



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA - MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINAS

Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**DISEÑO DEL MÉTODO DE APERTURA DEL NIVEL +74 DEL
YACIMIENTO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA
MOLINA DEL MUNICIPIO ARTEMISA**

AUTOR: Carlos Alberto Cabrera Lobaina

Moa, 2017
“Año 59 de la Revolución



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA - MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINAS**

Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**DISEÑO DEL MÉTODO DE APERTURA DEL NIVEL +74 DEL
YACIMIENTO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA
MOLINA DEL MUNICIPIO ARTEMISA**

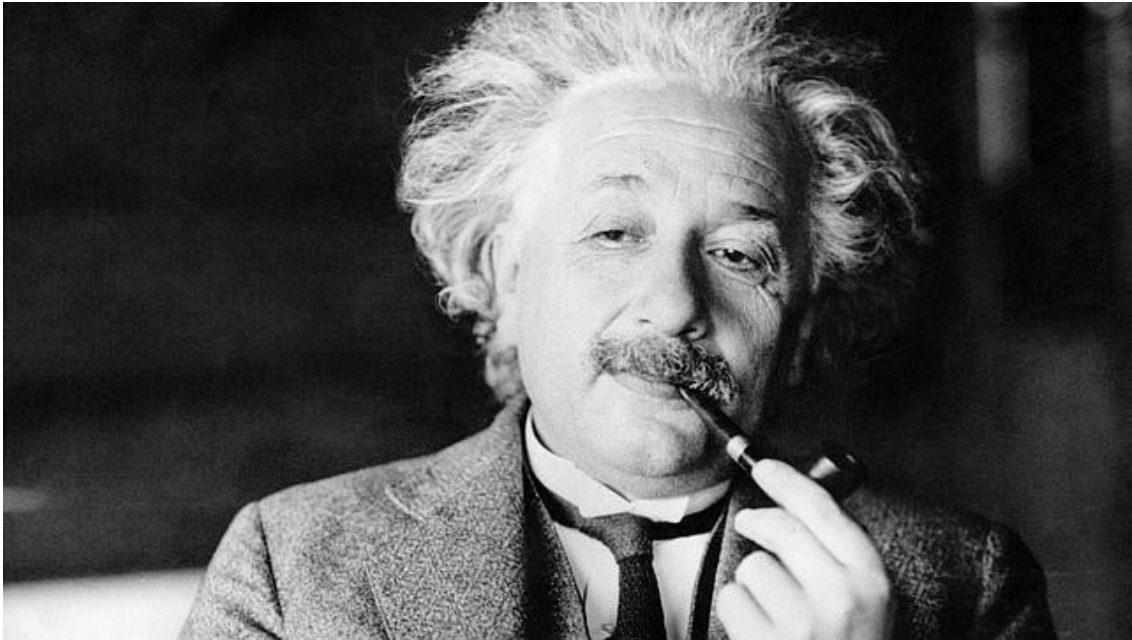
AUTOR: Carlos Alberto Cabrera Lobaina

TUTOR: Dr. C: Ramón G. Polanco Almanza

***Moa, 2017
“Año 59 de la Revolución”***

PENSAMIENTO

“Los ideales que iluminan mi camino y una y otra vez me han dado coraje para enfrentar la vida con alegría han sido: la amabilidad, la belleza y la verdad.”



Albert Einstein

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A mis padres Delta Lobaina Lobaina y Carlos Alberto Cabrera Feria por su apoyo incondicional en todos estos años.

A mis abuelos, tíos, hermanos, primos, amigos que forman parte de mi familia y han estado conmigo en las buenas y en las malas.

Y a una persona que fue muy especial en mi vida y que siempre lo recordaré con todo el amor y cariño del mundo y a su memoria le dedico este trabajo a mi querido abuelo Feliberto Lobaina Fonseca.

AGRADECIMIENTOS

Cuando quieres realmente una cosa, todo el universo conspira para ayudarte a conseguirla. Son muchas las personas que forman parte de ese universo que hizo posible la transformación de este sueño en realidad. En especial quiero agradecer:

A mis padres Delta Lobaina y Carlos Cabrera por darme su apoyo incondicional en esos años.

A mis abuelos, mis tíos, mis primos, mi novia, a toda mi familia y amigos que de una forma u otra forman parte de ella.

A mis compañeros de cuarto, y mis amigos del grupo de geología 5^{to}.

A mis compañeros de estudio que en estos cinco años creamos de una forma u otra una amistad que perdurará por toda la vida.

A mis tutores por dedicarme su tiempo y apoyo en la realización de este trabajo, Ramón Polanco Almanza y Jesús Cabrera.

A todos aquellos profesores que participaron en mi formación como profesional.

Al personal del departamento de yacimiento de la empresa de canteras de La Habana por su apoyo.

A los trabajadores de la cantera La Molina.

A la revolución cubana por darme la posibilidad de estudiar y hacerme un profesional.

Pero en especial mi agradecimiento eterno a una persona que hace algunos años dejó de estar conmigo pero que me educó y me enseñó valores que me hicieron superarme en la vida, a mi querido abuelo Feliberto Lobaina Fonseca mi guía y mi ídolo.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y cálculo de los parámetros para la apertura del nivel +74,0 m del yacimiento La Molina ubicado en la provincia de Artemisa en el municipio El Mariel. Para el diseño de la apertura se analizó la variante por el este del yacimiento para garantizar la continuidad a los demás niveles de explotación.

Los cálculos de los parámetros de apertura se realizaron sobre la base del equipamiento minero y el método de arranque a emplear (perforación y voladura) y por último se determinaron los costos para la ejecución de la apertura y se establecieron las medidas para mitigar los impactos negativos provocados y las medidas de seguridad del trabajo.

SUMARY

The present work aims at the design and calculation of the parameters for the opening of the +74.0 m level of the La Molina field located in the Artemisa province in the municipality of El Mariel. For the design of the opening the variant for the east of the deposit was analyzed to guarantee the continuity to the other levels of exploitation.

The calculations of the opening parameters were made on the basis of the mining equipment and the starting method to be used (drilling and blasting) and finally the costs were determined for the execution of the opening and measures were established to mitigate the negative impacts And safety measures at work.

ÌNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. CARACTERIZACIÒN GENERAL DEL YACIMIENTO LA MOLINA.....	5
1.1. Ubicación geográfica y económica de la región	5
1.2. Geología del yacimiento.....	6
1.3. Tectónica.....	8
1.4. Hidrogeología del yacimiento	8
1.5. Características geotécnicas del macizo rocoso	9
1.6. Estimación de recursos	11
1.7. Reestimación de recursos.....	11
CAPITULO II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LA APERTURA DEL NIVEL +74.0 DEL yacimiento la molina.....	13
2.1. Elección del método de apertura.....	13
2.2. Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso.....	13
2.3. Cálculo de los parámetros de la trinchera de acceso al nivel +74 m.....	14
2.4. Trinchera de corte	15
2.5. Camino de acceso a la trinchera.....	17
2.6. Cálculo del ancho de los caminos	17
2.7. Cálculo del equipamiento minero para la apertura del nivel +74,0 m.....	17
2.8. Trabajos de perforación y voladura.....	22
CAPITULO III. RESULTADOS DEL CÁLCULO Y DISEÑO DE APERTURA DEL NIVEL +74.0 del yacimiento la molina.....	26
3.1. Condiciones minero técnicas del yacimiento.....	26
3.2. Antecedentes y evaluación del yacimiento.....	26
3.3. Capacidad anual de producción y vida útil	28
3.4. Método de apertura.....	29

3.5. Labores de apertura	30
3.6. Variante de apertura para el nivel +74,0 m del yacimiento La Molina	31
3.7. Estrategia minera de profundización de la cantera	34
3.8. Estrategia de drenaje de la cantera.....	35
3.9. Escombrera.....	37
3.10. Caminos mineros	41
3.11. Tecnología de los trabajos	42
3.12. Trabajos de arranque, carga y transporte	43
3.13. Equipamiento minero	44
3.14. Trabajos de perforación y voladura.....	47
CAPITULO IV: COSTO DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	52
4.1. Valoración económica.....	52
4.2. Categorización de los gastos	52
4.3. Gastos directos para la apertura del nivel +74,0 m	52
4.4. Protección del medio.....	55
4.5. Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera de apertura del nivel +74,0 m	56
4.6. Medidas generales de protección y mitigación de impactos	56
4.7. Medidas generales de seguridad del trabajo.....	57
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	62

INTRODUCCIÓN

La minería más que cualquier otra actividad resulta determinante en el desarrollo de la sociedad y el mundo, la misma se ha desarrollado a partir de la importancia que poseen los recursos naturales para el hombre. La mayoría de los materiales empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos a través de la minería. Por ello podemos argumentar que la minería es la industria básica de la civilización humana.

La explotación de los yacimientos minerales se realiza con el fin de poner a disposición de la humanidad las materias primas necesarias para el desarrollo económico de cualquier país. Con este fin el hombre se ha visto en la necesidad de buscar alternativas que garanticen desde los puntos de vista técnico y económico la extracción racional de estos recursos.

Hoy en día ha tomado gran auge el desarrollo tecnológico del mundo con gran perspectiva en la industria constructiva es por ello que la producción de áridos se ha ido incrementando de manera acelerada en espacios a cielo abierto denominados canteras.

Los áridos son materiales indispensables para el sector de la construcción, su producción consiste básicamente en triturar y clasificar rocas según su tamaño. Sin embargo, en la práctica el proceso es mucho más complejo, pues se deben obtener áridos homogéneos y de tamaños normalizados. (Herrera H.J (2007))

Como toda actividad extractiva, la producción de áridos está condicionada por factores geológico-mineros en el marco territorial. En el caso de los áridos, su explotación, no admite en términos generales, grandes distancias a los centros de consumo (el precio de transporte se duplica cada 50 km) lo que implica que con frecuencia las explotaciones de áridos se encuentren próximas a áreas con alta densidad de población, aunque ubicadas en zonas rurales de escasa densidad. (Jimeno, C. L. (2006))

En Cuba ha tomado gran auge en los últimos años la producción de este material para la construcción hasta el punto de convertirse en una de las ramas más importantes para el desarrollo socioeconómico del país debido a la necesidad de incremento de obras sociales a lo largo del archipiélago con un fundamental desarrollo en la capital donde la empresa rectora es la Empresa de Canteras Habana, la cual cuenta con varios yacimientos para la producción de materiales con fines constructivos.

El presente proyecto está enfocado a la explotación del yacimiento La Molina para abastecer de materiales pétreos las obras que se construyen en la zona especial de desarrollo del Mariel (ZED).

La Molina forma parte del grupo de yacimientos concesionados a la "Empresa de Canteras" en la provincia de La Habana.

El material útil a explotar está representado por rocas calizas criptocristalinas, pelito mórficas y organodetríticas para la producción de áridos.

El sistema de laboreo es con transporte por bancos de 6 m de altura desde el nivel +98,0 m con cota final de laboreo +74,0 m con el objetivo de llevar el piso de la cantera hasta el mismo nivel de evacuación de las aguas.

Este yacimiento reinicia los trabajos de explotación en diciembre del año 2012 por el modo a cielo abierto, el arranque de la masa minera se realiza con perforación y explosivos, la escombrera se encuentra al norte del yacimiento y tiene conformado el vial de acceso.

Existe una trinchera de desagüe que se encuentra en la cota +80 m, con una longitud de 264,0 m y una pendiente de 1,70 %, esta trinchera se conecta con una cañada que canaliza las aguas hasta una alcantarilla con invertida en la cota +72,5, con posterioridad las aguas drenan mediante una serie de alcantarillas al río Mosquito.

Los niveles de explotación están bien definidos y poseen un piso regular que favorece el drenaje, aunque será necesario hacer labores de drenaje que garanticen bajar la invertida de +72,0 m a +62,0 m de tal manera que se garantice la

sedimentación de lodos y lograr la clarificación de las aguas que con posterioridad drenaran hacia el río Mosquito.

La materia prima extraída del yacimiento abastece a dos plantas de procesamiento con un plan de producción anual de 500 000 m³.

Situación Problemática:

El puerto de Mariel es el mayor puerto de la costa norte de Cuba y actualmente se encuentra en proceso de ampliación. Paralelamente se están desarrollando proyectos de infraestructuras en carreteras y red ferroviaria en torno este puerto. Este megaproyecto requiere de grandes volúmenes de áridos, la cantera “La Molina” es una de las principales fuentes de suministro a esta obra.

El yacimiento perteneciente desde el punto de vista estructural representa un olitrostoma (bloques de roca dura) y actualmente está abierto hasta el nivel +80,0 m y por el alto volumen de destape y agotamiento de las reservas de material útil en los niveles superiores surge la necesidad de realizar un proyecto de apertura para acceder al nivel +74,0 m del yacimiento La Molina para satisfacer la demanda de materiales de construcción a la zona especial de desarrollo del Mariel (ZED) siendo este el **problema científico** a resolver en esta investigación.

Problema de la investigación:

Necesidad de diseñar el método de apertura para el nivel +74,0 m del yacimiento La Molina.

Objeto de estudio:

Apertura a cielo abierto de yacimientos de materiales de construcción.

Objetivo general:

Diseñar el método de apertura para el nivel +74,0 m del yacimiento La Molina que garantice la explotación racional de las reservas desde los puntos de vista económico y ambiental.

Campo de acción:

Yacimiento La Molina.

Hipótesis:

Si se realiza la caracterización ingeniero-geológica del yacimiento, se calculan los parámetros de apertura y se establece el método correcto, así como el análisis de los parámetros económicos, ambientales y de seguridad minera, se podrá realizar la apertura del nivel +74,0 m del yacimiento La Molina.

Objetivos específicos:

1. Realizar la caracterización ingeniero-geológica de la zona de estudio
2. calcular los parámetros de apertura del nivel +74,0 m del yacimiento La Molina.
3. Determinar los costos de operaciones en la apertura del nivel +74,0 m.
4. Establecer las medidas para minimizar el impacto ambiental generado por la actividad minera.

Los métodos teóricos empleados son:

- **Histórico-lógico:** Para estudiar y valorar la situación geográfica de la zona y establecer los fundamentos teóricos del proceso.
- **Análisis-síntesis:** para estudiar las actividades mineras desarrolladas con anterioridad en la cantera, sus incidencias en otras zonas y establecer conclusiones para desarrollar la apertura de la cantera.
- **Inducción-deducción:** Con el objetivo de formular la hipótesis
- **Observación:** Para visualizar el área donde se encuentra el yacimiento e identificar los impactos provocados por las actividades mineras al medio ambiente.

CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO LA MOLINA

1.1. Ubicación geográfica y económica de la región

El sector donde se realizaron los trabajos se localiza a 12,3 km de la provincia La Habana al noroeste del poblado Mariel (Playa Salado) y a 14 km al sureste de Guanajay, entre la carretera de Machurucuto y la Autopista Nacional Habana – Pinar del Río, en la finca llamada La Molina y se localiza en la plancheta topográfica (3684-I) escala 1:50 000, cuyas coordenadas planas rectangulares del sistema Cuba norte Lambert son:

X= 322 400 X= 322 500

Y= 349 300 Y= 350 500

La concesión minera de explotación otorgada dentro de este yacimiento se encuentra limitada por las siguientes coordenadas nacionales del sistema Cuba norte:

Tabla 1.1: Coordenadas nacionales de la concesión minera.

Vértice	Norte	Este	Vértice	Norte	Este
1	323100,00	349240,00	13	324130,00	350320,00
2	323110,00	349340,00	14	324310,00	350260,00
3	323150,00	349410,00	15	324690,00	349910,00
4	323150,00	349540,00	16	324820,00	349870,00
5	323490,00	349560,00	17	324880,00	349800,00
6	323580,00	349830,00	18	324810,00	349200,00
7	324140,00	349980,00	19	324400,00	349200,00
8	324160,00	349910,00	20	324160,00	349240,00
9	324290,00	349900,00	21	324080,00	349300,00
10	324290,00	350190,00	22	324000,00	349420,00
11	324070,00	350190,00	23	323690,00	349360,00
12	324070,00	350230,00	24	323200,00	349340,00

El área aproximada del sector es de 557 934,5 m², el centro socio-económico más importante es la provincia La Habana a 12,3 km. La red de comunicación es buena, facilitando el acceso a la autopista nacional Habana–Pinar del Río.

La economía de la región se basa fundamentalmente en la recreación turística Playa Salado, en las operaciones portuarias (Puerto Mariel); en menor grado la agricultura y la ganadería. El núcleo de población más importante está en el poblado del municipio El Mariel.



Fig.1.1. vista satelital yacimiento La Molina.

1.2. Geología del yacimiento

El yacimiento La Molina, se caracteriza por ser muy complejo en su estructura geológica, se presentan grandes bloques de roca dura muy dislocados, separados por material terrígeno (arcilla). En la zona se presentan varias fallas posteriores a la mineralización que complejizan aún más no sólo las fronteras entre los bloques, sino que dividen el cuerpo principal, actualmente en explotación.

La materia prima útil está compuesta por la caliza pelitomórfica y la criptocristalina o microcristalina, ambas de color gris claro, duras, compactas, con vetillas de calcita que conforman la zona de mineralización. El estéril encajante, está representado por arcillas, argilitas, aleurolitas, pizarras y esquistos calcáreos y arcillosos o las propias calizas de diversa composición, pero muy tectonizadas.

Las calizas desde el punto de vista petrográfico aparecen con una gama larga de variedades en función del grado de cristalización, tipo de cementación, granulometría, contenido arcillosos; estas se relacionaron de la siguiente manera:

- Calizas micro-criptocristalinas
- Calizas pelito-mórficas
- Calizas órgano-detríticas
- Pizarras, esquistos-arcillosos y calcáreas

A continuación, se describen los grupos litológicos de calizas del yacimiento La Molina:

1. Calizas criptocristalinas – arcillosas organógenos de color gris crema.
2. Calizas órgano-fragmentaria y de detríticas recrystalizadas de color gris claro.
3. Calizas criptomicrogranular, arcillosas y arcillo-carbonosas a veces bandeadas, de color gris oscuro hasta pardo, masiva con elementos de laminación.
4. Calizas órgano-fragmentarias recrystalizadas heterogranular,
5. Cataclastizadas, de color gris con tonos oscuros en plano de micro fallas.
6. Aleurolitas, arcillo-calcáreas, polimícticas, tobáceas y clorizadas, de color desde gris a pardo.
7. Pizarras calcáreo-arcillosas de color gris claro oscuro y hasta pardusco.
8. Calizas organógenos microcristalinas de color gris claro a gris-violáceo recrystalizado.
9. Calizas organógenos arcillo-detríticas bituminosas bandeadas gris oscuro.
10. Las pizarras – calcárea dura cretácica de color gris ligadas a las zonas de contacto entre alistolita y las pizarras arcillosas color crema, paleógenas ligadas a la matriz.

La composición mineralógica está representada fundamentalmente por fragmentos de calizas de color gris claro a oscuro en las cuales se observan cristales de calcita y fragmentos de rocas no carbonatadas, así como escasos granos de Pirita y Óxidos de Hierro.

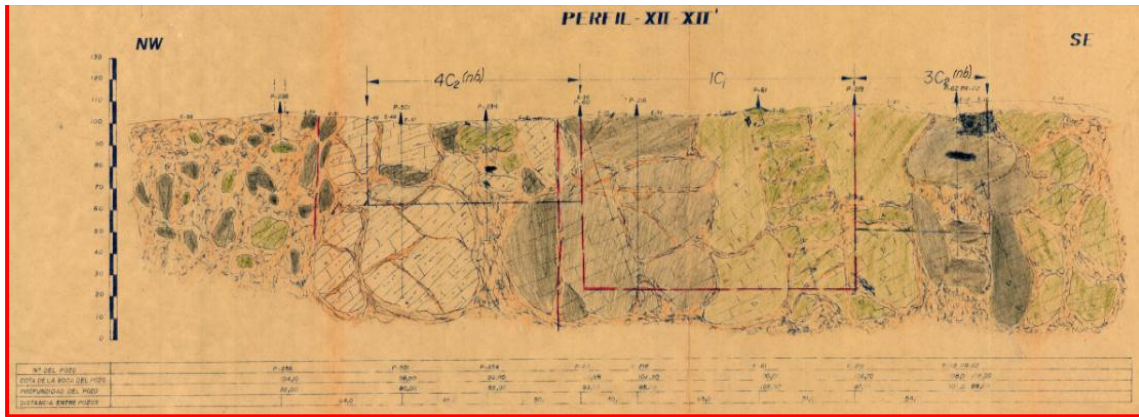


Figura No.1.2. Vista del perfil geológico típico del yacimiento

1.3. Tectónica

El desarrollo tectónico está ligado a los desplazamientos horizontales y verticales de las placas tectónicas alóctonas. En el yacimiento se manifiestan, mediante grietas, fracturas con orientación este-oeste y un sistema sub-perpendicular norte-sur. Se evidencian por la existencia de brechas cambios bruscos de los elementos de yacencia en la matriz y en zonas de alta fragmentación (milonitas). Debido a los procesos de diagénesis se ha dificultado la detección de estos fenómenos tectónicos y, además por el reacomodamiento constante de las rocas por este tipo de proceso.

1.4. Hidrogeología del yacimiento

Las condiciones hidrogeológicas de la zona evaluada en “La Molina” por datos del informe de exploración detallada (año 1987) y trabajos hidrogeológicos complementarios (año 1989) arroja que la acuosidad del macizo productivo viene dado por las zonas agrietadas por la tectónica y procesos de intemperismo, los cuales se manifiestan en bloques calcáreos limitados por rocas arcillosas impermeables; por ello, la afluencia en la cantera será provocada por los caudales de las reservas existentes en cada bloque cortado durante el proceso de explotación de la cantera.

El afluente específico de las aguas subterráneas para el período del desarrollo máximo de la cantera es de 20 años alcanzando la magnitud de 130 m³/día. La magnitud de inundación de la cantera por las aguas pluviales es de 480 m³/día lo que corresponde con las lluvias de máxima intensidad con un 5 % de probabilidad.

1.5. Características geotécnicas del macizo rocoso

Con el objetivo de determinar las propiedades físico-mecánicas del material útil en el yacimiento “La Molina” fueron tomadas tres tipos de muestras (básicas, complementarias y tecnológicas).

Muestras básicas

Tomadas directamente del testigo de perforación determinando toda la potencia útil representada por caliza micro-cristalina y órgano-detritica. Se realizaron los mismos ensayos a las intercalaciones estériles representadas por material deleznable y compacto (Pizarras, Esquistos Arcillosos y Pizarras Calcáreas). Se tomaron las muestras básicas a las que se le realizaron diferentes análisis para determinar la masa volumétrica (g/cm³) y la triturabilidad (% de pérdida).

la masa volumétrica empleada para el olistolito es 2,65 (g/cm³) y para la matriz de 2,29 tomado del promedio ponderado de cada uno de los tipos de rocas que componen la matriz y de manera manual.

Muestras complementarias

Los ensayos de granulometría se les realizaron a los intervalos representados por material deleznable, para realizar estos ensayos fueron tomadas un total de 125 muestras. Estas se enviaron para realizarle granulometría de arena, tamiza 200, módulo de finura en el laboratorio de la EGM.

Las muestras químicas se escogieron del pozo, para un total de 11 muestras. A estas se les mandó a realizar análisis de CaO, MgO, Al₂O₃, SiO₂, SO₂, SO₃, Fe₂O₃, y bitumen en el laboratorio de Isaac del Corral en la Habana.

Muestras tecnológicas

Se le realizó a los 6 tipos litológicos representados en el yacimiento. El principio del muestreo consistió en dar una idea concreta de las características tecnológicas de los distintos tipos litológicos encontrados en el yacimiento. Estas muestras se enviaron al laboratorio de la EGM donde fueron estudiadas.

Tabla 1.2. Características del mineral

Características	Valor	U/M
masa volumétrica	2,65	g/cm^3
Masa específica	2,7 - 2,8	g/cm^3
Absorción	< 2,5	%
Resist a la compresión	800 - 1200	Kg/cm^2
Triturabilidad al cilindro	800 – 1200	Kg/cm^2
Abrasión	< 22	%

Características tecnológicas útiles del mineral

Se utilizaron para evaluar la materia prima (piedra triturada) para balastro ya que la norma NC-054-278-84 no tiene en cuenta los siguientes índices.

La resistencia a la abrasión de la grava o piedra para ser utilizada como árido grueso en hormigón el cual no tendrá pérdida superior al 50 % de su peso al ser sometido al ensayo “Los Ángeles”. Masa específica >2,5. Las cantidades de sustancias perjudiciales sostenidas no pasarán de terrones de Arcillas (1 %) y material más fino que el tamiz 0,074 mm (5 %).

Tabla 1.3. Características tecnológicas

Marca Piedra triturada	Estado seco % de perdida (masa)		Estado saturado % de perdida (masa)	
1200	0	11	0	11
1000	11	13	11	13
800	13	15	13	15
600	15	19	15	20
400	19	24	20	28
300	24	28	28	38
200	28	35	38	54

1.6. Estimación de recursos

Para la estimación de los recursos se utilizó el software minero Geicom y los datos fueron obtenidos a través de estudios geofísicos. El nivel de integración usado para el estimado del volumen es de 3, es decir 9 agujas por cada bloque (25 m x 25 m x 3 m), estas agujas en dirección vertical (by level).

Ya estimados los recursos minerales no se detectó afectación alguna dentro del yacimiento en cuestión, es decir; no existe afectación medioambiental, asentamiento poblacional, ni líneas eléctricas, etc. A continuación, se representan los recursos minerales totales y el estimado del volumen de recursos dentro de la concesión minera.

Los recursos minerales actualizados al 1/1/2016 por categorías, dentro de la concesión por encima del banco +20 (nivel freático).

Tabla 1.4. Recursos minerales en el área

Categorías	Estimación según informe	Recursos 1/1/2016	Pv	Absorció n %	Marca (kg/cm²)
medidos	16 245 801,453	16 245 006,92	2,65	0,96	800
indicados	10 158 038,271	10 157 869,57	2,64	1,07	800
inferidos	2 461 906,280	2 461 906,280	2,64	1,05	800
Total	28 865 746,003	28 864 782,77	2,65	1,01	800

El estimado del volumen de recursos por categorías dentro de la concesión por encima de la cota + 20 (nivel freático) se muestra a continuación:

Tabla 1.5. Volumen de recursos por categorías y propiedades

Categoría	Volumen (m³)	Densidad (t/m³)	Tonelaje (t)	Absorción (%)	Perdida (%)
Medidos	16 245 801,453	2,646	42 985 222.050	0,99	13,75
Indicados	10 158 038,271	2,630	26 7150 22.644	1,11	13,62
Inferidos	2 461 906,280	2,615	6 438 174.276	1,21	13,81
Total	28 865 746,003	2,638	76 138 418.969	1,05	13,71

1.7. Reestimación de recursos

La reestimación se realizó teniendo en cuenta la calidad de la materia prima con el objetivo de facilitarles a los beneficiarios la producción real del producto, así como los recursos que se pueden destinar a la extracción de la caliza.

En este proyecto se está considerando en el reestimado todos los recursos dentro y fuera del área concesionada.

Sobre la base de la nueva estimación de los recursos medidos e indicados se puede evaluar la vida útil del área concesionada y definir a partir de qué año se debe solicitar la nueva concesión. La materia prima en el área concesionada ha sido evaluada teniendo en cuenta especialmente “La Marca” que debe estar entre los 600 a 800, 801 a 1000 y 1001 a 1200 y ≥ 1200 Kg/cm². Potencia mínima de intercalaciones en el mineral 2.00 m.

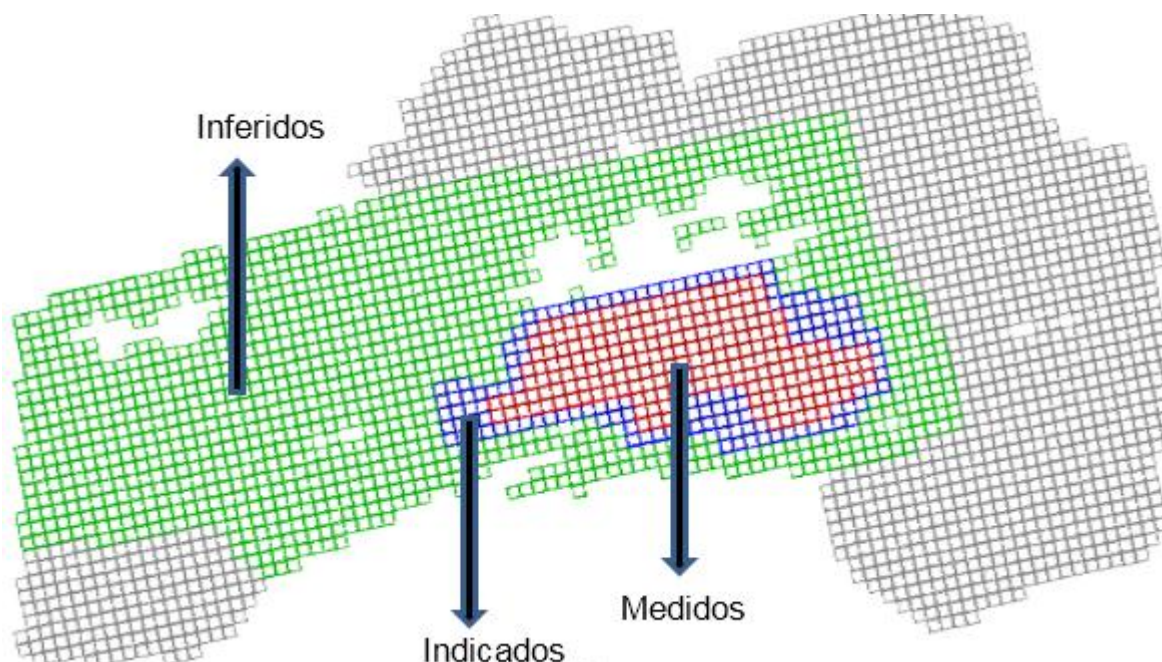


Fig 1.3. Recursos yacimiento La Molina

CAPITULO II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LA APERTURA DEL NIVEL +74.0 DEL YACIMIENTO LA MOLINA

2.1. Elección del método de apertura

La apertura de un yacimiento consiste en la realización del sistema de laboreo minero que permitirá la comunicación del transporte entre el horizonte de extracción con la planta, escombreras u otros objetivos fuera de la cantera.

El método que se empleará para el nivel +74,0 m es la apertura por trinchera. Se llama trinchera a una excavación minera inclinada que sirve para el acceso al yacimiento permitiendo la transportación del mineral útil a las instalaciones industriales y las rocas de destape a las escombreras. (Urbina, F. P. O. (2003))

Las trincheras se caracterizan por los siguientes elementos y parámetros:

- Ancho por el fondo
- Ángulo de los laterales;
- Profundidad final (igual a la altura del escalón o del banco);
- Longitud;
- Pendiente.

2.2. Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso

La apertura de este nuevo nivel garantiza un volumen de reservas listas de unos 888 000 m³. En la cantera el plan de producción anual está en los 477 000 m³ de material útil por lo que la apertura de este nivel asegura reservas para aproximadamente un año y medio de explotación. Para la explotación de este sector se prevé la apertura a través de una trinchera de acceso que tiene sus inicios en la cota +80,0 m hasta la cota +74,0 m y tiene las siguientes coordenadas

Punto de inicio

X = 361.272

Y = 298.440

Punto final

X = 332.332

Y = 301.511



Fig. 2.1. Punto de inicio de la trinchera de acceso

2.3. Cálculo de los parámetros de la trinchera de acceso al nivel +74 m

Los trabajos proyectados para la construcción de la trinchera de acceso se ejecutarán mediante la excavación en roca dura y que permitirán el acceso al nuevo horizonte de explotación.

Cálculo de las trincheras (acceso)

Ancho de la trinchera de apertura por el fondo

$$B_p = 2A + m + 2n + 2x \quad (1)$$

Donde:

B_p – Ancho por el piso, m.

A – Ancho del camión (3.2 m).

m – Holgura entre dos camiones al encuentro; m. (m = 1 a 2 m)

n – Ancho de los bordes sobrantes de la franja rodante; 0,4 a 1,0 m.

x – ancho cuneta (1m).

Longitud de la trinchera de apertura

La longitud de la trinchera se calcula partiendo de la altura del talud y la pendiente máxima.

$$L_{ta} = \frac{h}{i} \quad (2)$$

Donde:

h- altura del banco (6 m)

i- pendiente de la trinchera (8% = 0,08)

Área de la trinchera de apertura

$$S_{ta} = \frac{(B_p + h * \cot \alpha) * h}{2} \quad (3)$$

Donde:

α - ángulo de talud (85°)

Volumen de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = S_{ta} * L_{ta} \quad (4)$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = \frac{Q}{S_t} \quad (5)$$

Donde:

Q→ productividad de explotación mensual (41 666m³/mes)

Tiempo de ejecución de la trinchera de apertura

$$t_{et} = \frac{L_{ta}}{V_{tc}} \quad (6)$$

2.4. Trinchera de corte

Para acceder al banco +74,0 m será necesario hacer una trinchera de corte, la prolongación de la misma definirá la explanación con capacidad para el movimiento y trasiego de los equipos de carga y transporte de material útil.

Cálculo de los parámetros de la trinchera de corte

Ancho de la trinchera de corte por el fondo

$$B_p = 2d + r + l_c + \frac{x}{2} \quad (7)$$

Donde:

x- Ancho del camión (3,2 m)

l_c -Longitud de camión (7.5 m)

r- Radio de giro del camión (8,86 m)

d- Berma de seguridad (2 m)

Área de la trinchera de corte

$$S_{tc} = (B_p + h * \cot \alpha) * h \quad (8)$$

Longitud de la trinchera de corte

La longitud de la trinchera de corte será, como mínimo, equivalente al ancho de la plataforma de trabajo, de manera que una vez ampliada en la dirección de desarrollo del frente los equipos puedan operar sin dificultad. Una vez terminada la trinchera de corte queda el frente listo para pasar a la extracción de mineral.

Volumen de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = S_{tc} * L_{tc} \quad (9)$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{tc} = \frac{Q}{S_t} \quad (10)$$

Donde:

Q→ productividad de explotación mensual (41 666m³/mes)

Tiempo de ejecución de la trinchera de corte

$$t_{et} = \frac{L_{tc}}{V_{tc}} \quad (11)$$

2.5. Camino de acceso a la trinchera

Para acceder al nivel que se pretende abrir se realizará a través del camino principal ubicado al este del yacimiento y por donde se realiza la transportación del material útil a las plantas de procesamiento.



Fig. 2.2. Vista al camino principal

2.6. Cálculo del ancho de los caminos

El ancho de los caminos se determinó utilizando la siguiente formula según (Tannant Dwayne (2001))

$$A = (1,5 \cdot n + 0,5) \times \quad (12)$$

Donde:

A – ancho total de la pista

X– ancho del vehículo (3,2 m)

n – número de carriles deseados (2)

2.7. Cálculo del equipamiento minero para la apertura del nivel +74,0 m

Se realiza el cálculo del equipamiento minero necesario y parque considerando los volúmenes de trabajo para cada actividad, distancia promedio de transportación, régimen de trabajo, disponibilidad mecánica y otros datos necesarios.

Metodologías de cálculo del equipamiento minero

Cargador frontal Volvo L-220

Productividad teórica

$$Q_{teo} = \frac{3600 * Ec}{t_c} \quad (13)$$

Donde:

Ec- Capacidad del cubo del cargador ($4,9m^3$)

Tc - Tiempo de ciclo durante el proceso de trabajo; (24 s).

Productividad técnica:

$$Q_{tec} = Q_{teo} \frac{K_{ll}}{k_e} (m^3/h) \quad (14)$$

Donde:

kll- Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador (1,10)

ke- Coeficiente de esponjamiento del material (1,5)

Productividad de explotación

$$Q_{exp} = Q_{teo} * E * K_{dm} (m^3/h) \quad (15)$$

Donde:

E - Eficiencia (80%)

K_{dm} - Coeficiente de disponibilidad mecánica (75%)

Productividad de explotación por día

$$Q_{expt} = Q_{exp} * Tt (m^3/dia) \quad (16)$$

Tt – Duración del turno (10 horas)

Productividad de explotación por turno

$$Q_{expd} = Q_{exp} * nt (m^3/turno) \quad (17)$$

Donde:

nt- número de turnos por día (1 turno)

Metodología de cálculo de los parámetros de la transportación del material

El tiempo viaje de un camión

$$t_{vc} = t_{car} + t_{rc} + t_{des} + t_{rv} + t_{man} \quad (18)$$

Donde:

trc -Tiempo de recorrido del camión cargado (min)

trv -Tiempo de recorrido del camión vacío (min)

tc -Tiempo de carga de un camión (3 min)

td -Tiempo de descarga de un camión (1 min)

T_{man} -Tiempo de maniobra del camión en la carga y descarga (0,6 min)

El tiempo de movimiento del camión cargado:

$$t_{rc} = \frac{60 * L}{V_{cc}} (\text{min}) \quad (19)$$

Donde:

L-Distancia máxima de transportación (250 m)

Vc- Velocidad de los camiones cargados (20 km/h)

El tiempo del recorrido del camión vacío:

$$t_{rc} = \frac{60 * L}{V_v} (\text{min}) \quad (20)$$

Donde

Vv- Velocidad de los camiones vacíos (30 km/h)

Cantidad de cubos por camión (volumen)

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{rexc}} \quad (21)$$

Donde:

qc – Capacidad del camión (15 m³)

Q_{rexc} – Capacidad real de la excavadora (1,9 m³)

Tiempo de carga

$$t_{car} = \frac{(N_{cv}-1)*t_{cexc}}{60} \quad (22)$$

Donde:

t_{cexc} - Tiempo de ciclo de la excavadora (24 seg)

La cantidad de viajes de un camión por turno:

$$N_v = \frac{T_t - T_v - T_{np}}{D_t} \text{ (viajes)} \quad (23)$$

Donde:

T_t -Duración del turno;(6000 min)

T_v - Tiempo de viaje (4 min)

T_{np} - Tiempo de descanso; (90 min)

D_t - distancia de transportación (250 m)

El volumen de la roca del macizo en un camión:

$$V = q_c * N_c * K_{ll} \text{ (m}^3\text{)} \quad (24)$$

Donde:

q_c - Volumen de la roca en la cuchara; (1.9m³)

K_{ll} -Coeficiente de llenado de la excavadora (0.95)

Cálculo de la productividad del camión por turnos

$$Q_t = N_v * K_{ll} * Q_c \quad (25)$$

Donde:

N_v – número de viajes por turno

Q_c – Capacidad del camión

K_{ll} – coeficiente de llenado del camión

$$K_{ll} = \frac{V}{Q_c} \quad (26)$$

La cantidad de camiones trabajando

$$N_{trb} = \frac{P_t}{Q_t * E} * K_i \text{ (camiones)} \quad (27)$$

Donde:

P_t- Productividad por turno de la cantera; (1325 m³/turno)

E- Eficiencia de utilización de los camiones; (80%)

K_i- Coeficiente de irregularidad diaria de los viajes; (0,9)

Metodología de cálculo de la carga del mineral*Productividad horaria de la excavadora*

$$Q_{exc} = \frac{3600 * V_c * D * K_{ll} * E * K_{up}}{T_c * K_e} \quad (28)$$

Donde:

K_{ll} = coeficiente de llenado (0,95)

V_c = capacidad del cubo de la excavadora (1,9 m³)

D = disponibilidad del equipamiento (0,75)

K_e = coeficiente de esponjamiento (1,37)

T_c = duración del ciclo de trabajo (24 seg)

K_{up} = coeficiente de utilización del parque (1)

K_u = aprovechamiento de la jornada laboral (0,8)

Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{exc} * T_t \quad (29)$$

Productividad por día

$$Q_{día} = Q_t * N_t \quad (30)$$

Bulldócer shantui SD-23**1-Productividad del bulldócer**

$$P_t = \frac{3600 * T_t * K_a * K_i * V * E}{K_e * T_c} \quad (31)$$

Donde:

T_t -Duración del turno de trabajo. -10 h

V- Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla.- 7.7m³

K_a Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del buldócer tiene forma de caja. - 1

E- Eficiencia de utilización del buldócer en el turno. -0,8

K_i Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer. - 0,75

K_e Coeficiente de esponjamiento. - 1,5

T_c Duración del ciclo. - 66 seg

$$V = \frac{L \cdot h^2}{2} * \cot \beta \quad (32)$$

Donde:

L- Longitud de la cuchilla. - 4 m

h-Altura de la cuchilla. - 1,5 m

β- Angulo del material durante el traslado. - 30°

$$T_c = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_1 + l_2}{v_3} + T_c + 2t_g \quad (33)$$

Donde:

*l*₁ -Longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del buldócer. - 5 m

*l*₂ - Distancia que recorre el buldócer cargado.- 25 m

*v*₁ - Velocidad de movimiento durante corte. - 1 m/s

*v*₂ -Velocidad de movimiento del buldócer cargado. - 1,3 m/s

*v*₃ - Velocidad de movimiento del buldócer vacío. - 2 m/s

T_c- Tiempo de cambio de velocidad. - 7 seg

T_g- Tiempo de giro del buldócer. 10 seg

2.8. Trabajos de perforación y voladura

Teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas de las rocas a arrancar (dureza, homogeneidad, agrietamiento, etc.) y la granulometría en la fragmentación requerida se realizará el cálculo del pasaporte de perforación y voladuras para las etapas planificadas. Las labores de perforación serán realizadas por la Empresa de

Servicios Geólogo - Minera (EXPLOMAT), con sus equipos y personal calificado y las labores de voladura la realizará el personal de Canteras.

Características técnicas de los equipos de perforación a usar

Tabla 2.1. Características equipos de perforación.

Equipo de perforación: Rock 460 PC	Compresor: XAHS – 416
Diámetro de perforación: 115 mm	Firma: Atlas Copco
Productividad: 14.5 m/h	Capacidad: 16 m³/h
Longitud del Martillo: 1 m	Año: 2005
Longitud de las barrenas: 3 m	Estado técnico: Bueno
Firma: Atlas Copco	Consumo Diésel: 30 - 35 lts/h
Estado técnico: Bueno	

Metodología para el pasaporte de perforación y voladuras

Línea de menor resistencia según (Ceproníquel (2016))

$$W = 53 * Ka * d * \sqrt{\frac{\Delta e}{\gamma}} \quad (34)$$

d: diámetro real del taladro; 115 mm

d_c: diámetro de carga ; 85 mm

γ roca: densidad de la roca; 2.52 t/m³

K_a: coeficiente de agrietamiento del macizo de rocas, entre 1,0 – 1,2, se toma 1.0 por las características del yacimiento

$$\text{Coeficiente de la capacidad de Trabajo: } \epsilon = \frac{C.T.Empleada}{C.T.Patrón} \quad (35)$$

C.T. – Capacidad de Trabajo S.E. patrón, Amonita GJB =360 cm³.

C.T. – Capacidad de Trabajo S.E. empleada, Senatel Magnafrac =480 cm³

Densidad de carga

La densidad real de carga se determina por la relación entre el diámetro del Taladro y el diámetro de la carga explosivo dentro de este.(Otaño Noguel. J. (1998))

$$\Delta = \frac{dc}{dt} \quad (36)$$

Distancia entre filas

$$a = m * W \quad (37)$$

m: coeficiente de aproximación, entre 0,9 – 1,1

Distancia entre taladros

$$b = W \quad (38)$$

Número de filas

$$Nf = \frac{A}{a} + 1 \quad (39)$$

A: ancho del bloque de trabajo en el banco (11 m)

En cantera se utilizan no más de 3 o 4 filas por voladura trabajamos en este caso con 4

Número de taladros por filas

$$Ntf = \frac{B}{b} + 1 \quad (40)$$

B: longitud del bloque de trabajo en el banco (60m)

Longitud de sobre perforación

$$Ls = 0,2 * W \quad (41)$$

Longitud de relleno

$$Lr \geq 0,75 * W \quad (42)$$

Distribución y cálculo de las cargas por filas

Longitud total del taladro (taladros rectos)

$$Lt = H + Ls \quad (43)$$

Longitud de los taladros inclinados

$$Lti = \frac{H+Ls}{\sin \alpha} \quad (44)$$

$$\alpha = 85^\circ$$

Longitud de carga

$$Lc = Lt - Lr \quad (45)$$

Magnitud de carga

$$Q = q_e * W * a * h \quad (46)$$

q_e : gasto específico de S.E se toma de tabla o el real obtenido en la cantera (0,56 kg/m³ in - situ gasto real de La Molina).

El volumen arrancado por la voladura se calcula por la siguiente fórmula:

$$V_{mt} = H * a * \frac{w}{L_t} \quad (m^3/m) \quad (47)$$

$$V_t = L_t * V_{mt} \quad (m^3/tal) \quad (48)$$

Donde:

V_{mt} = Volumen desprendido por metro de taladro; m³/m

V_t = Volumen desprendido por un taladro; m³/tal

CAPITULO III. RESULTADOS DEL CÁLCULO Y DISEÑO DE APERTURA DEL NIVEL +74.0 DEL YACIMIENTO LA MOLINA

3.1. Condiciones minero técnicas del yacimiento

El yacimiento La Molina, se caracteriza por ser complejo en su estructura, está constituido por un Olistostroma, o sea grandes bloques de roca dura, en este caso calizas, mezclados con material terrígeno (arcillas, arenas arcillosas, otros.), lo cual hace muy difícil su geometrización y produce cierto grado de incertidumbre durante la extracción, pues debido a ello pueden aparecer capas de estéril que son necesarias extraer para poder continuar la explotación. Por otra parte, los bloques de calizas debido a la tectónica se encuentran fracturados y agrietados que provocan durante las voladuras un aumento de la fragmentación de la roca y generación de polvo.

3.2. Antecedentes y evaluación del yacimiento

El yacimiento La Molina perteneciente al concesionario Empresa Cantera Habana, fue paralizado temporalmente en el año 1992, su explotación fue realizada por el modo a cielo abierto, el arranque de la masa minera fue con perforación y voladura. Se reiniciaron las labores de extracción en el año 2012 constituyendo sus reservas el principal suministro de árido para el megaproyecto en el puerto del Mariel.

Los bancos están definidos en 6 m de altura, la escombrera se encuentra al norte del yacimiento y tiene conformado el vial de acceso.

Existe una trinchera de desagüe que se encuentra en la cota +80 m, con una longitud de 264,0 m y una pendiente de 1,70 %, esta trinchera se conecta con una cañada que canaliza las aguas hasta una alcantarilla con invertida en la cota +72,5, con posterioridad las aguas drenan mediante una serie de alcantarillas al río Mosquito.

Los niveles de explotación están bien definidos y poseen un piso regular que favorece el drenaje, aunque será necesario hacer labores de drenaje que garanticen bajar la invertida de +72,0 m a +62,0 m de tal manera que se garantice la

sedimentación de lodos y lograr la clarificación de las aguas que con posterioridad drenaran hacia el río Mosquito.

El material estéril extraído durante las labores de explotación del yacimiento se almacena en una escombrera al norte con capacidad de almacenaje de 58 866 m³, sus límites sobrepasan los de la concesión hacia el norte, en el proyecto de explotación realizado por EXPLOMAT se elaboró un diseño de ampliación de dicha escombrera con dirección oeste. La estimación de recursos reveló que a partir de la cota + 86,0 m en esta zona, existen recursos geológicos con categoría de medidos que alcanzan los 143 182 m³, lo equivalente a 1 trimestre y 2 meses de trabajo aproximadamente. Por esta razón se decidió construir una escombrera al suroeste del yacimiento.

En la proyección de los 5 años se estimó 1 028 800 m³ de estéril. La escombrera diseñada alcanza una capacidad de 303 000 m³, por lo que el cliente deberá solicitar una ampliación de la concesión minera para la ubicación de otra escombrera.

Actualmente en el yacimiento se encuentran en explotación los niveles o bancos N+102 m (en desarrollo minero), N+92 m, N+86 m y N+80 m (piso de la cantera), los cuales garantizan la demanda actual de áridos y tienen drenaje por gravedad, se utilizarán excavadoras para la carga a los medios de transporte, realizando el arranque mediante el empleo de sustancias explosivas. También se realiza el arrastre y almacenamiento de la masa minera utilizando un topador frontal, para facilitar los trabajos de carga del material.

La cantera se conformará entre las cotas +92 m y + 68 m, implicando una profundidad de explotación máxima de unos 24 m.

La ejecución de los trabajos de perforación voladura de las rocas está previsto que se realice entre los bancos +98,0 m, +92,0 m, +86,0 m, +80,0 m, +74,0 m y +68.0 m. El arranque de todo el material útil y estéril a extraer se realizará con el uso de perforación y voladura, con diámetro de perforación 115 y 89 mm, como explosivos principales se usará la emulsión encartuchada Senatel Magnafrac y la emulsión encartuchada Fortel Tempus de diámetro 85 mm.

Para la preparación del banco +74,0 m será necesario realizar una trinchera de corte, su ensanchamiento garantizará los frentes de explotación de este nivel. Previendo que la zanja de desagüe de la cantera tiene sus inicios en la cota +80,0 m y deberá profundizarse hasta la cota +74,0 m se debe garantizar la limpieza y profundización de dicha excavación, una vez que se expandan los trabajos en la trinchera se conectará el piso de la cantera a la zanja de desagüe previamente preparada al menos hasta la cota +72,0 m en su punto de inicio.

3.3. Capacidad anual de producción y vida útil

El estimado del volumen de recursos por categorías dentro de la concesión por encima de la cota + 20 aprobado por la ONRM en el año 2014, define de la existencia de 28 865 746.00 m³ de material útil (In situ) en las categorías de medido e indicado. El plan de producción anual es de 477 000 m³, según criterios del concesionario obtenidos en la práctica diaria de explotación existe un 30 % de pérdidas en planta.

Para la estimación de las reservas se consideró como pérdidas durante la explotación el 1,0 %. No se consideraron criterios de dilución. Para la clasificación se consideró como reservas probadas los recursos medidos y como probables los indicados, una vez aplicados los criterios de pérdidas.

A continuación se desglosa en el cálculo de la productividad anual:

$$P_a = \frac{Q_a}{\eta \cdot K_1 \cdot K_2} = 702\,300 \text{ m}^3/\text{año} \quad (\text{Material suelto}) \quad (49)$$

Q_a - Plan de producción terminada (t) = 477 000 m³

η - Coeficiente de recuperación tecnológica (1 - 0,30 = 0,70)

K_1 - Coeficiente de pérdida por transportación (1 - 0,02 = 0,98)

K_2 - Coeficiente de pérdida por extracción (1 - 0,01 = 0,99)

Debido a que la planificación se realiza con material in-situ, el volumen de rajón se divide entre el coeficiente de esponjamiento para las rocas (1,5). El volumen anual de material in-situ es de 468 200 m³. Las reservas estimadas dentro del diseño final de la cantera y hasta la cota +50,0 m ascienden a 7 355 332 m³

El tiempo de vida útil de la cantera se determina por la fórmula siguiente:

$$T_{vu} = P/Pa; m^3 \quad (50)$$

Donde:

P - Reservas de material útil en la zona de explotación; m³

Pa: Productividad anual de la cantera; m³

$$T_{vu} = \frac{7355332}{468200} = 16 \text{ años}$$

3.4. Método de apertura

Para analizar la apertura de este yacimiento se partió de un concreto estudio geológico y topográfico del mismo en el cual los resultados obtenidos demostraron el volumen de recursos en la categoría de medidos, indicados e inferidos presentes en el área. A continuación se muestra el plano topográfico del yacimiento la molina en el nivel de explotación actual +80,0 m con los puntos de exploración geológica y estudio topográfico de la zona.

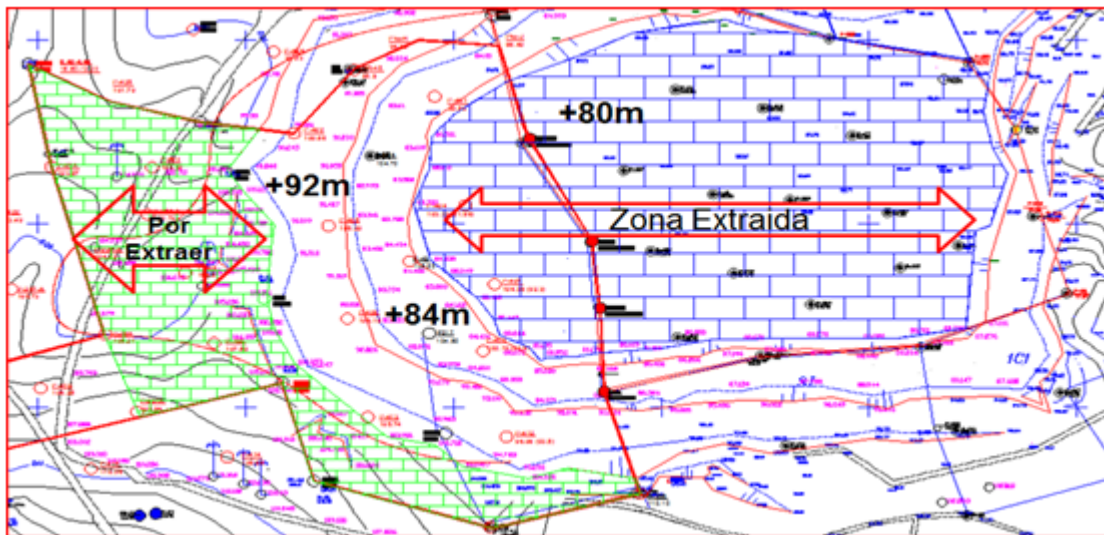


Fig. 3.1. Plano topográfico actual del yacimiento La Molina

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

Las trincheras de apertura y de corte poseen profundidad final igual a la altura del banco, sin embargo las de apertura varían su profundidad proporcionalmente a la longitud, alcanzando el valor máximo cuando llega al horizonte que se pretende explotar.

Los ángulos de los bordos de las trincheras independientemente de las funciones de estas se determinan a partir de las propiedades físico-mecánicas de las rocas.

La longitud de las trincheras de apertura se determina a partir de su pendiente y la altura del banco (h). La longitud de las trincheras de corte se determina en base a la longitud del bloque a preparar y el tipo de transporte utilizado.

El ancho de las trincheras por el fondo (b) se establece fundamentalmente a partir de los equipos mineros y de transporte utilizados.

En la actualidad el yacimiento está abierto hasta la cota +80,0 m en el extremo noroeste, colindante con la zanja de desagüe y en conexión con el camino a la planta de procesamiento.

Las labores de explotación se desarrollarán en la cota +74,0 m, por lo que se requerirá de una trinchera de Corte.

Las reservas a extraer desde el banco +80.0 m hasta el banco +68.0 m mediante la implementación de la trinchera para lograr el drenaje natural ascienden a 1.447.532 m³ garantizando alrededor de 2.0 años de explotación. **(ver anexo 4)**

3.5. Labores de apertura

Los trabajos mineros para la apertura consisten en el laboreo de las excavaciones con el equipamiento necesario para realizarlas. El tipo de excavación es el que caracteriza el método de apertura.

Existe una red de caminos por donde se accede a los niveles actuales en explotación, los niveles abiertos mantienen el acceso a los frentes de trabajo.

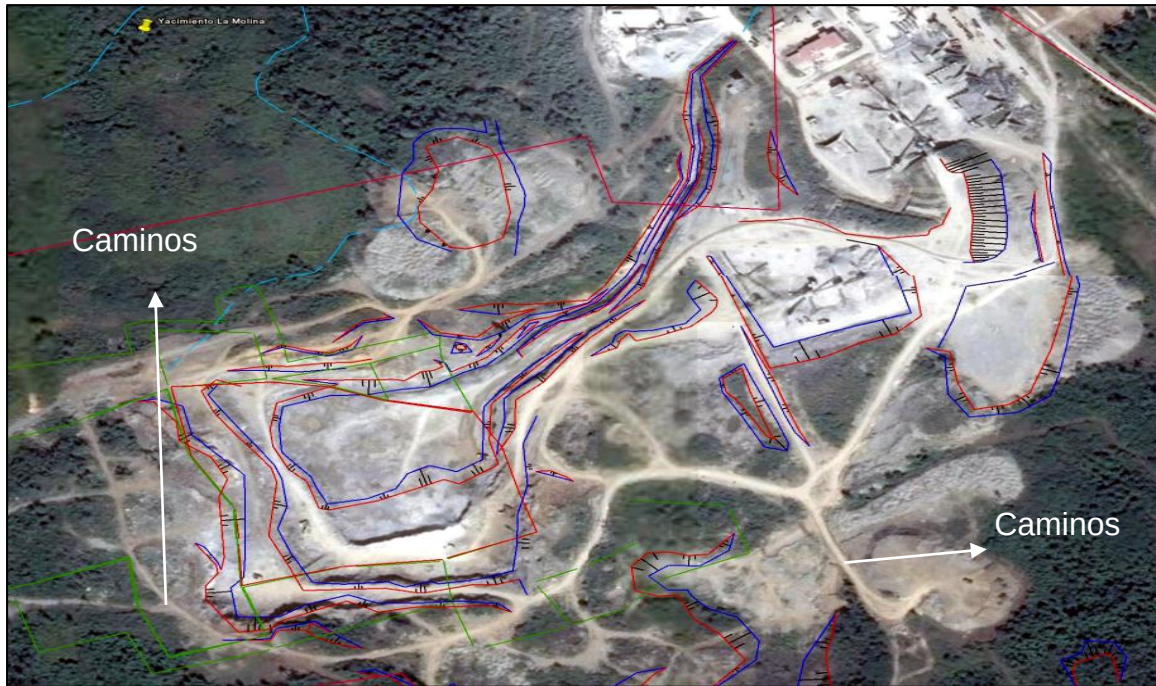


Fig.3.2. Caminos mineros.

Por lo anteriormente mencionado no es necesaria la construcción de caminos para acceder al nivel +74,0 m lo que simplifica los trabajos de preparación para la apertura de dicho nivel.

3.6. Variante de apertura para el nivel +74,0 m del yacimiento La Molina

Como el nivel a abrir está por debajo del nivel de la zanja de desagüe resulta necesaria la preparación y profundización de dicha zanja ya que el sistema de drenaje que se pretende utilizar es por gravedad y la afluencia de agua por escurrimiento o por precipitaciones puede afectar los trabajos de apertura.

La variante de apertura para este nivel se propone por el este del yacimiento a partir de la construcción de una rampa de acceso y la posterior conformación de la trinchera de corte la cual se preparara en forma de bloque y el avance del frente será en dirección este-oeste y tiene como finalidad crear un frente inicial de trabajo en el nivel.

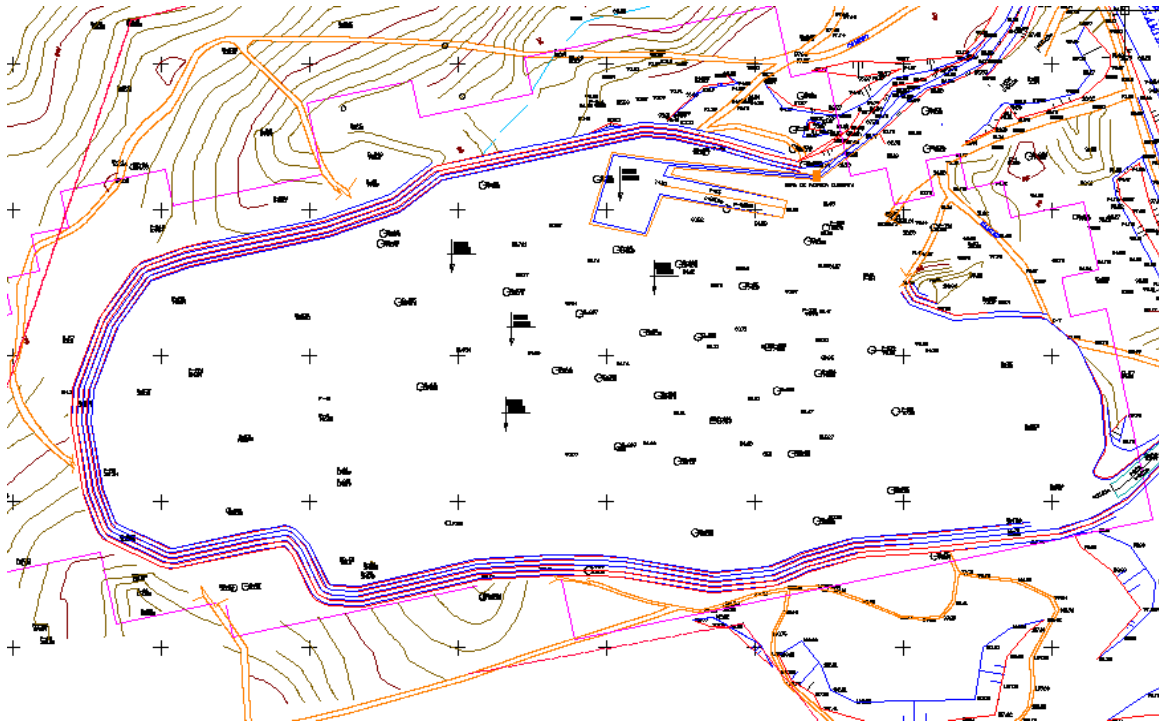


Fig 3.3. Diseño de apertura nivel +74.0 m del yacimiento La Molina

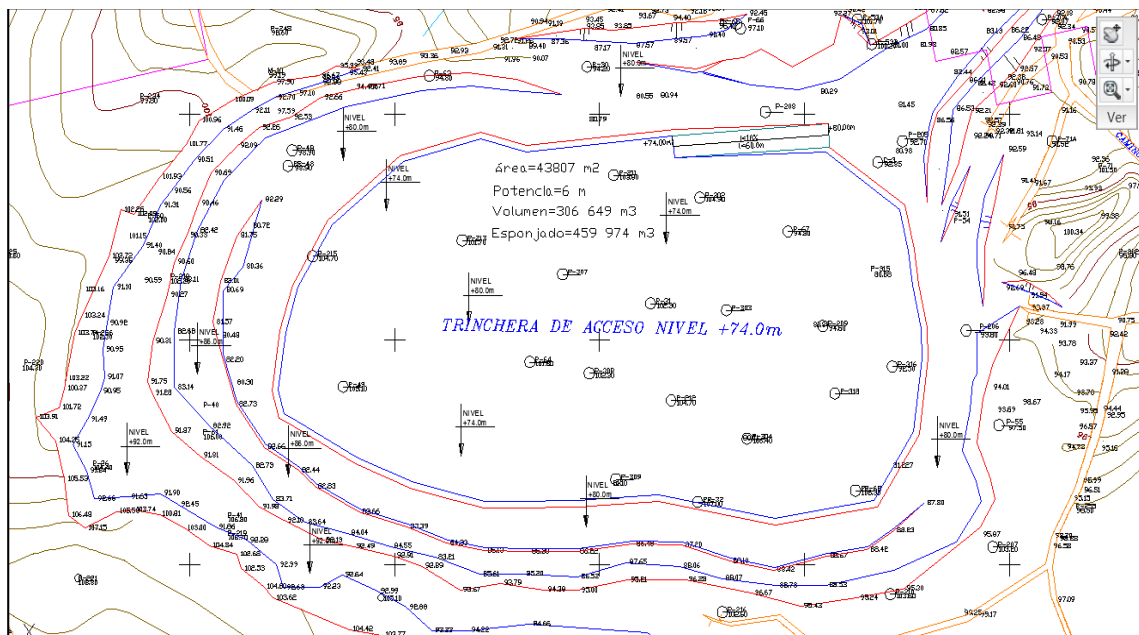


Figura N° .3.4. Vista 2D trinchera de apertura banco +74.0 m

Trinchera de apertura

Se ejecutará la trinchera de apertura por el este del yacimiento por lo que es necesario calcular sus parámetros a partir de los equipos a utilizar y las propiedades de las rocas.

Cálculo de los parámetros de la trinchera de apertura

Ancho de la trinchera de apertura por el fondo

$$B_p = 11.4 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$$

Longitud de la trinchera de apertura.

$$L_{ta} = \frac{6}{0.08} = 75 \text{ m}$$

Área de la trinchera de apertura

$$S_{ta} = 34.56 \approx 35 \text{ m}^2$$

Volumen de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = 2625 \text{ m}^3$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = \frac{41666}{35} = 1190 \text{ m/mes} = 40 \text{ m/día}$$

Tiempo de ejecución de la trinchera de apertura

$$t_{et} = \frac{L_{ta}}{V_{tc}} = \frac{60 \text{ m}}{40 \text{ m/día}} = 1.8 \text{ días}$$

Trinchera de corte

La trinchera se construirá al este de la cantera, el avance del frente será en la dirección este-oeste y se laborará con la combinación cargador-camión, se realiza a partir de la rampa de acceso y tiene como finalidad crear un frente inicial de trabajo en el nivel. A partir de la trinchera de corte se laboreará en forma de bloques que después de realizados los trabajos de perforación y voladura se dividirá en franjas de 10 m de ancho para la extracción del material volado.

Los parámetros de diseño usados están sustentados por las dimensiones y características técnicas del equipamiento que se empleará, el tipo de roca, la

garantía de la estabilidad del macizo y del drenaje y la creación de las condiciones óptimas en la operación.

Cálculo de los parámetros de la trinchera de corte

Ancho de la trinchera de corte por el fondo

$$B_p = 21.96 \approx 22 \text{ m}$$

Área de la trinchera de corte

$$S_{tc} = 135 \text{ m}^2$$

Longitud de la trinchera de corte

$$L_{tc} = 30 \text{ m}$$

Volumen de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = 4050 \text{ m}^3$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = \frac{41666}{135} = 308 \text{ m/mes} = 10 \text{ m/día}$$

Tiempo de ejecución de la trinchera de corte

$$t_{et} = \frac{L_{tc}}{V_{tc}} = \frac{30 \text{ m}}{10 \text{ m/día}} = 3 \text{ días}$$

3.7. Estrategia minera de profundización de la cantera

La cantera se conformará entre las cotas +92 m y + 68 m, implicando una profundidad de explotación máxima de unos 24 m. El orden de explotación será en forma descendente es decir desde los bancos o niveles superiores hasta los inferiores garantizando de esta manera ir ampliando paulatinamente el frente de la cantera.

En la cota +92 m se profundizará garantizando la explotación de los bancos inferiores. El coeficiente medio de destape en la explotación es de $3,3 \text{ m}^3/\text{m}^3$ como promedio

El mineral se transportará a la planta de trituración y el estéril y hacia la escombrera establecida las cuales se encuentran a una distancia máxima de 1,2 y 1,4 km respectivamente.



Fig. N° .3.5. Vista niveles de explotación.

3.8. Estrategia de drenaje de la cantera

A partir de reconocimientos realizados se concluye que el área donde se ubica el yacimiento La Molina se caracteriza por acuíferos de baja intensidad.

En tiempo de lluvia es evidente la presencia de agua, es apreciable una depresión inundada en la zanja de desagüe al sureste del área de la cantera, cuyas fuentes pueden ser las precipitaciones atmosféricas y la posible comunicación con alguna falla que mantiene comunicación con los acuíferos presentes.

Para el dimensionamiento del sistema es necesario conocer el caudal afluente. Este caudal puede ser calculado a través de la fórmula racional, multiplicándose el total de agua precipitada en la cuenca de drenaje por el coeficiente de descarga; la cantidad de agua precipitada, a su vez, puede ser asumida como el producto de la intensidad pluviométrica (en milímetros de lluvia por unidad de tiempo) por el área de drenaje. De esta forma, la expresión de la fórmula racional será:

$$Q = C \cdot i \cdot A / 3.6 \quad (51)$$

Donde:

Q = caudal (m³/s);

C = coeficiente de descarga (adimensional);

i = intensidad de precipitación pluviométrica, (36,12 mm/h);

A = área de la cuenca de drenaje, (0,56 km² correspondiendo al área mayor de las dos cuencas)

El coeficiente de descarga, considerando material arcilloso con superficie expuesta con inclinación entre 10-30 %, es de 0,8.

$$Q = 0.8 \times 0.56 \times 36.12 / 3.6$$

$$Q = 4,49 \text{ m}^3/\text{s}$$



Fig 3.6. Estrategia de drenaje de la cantera

Medidas propuesta para el drenaje

En el extremo sureste se encuentra ubicada una zanja de desagüe que se extiende a todo lo largo desde la cota +80,0 m, con una longitud de 264,0 m y una pendiente de 1,70 %, esta trinchera se conecta con una cañada que canaliza las aguas hasta una alcantarilla con invertida en la cota +72,5, con posterioridad las aguas drenan mediante una series de alcantarillas al río Mosquito. Las obras de laboreo (Trincheras, Rampas, Diseño final) se conectan a esta zanja, por lo que el piso de la cantera tendrá una pequeña inclinación de 1% con dirección sureste de tal manera que garantice la evacuación de las aguas.

Propuesta para el drenaje para la explotación del nivel +74.0 m

Previendo que la zanja de desagüe de la cantera tiene sus inicios en la cota +80,0 m y deberá profundizarse hasta la cota +74,0 m se debe garantizar la limpieza y profundización de dicha zanja por la gran afluencia de agua existente y con el objetivo de evitar la inundación y el posible paro de los trabajos de apertura. Una vez que se expandan los trabajos en la trinchera se conectará el piso de la cantera a la zanja de desagüe previamente limpiada y profundizada al menos hasta la cota +72,0 m en su punto de inicio. Para la preparación de esta zanja se estima un volumen de escombros a remover de unos 10 000 m³.



Fig 3.7. Drenaje del yacimiento

3.9. Escombrera

Las escombreras existentes son exteriores (se ubican fuera del campo de minas) y se encuentran a una distancia de 1,4 km del frente de trabajo en la ladera de la montaña al noreste y sureste de la cantera. Se laborean con buldóceres debido a que las rocas estériles son transportadas por camiones.

La tecnología de construcción es la clásica que se utiliza en estos tipos de entornos de montaña; los camiones vierten el estéril y con buldócer se esparce el material en el área.

El laboreo de escombreras con buldóceres incluye los siguientes trabajos:

- Descarga de las rocas en el talud o en la plazoleta de descarga.
- Traslado de las rocas por el talud con los buldóceres (nivelación del borde).
- Trabajos viales y de nivelación.

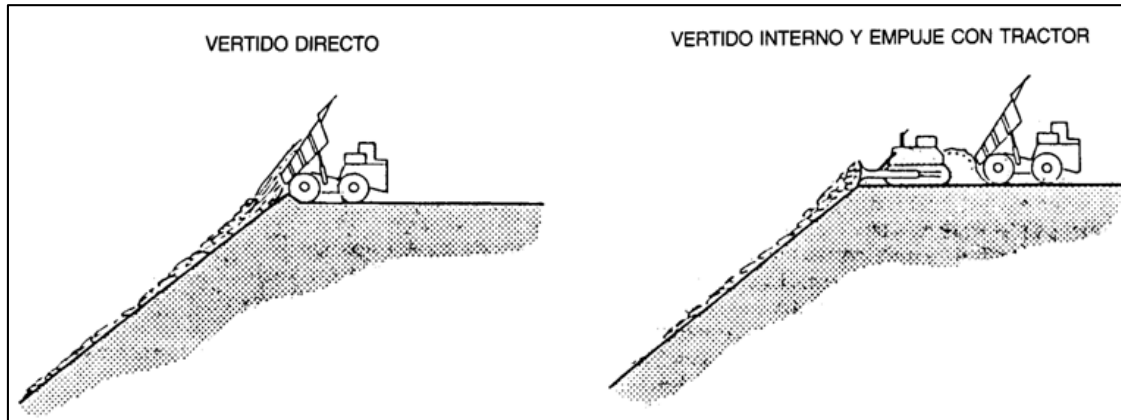


Figura N° .3.8. Vertido libre con camión y con ayuda de buldócer empujador.

El laboreo es de plazoleta; donde las rocas se descargan sobre toda el área de la escombrera, después se nivela con los buldóceres y se apisona con compactadores, aquí queda lista para la segunda capa ya que se aplica la deposición por fases ascendentes. La distancia de transportación de las rocas por los buldóceres no sobrepasa los 5-15 m. En este método primeramente se ocupa toda el área de la escombrera y luego se va incrementando la altura poco a poco, por capas. Los caminos secundarios se ejecutarán bordeando las laderas y cambiarán en la medida que se incremente la altura de las escombreras.

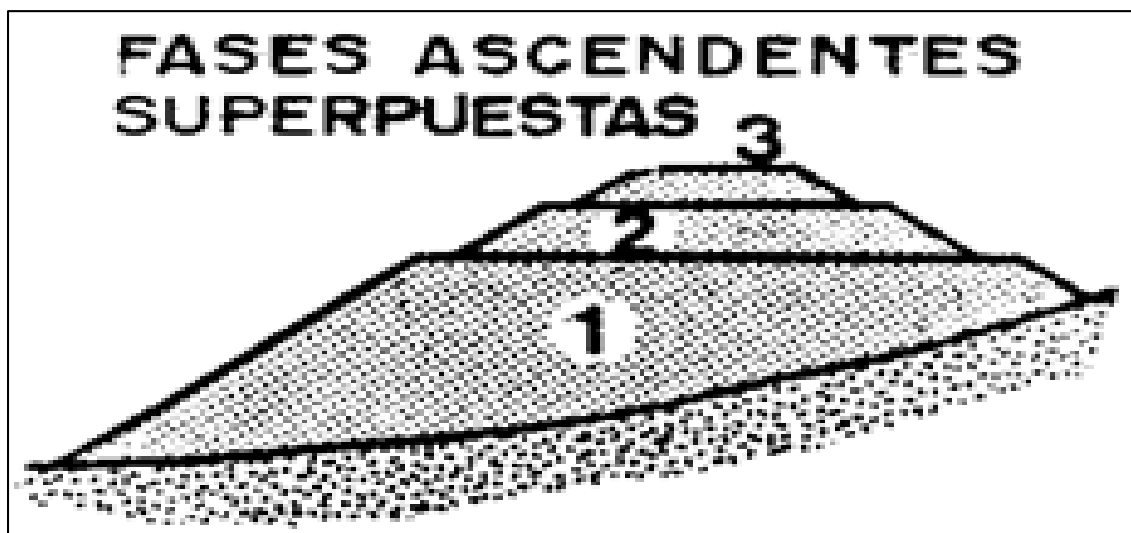


Figura N° .3.9. Conformación de escombrera por fases ascendentes.

El material de escombros a almacenar asciende a $1\,028\,800\text{ m}^3$; la escombrera diseñada posee limitaciones en su capacidad debido a la ubicación en una elevación, el volumen de admisión es de $303\,000\text{ m}^3$, se formará en 4 pisos de 6 metros cada uno.

Método de selección del emplazamiento de la escombrera

La elección del área de ubicación de la escombrera persigue diversos objetivos como son:

- Minimizar los costos de transporte y vertido.
- Alcanzar la integración y la restauración de la estructura en el entorno.
- Garantizar el drenaje.
- Minimizar el área afectada.
- Minimizar la alteración sobre hábitats y especies protegidas, etc.

Drenaje en las escombreras

Por el efecto desestabilizador que posee el agua, que es además el principal medio de transporte de la contaminación, se incluye un sistema de drenaje a través de una zanja en la periferia de las escombreras. La zanja será de 1,0 m de profundidad, la pendiente mínima será de 1,0 % y se adecuará a la topografía del lugar. La zanja

debe estar ubicada a una distancia mayor de 5,0 m del pie del talud para evitar su socavación y el consiguiente derrumbe.

Las bermas de seguridad se conformarán con una inclinación de $-2,0\%$ hacia el lado interior, de manera que las aguas pluviales sean evacuadas a través de cunetas en el pie del talud de cada piso que tendrán, a su vez, forma de “V” y con pendientes de $-2,0\%$ hacia la salida exterior de las escombreras para unirse al drenaje periférico. Debido a la erosión, estas cunetas pueden ser afectadas grandemente, por esta razón se recomienda su mantenimiento siempre que se necesite, mediante la colocación de rellenos, nivelación y reconfiguración. Se debe impedir la evacuación del agua a través de los taludes.

Monitoreo de la escombrera

A fin de lograr una seguridad operativa, se realiza el monitoreo de la escombrera como una parte integral del desarrollo de alturas considerables. La experiencia operativa ha demostrado que las fallas de los diques no ocurren sin un previo aviso. A menudo, se anteponen intervalos que van de varias horas a unos pocos días, durante los cuales se produce un desplazamiento en la región de la escombrera que avanza con celeridad. Así es que algunos registros de los índices de desplazamiento que muestran un avance progresivo suministran un claro aviso de probable inestabilidad, de manera que el personal y los equipos puedan ser desalojados del lugar antes de que ocurra un deslizamiento.

El monitoreo de la calidad realizado mediante la observación por parte del personal operativo que trabaja en la superficie de la escombrera, a menudo, es de gran importancia. Tales observaciones, como por ejemplo los lugares e índices de desarrollo de fisuras en la superficie de la escombrera y los patrones de deformación en la base de la escombrera son indicadores valiosos de mecanismos de fallas y factores que rigen la estabilidad de una escombrera individual.

3.10. Caminos mineros

El acceso al actual nivel +80,0 m se realiza por el camino principal existente al este del yacimiento y por el cual se circulan los equipos que ejecutan las operaciones de transporte de material útil a las plantas de procesamiento. A partir de este camino emergen los demás que aseguran el acceso a los diferentes niveles de explotación.

Parámetros del camino de acceso

En el diseño de los caminos de transporte hay que considerar, en relación con las unidades de transporte que se utilicen, una serie de parámetros que sin perder el ritmo de operación garanticen la seguridad. Estos son:

- Estructura.
- Pendiente.
- Ancho.
- Curvas (radios, peraltes y sobre ancho).
- Visibilidad de curvas y cambios de rasante.
- Drenaje.

Cálculo del ancho de los caminos

El ancho de los caminos se determinó a través de la ecuación número **(12)** donde se tuvieron en cuenta parámetros como el número de carriles y las dimensiones máximas de los equipos derivando el siguiente resultado:

$$A = 11,2 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$$

A – ancho total de la pista

X– ancho del vehículo (3,2 m)

n – número de carriles deseados (2)

Criterios para el mantenimiento de caminos mineros

En la construcción de un camino minero, la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo. Aunque el deterioro puede ser controlado en gran medida por el tipo de material empleado en la superficie, se

deberá considerar un programa de mantenimiento de caminos según la necesidad de seguridad y factores económicos.

Las canaletas laterales y desagües deberán ser inspeccionados de forma periódica y su limpieza sistemática debe asegurar la ausencia de obstrucciones. La brigada de mantenimiento deberá preocuparse en períodos predeterminados de inspeccionar que todas las líneas de drenaje estén libres de obstáculos.

3.11. Tecnología de los trabajos

Los trabajos mineros en el yacimiento consisten en el arranque, traslado y almacenamiento del mineral y las rocas de destape. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: la preparación de las rocas para la excavación, la excavación-carga, el traslado de la masa minera (las rocas estériles hacia la escombrera y el material útil a la planta). Además se realizarán otros procesos auxiliares minero como el suministro eléctrico, el drenaje.

Preparación de las rocas para la extracción

Esta tiene como finalidad crear las condiciones seguras para los trabajos mineros, obtener la calidad requerida del mineral extraído, asegurar las posibilidades y condiciones técnicas para el uso de los medios en los procesos posteriores. Esta etapa comprende el debilitamiento, cambio de estado y fragmentación de las rocas para facilitar su laboreo.

Los trabajos con explosivos deben garantizar el grado de fragmentación necesario, la calidad requerida del mineral, las dimensiones y la forma del montón de rocas, las cotas, dimensiones y forma de las plazoletas de trabajo y los bancos, la acción sísmica permisible sobre las edificaciones y el macizo de rocas, una alta productividad del trabajo de los equipos de excavación-carga a partir de la obtención de la granulometría adecuada, la efectividad económica y seguridad de los trabajos.

Cálculo de la granulometría optima según la abertura de la tolva del molino

$$L_r = (0,8-0,9) A = 540 \text{ mm} \quad (52)$$

Dónde:

A = Abertura de la tolva;(600–800 mm)

Estos trabajos contemplan la excavación y carga (traslado y descarga) a medios de transporte de la masa minera. La excavación de las rocas se realizará con cargador, se contará con una rampa inclinada con 8 % de pendiente y 11 m de ancho que conectará con el nivel de explotación.

3.12. Trabajos de arranque, carga y transporte

Estos trabajos constituyen los procesos tecnológicos que garantizan el cumplimiento productivo del yacimiento siempre y cuando se cumpla con una correcta planificación, dirección y control de las labores a desarrollar.

El arranque del material útil en la zona de estudio se realiza por perforación y voladura siendo también utilizada en ocasiones para el destape debido a las características físico-mecánicas de las rocas.

Para hacer el arranque con el uso de explosivos, se calculan (por método automatizado) los parámetros necesarios para los trabajos de perforación y voladuras, resultando el pasaporte de perforación y voladuras.

La actividad de carga tanto en el mineral como en el estéril, se ejecutará con el uso de cargador y retroexcavadora.

El transporte de material útil y estéril se realizara con el uso de camiones marca RANDON y VOLVO, de construcción rígida y con una capacidad de carga de $15m^3$ a una distancia aproximada de 1.2 y 1.4 km respectivamente.

Secuencia de ataque o frente de explotación

Dentro del método convencional de explotación por banqueo descendente se encuentran tres direcciones de ataque.

1. Explotación longitudinal (paralela al rumbo)
2. Explotación transversal (normal al rumbo)
3. Explotaciones diagonales o mixtas (en ángulo con el rumbo)

En este caso se avanzará la minería longitudinal, se iniciará en las cotas superiores del yacimiento y progresando de techo a muro del paquete de masa mineralizada. Una vez que el banco haya avanzado hasta el límite, avanzaremos la minería transversal garantizando la explotación total del banco.

3.13. Equipamiento minero

Para garantizar la puesta del mineral en la planta de procesamiento con los requerimientos exigidos, se necesita asegurar un parque de equipos mineros y equipos auxiliares de aseguramiento de la producción en cantidad y estado técnico óptimos.

Se realiza el cálculo del equipamiento minero necesario y parque tomando en consideración los volúmenes de trabajo para cada actividad, distancia promedio de transportación, régimen de trabajo, disponibilidad mecánica y otros datos necesarios.

A continuación se expone las características técnicas de equipamiento a utilizar durante los trabajos de apertura:

Tabla 3.1. Características cargador frontal (Volvo L – 220)

Características	símbolo	valor
altura	h	3,74 m
ancho	a	3,17 m
largo	l	7,48 m
Capacidad de la cuchara	E	4,9 m ³
Consumo combustible	C _c	20 l/h

Tabla 3.2. Características del camión Randon

Características	símbolo	valor
Altura máxima de carga	A _{mc}	3,85 m
Capacidad de carga	Q	15 m ³
Capacidad de carga real	Q _r	18,13 m ³
Consumo horario	C _c	10 l
Largo	L	7 m
Ancho	A	3,2 m
Altura	H	3,56 m

Tabla 3.3. Características camión volvo FM-440.

Características	símbolo	valor
Altura de la cama	h_c	2,90 m
Capacidad de carga	Q_c	$15m^3$
Consumo horario	C_c	10 l
Largo	L	7,50 m
Ancho	a	2,50 m

Tabla 3.4. Características de la retroexcavadora Liebherr-944.

Características	símbolo	valor
Capacidad de la cuchara	E	$1,9 m^3$
Consumo horario	C_c	35 l
Largo (esteras)	L	5,46 m
Alcance lateral	Al	10,5 m
Ancho	a	3 m
Altura	h	3,43 m

Tabla 3.5. Características del buldócer shantuy SD-23 .

características	símbolo	valor
largo	l	8553 mm
ancho	a	2140 mm
alto	h	3734 mm
Consumo horario	C_h	25 l

Régimen de trabajo

Tabla 3.6. Regimen de trabajo

Descripción	U/M	
Días calendarios	Días	365
Domingos	Días	52
Sábados	Días	26
Feriados	Días	7
Días efectivos	Días	280
Duración del turno	Horas	10
Turnos al día	U	1
Eficiencia (Coeficiente uso turno)	U	0,80

A continuación se muestra la siguiente tabla con los parámetros y resultados del cálculo del equipamiento minero para la apertura del nivel +74,0 m.

Tabla 3.7. Parámetros de cálculo

Equipos	Parámetros	U/M	Nivel +74m
Camión rígido volvo y Randon	Volumen de rajón a transportar	m^3	880000.0
	Productividad por turno	m^3/turno	345,6
	Productividad anual	$m^3/\text{año}$	96768
	Camiones trabajando	u	4
	Equipos parque	u	2
	Horas de trabajo	h	2240
	Tiempo de viaje	min	6
	Tiempo de maniobra	Seg.	40
	Viajes por día	u	24
Cargador volvo L-220	Productividad teórica	m^3/h	735
	Productividad técnica	m^3/h	539
	Productividad de explotación	m^3/h	441
	Productividad de explotación por día	m^3/dia	4410
	Equipos parque	u	2
	Cubos por camión	u	3
	Tiempo de ciclo	Seg.	24
Excavadora Liebherr-944	Equipos necesarios	u	1
	Equipos parque	u	1
	Productividad horaria	m^3/h	108
	Productividad por turno	m^3/turno	1080
	Productividad por día	m^3/dia	1080
	Equipos parque	u	1
Bulldócer Shantui SD-23	Productividad por turno	m^3/turno	1680
	Tiempo de ciclo	Seg.	66
	Volumen que se traslada en la cuchilla	m^3	7,7
Aspectos generales	Coeficiente de uso	%	80
	Disponibilidad mecánica	%	75
	Coeficiente de esponjamiento	u	1,5

3.14. Trabajos de perforación y voladura

Los explosivos a emplear en el arranque de la masa minera en este proyecto, son los fabricados por la empresa ULAEX y comercializados por EXPLOMAT, Senatel Magnafrag, Fortel Tempus, Amex, para la carga de los taladros, mientras que los medios a emplear serían el Handidet, conectores de superficie y los detonadores no eléctricos se iniciarán con detonador eléctrico y alambre para voladuras.

El ciclo general para el trabajo de perforación voladura comprende las siguientes actividades:

- Replanteo para las perforaciones
- Perforación de los taladros
- Revisión de los taladros
- Carga y conexión de los taladros
- Revisión de la red para disparo
- Avisos reglamentarios
- Disparo
- Revisión del frente volado

La selección de las sustancias explosivas (S.E) y los medios de explosión (M.E) forman una parte importante del diseño de la voladura y por consiguiente de los resultados a obtener.

Para la selección se debe tener en cuenta el precio de los explosivos, diámetro de la carga, características de la roca, volumen de roca a volar, presencia de agua, el clima de la zona, etc.

En el caso que nos ocupa y las características medio ambientales, trabajaremos con los productos principales ofrecidos por la Unión Latinoamericana de Explosivos S. A (ULAEX SA). Se trabajará en los meses de mayo-noviembre por ser el periodo de lluvia con Senatel Magnafrag como carga de fondo y Fortel tempus como carga de columna y en la etapa de diciembre-abril que corresponden a los meses de seca con Senatel Magnafrag, Fortel tempus o Amex y en ambos casos la sustancia de fondo

será el Senatel Magnafrag, siempre que las condiciones lo permitan se usará Amex para disminuir el costo de las voladuras.

Partiendo de la metodología establecida se determinaron los parámetros para el pasaporte típico del yacimiento teniendo en cuenta la altura de los bancos 6 metros y los periodos de lluvia o seca, en estos se trabajará con los equipos con que cuenta la Empresa Explomat.

La ejecución de los trabajos de perforación voladura de las rocas está previsto que se realice entre los bancos +98.0 m, +92.0 m, +86.0 m, +80.0 m, +74.0 m y +68.0 m. El arranque de todo el material útil y estéril a extraer se realizará con el uso de perforación y voladura, con diámetro de perforación 115 mm, como explosivos principales se usará la emulsión encartuchada Senatel Magnafrac y la emulsión encartuchada Fortel Tempus de diámetro 85 mm.

Resultados del pasaporte de perforación y voladura para la trinchera de acceso

Tabla 3.8.Resultados pasaporte trinchera de acceso

Parámetros	U/M	Resultados
Línea de menor resistencia (W)	m	3,7
Distancia entre taladros (b)	m	3,7
Distancia entre filas (a)	m	3,3
Numero de filas (N_f)	filas	4
Numero de taladros en la fila (N_{tf})	taladros	20
Longitud de sobre perforación (Ls)	m	0,74
Longitud de relleno (Lr)	m	2,77
Longitud real del taladro (Lt)	m	6,74
Longitud de carga (Lc)	m	4
Magnitud de carga (Q)	kg	45,99

Tabla 3.9.Profundidad de perforación por taladros

Numero de taladros en la fila	Profundidad de perforación (m)
1	0,3
2	0,6
3	0,9
4	1,2
5	1,5
6	1,8

7	2,1
8	2,4
9	2,7
10	3
11	3,3
12	3,6
13	3,9
14	4,2
15	4,5
16	4,8
17	5,1
18	5,4
19	5,7
20	6

Magnitud de carga en taladros rectos de cada columna

$Q_1=2, 29 \text{ kg}$	$Q_{11}=25, 29 \text{ kg}$
$Q_2=4, 59 \text{ kg}$	$Q_{12}=27, 59 \text{ kg}$
$Q_3=6, 89 \text{ kg}$	$Q_{13}=29, 89 \text{ kg}$
$Q_4=9, 19 \text{ kg}$	$Q_{14}=32, 19 \text{ kg}$
$Q_5=11, 49 \text{ kg}$	$Q_{15}=34, 49 \text{ kg}$
$Q_6=13, 79 \text{ kg}$	$Q_{16}=36, 79 \text{ kg}$
$Q_7=16, 09 \text{ kg}$	$Q_{17}=39, 09 \text{ kg}$
$Q_8=18, 39 \text{ kg}$	$Q_{18}=41, 39 \text{ kg}$
$Q_9=20, 69 \text{ kg}$	$Q_{19}=43, 69 \text{ kg}$
$Q_{10}=22, 99 \text{ kg}$	$Q_{20}=45, 99 \text{ kg}$

Longitud de taladros rectos de cada columna

$L_{T1}= 1,04 \text{ m}$	$L_{T11}= 4,04 \text{ m}$
$L_{T2}= 1,34 \text{ m}$	$L_{T12}= 4,34 \text{ m}$
$L_{T3}= 1,64 \text{ m}$	$L_{T13}= 4,64 \text{ m}$
$L_{T4}= 1,94 \text{ m}$	$L_{T14}= 4,94 \text{ m}$
$L_{T5}= 2,24 \text{ m}$	$L_{T15}= 5,24 \text{ m}$
$L_{T6}= 2,54 \text{ m}$	$L_{T16}= 5,54 \text{ m}$
$L_{T7}= 2,84 \text{ m}$	$L_{T17}= 5,84 \text{ m}$

$$L_{T8} = 3,14 \text{ m}$$

$$L_{T9} = 3,44 \text{ m}$$

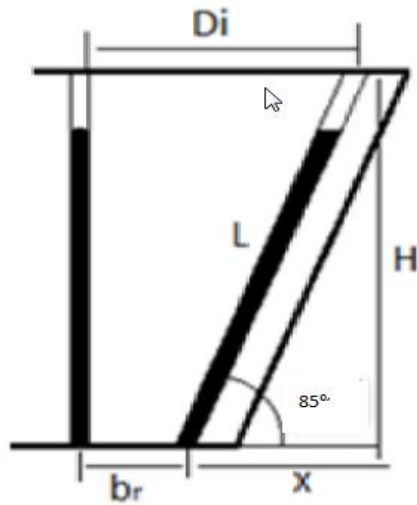
$$L_{T10} = 3,74 \text{ m}$$

$$L_{T18} = 6,14 \text{ m}$$

$$L_{T19} = 6,44 \text{ m}$$

$$L_{T20} = 6,74 \text{ m}$$

Distancia entre taladros rectos e inclinados



$$Di = x + br = 6,8 \text{ m}$$

br - distancia entre filas de taladros rectos

$$x = \sqrt{L^2 - H^2} \quad (\text{teorema de Pitágoras})$$

L - longitud hasta donde se pretende realizar la apertura (6,74 m)

H - altura hasta donde se pretende realizar la apertura (6 m)

NOTA: La magnitud de carga y la longitud de los taladros inclinados es la misma que la de los rectos ya que el ángulo de inclinación es de 85° y el seno de este es de 0,99.

A continuación se muestra el resultado del cálculo de perforación y voladura para la **trinchera de corte** con los diámetros de perforación utilizados en el yacimiento.

Tabla 3.10. Resultado del cálculo de perforación y voladura (corte)

Para bancos de 6.0 m S.E: Senatel Magnafrac y Fortel	u.m	Ø de perforación	
		115 mm	89 mm
Línea de menor resistencia	m	3,7	3,4
Distancia entre fila	m	3,3	3
Distancia entre taladros	m	3,7	3,4
Número de filas	u	7	8
Número de taladros en una fila	u	9	10
Longitud de sobre perforación	m	0,74	0,68
Longitud de relleno	m	2,8	2,5
Longitud del taladro	m	6,74	6,68
Longitud de carga	m	4	4,2
Magnitud de carga	kg	41	34
Carga de fondo (20%)	kg	8,2	6,8
Cartuchos en el fondo	u	3	3
Carga de columna (80%)	kg	32,8	27,2
Cartuchos en la columna	u	12	12
Volumen desprendido por metro de taladro	m ³ /m	11,2	9,6
Volumen desprendido por un taladro	m ³ /tal	83,7	69
Cantidad de taladros en una voladura	u	63	80
Volumen arrancado por la voladura	m ³	4352,4	2692,8

CAPITULO IV: COSTO DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

4.1. Valoración económica

En este acápite se hace una estimación de costos y gastos en los cuales se incurrirá para llevar a cabo la apertura del nivel +74.0 m teniendo en cuenta la perforación y voladura, carga y transporte, mantenimiento y neumáticos.

4.2. 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.

4.3. Gastos directos para la apertura del nivel +74,0 m

El gasto de salario incluye todos los gastos relacionados con el pago de la mano de obra necesaria para cada una de las operaciones. El consumo de combustible fue calculado teniendo en cuenta el consumo horario de cada equipo. El cálculo de gasto por neumáticos y por mantenimiento se realiza teniendo en cuenta sistema de gestión de costos de la empresa de Canteras.

Gastos originados por los trabajos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por Explomat, la Empresa de Servicios Minero Geólogo, el costo del servicio es de 5,01 por m³ de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 592 000 m³ de roca in situ el gasto total es de:

$$G_{pv} = V_{roca} \times 5,01$$

$$G_{pv} = 592\,000 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$2363217$$

Gastos originados por la carga y transporte (nivel +74)

Tabla 4.1. 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	12	50 400
Operario del Buldócer	2	2550	12	61 200
Operario del camión	6	2300	12	165 600
Total	10			277 200

Tabla 4.2. Gastos por concepto de combustible G_c

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación	Precio del litro (US\$)	Costo total
Excavadora	2	35	2240	0,87	136 416
Cargador	2	20	2240	0.87	77 952
Buldócer	2	25	2240	0,87	97 440
Camión	6	10	2240	0,87	116 928
Total	10	90			428 736

Gastos durante la carga y transporte

$$G_{ct} = G_s + G_c$$

$$G_{ct} = 277200 + 428736$$

$$G_{ct} = \$705936$$

Gastos totales originados consumo de neumáticos

Tabla 4.3. Gastos totales por concepto de neumático G_n

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumático al año (U)	Costo de neumático(US\$)	Costo total
Cargador	2	8	5.000	40000
Camión	6	36	500	18000
Total				58000

Gastos totales por consumo de neumático

$$G_n = \$58.000$$

Gastos totales originados mantenimiento

Tabla 4.4. Gastos totales por concepto de mantenimiento G_m

Equipos	Cantidad Equipos	Horas Operación	Costo por hora	Costo total
Bulldócer	2	2240	10,62	47 577,6
Cargador	2	2240	9,65	43 232
Excavadora	2	2240	20,54	92 019,2
Camión	6	2240	10,57	142 060,8
Total				324 889,6

Gastos directos generales

$$G_d = G_{ct} + G_{pv} + G_n + G_m$$

$$G_d = 705936 + 2363217 + 58000 + 324889,6$$

$$G_d = 3452042,1 \$$$

Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d \times 0.12$$

$$G_i = 3289151 \times 0.12$$

$$G_i = \$414245,1$$

Gastos totales de la variante de apertura

$$G_t = G_d + G_i$$

$$G_t = 3452042,1 + 414245,1$$

$$G_t = \$3\,866\,287,7$$

Costo por metro cubico de roca extraído

$$C_{me} = \frac{G_t}{V} = 4,35 \$/m^3$$

V- volumen a extraer (888 163 m³)

4.4. Protección del medio

En el artículo 41 c) de la Ley de Minas expresa que:

“Todos los concesionarios están obligados a preservar educadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades, tanto en dichas áreas como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados”

Por eso, en este capítulo se trata de identificar, predecir y prevenir las alteraciones ambientales producidas por las actividades extractivas hasta el procesamiento de la materia prima.

La mayor parte de las actividades que desarrollan en la cantera por los trabajadores o por los medios son en mayor o menor medida agresivas para la naturaleza. La

minería reviste especial interés ya que después de proceder a la extracción de los recursos naturales si no existe una restauración posterior, los terrenos quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento.

4.5. Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera de apertura del nivel +74,0 m

Se identificaron los siguientes impactos:

Sobre el suelo:

- Degradación, principalmente por el proceso de erosión producido por la acción del agua, el viento, equipos y personal que operan en el yacimiento.

Sobre la atmósfera:

- Existencia de grandes cantidades de polvo en el ambiente producto de los camiones, por la acción del viento sobre superficies cubiertas de partículas finas.
- La acción del ruido debido al movimiento de los equipos de carga y de transporte.
- La acción del ruido debido a los trabajos de perforación y voladura.

Sobre el paisaje:

- Pérdida de la calidad del paisaje debido de la extracción del material útil y la conformación de la cantera al final de la explotación.

4.6. Medidas generales de protección y mitigación de impactos

Entre las medidas encontramos las siguientes:

1. Riego de agua o estabilizante químico a los caminos una o dos veces en el turno de trabajo.
2. Realizar pantalla rompe viento donde se pueda para disminuir los efectos del viento en el suelo y así disminuir la erosión.
3. Los camiones de carga de mineral transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
4. Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
5. Eliminación de montículos y repies en el área de explotación.
6. Limpieza de las áreas de drenaje.

7. Realizar un control de los trabajos de perforación y voladura para minimizar el efecto de ondas sísmicas que provocan vibraciones y ruido.

4.7. Medidas generales de seguridad del trabajo

La Empresa Canteras en La Habana tiene como tarea principal asegurar la salud y seguridad del recurso humano, la cual implementa las medidas dirigidas a la satisfacción y mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo de los trabajadores, cumpliendo los requerimientos legales establecidos.

Medidas de seguridad para el trabajo con buldócer

- Se prohíbe operar los equipos con fallas en los sistemas de seguridad de los mismos.
- Se prohíbe pasar a una distancia menor de 10,0 m por detrás de los equipos trabajando.
- Se prohíbe trabajar en los bordes de los taludes que sean inestables o con altura mayor de 10,0 m.
- No transportar personas en la cabina ni en las parrillas laterales.

Medidas de seguridad en los camiones

Aparte de las medidas de seguridad reguladas en el código del tránsito, los choferes observarán las siguientes:

- No se puede adelantar a otro vehículo de transporte en movimiento.
- En tiempos lluviosos o de mucho polvo, se reducirá la velocidad al mínimo, al cruzarse con otros Equipos.
- No se acercará durante la descarga a menos de 4,0 m a los bordes de los taludes que tengan una altura mayor de 4,0 m.
- No se desplazará el vehículo con la volqueta levantada.
- No se permite llevar personas fuera de la cabina.

Medidas de seguridad para el trabajo con las retroexcavadoras y cargadores

- No se permiten personas ni equipos en el área de trabajo de las excavadoras en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- Las excavadoras deben trabajar sobre plataformas planas y compactadas.
- No se trabajará en taludes mayores de 10,0 m de altura cuando existan grietas o zonas inestables.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.
- El traslado de una retroexcavadora solo puede realizarse bajo la supervisión del jefe de turno u otra persona calificada.
- Las retroexcavadoras deben estar provistas de señalización sonora para indicar el inicio y fin de cada operación a realizar.

Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos

- El transporte de explosivos se realizará por personas autorizadas en vehículos especialmente diseñados para este propósito. Estos medios de transporte llevarán señales especiales para distinguirlos de otros vehículos.
- La cantidad de explosivo transportada será la precisa para su uso inmediato.
- La carga de las S.E debe realizarse bajo la supervisión de una persona calificada (Artillero).
- Debe existir un mecanismo de alarma para evacuar al personal del frente en caso de accidente durante el proceso de carga.
- El artillero debe ser el primero en entrar a la zona después del disparo, comprobando que el explosivo se ha consumido y han detonado todos los taladros.
- En caso de fallar algún taladro se perforará un taladro paralelo y a una distancia de 20 cm, una vez cargado se disparará.

CONCLUSIONES

1. La caracterización ingeniero geológica de la zona de estudio permitió establecer los parámetros para la apertura del yacimiento La Molina.
2. La variante de apertura con trinchera de acceso de 75 m de longitud, 8 % de pendiente y 11 m de ancho por la zona este del yacimiento permite la explotación desde el nivel +74 m hasta el +68 m del yacimiento La Molina.
3. El costo por metro cúbico de roca extraída en el yacimiento es de durante el año calculado asciende a 4,35 \$/m³.
4. Se establecieron las medidas para mitigar los impactos ambientales y de seguridad en el trabajo.

RECOMENDACIONES

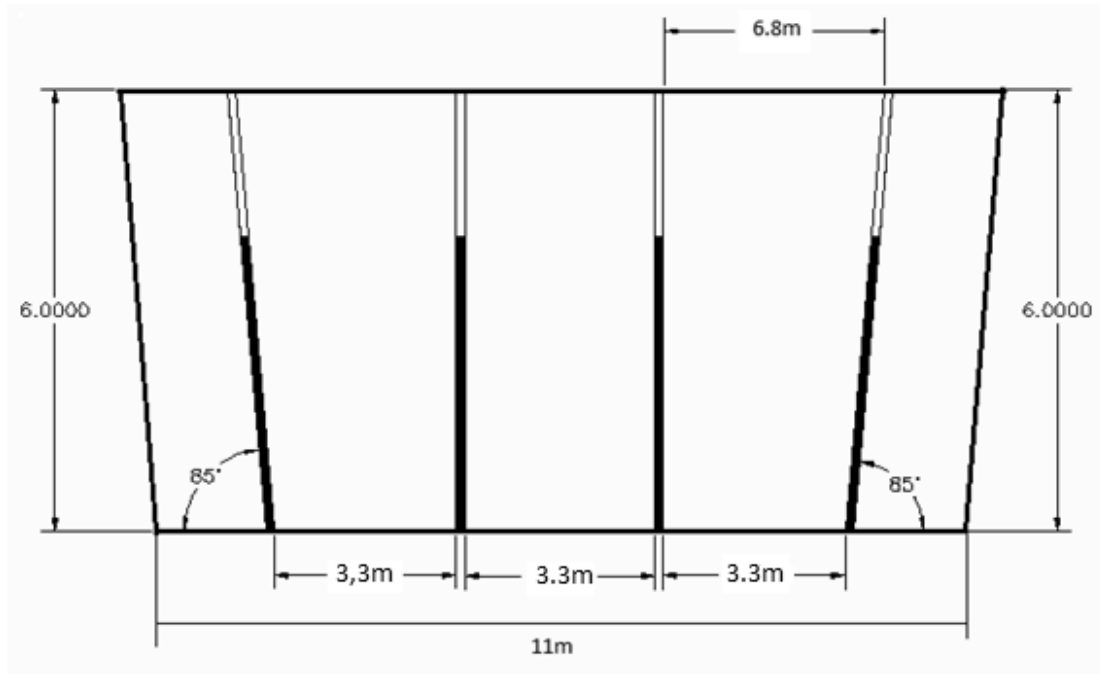
1. Realizar un estudio hidrogeológico más profundo del yacimiento ya que en el mismo existe gran afluencia de agua y en el presente trabajo no se realiza cálculo de desagüe.
2. Para incrementar el ritmo de producción del yacimiento la Molina como se puede suponer debido a la intensificación de las construcciones en la Zona de Desarrollo Exclusiva del Mariel se debe renovar el equipamiento minero considerando su estado técnico y cantidad.

BIBLIOGRAFIA

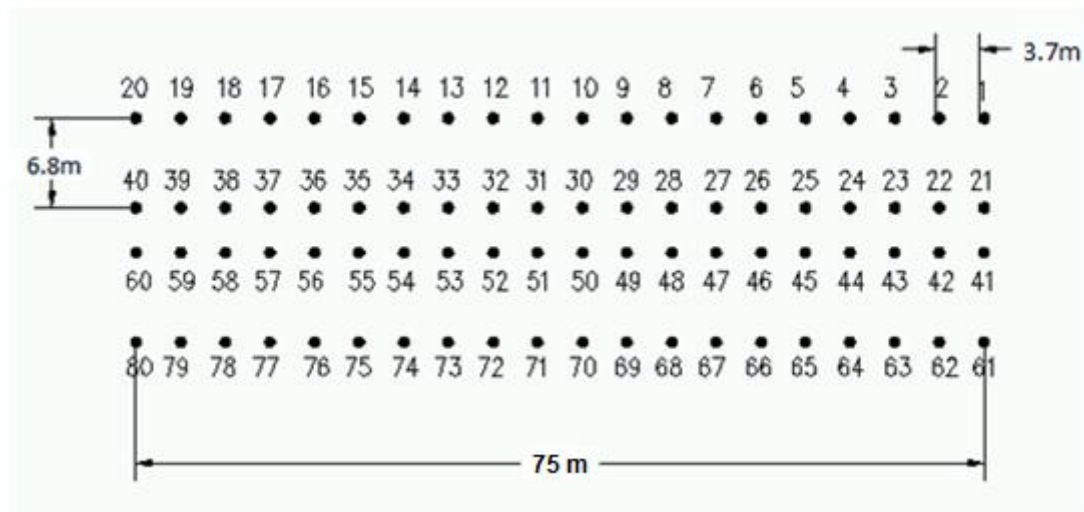
- 1 Álvaro C.A. (2000). Situación actual de la explotación de canteras en el distrito Capital.
- 2 Bustillo M et al. (1997) Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras, Madrid.
- 3 Ceproníquel (2016). Proyecto de actualización del yacimiento no metálico La Molina.
- 4 Cesar A.P Diseño de voladura a cielo abierto. Manual.
- 5 Díaz Á. J et al. (2006) Curso de Minería a Cielo Abierto Planificación, Operación y Geomecánica Aplicada Universidad de Santiago de Chile -Departamento de Ingeniería en Minas.
- 6 Estudios mineros del Perú S.A.C, Manual de Minería, Lima – Perú
- 7 Hernández A (2012). Propuesta del incremento de los recursos en el yacimiento Nieve morejón.
- 8 Herrera H.J (2007). Diseño de explotaciones de canteras.
- 9 Jatib, N. H. (2014). Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos. minería. Moa, ISMM.
- 10 Jimeno, C. L. (2006). Los áridos el recorrido de minerales,
- 11 Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo
- 12 Otaño Noguel. J. (1998). Fragmentación de roca con explosivos. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
- 13 Otaño Noguel. J. (2013). Nociones de Minería. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
- 14 Polanco Ramón Almanza Conferencia de Métodos de apertura
- 15 Prasad D.L.R Open pit design and scheduling-IT solution for long term planning.
- 16 Rathi P.D (2010) Open cast mine planning.
- 17 Tannant Dwayne D; Regensburg Bruce (2001). Guidelines for Mine Haul Road Design.
- 18 Urbina, F. P. O. (1994), Fundamentos de Laboreo de Minas, España.
- 19 Urbina, F. P. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras.

ANEXOS

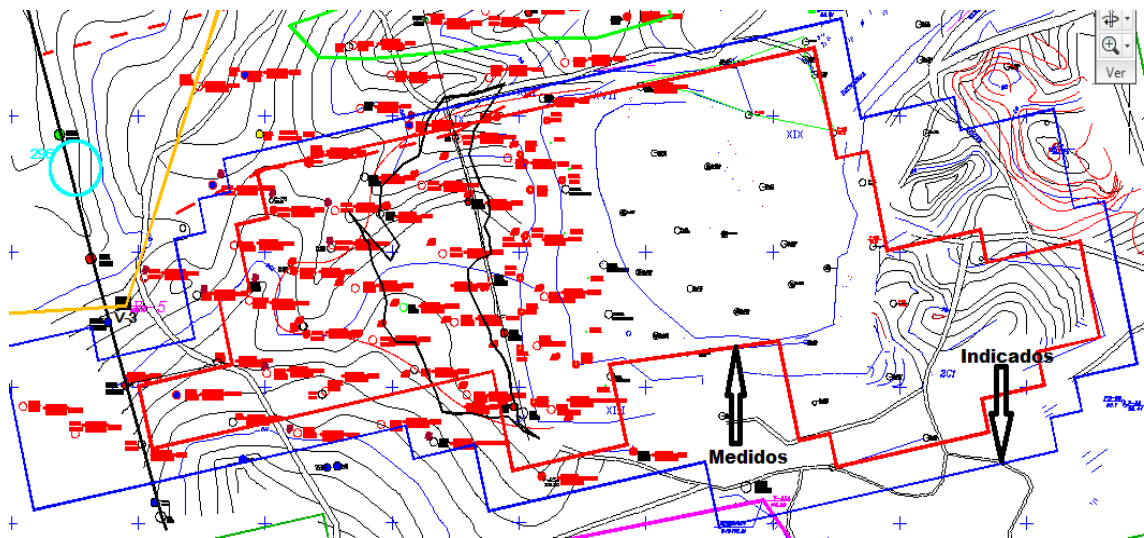
Anexo 1: Perfil transversal de la trinchera de acceso



Anexo 2 : Disposición de los taladros en la trinchera de acceso



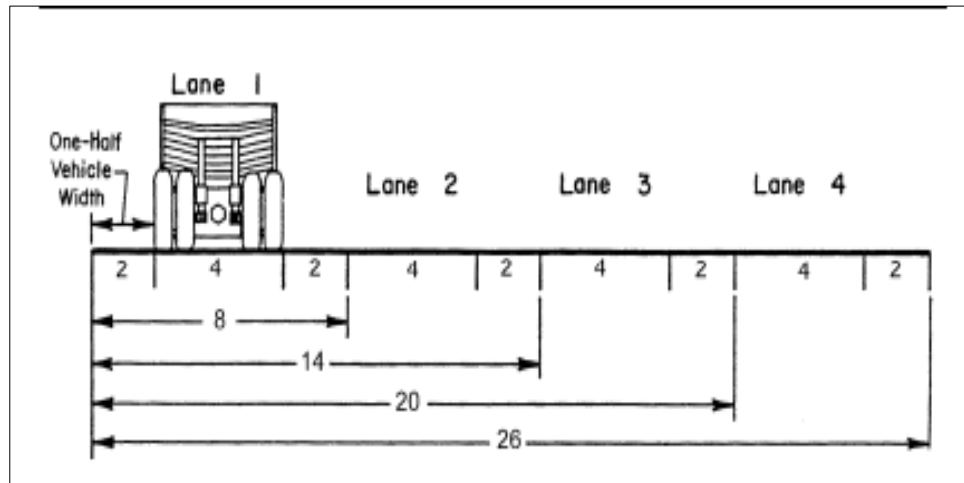
Anexo 3. Límite de recursos



Anexo 4: Recursos existentes desde el banco +80 m hasta el +68 m

Recursos	Banco	Volumen (m3)	Marca (kg/cm2)
Medidos	+74.0 m	706.477	800
	+68.0 m	447.288	800
Subtotal Medidos		1.153.765	800
Indicados	+74.0 m	181.686	800
	+68.0 m	112.111	800
Subtotal Indicados		293.797	800
Total M+I		1.447.532	800

Anexo 5: Esquema del ancho de los caminos según el número de carriles



Anexo 6: Camión rígido volvo



Anexo 7: Camión rígido Randon



Anexo 8: Cargador volvo L-220



Anexo 9: Excavadora Liebherr-944



Anexo 10: Buldócer Shantui

