientras que hasta los horizontes inferiores se efectuará mediante caminos de accesos ya construidos.

2.7 Trabajos de perforación y voladura para la extracción de la masa minera

Los trabajos de perforación y voladura se ejecutarán cada 15 días y necesitándose extraer diariamente para alimentar a la planta 482.3 m^3 diarios durante 280 días, es necesario garantizarle a la planta cada 15 días un volumen de 7234.5 m^3 , por lo que los bloques para la explotación tendrán este volumen.

El ciclo en general para el trabajo de perforación y voladura comprende:

- Replanteo para las perforaciones
- Perforación de los taladros
- Revisión de los taladros
- Carga de los taladros

- Comprobación de la red para disparo
- Avisos reglamentarios
- Disparo
- Revisión del frente volado

Las labores de perforación serán realizadas por la Empresa de Servicios Geólogo-Minera (Explomat), con sus equipos y personal calificado.

Tabla 14. Datos técnicos de la sustancia explosiva *Senatel Magnafrac*

Parámetros	Senatel Magnafrac	Unidad de medida
Densidad de carga	1.10	g/cm ³
Fuerza relativa en peso	107	%
Fuerza relativa en volumen	158	%
Rango de velocidad de detonación	2.7	km/s
CO ₂ ³	161	kg/t
Resistencia al agua	Excelente	-
Diámetro del cartucho	100	mm

Amex

Tabla 15. Datos técnicos de la sustancia explosiva Amex

Parámetros	Amex	Unidad de medida
Densidad de carga	0.80	g/cm ³

Fuerza relativa en peso	100	%
Fuerza relativa en volumen	100	%
VOD Típico	2.5	km/s
CO ₂ ³	182	kg/t
Resistencia al agua	Pobre	-
Diámetro mínimo de barrenos	38	mm
Suministros en sacos	25	kg

Equipamiento técnico

Tabla 16. Características técnicas del Perforador Rock 460 PC

Parámetros	Valor	Unidad de medida
Diámetro de perforación	115	mm
Diámetro de perforación	85	mm
Productividad	15	m/h
Longitud del martillo	1	m
Consumo de aire comprimido	6.6	m ³ /h
Longitud de las barrenas	3	m
Estado técnico	Bueno	-
Firma	Atlas Copco	-

Tabla 17. Características técnicas del Compresor Xahs 416

Parámetros	Valor	Unidad de medida
Capacidad de aire comprimido	25	m ³ /h
Estado técnico	Bueno	-
Consumo diesel	30	lts/h
Firma	Atlas Copco	-

2.8 Pasaporte de perforación y voladura

Se realiza el pasaporte de perforación y voladura correspondiente a los trabajos de perforación y voladura para el arranque del mineral, donde se debe considerar el ángulo de talud de 85° que se quiere lograr para guardar la seguridad de los trabajos.

Taladros

Línea de menor resistencia por el piso

$$W = 53 \times K_t \times d_c \times \sqrt{\frac{\Delta e}{\gamma}} \dots\dots\dots(39)$$

$$W = 53 \times 0.9 \times 0.115 \times \sqrt{\frac{1.13 \times 1}{2.50}}$$

$$W = 3.7 \text{ m}$$

Donde:

K_t : Coeficiente de agrietamiento de macizo de rocas: 0.9

d_c : Diámetro de los taladros: 0.115 m

Δ : Densidad de carga: 1.13 g/cm³

γ : Masa volumétrica de la roca: 2.50 g/cm³

e: Coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

Distancia entre taladros en la fila

$$a = m \times W \dots\dots\dots(40)$$

$$a = 1 \times 3.7$$

$$a = 3.7 \text{ m}$$

Donde:

m: Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p: Línea de menor resistencia por el piso: 3.7 m

Largo del frente de trabajo

$$V = L \times A \times H \dots\dots\dots(41)$$

Donde:

L: Largo del frente de trabajo

A: Ancho del frente de trabajo

H: Altura del frente de trabajo

V: Volumen de material

Longitud del frente de trabajo

$$L = \frac{V}{A \times H} \dots\dots\dots (42)$$

$$L = \frac{7234.5}{3.7 \times 10} = 195 \text{ m}$$

Número de taladros en una fila

$$N = \frac{L}{a} + 1 \dots\dots\dots (43)$$

$$N = \frac{195}{3.7} + 1 = 54 \text{ taladros}$$

Longitud de sobreperforación

$$L_s = 0.2 \times W \dots\dots\dots (44)$$

$$L_s = 0.2 \times 3.7$$

$$L_s = 0.74 \text{ m}$$

Donde:

W: Línea de menor resistencia: 3.7 m

Longitud de relleno

$$L_r = 0.75 \times W \dots\dots\dots (45)$$

$$L_r = 0.75 \times 3.7 = 2.78 \text{ m}$$

Donde:

W: Línea de menor resistencia: 3.7 m

Magnitud de la carga de los taladros

$$Q = q \times a \times W \times h \dots\dots\dots (46)$$

$$Q = 0.5 \times 3.7 \times 3.7 \times 10$$

$$Q_1 = 68.45 \text{ kg}$$

Donde:

h: Altura del frente de trabajo 10 m

q: Gasto específico de S.E: 0.5 kg/m³

W: Línea de menor resistencia por el piso 3.7 m

a: distancia entre taladros en la fila 3.7 m

Longitud de los taladros inclinados

$$L_2 = \frac{H+L_s}{\text{sen } 85^\circ} \dots\dots\dots (47)$$

$$L_2 = \frac{10 + 0.74}{0.99}$$

$$L_2 = 10.84 \text{ m}$$

Donde:

H: Altura

L_s: Longitud de sobreperforación

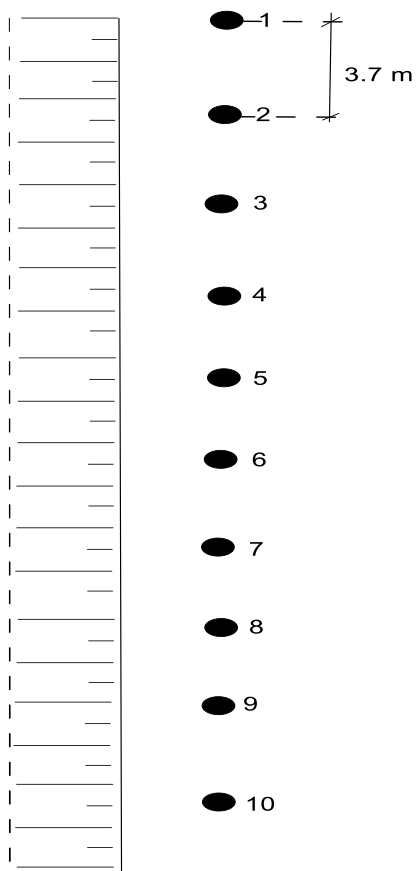
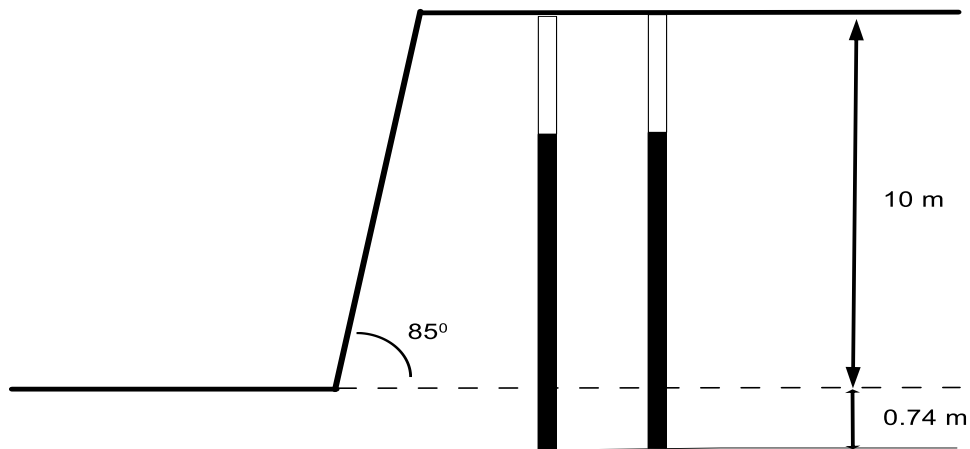


Figura 7. Esquema de ubicación de los taladros de arranque

CAPÍTULO III. COSTO DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

3.1 Valoración económica

En este acápite se hace una estimación de costos y gastos en los cuales se incurrirá para llevar a cabo el proyecto de explotación teniendo en cuenta la perforación y voladura, carga y transporte, mantenimiento y neumáticos.

Categorización de los gastos

Los gastos se dividen en 2 grupos:

- Gastos directos
- Gastos indirectos.

Los gastos directos están relacionados de manera directa y estrechamente con la producción. Se categorizarán de acuerdo a su origen, es decir a partir de cada proceso tecnológico principal. Gastos en las labores de destape, desbroce, carga y transporte del material.

Los gastos indirectos no están directamente relacionados con la producción son los gastos originados por planificación, servicios legales, investigación, impuestos entre otros.

Gastos originados por los trabajos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por la Empresa de Servicios Minero Geológicos Explomat, el costo del servicio es de 5,01 por m³ de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 135 045 m³ de roca in situ el gasto total es de:

$$G_{pv} = V_{roca} \times 5,01 \dots\dots\dots (48)$$

$$G_{pv} = 135\,045 \times 5,01$$

$$G_{pv} = 676\,575.45 \$$$

Gastos originados por la carga y transporte

Gastos durante la carga y transporte

$$G_{ct} = G_s + G_c \dots \dots \dots (49)$$

$$G_{ct} = 166\,500 + 172\,900$$

$$G_{ct} = 339\,400 \$$$

Tabla 18. Gastos por concepto de salario G_s

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario mensual (\$/mes)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Operario del cargador	2	2100	9	37 800
Operario del Buldócer	2	2550	9	45 900
Operario del camión	4	2300	9	82 800
Total	8	-	-	166 500

Tabla 19. Gastos por concepto de combustible G_c

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación	Precio del litro (US\$)	Costo total
Cargador	1	20	2800	0.95	53 200
Buldócer	1	25	2800	0.95	66 500
Camión	2	10	2800	0.95	53 200
Total	4	55	-	-	172 900

Gastos Totales

$$G_t = G_{ct} + G_{pv} + G_m \dots \dots \dots (50)$$

$$G_t = 339\,400 + 676\,575.45 + 56\,192.36$$

$$G_t = 1\,072\,167.81 \$$$

Tabla 20. Gastos totales originados mantenimiento (G_m)

Equipos	Cantidad Equipos	Mantenimiento planificado (h)	Costo por hora	Costo total
Bulldócer	1	1 785.8	10.62	18 965.20
Cargador	1	225.6	9.65	2 177.04
Camión	2	1 658	10.57	35 050.12
Total	4			56 192.36

Costo total por m^3 de material extraído

$$C_t = \frac{G_t}{V_{min}} \dots \dots \dots (51)$$

$$C_t = \frac{1\,072\,167.81}{135\,045}$$

$$C_t = 7.93 \$/m^3$$

3.2 Identificación y caracterización de los impactos ambientales

Casi toda actividad humana es en menor o mayor grado agresiva para el medio ambiente, y las actividades mineras revisten especial interés ya que ella afecta directamente el entorno y el medio ambiente en general.

Para la identificación y caracterización de los impactos fue necesario estudiar previamente las particularidades del medio donde se desarrolla el proyecto, haciendo énfasis en cada uno de los componentes ambientales, por tratarse de la región que rodea esta cantera, de un medio especialmente frágil, lo cual se deriva de la multitud de interrelaciones existentes entre los elementos

ambientales implicados y las acciones derivadas de las fases de explotación y la preparación mecánica del mineral, capaces de producir impactos sobre dichos componentes.

3.3 Identificación de los impactos

Se examinaron detalladamente las complejas interacciones entre las acciones del proyecto minero y los componentes del medio, así como la tecnología a emplear en la explotación del yacimiento y la preparación mecánica del mineral. Los impactos identificados son los siguientes:

- Producción de los desechos
- Deterioro paisajístico del área.
- Emisión intensa de polvo a la atmósfera
- Destrucción de habitantes de la fauna
- Emisión de ruido a la atmósfera
- Compactación y pérdida del suelo fértil
- Impactos a la salud humana
- Emisión de vibraciones
- Destrucción de vegetación

Algunos impactos positivos:

- Incremento del nivel de empleo
- Incremento de la economía de la provincia por la mercancía de materia prima
- Satisfacción de material por las obras civiles del país

3.4 Medidas de protección y mitigación

- Riego de agua a los caminos una o dos veces en el turno de trabajo.
- Realizar pantalla rompe viento donde se pueda, para disminuir los efectos del viento en el suelo y así disminuir la erosión.
- Los camiones de carga del material transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.

- Eliminación de montículos y repié en el área de explotación.
- No arrojar en las áreas del yacimiento ningún tipo de desecho u otra sustancia que puedan dañar la calidad de las aguas subterráneas.
- Mejorar la calidad del vial existente, garantizado capa de rodamiento que disminuye los niveles de polvo sedimentado.
- Una vez realizados los trabajos de excavación y reafilado del talud, se depositará una capa de vegetal sobre el mismo de unos 0.30 cm de espesor con el objetivo de rellenar el talud y recultivarlo con la vegetación predominante, evitando así deslizamientos de roca hacia la vía los cuales pueden producir accidentes.

3.5 Medidas de seguridad para los trabajos con explosivos

- No trasladar las sustancias explosivas al frente antes de que se termine las operaciones de perforación.
- En la eliminación de los tiros fallados solo debe participar el artillero.
- Evacuar a los trabajadores antes de realizar el disparo de las sustancias explosivas.
- El traslado de las sustancias explosivas y los medios del cargador, debe estar provista de señalización sonora, de manera que indique el inicio y el fin de cada operación a realizar.
- Durante el movimiento del cargador en pendiente, deben contemplarse aquellas medidas que impidan su corrimiento.
- Los cargadores deben trabajar sobre plataformas aplanadas.

3.6 Medidas de seguridad para trabajo con equipos de transporte

- No se permite llevar personal fuera de la cabina.
- No se permite adelantar otro vehículo que circule en el mismo sentido.
- Se prohíbe operar los equipos mineros a personas que no tengan la calificación y el permiso requerido.
- Los caminos de la cantera en época de seca deben de regarse convenientemente para evitar el polvo.
- La revisión de la técnica de seguridad debe realizarse por lo menos una vez al año.

- Todos los equipos deben poseer sus correspondientes medios de extinción de incendio.
- La planta y perfil de los caminos deben corresponder a las reglas y normas de construcción vigentes.
- El ancho de la parte transitable del camino se establece a partir de las dimensiones del equipo que haya una holgura no menor de 1.5 m entre los automóviles que circulen al encuentro y una distancia no menor de 0.5 m de las ruedas exteriores hasta el borde de la parte transitable.

CONCLUSIONES

1. A partir de la caracterización geológica del yacimiento San José Sur y la tecnología empleada, se logró un proyecto de explotación racional para el sector Hoyo del Muerto en el yacimiento.
2. Se determinaron los índices técnicos – económicos.
3. Se establecieron medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos.

RECOMENDACIONES

1. Considerar los resultados alcanzados para corregir la ejecución de las labores mineras en esta cantera.
2. Realizar un pre-cribado en los frentes de arranque para el mejor aprovechamiento de las reservas en el Sector Hoyo del Muerto

BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo " *Unión Latinoamericana de Explosivos* ". (2013) Ulaex.
2. Ceproniquel. (2016) *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos "Yacimiento San José Sur"*. Centro de Proyectos del Níquel Cubaniquel.
3. Mulet Góngora, I; (2013) *Proyecto de explotación de la Zona 1 del yacimiento de caliza Cantera Blanca*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
4. Otaño Noguel, J; (1899) *Fragmentación de Rocas con explosivos*. Edición ed. Habana: Editorial Félix Varela.

ANEXOS

Anexo 1. Bulldozer Komatsu D85



Anexo 2. Perforadora Rock 460 PC



Anexo 3. Camión KRAZ 256B

