



## Apertura del sexto horizonte de la cantera de materiales para la construcción El Cacao\*

**Ana Beatriz Parra Silva**

Especialidad: Ingeniería en Minas

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** La cantera de materiales para la construcción "El Cacao", en la provincia Granma, se explota actualmente a través de cinco frentes de trabajo. Al ser una de las de mayor aporte de materiales para la construcción a la región oriental se hace necesario la apertura de un nuevo horizonte de explotación, con el objetivo de continuar la extracción de materia prima. La apertura se efectuó mediante la realización de una trinchera de acceso que va de la cota +219 a la +211; para ello se efectuaron los cálculos de todos sus parámetros, como son: longitud, ancho y pendiente. Se realizaron los pasaportes de perforación y voladura, tanto para la trinchera de acceso como para la de corte. Se hizo el cálculo de los principales parámetros de los equipos a utilizar en la construcción de la misma. Por último, se determina la cantidad de días necesarios para la apertura.

**Palabras clave:** cantera; materiales de la construcción; horizonte.

---

\* Trabajo tutorado por el Dr. C. Roberto Watson Quesada.  
Recibido: 18 septiembre 2015 / Aceptado: 23 abril 2016.

## Opening of the six front in El Cacao construction material quarry

**Abstract:** The exploitation of the construction material quarry El Cacao located in the province of Granma is currently conducted in five mining fronts. As this quarry is one of the major suppliers to the western area it is required to open a six front in order to continue the extraction of materials. To open new front, an access trench was drilled from the +219 to the +211 elevation. All parameters such as length, width and slope were calculated. Drill holes and blasting grids were completed for both the access and blasting trenches. The most important parameters of the equipment to be used in the construction of the trench were calculated as well as the number of days required for the execution of the work.

**Key words:** quarry; materials of construction; front

## **Introducción**

La cantera El Cacao, situada en el municipio de Jiguaní, en la provincia de Granma, es una de las que aporta gran cantidad de materiales para la construcción al territorio oriental y garantiza el envío de diversos productos que se necesitan para llevar a cabo tareas planteadas por la Revolución, lo cual contribuye con el aporte socioeconómico para la construcción del socialismo.

Dicho yacimiento se explota actualmente a través de cinco frentes que se dividen en tres sectores: hacia el suroeste el sector I; hacia el noroeste el sector II y al noreste el sector III. La explotación de la cantera se ha ido ampliando hacia los límites por toda la periferia del área, tanto hacia el final como hacia los laterales del macizo, en dirección NE (Hernández *et al.*, 2014).

Debido a la necesidad de materias primas y el agotamiento del frente que actualmente se explota se hace necesario realizar la apertura del sexto horizonte para continuar su explotación. La apertura de nuevos horizontes ha estado presente en Cuba desde el comienzo de los trabajos mineros y continúa vigente en todas las canteras de materiales para la construcción y minas del país.

En el año 2002 se realizó el proyecto de la apertura del quinto frente de la cantera El Cacao, que se realizó mediante una trinchera interior, la cual va desde la cota +234 a la +219, con una longitud de 260 m, un ancho de 11,5 m y la altura del banco es de 15 m. Este frente actualmente se encuentra en explotación; por su importancia económica ha sido estudiado por diversos autores (Handjaba, 2012; Pedro, Joe & Otaño, 2006; Hernández, Ulloa & Rosario, 2011).

## **Diseño de la apertura del sexto horizonte**

### **Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso**

Con la apertura de este nuevo frente se obtiene un volumen de reservas listas de 900 000 m<sup>3</sup> en un área de 60 000 m<sup>2</sup> (hasta donde llega el avance de los horizontes superiores). La cantera, con una extracción anual de 240 000 m en macizo, asegura reservas para cuatro años de explotación en este solo frente.

Se prevé la apertura a través de una trinchera de acceso que irá de la cota +219 a la cota de proyecto +211. La trinchera se encontrará a una distancia de 400 m de la planta y las coordenadas del punto de inicio y fin de la misma son las siguientes:

Punto de inicio:

X: 542 103,6710

Y: 180 889,4557

Punto final:

X: 542 187,7230

Y: 180 993,1367.

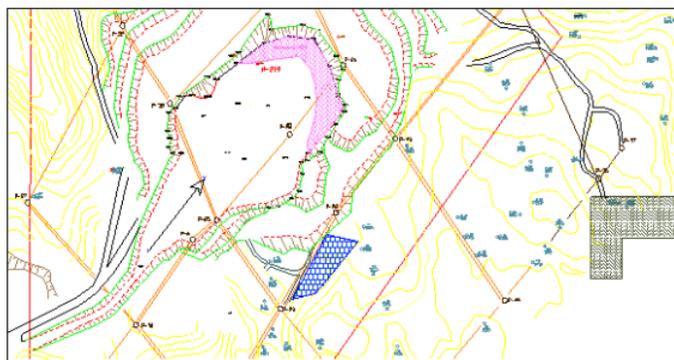


Figura 1. Ubicación de la trinchera de acceso.

Teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas del material a extraer se planifica la fragmentación de la roca con perforación y voladura.

Los trabajos proyectados para la construcción de la trinchera de acceso se ejecutarán mediante la excavación en roca dura; trabajos encaminados a extraer el material útil que se encuentra en la sección de la vía y que permite el acceso al nuevo escalón.

Longitud de la trinchera de acceso:  $LD = \frac{H \cdot 100}{i}$

Donde:  $i$ - Pendiente del camino (8 %);

H- Altura (11 m).

La trinchera de acceso tendrá una longitud de 140 m. Para obtener los volúmenes a extraer en la trinchera de acceso se realizaron siete secciones distantes a 20 m cada una.

El área de cada una de las secciones se calculó por la regla del trapecio.

$$A_m = h * \frac{B + b_n}{2}$$

Donde:

B- Ancho superior, m;

b<sub>n</sub>- Ancho por el piso de la trinchera acceso, 11,5 m.

El cálculo del volumen se realizó por la siguiente fórmula:

$$V_m = \frac{A_0 + A_1}{2} \times L + \frac{A_1 + A_2}{2} \times L + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} \times L$$

Donde:

V<sub>m</sub>- Volumen en macizo, m<sup>3</sup>;

A- Área de las secciones, m<sup>2</sup>;

L- distancia entre las secciones, m. L= 20 m.

Tabla 1. Áreas de las secciones así como la de los volúmenes

No. de las secciones	Estacionado	Roca dura		
		Área (m <sup>2</sup> )	Long (m)	Vol (m <sup>3</sup> )
0	0+000	-	-	-
1	0+020	19,3	20	193
2	0+040	39,1	20	584
3	0+060	50,3	20	894
4	0+080	63,3	20	1 136
5	0+100	82	20	1 453
6	0+120	98	20	1 800
7	0+140	115,5	20	2 135
Total				8 195
Volumen Total esponjado (1,50)				12 295,5

### Cálculo de volúmenes en la trinchera de corte

#### Determinación del ancho por el piso de la excavación en la trinchera de corte

$$b_c = 2(n + R) + A$$

$$b_c = 24,3 \text{ m}$$

Donde:

b<sub>c</sub>- Ancho por el piso de la trinchera de corte;

- n- Ancho de los bordes sobrantes de la franja rodante, 0,4 a 1,0 m;  
 R- Radio de giro del camión;  
 A- Ancho del camión.

### **Cálculo de volúmenes de la trinchera corte**

$$V_{TC} = (b_c + H * \cot\beta) * H * L \quad V_{TC} = 39\,999\text{m}^3$$

Donde

- H- altura del escalón, m;  
 $\beta$ - ángulo del talud;  
 L- longitud de la trinchera de corte, m.

### **Equipamiento minero y de transporte para la trinchera de acceso y corte**

#### **Cargador frontal volvo L180E**

El equipamiento previsto para realizar los trabajos de extracción y carga de los camiones volteo es un cargador frontal volvo L180E, por lo que se calcula la productividad que este puede alcanzar en el periodo de apertura.

#### **Productividad del cargador frontal volvo L180E**

$$Q_c = \frac{3600 * E_{carg} * T_t * K_{ll} * K_u}{T_c * K_e} = 2566 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

- E<sub>carg</sub>- Capacidad de la cuchara del cargador, - 4,4;  
 T<sub>t</sub>- Tiempo del turno de trabajo, -12 h;  
 K<sub>ll</sub>- Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador, - 0,75;  
 K<sub>u</sub>- Coeficiente de utilización del cargador, - 0,81;  
 T<sub>c</sub>- Tiempo de ciclo, - 30 s;  
 K<sub>e</sub>- Coeficiente de esponjamiento, -1,5.

#### **Tiempo de ciclo del cargador frontal**

$$T_c = t_{ll} + t_{mc} + t_d + t_{mv} = 30 \text{ seg}$$

Donde:

- t<sub>ll</sub>- Tiempo para llenar la cuchara del cargador, - 7 s;  
 t<sub>mc</sub>- Tiempo de movimiento cargado, - 9 s;

td- Tiempo de descarga de la cuchara, - 6 s;

tmv- Tiempo de movimiento vacío, - 8 s.

### Cantidad de cargadores necesario para la carga del transporte

$$C_c = \frac{K_{irr} \cdot V}{Q_c \cdot N_t \cdot N_d} = 0,7 \approx 1 \text{ cargador}$$

Donde:

K<sub>irr</sub>- Coeficiente de irregularidad de los trabajos del cargador, 1,15;

V- Volumen de material que tiene que cargar el cargador, 72 295,2 m<sup>3</sup>;

N<sub>t</sub>- Número de turnos de trabajo del cargador, 1;

N<sub>d</sub>- Número de días de trabajo del cargador; 46 días;

Q<sub>c</sub>- Productividad del cargador, 2 566 m<sup>3</sup>/turno.

### Cantidad de cucharones necesarios para la carga del transporte

$$N_c = \frac{E_{cam}}{E_{carga} \cdot k_{ll}} = 4,2 \approx 4 \text{ cucharones}$$

Donde: E<sub>cam</sub>- Capacidad de carga del camión, - 14 m.

### Transporte automotor

El transporte del material se prevé realizarlo con camiones volteo Velaz 7540 desde el frente de trabajo hasta el molino. Los camiones se desplazarán a una velocidad de 20 km/h cargados y 25 km/h vacíos; estos equipos serán cargados por el cargador frontal Volvo L 180 E.

El cálculo de la necesidad de camiones volteo realizado por el cargador frontal volvo se determinó de la siguiente forma:

#### 1. Cálculo del tiempo de recorrido total del camión

$$T_{rt} = t_{rc} + t_{rv} + t_c + t_d + t_{md} + t_{er} = 9,56 \text{ min}$$

Donde:

t<sub>rc</sub>- Tiempo de recorrido cargado,- 1,2 km/h;

t<sub>rv</sub>- Tiempo de recorrido vacío, - 0,96 km/h;

t<sub>c</sub>- Tiempo de carga, - 2 min;

td- Tiempo de descarga, - 0,5 min;  
 tmc- Tiempo de maniobra durante la carga, - 0,5 min;  
 tmd- Tiempo de maniobra durante la descarga, - 0,4 min;  
 ter- Tiempo de espera y retención, - 4 min.

## 2. Tiempo de recorrido cargado

$$trc = 60 * \frac{dprc}{Vprc} = 1,2 \text{ min}$$

Donde:

dprc- Distancia promedio de recorrido cargado, - 400 m;  
 Vprc- Velocidad promedio de recorrido cargado,- 20 km/h.

## 3. Tiempo de recorrido vacío

$$trv = 60 * \frac{dprv}{Vprv} = 0,96 \text{ min}$$

Donde:

dprv- Distancia promedio de recorrido vacío, - 400 m;  
 Vprv- Velocidad promedio de recorrido vacío, - 25 km/h.

## 4. Tiempo de carga de un camión

$$tc = \frac{Nc}{Nciclo} = 2 \quad Nciclo = \frac{60}{Tc} = 2$$

Donde:

Nc- Cantidad de cucharas cargadas en un camión, - 4;  
 Nciclo- Cantidad de ciclos de excavación en un minuto,- 2;  
 Tc- Tiempo de ciclo del cargador, - 30 s.

## 5. Cálculo de la cantidad de viajes de un camión por turno

$$Nv = \frac{Tt - (Top + Tdes)}{Trt} = 61 \text{ viajes}$$

Donde:

Tt- Duración del turno de trabajo, - 720 min;  
 Top- Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales;  
 Tdes- Tiempo de descanso en el turno de trabajo, - 90 min.

## 6. Cálculo del volumen de rocas que cabe en el camión

$$V = E_{carg} * K_{ll} * N_c = 13,2 \text{ m}^3$$

Donde:

$E_{carg}$ - Capacidad de carga del cargador, - 4,4 m;

$K_{ll}$ - Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador, - 0,75;

$N_c$ - Cantidad de cucharas cargadas en un camión, - 43.

## 7. Cálculo de la productividad del camión por turnos

$$Q_t = N_v * k_{ll} * E_{cam} = 802,76 \text{ m}^3/\text{turno}$$

$$k_{ll} = \frac{V}{E_{cam}} = 0,94$$

## 8. Cálculo de la cantidad de camiones trabajando en el turno

$$N_{trab} = \frac{P_{tc}}{Q_t * K_{uc}} * K_{irr} = 1,8 \approx 2 \text{ camiones}$$

Donde:

$P_{tc}$ - Productividad de la cantera por turno, -1224 m;

$Q_t$ - Productividad del camión por turno, -802,76 m;

$K_{uc}$ - Coeficiente de utilización de los camiones en el turno, - 0,81;

$K_{irr}$ - Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo, - 0,9.

## 9. Cálculo de la cantidad de camiones en inventario

$$N_{inv} = \frac{N_{trab}}{K_{pt}} = 2,4 \approx 3 \text{ camiones}$$

$K_{pt}$ - Coeficiente de preparación técnica del equipo.

## Bulldócer Komatsu D-155Ax

### 1- Productividad del bulldócer

$$P_t = \frac{3600 * T_t * V * K_a * K_u * K_i}{K_e * T_c} = 1691,5 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

Tt- Duración del turno de trabajo, -12 h;

V- Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla,- 6,4 m<sup>3</sup>;

Ka- Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del buldócer tiene forma de caja, - 1;

Ku- Coeficiente de utilización del buldócer en el turno, - 0,81;

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

Ke- Coeficiente de esponjamiento, - 1,5;

Tc- Duración del ciclo, - 66,2 s.

## Trabajos de perforación y voladura

### Equipamiento técnico

Los trabajos de perforación y voladura son contratados a la empresa EXPLOMAT; estos se realizan con una carretilla barrenadora, modelo Rock 460 PC, que utiliza un compresor Atlas Copco XHAS - 365, con diámetro del taladro de 115 mm.

### Cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora

$$P_{cb} = \frac{Dt - (T_{pc} + T_{pr})}{T_f + T_o}$$

Donde:

D-t Duración del turno de trabajo, 720;

Tpc- Tiempo de operaciones preparatorias conclusivas, 30;

Tpr- Tiempo de paradas reglamentarias en el turno, 25;

Tf- Tiempo fundamental para la perforación de un taladro;

To- Tiempo de las operaciones auxiliares en la perforación de un metro de barreno; 1,02 - 1,15 min/m.

Los valores promedios de 4 min/m se han tomado por los resultados obtenidos desde el año 2000 por la brigada de EXPLOMAT (Herrera, 2006).

Tf= 4 min/m

### Sustancias explosivas utilizadas

**Senatel Magnafrac:** La emulsión encartuchada Senatel Magnafrac es un explosivo robusto y sensible a un detonador. El explosivo es de color blanco y de una

consistencia robusta, similar a la masilla. Es un explosivo encartuchado a prueba de agua, diseñado para aplicaciones de primado y como columna explosiva de densidad media en minería y trabajos de voladuras, en general. La alta velocidad de detonación y la naturaleza robusta de Senatel Magnafrac la hacen un cebador ideal para la iniciación de columnas de ANFO.

**Anfo:** Es una mezcla balanceada entre nitrato de amonio poroso y combustible diesel, coloreado en rojo. Puede ser cargado en barrenos horizontales e inclinados y es suministrado en sacos de 25 kg. Es adecuado para ser usado en barrenos secos y que permanecerán secos hasta la detonación. El anfo puede ser empleado como carga de columna en minería a cielo abierto, subterránea o canteras y para trabajos de voladuras, en general. Puede ser vertido o cargado neumáticamente dentro del barreno.

Tabla 2. Datos técnicos de las sustancias explosivas

Especificaciones	Técnicas Senatel	Anfo
Densidad (g/cm)	1,15	0,8
Velocidad de detonación (m/s)	5 200	3 100 – 4 100
Resistencia al agua	Excelente	Pobre
Energía (kcal/kg)	740	912
Volumen de los gases (Lts/kg)	783,0	-
Gasto específico (g/cm <sup>3</sup> )	0,55	0,55
Longitud del cartucho (mm)	460	Carga a granel
Diámetro del cartucho (mm)	100	-
Peso del cartucho (kg)	4,167 -	-

### Detonadores utilizados

**Exel Handidet:** Corresponde a un detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo no eléctrico. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos no eléctricos, mientras que la otra se usa en el interior de los barrenos, tanto para iniciar *boosters* como explosivos encartuchados.

Los detonadores no eléctricos Exel Handidet están compuestos principalmente por cuatro elementos:

- Cápsula de baja potencia (Fuerza 1), ensamblada al interior de un conector de superficie, diseñado para iniciar hasta seis tubos no eléctricos.
- Cápsula Fuerza 12, cuya función es iniciar la carga explosiva que va al interior del barreno.

- Tubo de choque de color naranja, componente que transmite la señal a la cápsula de retardo. En el momento que el tubo es iniciado, transmite interiormente una onda de choque de baja energía, la cual inicia los retardos de ambas cápsulas.
- Etiqueta de retardo, elemento que indica el tiempo de retardo nominal de ambas cápsulas y el largo del detonador.

El detonador Exel Handidet se utiliza en voladuras a cielo abierto. Este producto está diseñado para ser utilizado en conjunto con Exel Conectadet; entre sus beneficios se cuenta con:

- Mayor seguridad en la operación gracias a la gran resistencia que tiene el tubo no eléctrico.
- Mayor control de la voladura a través de una baja dispersión.
- Producto seguro y fácil de conectar.
- Fácil y rápida verificación de conexión.
- Reduce inventarios en polvorines.
- Apto para utilizarse en voladuras cercanas a sitios poblados gracias al bajo nivel de ruido que genera.

### **Detonador de superficie: Exel Conectadet**

Corresponde a un detonador compuesto por una cápsula de baja potencia (Fuerza 1) ensamblada en un conector de superficie, cuya finalidad es conectar filas de un mismo disparo en voladuras donde los pozos han sido primados con Exel Handidet o Exel MS. Otra modalidad que presenta Exel Conectadet es enrollado en carretes (formato de metraje largo), destinado a iniciar voladuras desde la zona de seguridad.

Los detonadores no eléctricos Exel Conectadet están compuestos principalmente por cuatro elementos:

- Cápsula de baja potencia (Fuerza 1), ensamblada al interior de un conector de superficie.
- Tubo de choque de color amarillo, componente que transmite la señal a la cápsula de retardo. En el momento que el tubo es iniciado, transmite interiormente una onda de choque de baja energía, la cual inicia los retardos al interior de la cápsula.
- Etiqueta, elemento que indica el tiempo de retardo y el largo del detonador.
- Conector J, dispositivo que permite conectar el cordón detonante al tubo no eléctrico en caso que se requiera.

El detonador Exel Conectadet se utiliza principalmente en voladuras a cielo abierto (ULAEX, 2013). Este producto está diseñado para iniciar tubo no eléctrico, contándose entre sus beneficios:

- Mayor seguridad en la operación gracias a la gran resistencia que tiene el tubo no eléctrico.
- Mayor control de la voladura a través de una baja dispersión.
- Producto seguro y fácil de conectar.
- Fácil y rápida verificación de conexión.
- Reduce inventarios en polvorines.
- Apto para utilizarse en voladuras cercanas a sitios poblados gracias al bajo nivel de ruido que genera.

## **Pasaporte de perforación y voladura para la trinchera de acceso**

### **1. Línea de menor resistencia por el piso**

$$Wp = 53 \times Kt \times Dc \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}} \quad Wp = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

KT- Coeficiente de agrietamiento del macizo de rocas, 0,9;

Dc- Diámetro de los taladros, 0,115 m;

$\Delta$ - Densidad de carga, 1,15 g/cm<sup>3</sup>;

$\gamma$ - Masa volumétrica de la roca, 2,64 g/cm<sup>3</sup>;

e- Coeficiente de la capacidad de trabajo, 1.

### **2. Distancia entre taladros en la fila**

$$a = M \times Wp \quad a = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

M- Coeficiente de aproximación de las cargas, 1;

Wp- Línea de menor resistencia por el piso.

### **3. Distancia entre filas de taladros rectos**

$$b = 0,85 \times a$$

Donde:

a- Distancia entre taladros en la fila.

#### 4. Número de filas

$$Nf = \frac{B}{b} + 1 \quad Nf = 4,8 \approx 5 \text{ filas}$$

Donde:

b- Distancia entre filas de taladros;

B- Ancho de la rampa de acceso por el fondo, 11,5 m.

#### 5. Reajuste de la distancia entre filas de taladros rectos

$$br = \frac{B}{Nf - 1} \quad br = 2,9 \text{ m}$$

Donde:

Nf- Número de filas;

B- Ancho de la rampa de acceso por el fondo, 11,5 m.

#### 6. Números de taladros en una fila

$$Nff = \frac{Ma}{a} \quad Nff = 38,88 \approx 39$$

Donde:

Ma- Cantidad de metros de avance, 140 m;

a- Distancia entre taladros en la fila, 3,6 m.

#### 7. Reajuste de la distancia entre taladros de la fila

$$ar = \frac{Ma}{Nff} \quad ar = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

Ma- Cantidad de metros de avance, 140 m;

Nff- Números de taladros en la fila, 39.

#### 8. Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times Wp \quad L = 0,72 \text{ m}$$

Donde:

Wp- Línea de menor resistencia por el piso.

#### 9. Longitud mínima de relleno

$$Lr = 0,75 \times Wp \quad Lr = 2,7 \text{ m}$$

Donde:

Wp- Línea de menor resistencia por el piso.

### **Régimen de trabajo en la apertura**

Los días necesarios para transportar el material a la planta se determinaron con base en la productividad de los equipos de transporte (en este caso son los camiones volteo Belaz 7540), el volumen a extraer en la trinchera de acceso y corte: 12 295,5 m<sup>3</sup> y 59 999,7 m<sup>3</sup>, respectivamente. Los días para la perforación y explosión se calcularon de acuerdo con la productividad de la carretilla barrenadora y la cantidad de metros a perforar.

### **Días necesarios para la perforación de la trinchera de acceso**

$$Dpta = \frac{Mpa}{Pba} = 9 \text{ días}$$

Donde:

Mpc- Cantidad de metros a perforar en la trinchera de acceso; se determinó mediante la suma de las longitudes de cada uno de los taladros de la trinchera de acceso, 1 093,37 m;

Pbc- productividad de la carretilla barrenadora, 130 m/día.

Para realizar la voladura en la trinchera de acceso la misma se dividió en siete secciones, pero por la cantidad de volumen a extraer en las tres primeras estas se realizarán juntas, por tanto se realizarán cinco voladuras.

En dependencia del volumen a extraer en cada sección los días para la carga de la roca será aproximadamente entre uno y dos días para cada una. Los trabajos de carga y explosión se realizarán en el horario de almuerzo y de esa forma no se verán afectados los demás procesos.

### **Días de ejecución de la trinchera de acceso**

$$Dta = Tcta + Dpta + Tmto + Tll = 20 \text{ días}$$

Donde:

Tmto- tiempo de reparación y mantenimiento;

Tll- tiempo de interrupciones por lluvia.

**Días necesarios para la perforación de la trinchera de corte**

$$D_{ptc} = \frac{M_{pc}}{P_{bc}} = 34 \text{ días}$$

$$M_{pc} = Ct * Lt$$

$$M_{pc} = 504 * 8,72 = 4394,88m$$

Donde:

Mpc- Cantidad de metros a perforar en la trinchera de corte;

Ct- cantidad de taladros;

Lt- longitud de los taladros, m;

Pbc- productividad de la carretilla barrenadora, 130 m/día.

**Tiempo para la carga y el transporte en la trinchera de corte**

$$T_{ctc} = \frac{V_{tc}}{Q_c * 2} = 37,4 \approx 38 \text{ días}$$

Donde:

Vtc- volumen a extraer en la trinchera de corte.

Por motivos de seguridad y para realizar los trabajos con más facilidad la extracción en la trinchera de corte se ejecutará mediante diez voladuras. Los trabajos de carga y transporte se realizarán al unísono con la perforación, cuando se perfore la primera sección y se haga la voladura se comenzará la carga del material y se continuará la perforación de las otras secciones, por tanto, los días para la ejecución de la trinchera de corte serán 38.

**Plan calendario de minería**

En la trinchera de acceso la primera actividad a realizar es el replanteo parcial de los trabajos, posteriormente se realizará la barrenación y voladura, luego se extraerá el material de la cota +219 a la cota +211. La carga de la roca se ejecutará con el cargador frontal Volvo L180E a los camiones Belaz 7540, de 14 m<sup>3</sup> de capacidad, trasladándolo hasta el molino a 400 m. El material extraído en las trincheras irá directo a la producción ya que es material útil. El volumen a extraer en la rampa de acceso es de 12 295,5 m<sup>3</sup> y en la de corte es de 59 999,7 m<sup>3</sup>; se prevé la extracción de todo el material en un período de 63 días. Los trabajos en la construcción de la trinchera de apertura hasta la cota +211 se comenzarán cuando se apruebe la propuesta del proyecto elaborado.

## Conclusiones

Después de analizadas las características geológicas, geométricas y minero-técnicas dentro de la concesión se determinó el lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso y corte y se realizaron los cálculos de sus parámetros.

Se efectuó el cálculo de los parámetros del equipamiento necesario para la apertura y la cantidad de equipos a utilizar. Se realizaron los pasaportes de perforación y voladura para la trinchera de acceso y corte y luego se calculó la cantidad de días necesarios para la apertura que será de 63 días.

Se realizó la evaluación económica, que arrojó un satisfactorio resultado: las ganancias en la apertura serán de \$538 396,146.

## Referencias bibliográficas

HANDJABA, J. 2012: Estudio minero-ambiental de la cantera El Cacao. *Ciencia & Futuro* 2(4): 49-58.

HERNÁNDEZ, N.; ULLOA, M. & ROSARIO, Y. 2011: Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción El Cacao. *Minería y Geología* 27(1): 38-53.

HERNÁNDEZ, N.; ROSARIO, Y.; ALMAGUER, Y. & OTAÑO, J. 2014: Árbol de excavabilidad para elegir método de arranque en canteras de áridos de la construcción: yacimiento El Cacao. *Minería y Geología* 30(3): 67-84.

HERRERA, J. 2006: Situación actual de la minería y análisis del desarrollo de la industria de los minerales. Capítulo I. En: *Introducción a los fundamentos de la tecnología minera*. Editorial Fundación Gómez Pardo, Madrid.

PEDRO, A.; JOE, S. & OTAÑO, J. 2006: Análisis del diseño de voladuras con cargas compactas en la cantera de áridos El Cacao. *Minería y Geología* 22(4).

ULAEX. 2013: Catálogo Unión Latinoamericana de Explosivos.