

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



### **TESIS DE GRADO**

**“Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo”**

**Realizada por: EDUARDO RECALDE**

# Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

- Cálculo de Reservas

- Criterios para el Diseño de la Explotación

- Diseño de pistas en espiral

- Perforación y voladura

- Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

- Niveles de explotación

- Detalle de explotación minera a corto plazo

  - Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

  - Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

  - Planificación Minera de los bloques

  - Costos de explotación

- Retiro de sobrecarga en sector este

- Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

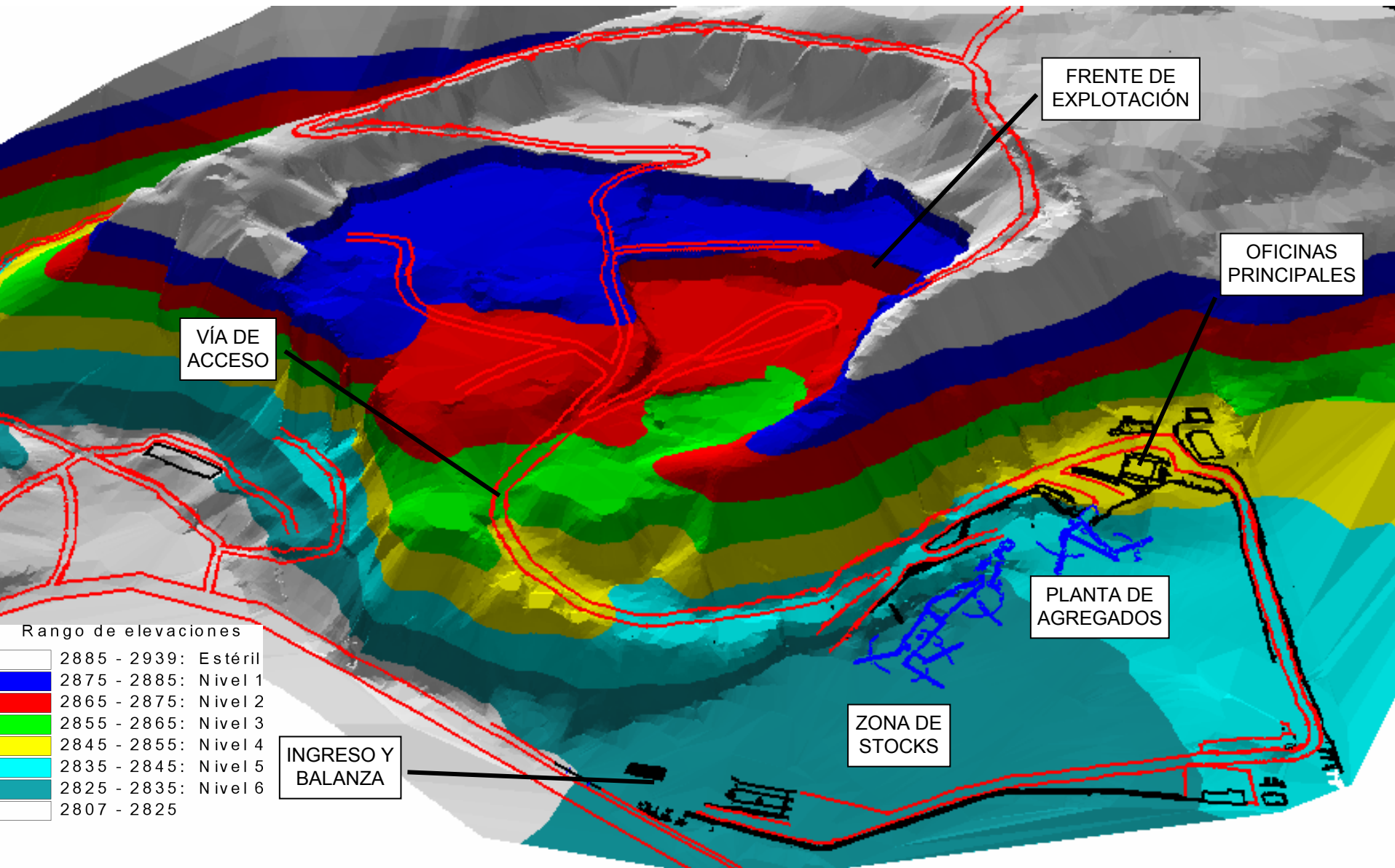
# INTRODUCCIÓN

Es preciso inventariar las reservas naturales y planificar su explotación técnica con miras a un verdadero aprovechamiento racional. Pifo es una Cantera de Agregados para la Construcción próxima a la Ciudad de Quito, por lo que se encuentra cerca de un mercado grande que requiere una gran demanda de agregados y áridos de calidad. En el año de 2005 la Cantera vendió 450.000 toneladas de áridos.

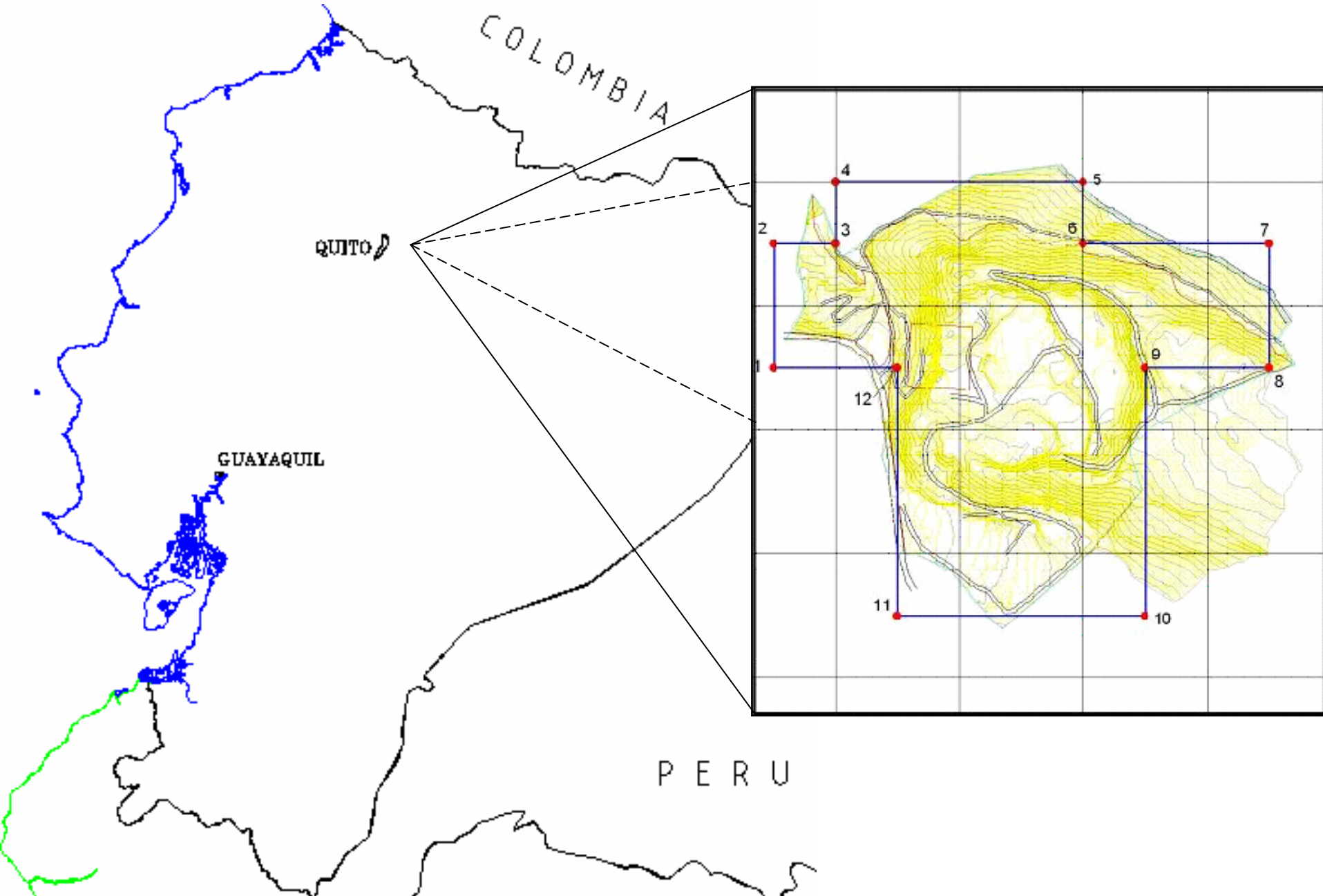
# OBJETIVOS

- Actualizar la topografía de la zona de estudio.
- Determinar las reservas probadas para la planificación a corto plazo.
- Diseño final de explotación de la zona oeste de la Cantera.
- Realizar la planificación y diseñar el esquema de explotación.

# ÁREA DE EXPLOTACIÓN EN ZONA DE ESTUDIO



# UBICACIÓN



Capítulo 1. Datos Generales

## **Capítulo 2. Características Geológicas**

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

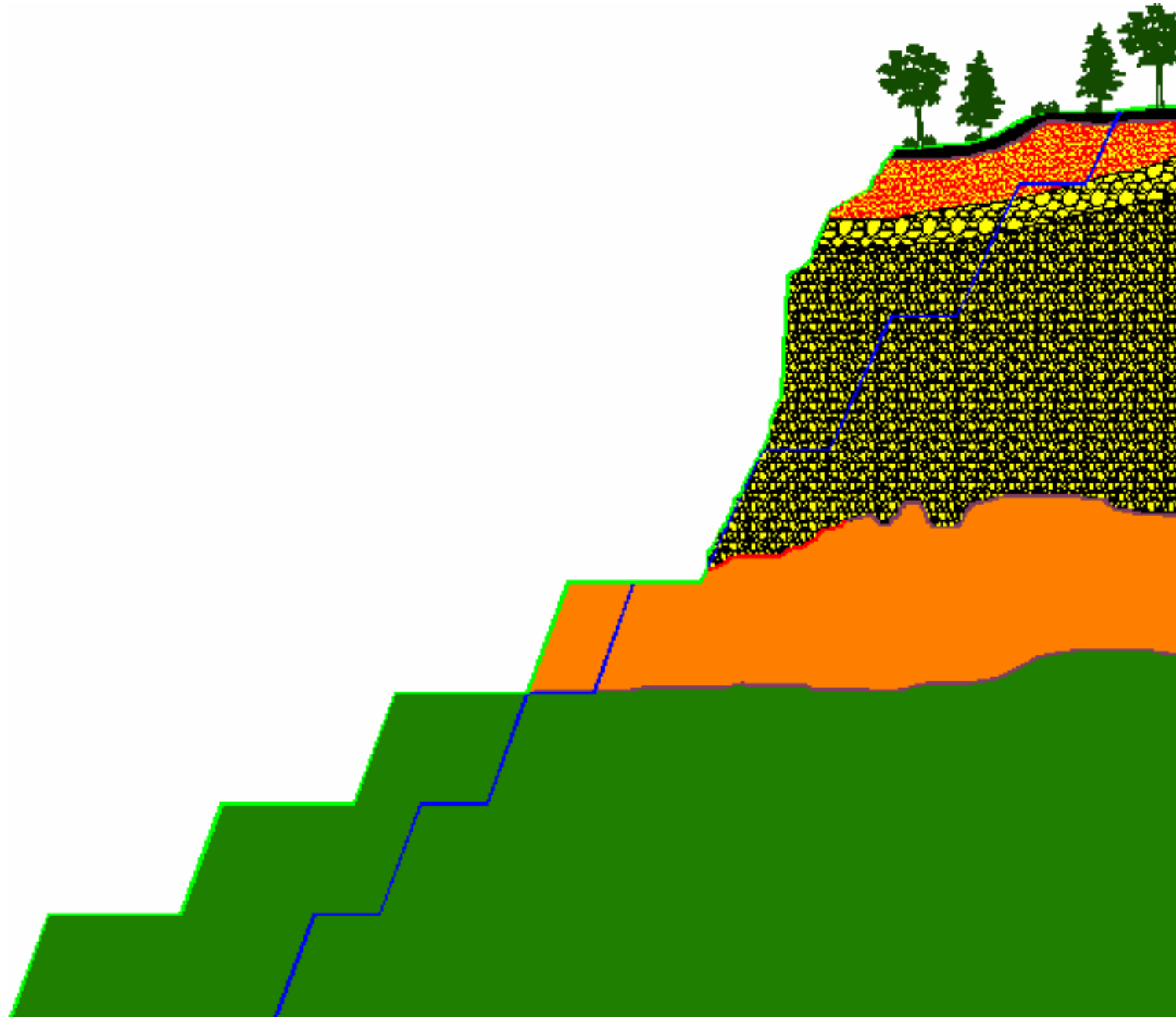
    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones





# CORTE GEOLÓGICO TÍPICO LOCAL



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

**Capítulo 3. Medioambiente**

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# FACTORES MEDIOAMBIENTALES

	IMPACTOS	MEDIDAS CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN
Atmósfera	Emisión de polvo	Riego periódico de pistas y stocks (o cubrirlos con lona en los taludes) Trituración con riego tenue Cubrir la carga de volquetas con lona Colocar captador de polvo en perforadora Retirar material de las pistas y darles mantenimiento
	Emisión de gases	Mantenimiento de la maquinaria y poner a punto el sistema de carburación
	Emisión de ruido	Mantener a punto los silenciadores Reducir la velocidad de circulación Cubrir con bandas de caucho los elementos metálicos que sufren impacto de las rocas La operación de la planta debe hacerse a horas diurnas Utilizar cargas correctas de explosivos y utilizar microretardos
Agua	Escorrentía	Construir un sistema de drenaje, para cada talud importante y las escombreras Mantenimiento de las cunetas de las pistas Reducción de taludes de las escombreras y stocks para así reducir la fuerza erosiva del agua
	Contaminación por combustible	Manejo correcto y seguro del combustible para evitar derrames
	Sedimentación	Controlar la erosión en los stocks
Suelo	Retirada y acopio	En la retirada y almacenamiento debe evitarse el compactamiento Evitar la muerte de microorganismos aerobios Evitar la contaminación, la producción de polvo, el paso de maquinaria y la erosión
	Ocupación temporal	Evitar remover la capa de suelo que se encuentra debajo de las pilas de stock
Paisaje	Alteración de la Morfología	Recuperación parcial con la restauración del área Creación de una pantalla con árboles de follaje espeso y altura considerable Construcción de barreras visuales con material de desecho

Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

**Capítulo 4. Diseño Minero**

Cálculo de Reservas

Criterios para el Diseño de la Explotación

Diseño de pistas en espiral

Perforación y voladura

Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

Niveles de explotación

Detalle de explotación minera a corto plazo

Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

Planificación Minera de los bloques

Costos de explotación

Retiro de sobrecarga en sector este

Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# DISEÑO MINERO

Mineral	Andesita
Estéril	Andesita meteorizada Terrazas Cangagua
Producción mensual (2005)	37.500 ton
Reservas probables	5'000.000 ton
Penalización	20%
Cota inferior	2825 msnm
Cota base	2866 msnm
Reservas probadas hasta la cota base	1'300.000 ton (3 años)
Reservas desde cota base hasta la cota inferior	3'700.000 ton (8 años)

Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

### **Cálculo de Reservas**

Criterios para el Diseño de la Explotación

Diseño de pistas en espiral

Perforación y voladura

Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

Niveles de explotación

Detalle de explotación minera a corto plazo

Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

Planificación Minera de los bloques

Costos de explotación

Retiro de sobrecarga en sector este

Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# CÁLCULO DE RESERVAS

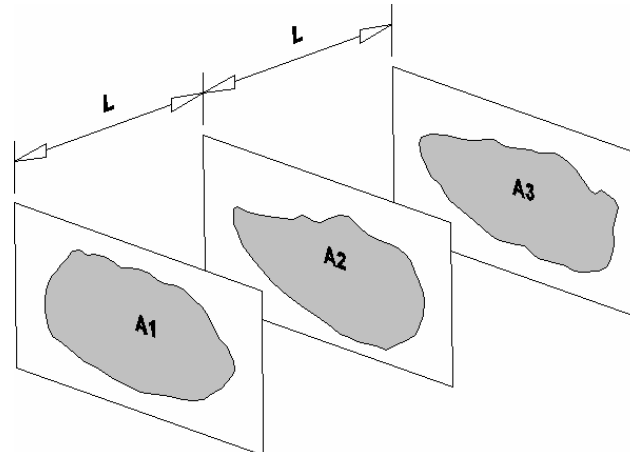
Se realizaron perfiles transversales para determinar las reservas de andesita. El resultado son las toneladas de mineral por extraer teniendo en cuenta el diseño de los bancos.

T : Andesita a extraer (Ton)

L : Distancia entre perfiles (40 m)

An: Área de roca por extraer en cada perfil (m<sup>2</sup>)

$$T = 2.75 * L * \sum A_n$$



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

Cálculo de Reservas

### **Criterios para el Diseño de la Explotación**

Diseño de pistas en espiral

Perforación y voladura

Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

Niveles de explotación

Detalle de explotación minera a corto plazo

Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

Planificación Minera de los bloques

Costos de explotación

Retiro de sobrecarga en sector este

Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones



# CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN

- FACTORES GEOMÉTRICOS
- FACTORES GEOMECÁNICOS
- FACTORES OPERATIVOS
- FACTORES MEDIOAMBIENTALES

# FACTORES GEOMÉTRICOS

Ancho del yacimiento	400 m
Largo del yacimiento	400 m
Potencia del yacimiento	60 m
Forma del yacimiento	Mantiforme
Inclinación general del yacimiento	Subhorizontal

# FACTORES GEOMECÁNICOS

Tensión (Kg/cm <sup>2</sup> )	60 – 120
Peso específico aparente	2.75
Porosidad (%)	1.7
Ángulo de rozamiento interno (°)	45
Absorción (%)	0.87
Resist. a la compresión simple (Kg/cm <sup>2</sup> )	300 – 4200
Cizallamiento (Kg/cm <sup>2</sup> )	50 – 130

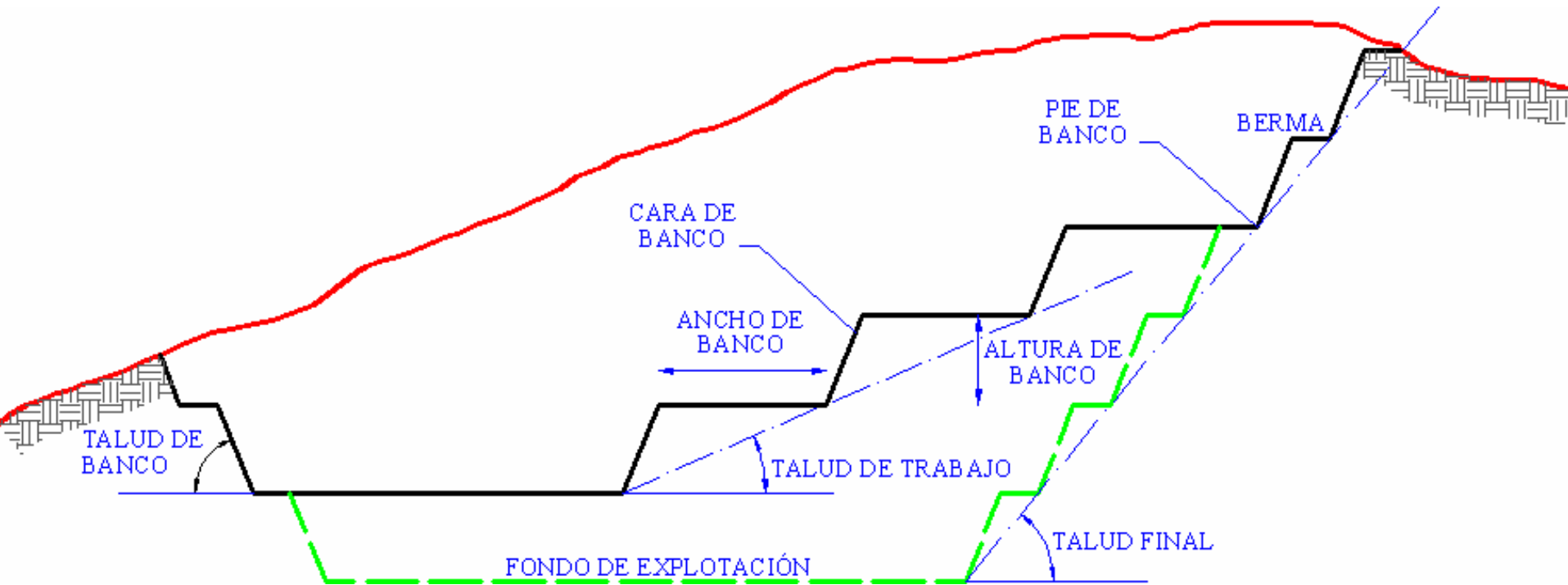
# FACTORES OPERATIVOS

Método de explotación	Perforación por banqueo
Distancia de transporte	700 m
Altura de banco	10 m
Ancho de banco	30 m
Ángulo de talud de banco	70°
Bermas	6 m
Ancho de vía	12 m
Talud de trabajo	32.6°
Talud final	46°
Fondo de explotación mínimo	60 m

# **FACTORES MEDIOAMBIENTALES**

Aquellos que permiten la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de los impactos ambientales.

# TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN UNA MINA A CIELO ABIERTO



# FACTORES OPERATIVOS

**Altura de banco:** A una altura de 10 m de banco final, se tienen las siguientes ventajas:

- Utilizar los equipos de carga para sanear el frente.
- Mantener condiciones de seguridad aceptables.
- Mayor control sobre la fragmentación en la voladura.
- Mayor rapidez en ejecución de rampas entre bancos.
- Menores niveles de vibraciones.
- Mejores condiciones para restauración y tratamiento de taludes finales.

**Ángulo del talud:** Es función de dos factores:

- Tipo de roca: características estructurales y resistentes de los materiales.
- Altura de banco.

Se utiliza durante el trabajo en roca media, ángulos de talud entre  $60^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ , para dejarlos con el ángulo definitivo y disponer de bermas de seguridad más prácticas.



**Bermas (W):** Según criterio de Ritchie (1963), modificadas por Evans y Call (1992):

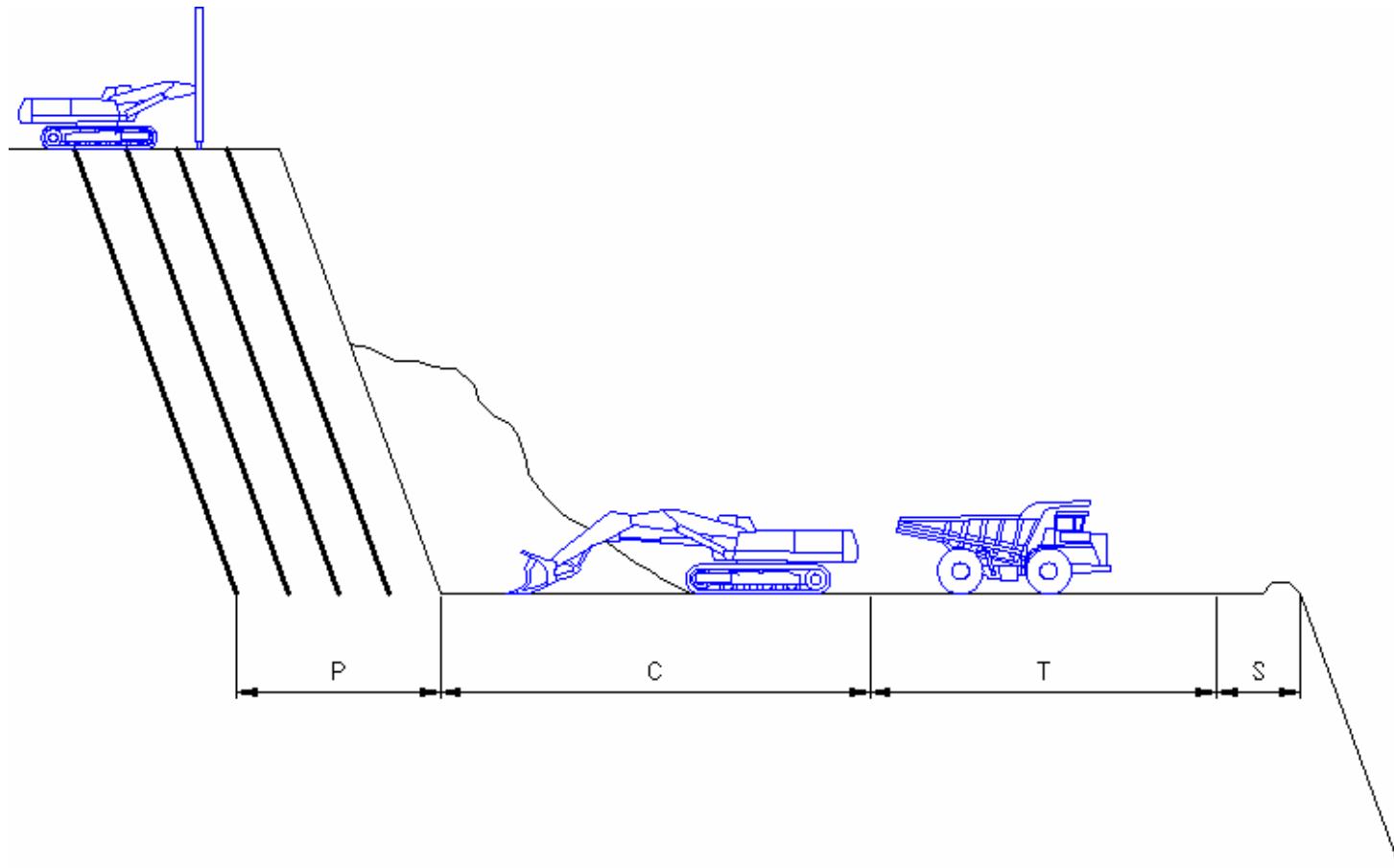
$$W = 0.2 H + 2.0, \text{ para } H \leq 9.0 \text{ m}$$

$$W = 0.2 H + 4.5, \text{ para } H > 9.0 \text{ m}$$

H = altura de banco (m)

Para una altura de 10 m, el ancho de berma debería estar entre 4 y 6.5 m, al estar cerca del límite establecido por Evans y Call (9 m), se decidió que el ancho de berma sea de 6 metros.

**Ancho de banco:** Suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente (30 m).



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

**Diseño de pistas en espiral**

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

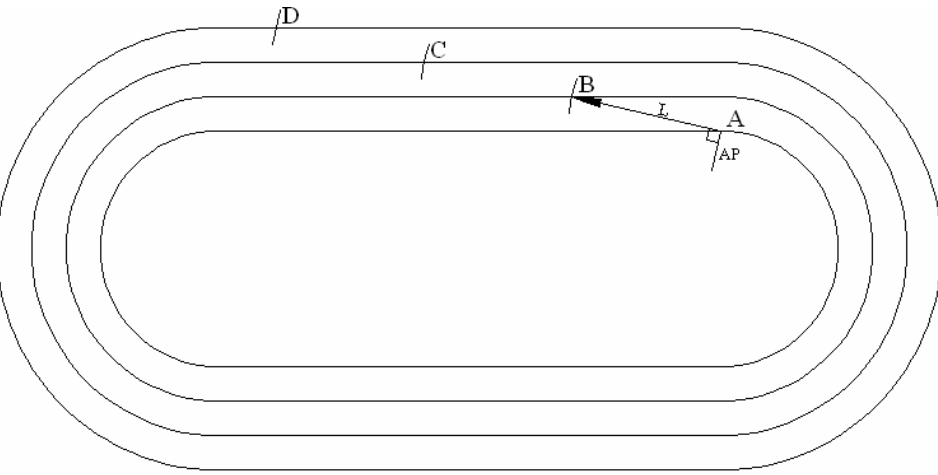
    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

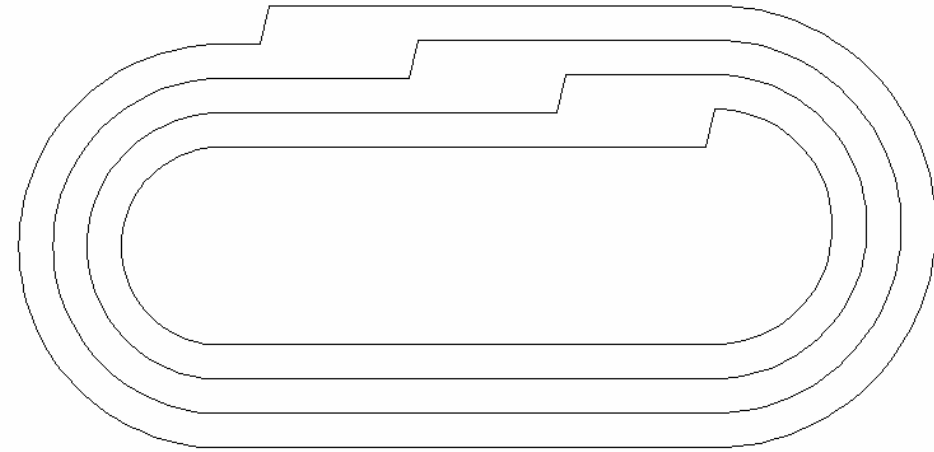
    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

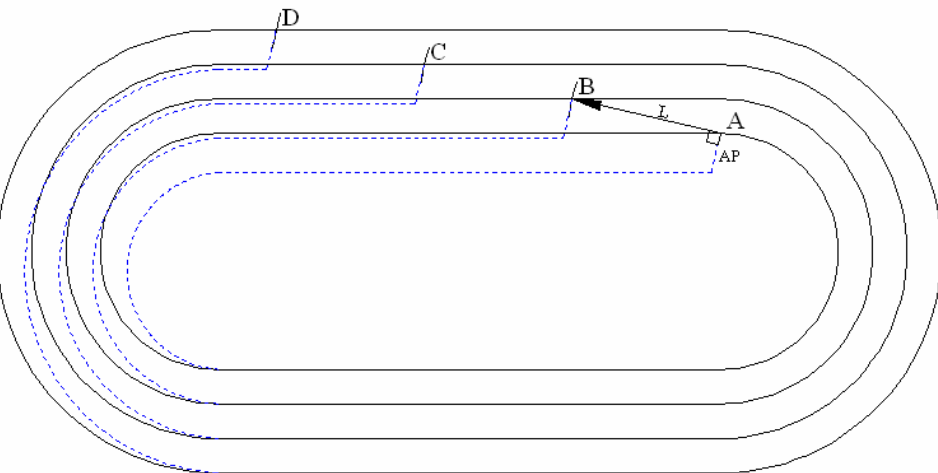
# DISEÑO DE PISTAS EN ESPIRAL



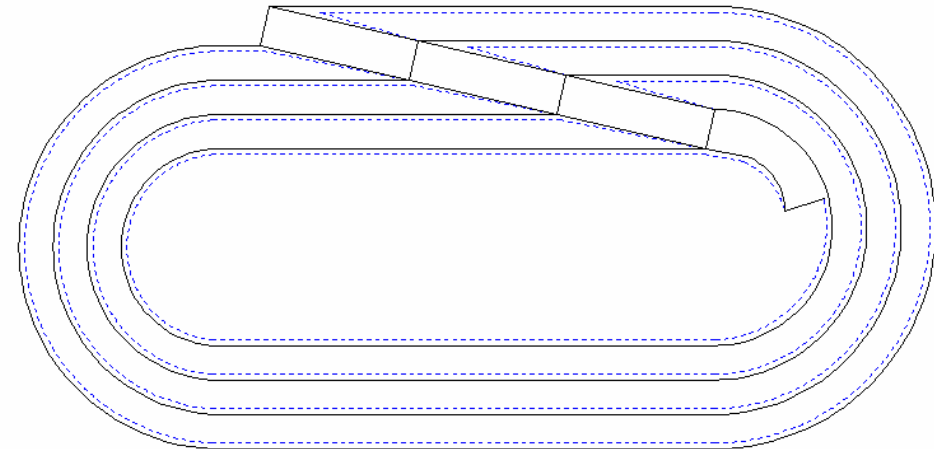
a.- PASO 1



c.- PASO 3



b.- PASO 2



d.-



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

**Perforación y voladura**

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

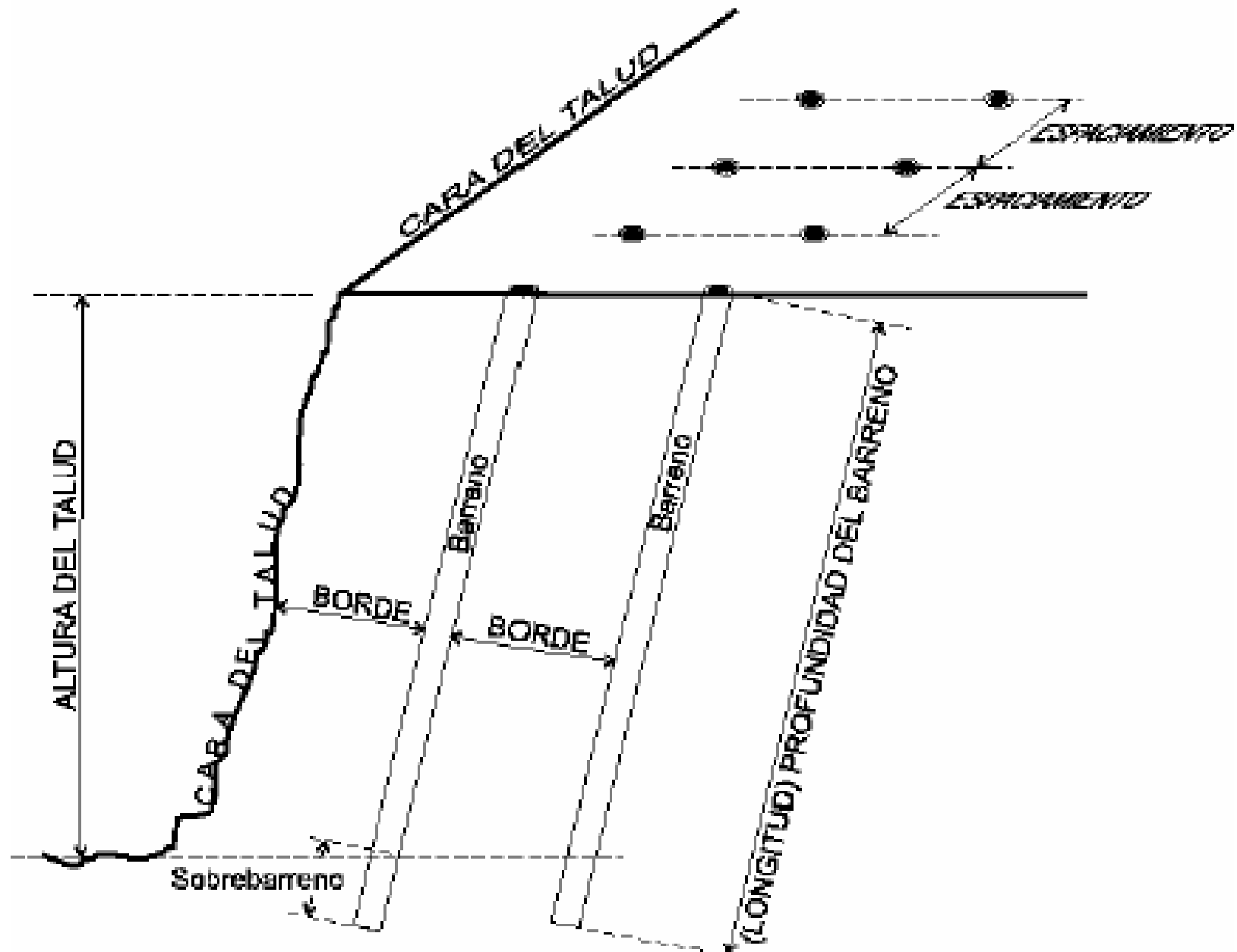
    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Malla de perforación	Rectangular
Longitud entre barrenos	3 m
Piedra	1.5 m
Sobreperforación	1 m
Longitud de barreno	11 m
Inclinación de barrenos	10°
Carga de fondo	Pentolita
Carga de columna	ANFO
Diámetro broca	4"
Retacado	2,5 m
Consumo explosivo	131,43 gr/ton
Cantidad de barrenos por cada m <sup>2</sup>	0,10 b/m <sup>2</sup>

# Vista en perfil de un arreglo de barrenos







Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

**Maquinaria y equipos**

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

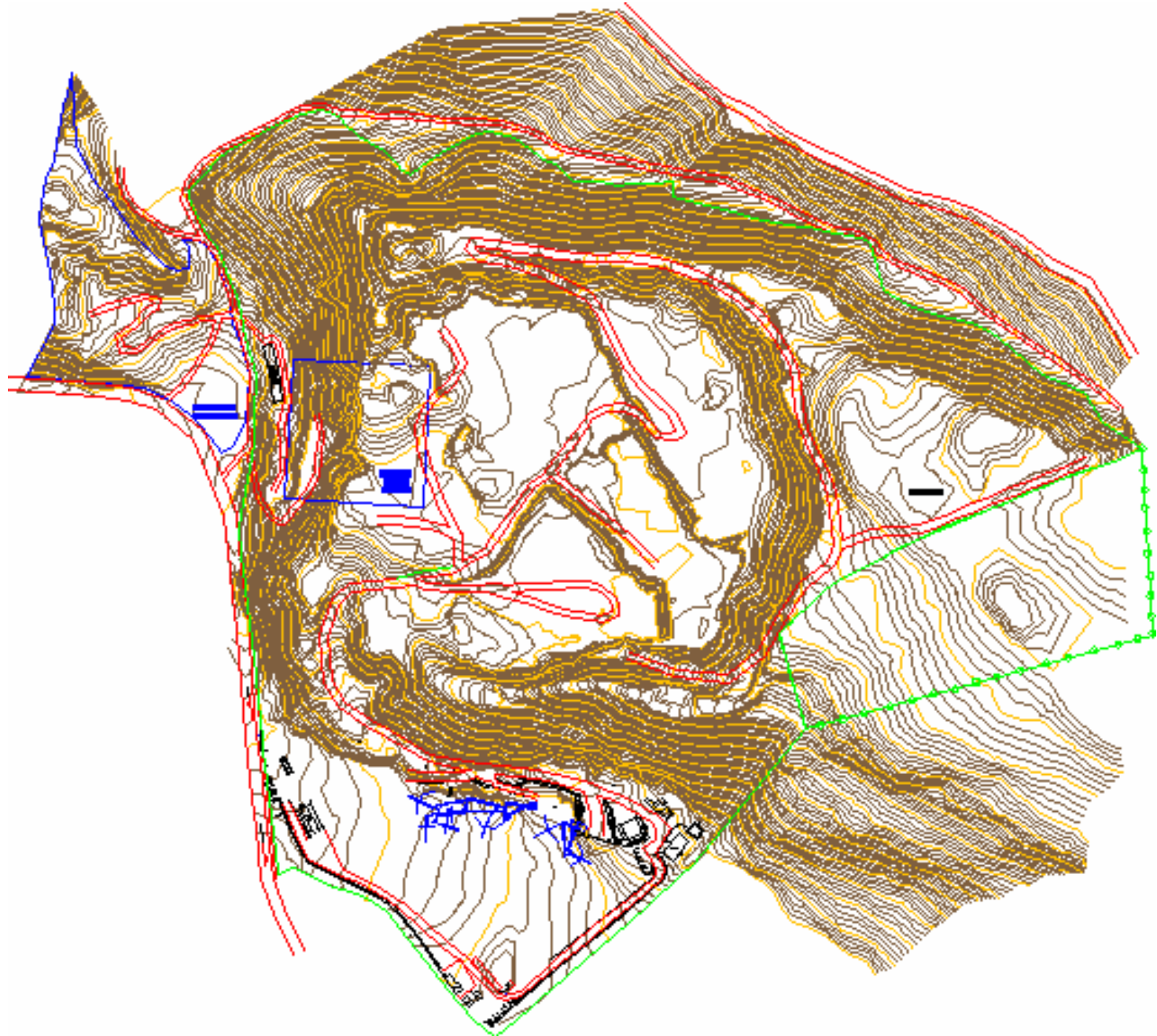
    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

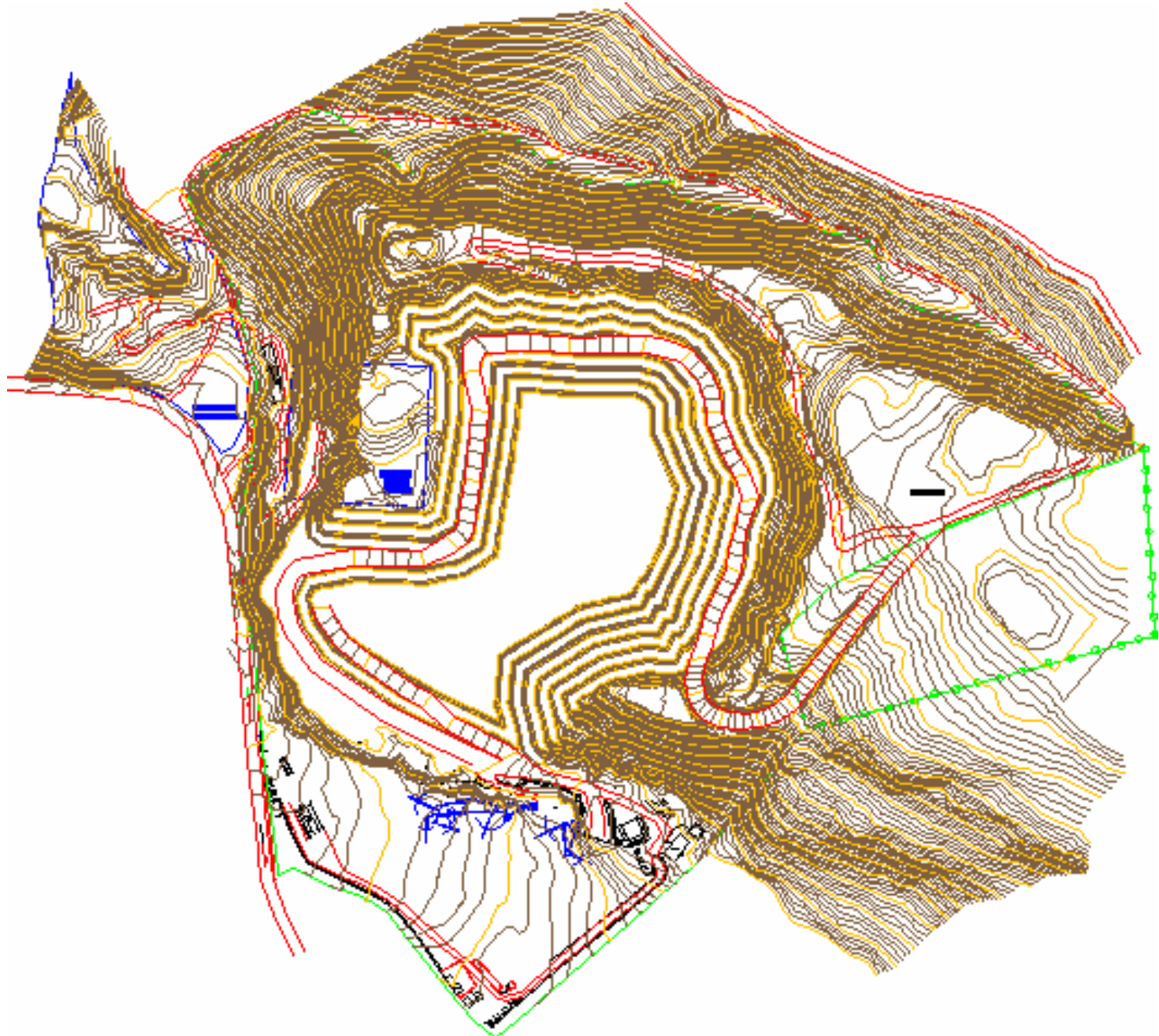
# Maquinaria y Equipos utilizados

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>CAPACID.</b>
Cargadora	Caterpillar	966 G	4,6 m <sup>3</sup>
Excavadora	Caterpillar	330 DL	2,3 m <sup>3</sup>
Volqueta	Mack	KERAX	15 m <sup>3</sup>
Volqueta	Mack	KERAX	15 m <sup>3</sup>
Volqueta	Mack	RD688SX	15 m <sup>3</sup>
Perforadora	Ingersoll Rand	ECM590	
Motoniveladora	Caterpillar	120G	3,7 m
Cargadora	Caterpillar	988B	6,6 m <sup>3</sup>
Camión	Mack	DM686S	10 m <sup>3</sup>

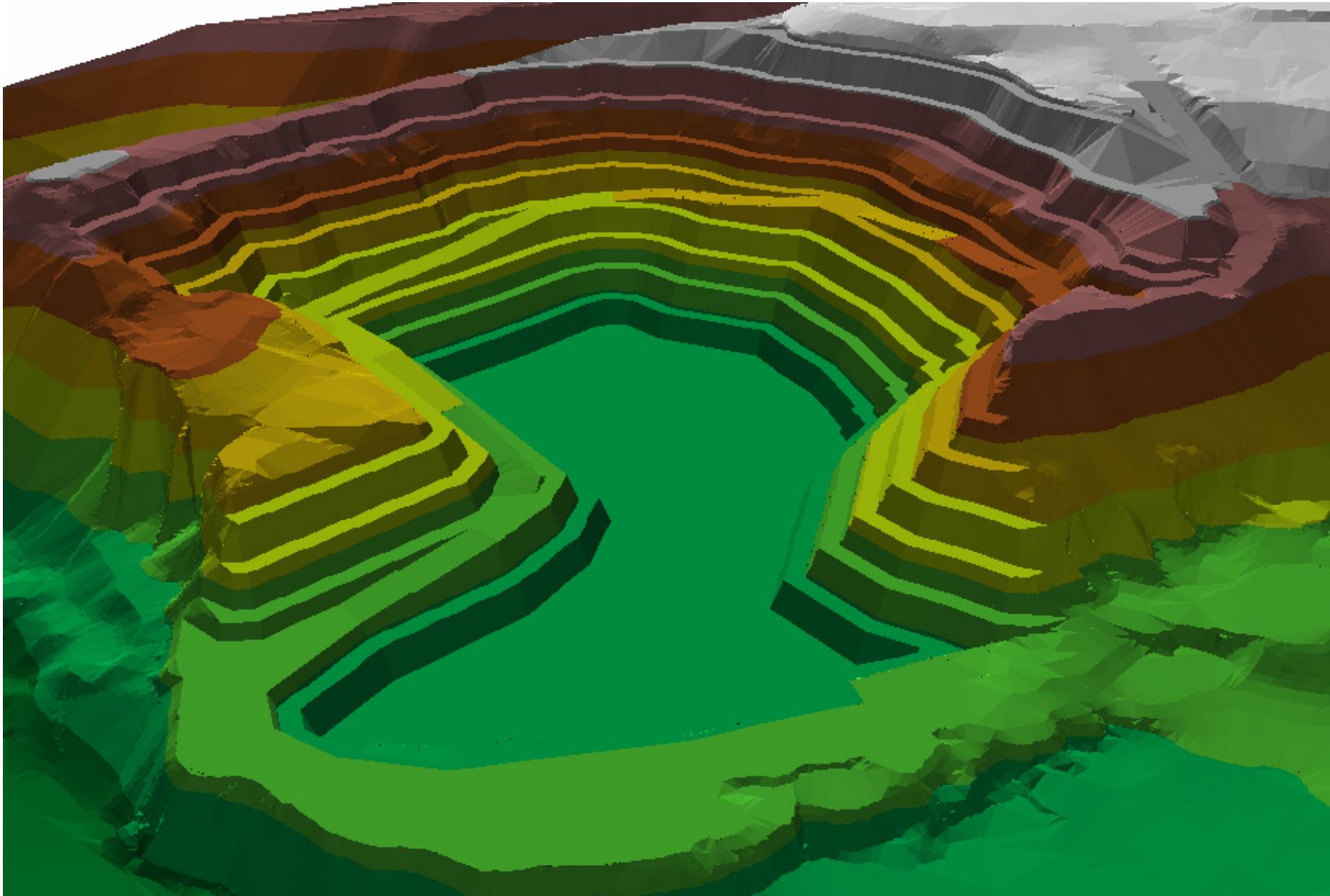
# TOPOGRAFÍA ACTUAL DE LA CANTERA



# DISEÑO A MEDIANO PLAZO DE LA CANTERA



# MODELO DIGITAL DEL TERRENO DEL DISEÑO A MEDIANO PLAZO



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

## **Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo**

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

        Planificación Minera de los bloques

        Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

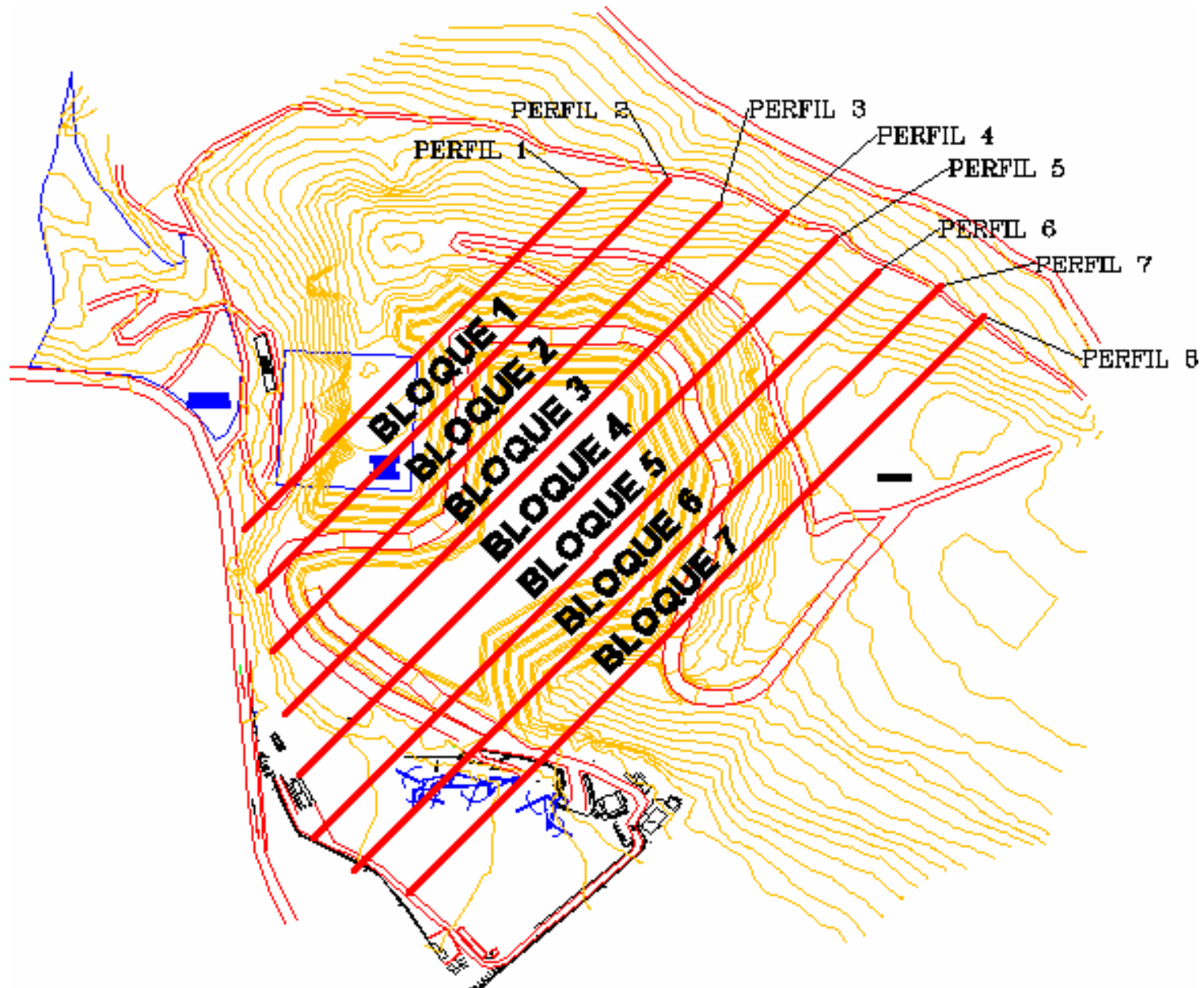
Conclusiones y Recomendaciones

# PLANIFICACIÓN MINERA A CORTO PLAZO

Se realizó el diseño de 6 Niveles de Explotación, segmentados por 8 perfiles topográficos y separados 40 m entre ellos, los mismos que dividen a los niveles en 7 bloques, todo esto define un total de 42 bloques independientes.



# UBICACIÓN DE LOS BLOQUES DE EXPLOTACIÓN Y PERFILES A LO LARGO DE LA CANTERA



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

**Niveles de explotación**

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

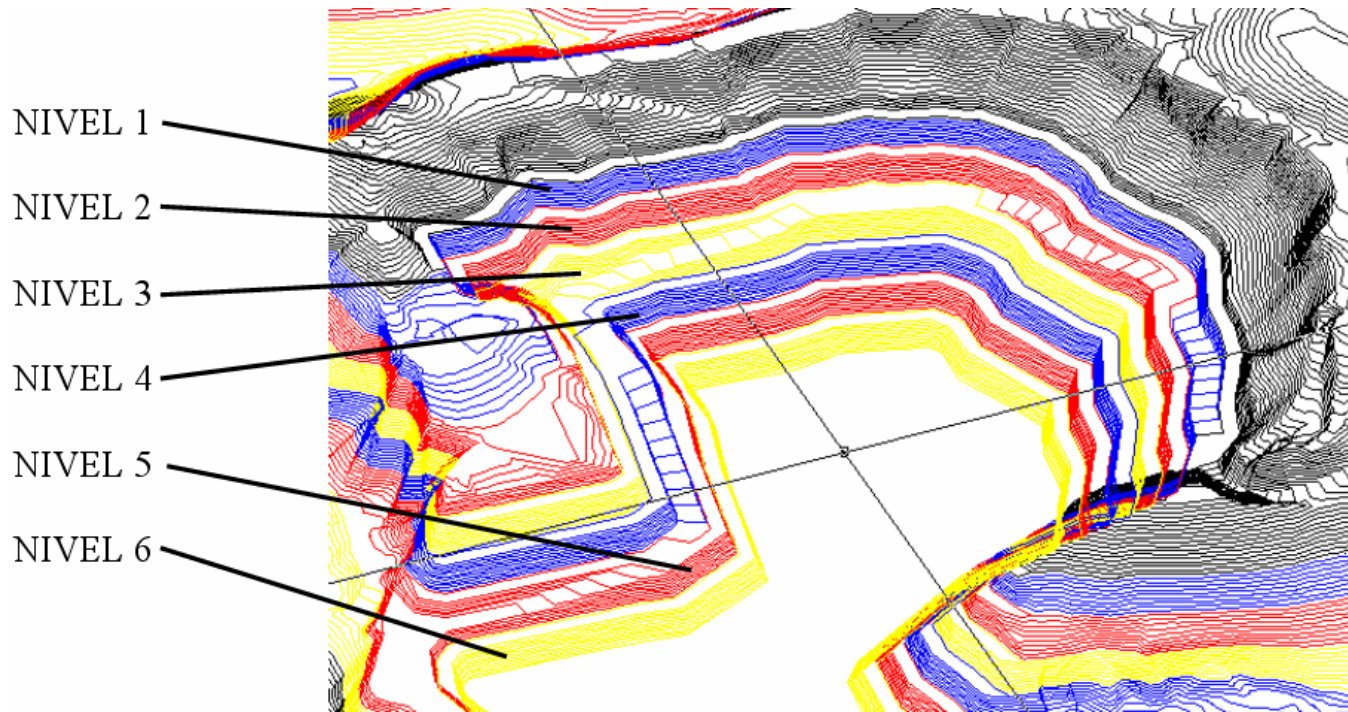
    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# NIVELES DE EXPLOTACIÓN

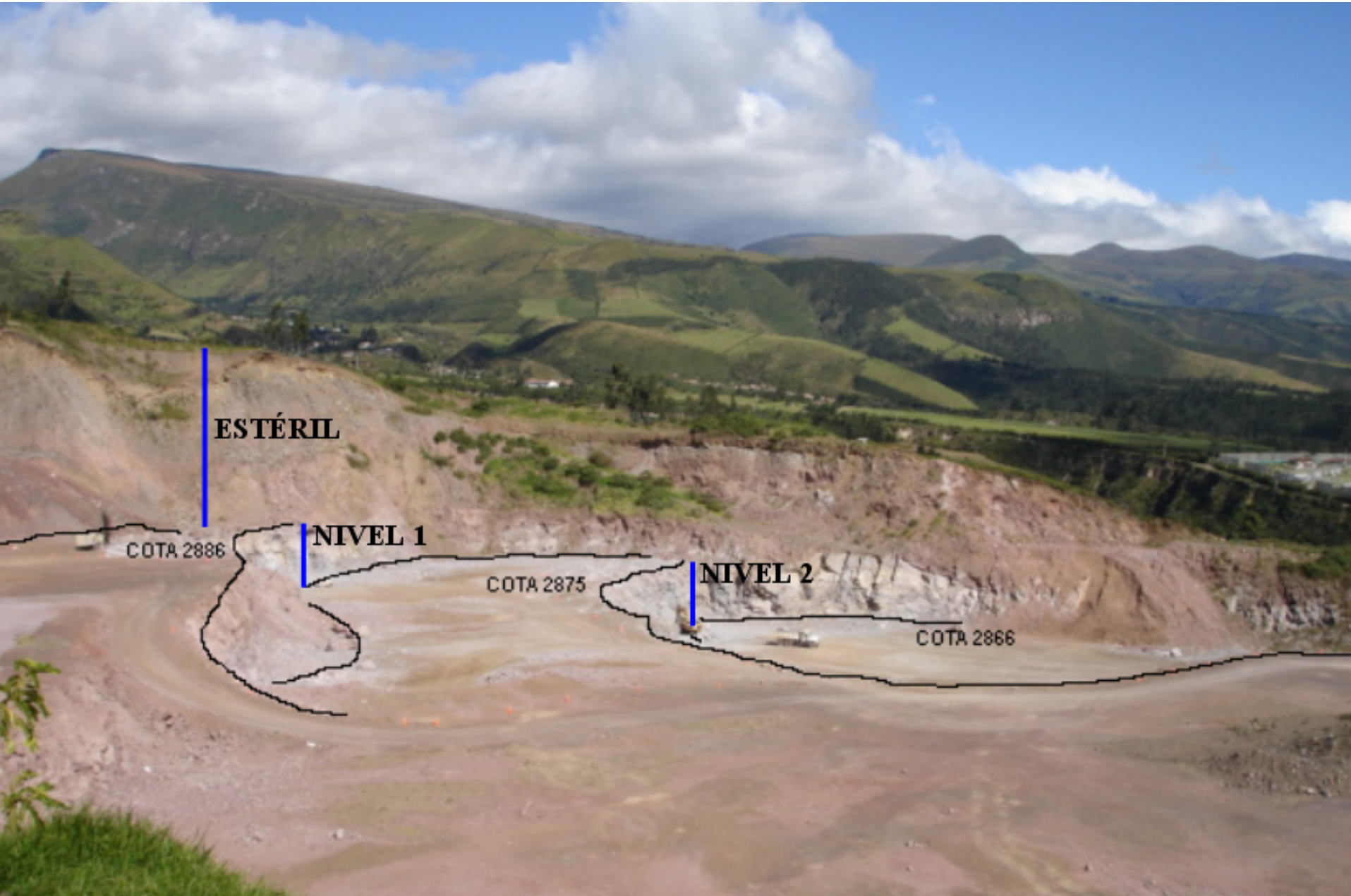


<b>N 1</b>	Desde 2885 a 2875: 10 m de altura
<b>N 2</b>	Desde 2875 a 2865: 10 m de altura
<b>N 3</b>	Desde 2865 a 2855: 10 m de altura
<b>N 4</b>	Desde 2855 a 2845: 10 m de altura
<b>N 5</b>	Desde 2845 a 2835: 10 m de altura
<b>N 6</b>	Desde 2835 a 2825: 10 m de altura

## **CÁLCULO DE RESERVAS**

	<b>PESO MINERAL (Ton)</b>	<b>TIEMPO ( semanas )</b>
<b>NIVEL 1</b>	406059	43
<b>NIVEL 2</b>	902754	96
<b>NIVEL 3</b>	1127194	120
<b>NIVEL 4</b>	1070403	114
<b>NIVEL 5</b>	900537	96
<b>NIVEL 6</b>	597619	64
<b>TOTAL</b>	<b>5004566</b>	<b>534 (11años)</b>

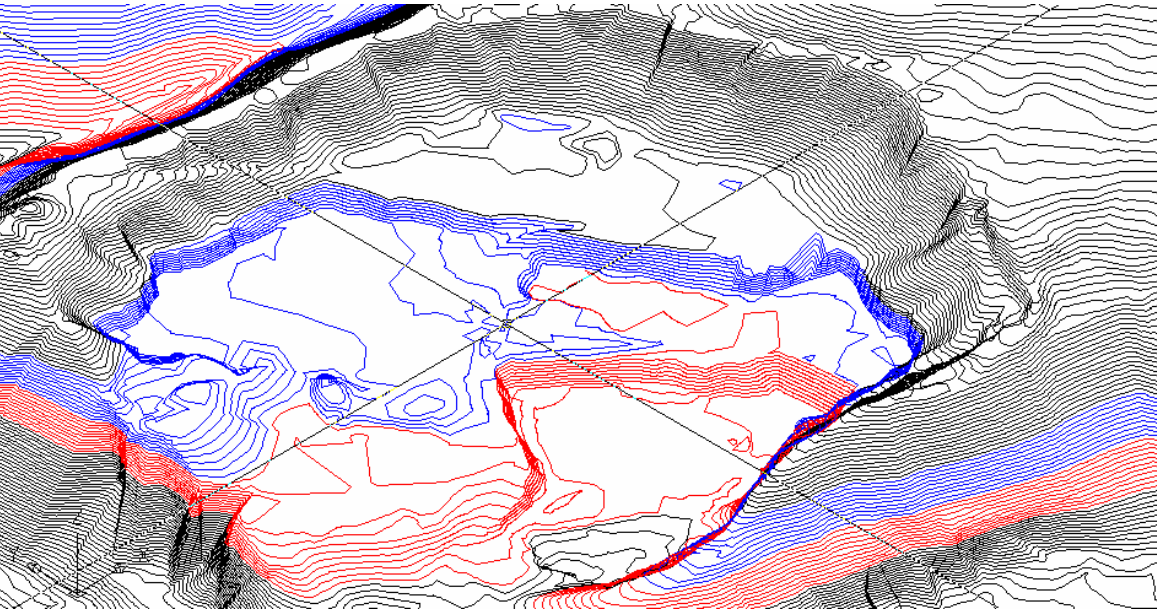
# NIVELES ACTUALES DE EXPLOTACIÓN



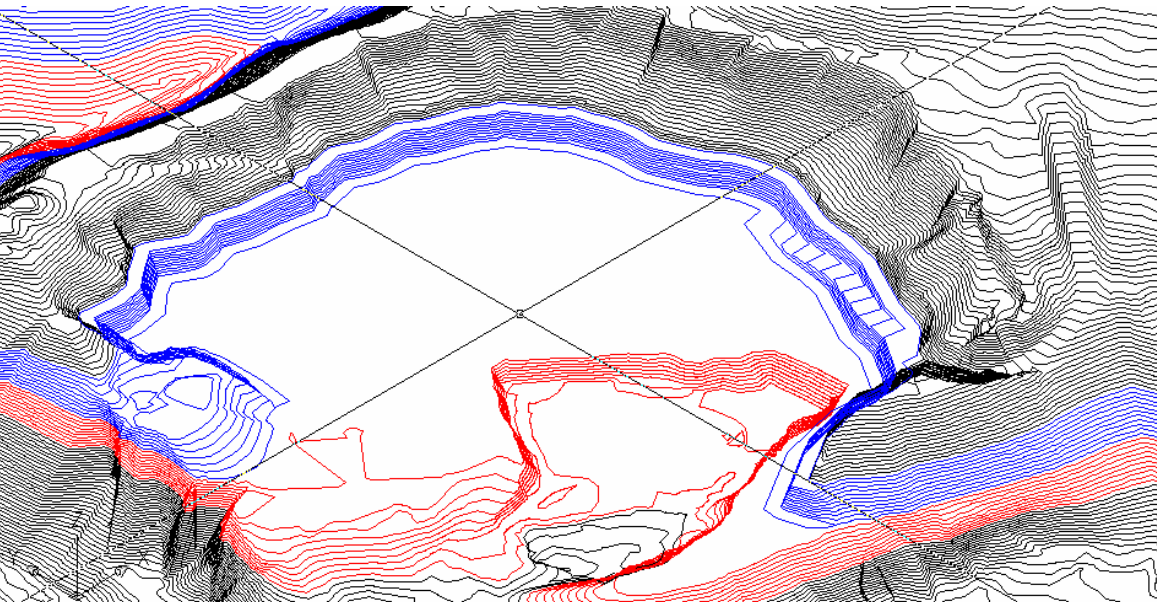
# CONSTANTES A SER USADAS EN LA PLANIFICACIÓN MINERA A CORTO PLAZO

<b>Densidad relativa andesita =</b>	<b>2,75</b>
<b>Densidad relativa estéril =</b>	<b>2,5</b>
<b>Longitud entre perfiles =</b>	<b>40 m</b>
<b>Penalización roca útil =</b>	<b>20 %</b>
<b>Penalización estéril =</b>	<b>10 %</b>
<b>Altura de banco (m) =</b>	<b>10 m</b>
<b>Malla de perforación =</b>	<b>3 m</b>
<b>Capacidad de transporte =</b>	<b>37500 Ton/mes</b>
<b>Velocidad de volquetas =</b>	<b>15 Km/h</b>

# SECUENCIA DE EXPLOTACIÓN EN CADA NIVEL

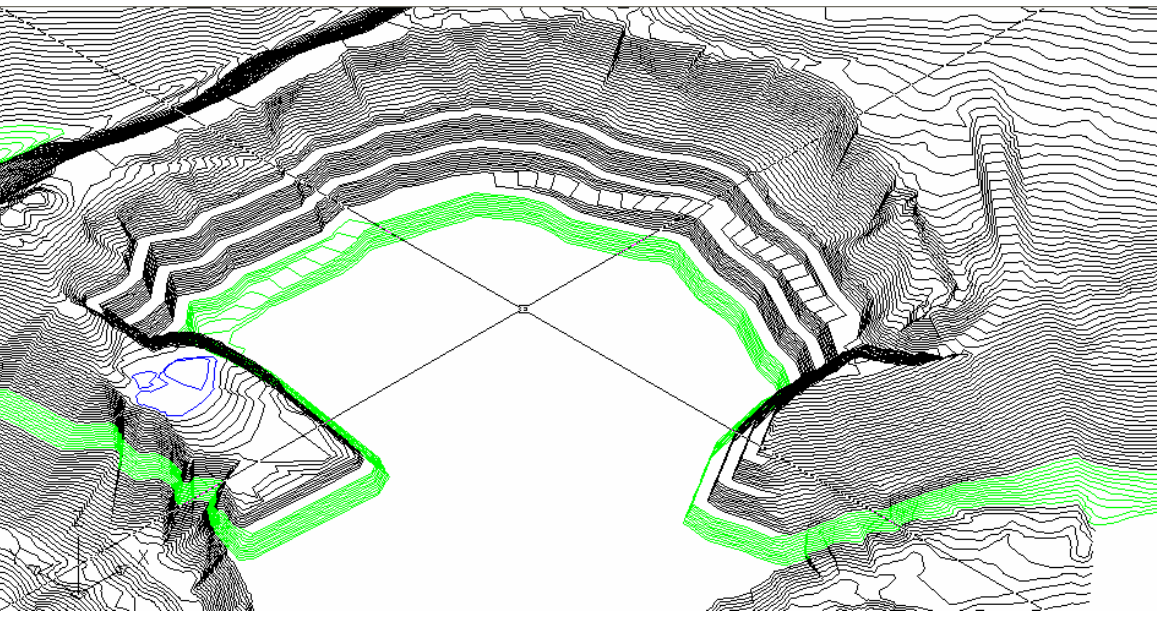
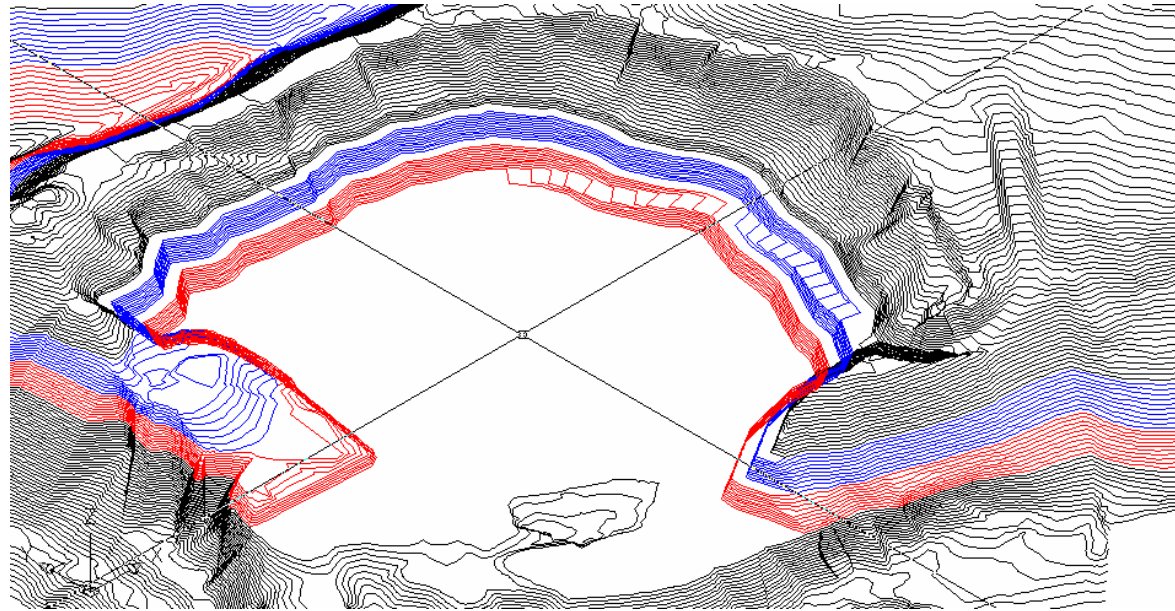


Modelo digital del terreno en la actualidad, se puede apreciar el nivel 1 (azul) y el nivel 2 (rojo).



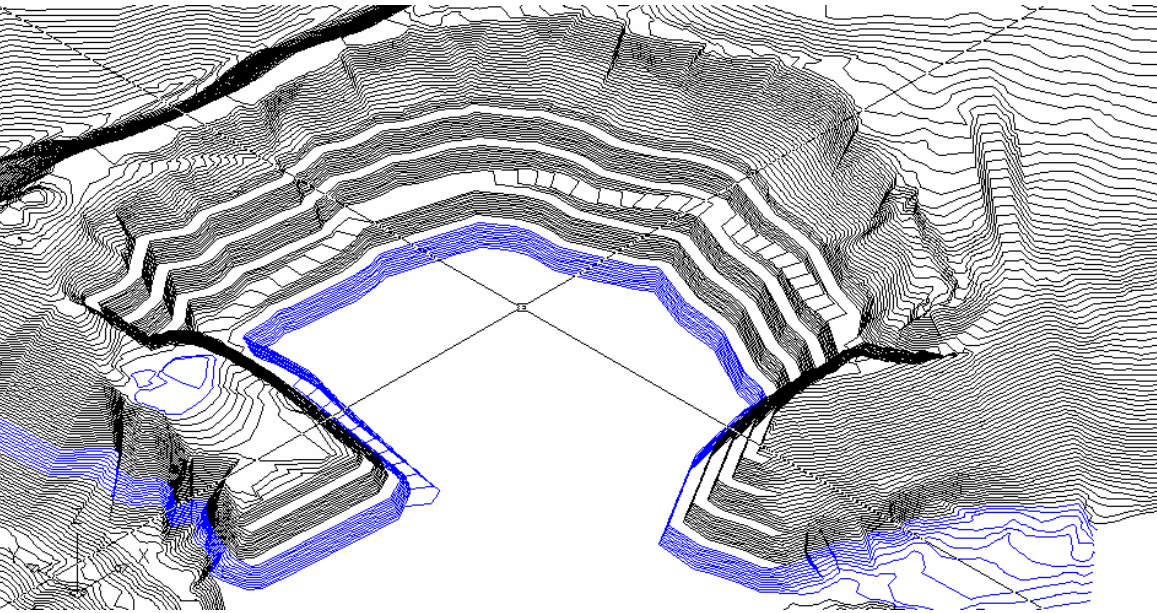
Modelo digital del terreno al explotar el nivel 1 (406.000 Ton – 11 meses).

Modelo digital del terreno al explotar el nivel 2 (902.000 Ton – 24 meses).



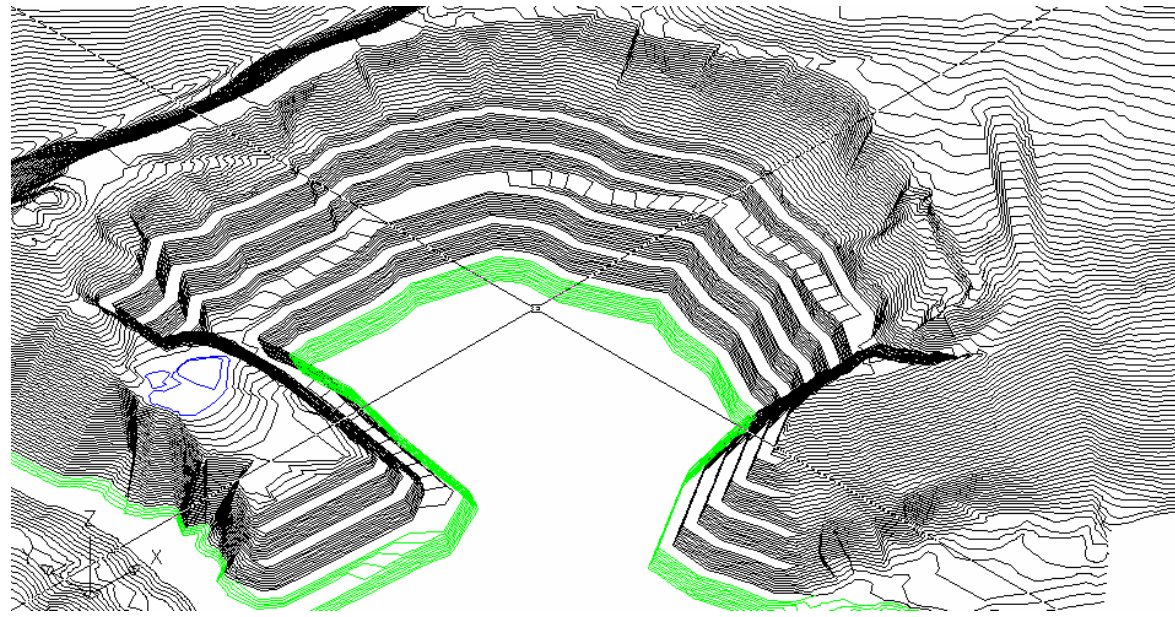
Modelo digital del terreno al explotar el nivel 3 (1'127.000 Ton – 30 meses).

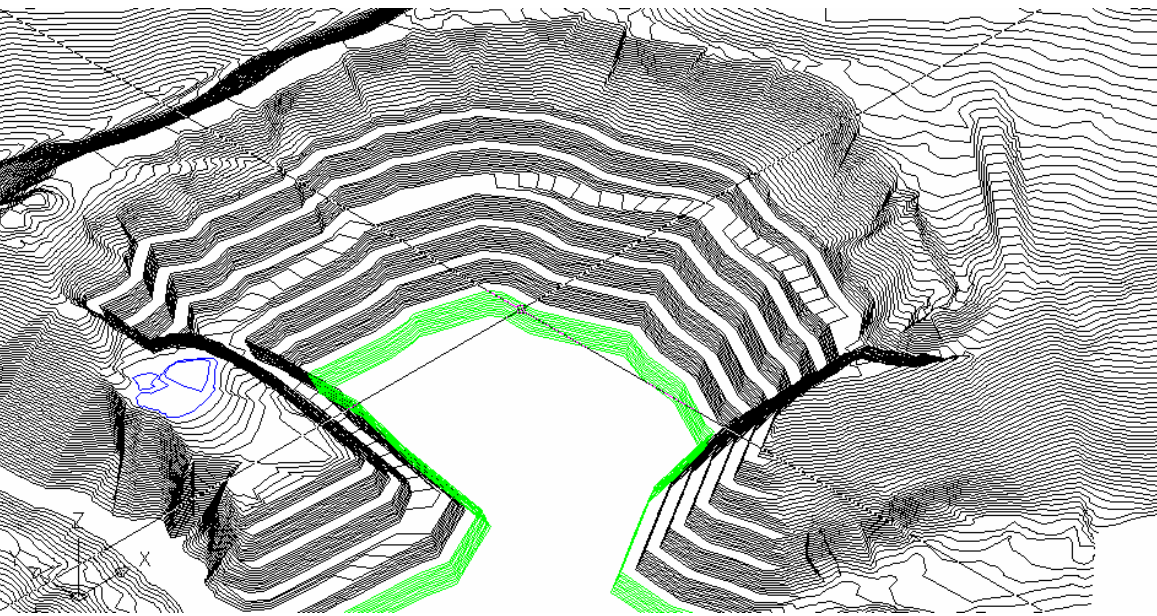




Modelo digital del terreno al explotar el nivel 4 (1'070.000 Ton – 29 meses).

Modelo digital del terreno al explotar el nivel 5 (900.000 Ton – 24 meses).





Modelo digital  
del terreno al  
explotar el nivel  
6 (597.000 Ton  
– 16 meses).

Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

**Detalle de explotación minera a corto plazo**

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

        Planificación Minera de los bloques

        Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

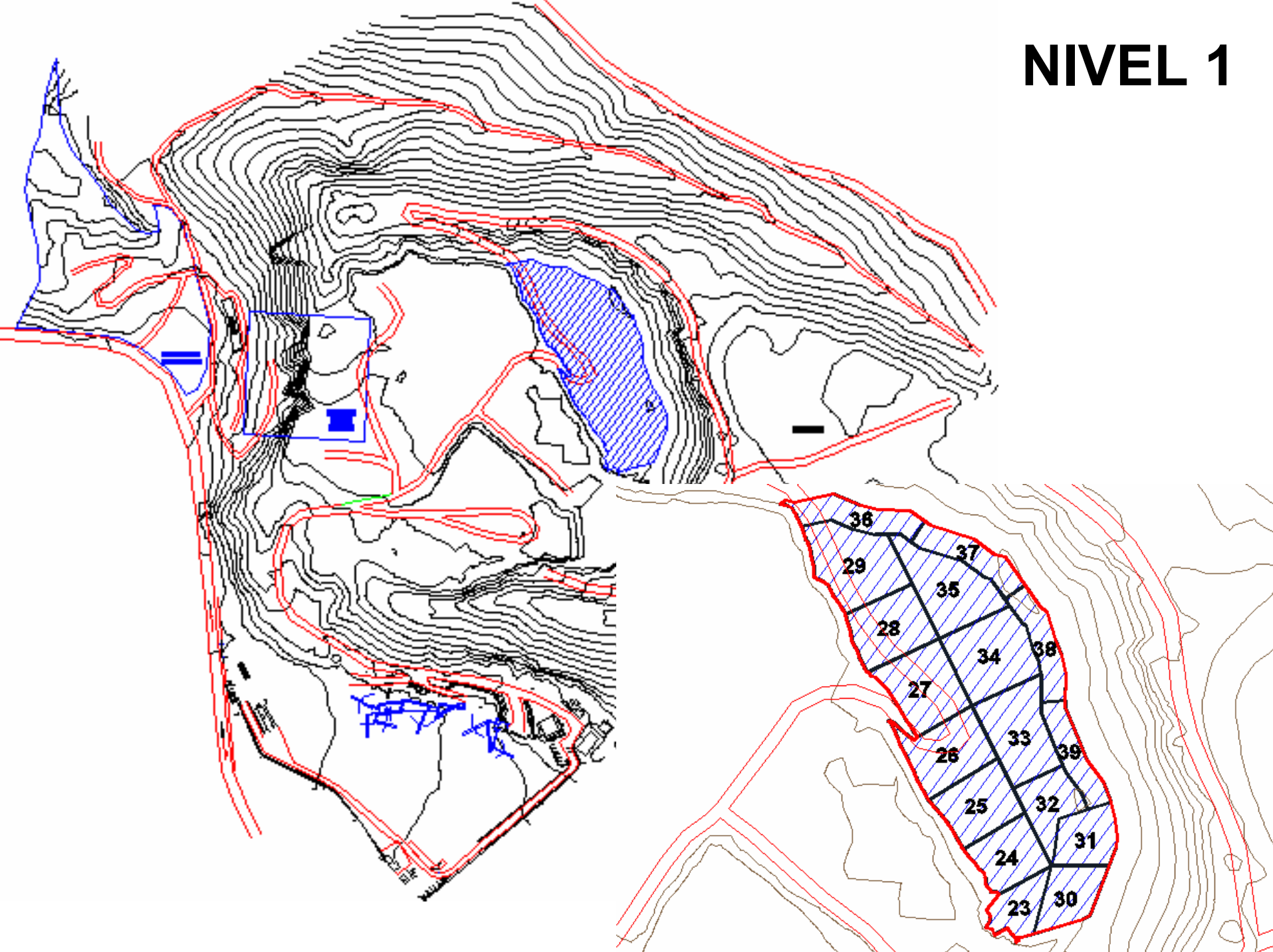
Conclusiones y Recomendaciones

# DETALLE DE PLANIFICACIÓN MINERA A CORTO PLAZO

Se debe tener presente que se van a mantener las vías de acceso actuales y que se van a explotar los 2 primeros niveles:

**Nivel 1. (2885 – 2875):** El mineral es de 242.400 Ton. En la cota 2885 se van a realizar perforaciones de precorte, llegando a la cota 2875. El tiempo para evacuar el material es de 26 semanas (6 meses).

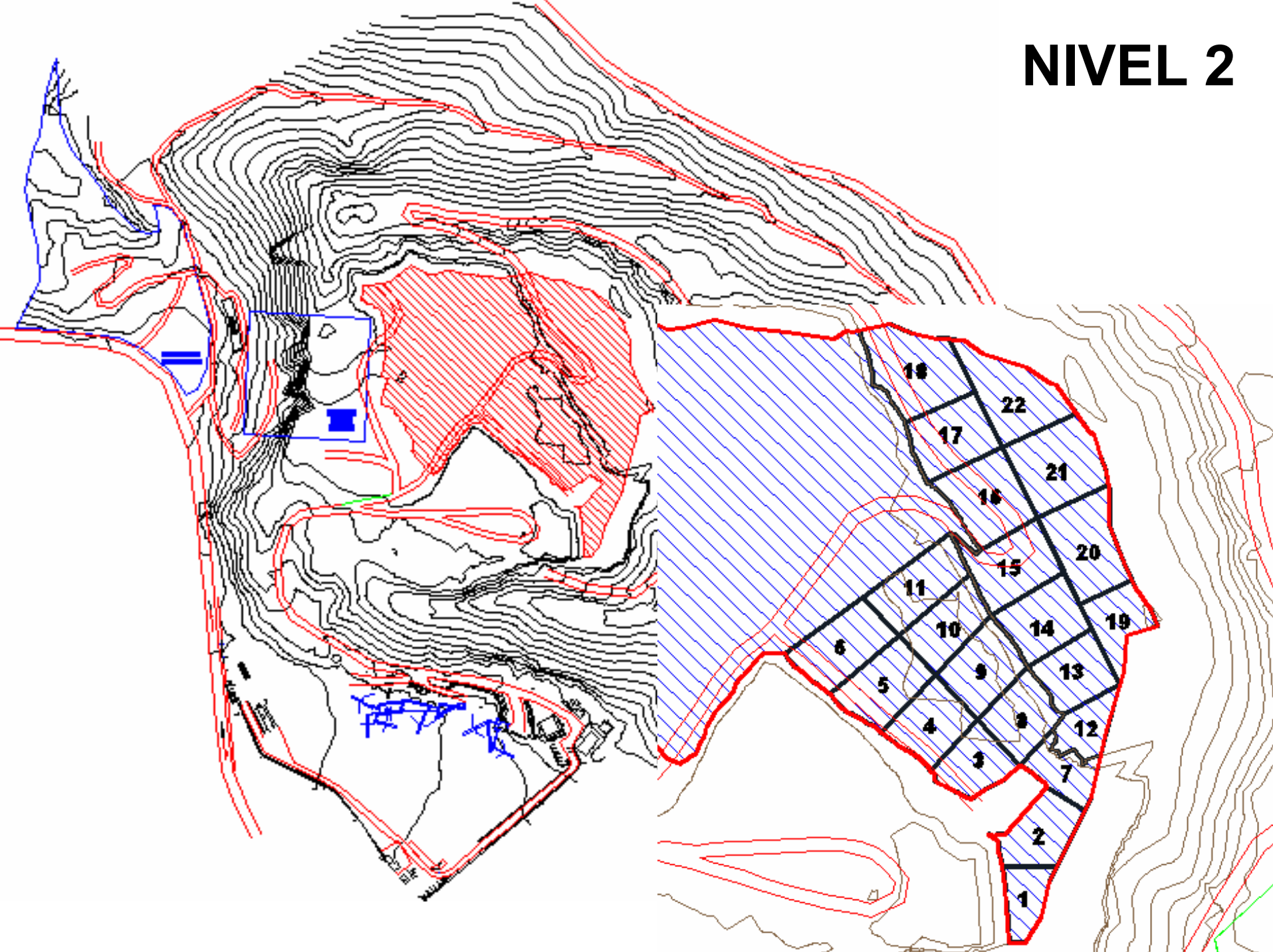
# NIVEL 1



**Nivel 2. (2875 – 2865):** El mineral es de 310.000 Ton. En la cota 2875 se van a realizar perforaciones de precorte, llegando a la cota 2865. El tiempo para evacuar es de 33 semanas (8 meses).

El material producto de la voladura va depositarse en la cota 2875, en ese nivel se va a realizar las operaciones de cargío.

# NIVEL 2





Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

**Planificación Minera de los bloques**

        Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# PLANIFICACIÓN MINERA DE LOS BLOQUES

39 bloques a ser explotados, 1 semana cada uno, se necesitan 59 semanas o 14 meses. 552.800 Ton de mineral, se tiene que realizar trabajos complementarios de mejoras de las vías de acceso a los frentes de trabajo y de desalojo de material estéril.

Se planifica explotar los bloques frontales del nivel 2 (bloques 1, 2, 3, 4, 5 y 6) para luego minar los bloques frontales del nivel 1 (23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

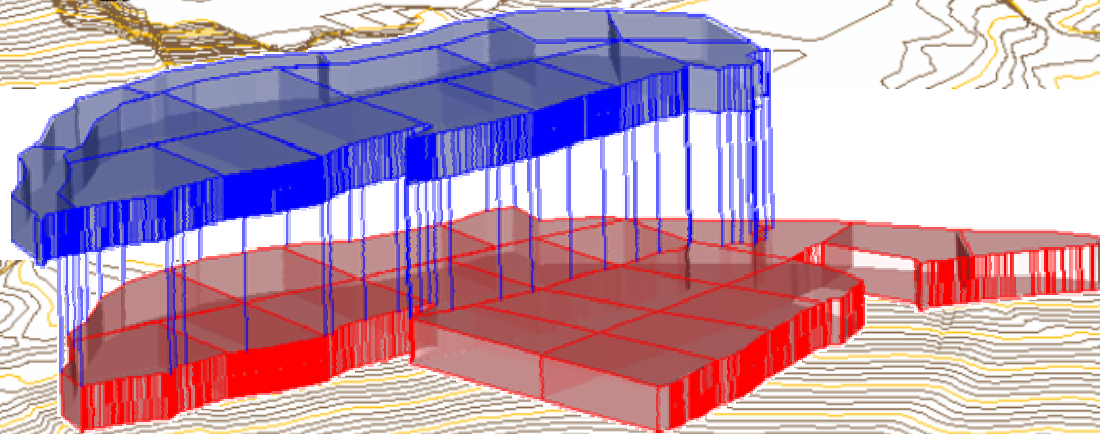
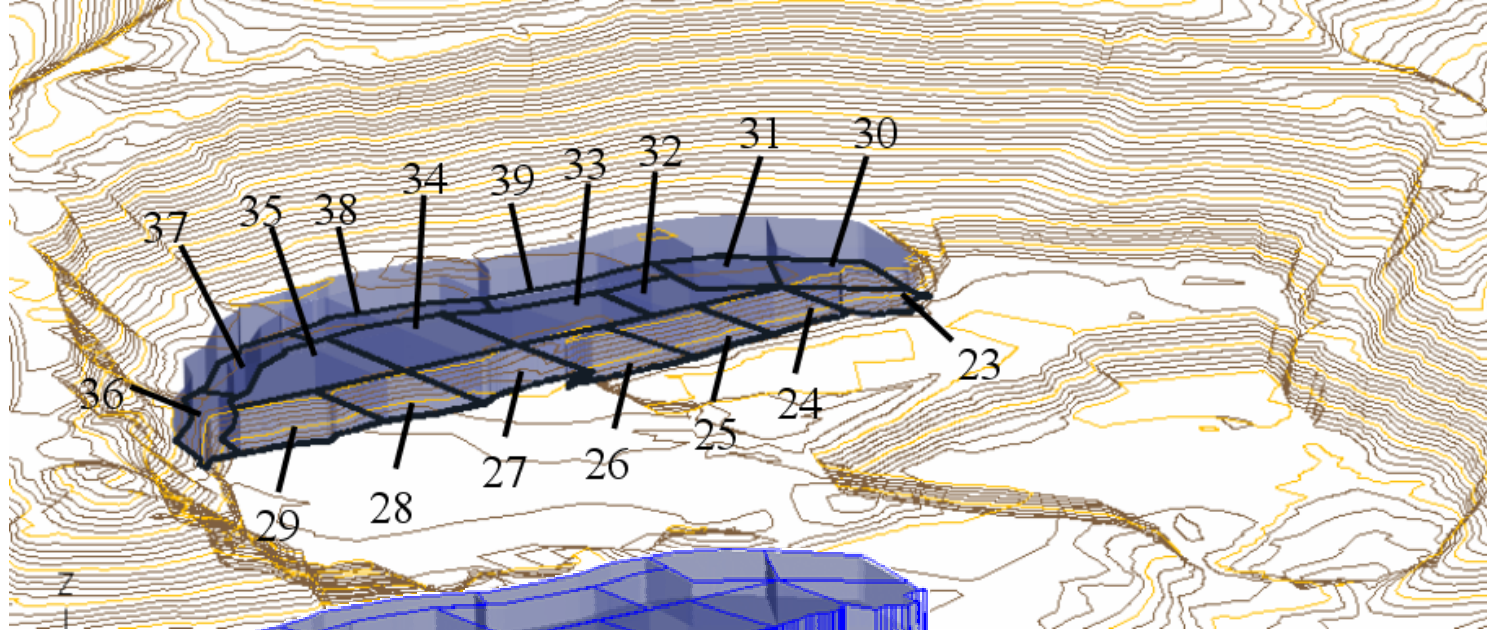
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (SEMANAS)</b>		
	<b>PERFORAC.</b>	<b>VOLADURA Y CARGÍO</b>
<b>SEMANA 1</b>	B 1	
<b>SEMANA 2</b>	B 2	B 1
<b>SEMANA 3</b>	B 3	B 2
<b>SEMANA 4</b>	B 4	B 3
<b>SEMANA 5</b>	B 5	B 4
<b>SEMANA 6</b>		B 5
<b>SEMANA 7</b>	B 6	
<b>SEMANA 8</b>		B 6
<b>SEMANA 9</b>	B 23	
<b>SEMANA 10</b>	B 24	B 23
<b>SEMANA 11</b>	B 25	B 24
<b>SEMANA 12</b>		B 25
<b>SEMANA 13</b>	B 26	
<b>SEMANA 14</b>		B 26
<b>SEMANA 15</b>	B 27	

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (SEMANAS)</b>		
	<b>PERFORAC.</b>	<b>VOLADURA Y CARGÍO</b>
<b>SEMANA 16</b>		B 27
<b>SEMANA 17</b>	B 28	
<b>SEMANA 18</b>		B 28
<b>SEMANA 19</b>	B 29	
<b>SEMANA 20</b>		B 29
<b>SEMANA 21</b>	B 7	
<b>SEMANA 22</b>	B 8	B 7
<b>SEMANA 23</b>	B 9	B 8
<b>SEMANA 24</b>		B 9
<b>SEMANA 25</b>	B 10	
<b>SEMANA 26</b>	B 11	B 10
<b>SEMANA 27</b>		B 11
<b>SEMANA 28</b>	B 30	
<b>SEMANA 29</b>	B 31	B 30
<b>SEMANA 30</b>	B 32	B 31

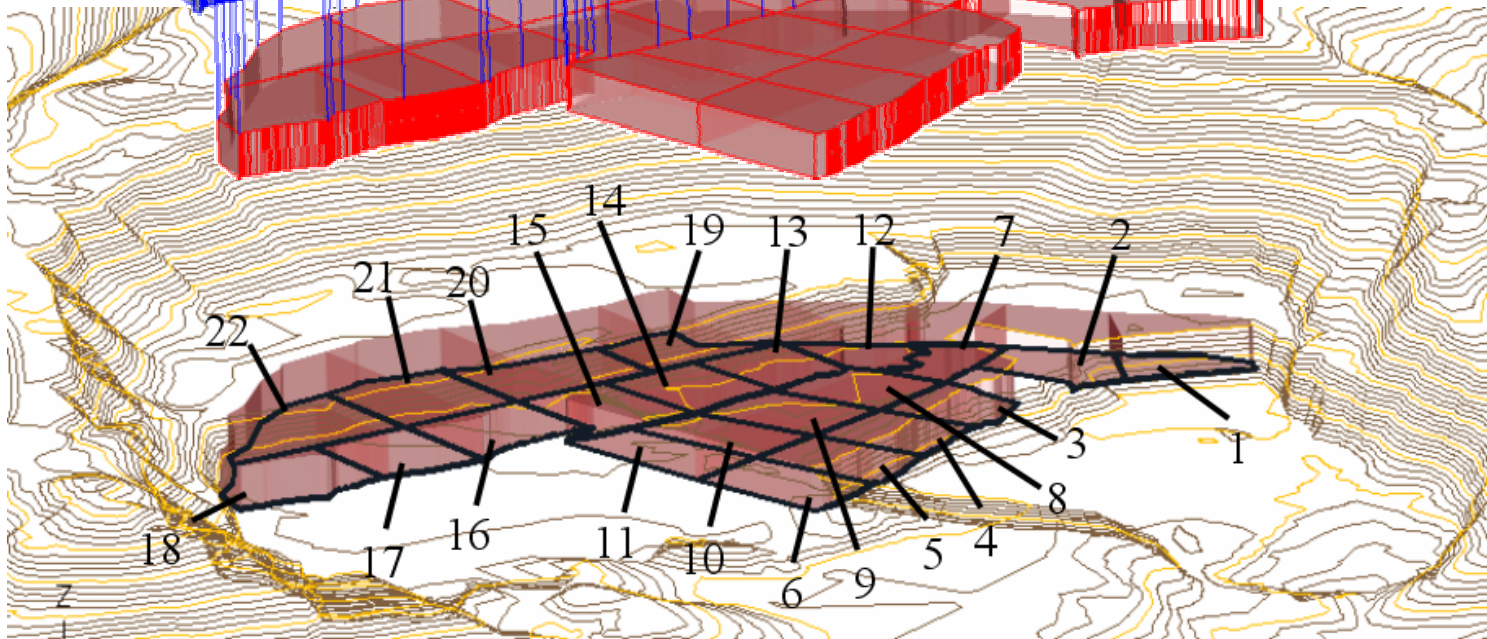
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (SEMANAS)</b>		
	<b>PERFORAC.</b>	<b>VOLADURA Y CARGÍO</b>
<b>SEMANA 31</b>	B 33	B 32
<b>SEMANA 32</b>		B 33
<b>SEMANA 33</b>	B 34	
<b>SEMANA 34</b>		B 34
<b>SEMANA 35</b>	B 35	
<b>SEMANA 36</b>		B 35
<b>SEMANA 37</b>	B 12	
<b>SEMANA 38</b>	B 13	B 12
<b>SEMANA 39</b>	B 14	B 13
<b>SEMANA 40</b>		B 14
<b>SEMANA 41</b>	B 15	
<b>SEMANA 42</b>		B 15
<b>SEMANA 43</b>	B 16	
<b>SEMANA 44</b>		B 16
<b>SEMANA 45</b>	B 17	

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (SEMANAS)</b>		
	<b>PERFORAC.</b>	<b>VOLADURA Y CARGÍO</b>
<b>SEMANA 46</b>		B 17
<b>SEMANA 47</b>	B 18	
<b>SEMANA 48</b>		B 18
<b>SEMANA 49</b>	B 36	
<b>SEMANA 50</b>	B 37	B 36
<b>SEMANA 51</b>	B 38	B 37
<b>SEMANA 52</b>	B 39	B 38
<b>SEMANA 53</b>	B 19	B 39
<b>SEMANA 54</b>	B 20	B 19
<b>SEMANA 55</b>		B 20
<b>SEMANA 56</b>	B 21	
<b>SEMANA 57</b>		B 21
<b>SEMANA 58</b>	B 22	
<b>SEMANA 59</b>		B 22

# NIVEL 1



# NIVEL 2



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

### **Costos de explotación**

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

Conclusiones y Recomendaciones

# COSTOS DE EXPLOTACIÓN

El costo de poner una tonelada en la trituradora primaria es de \$0.923, se va a gastar \$510.336

ÍNDICE EXPLOSIVOS	0,613 \$ / Ton
ÍNDICE DIESEL EXTRACCIÓN	0,176 \$ / Ton
ÍNDICE DIESEL PERFORACIÓN	0,013 \$ / Ton
ÍNDICE MANTENIMIENTO EXTRACCIÓN	0,081 \$ / Ton
ÍNDICE MANTENIMIENTO PERFORACIÓN	0,041 \$ / Ton

Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

**Retiro de sobrecarga en sector este**

    Diseño de estabilidad de taludes

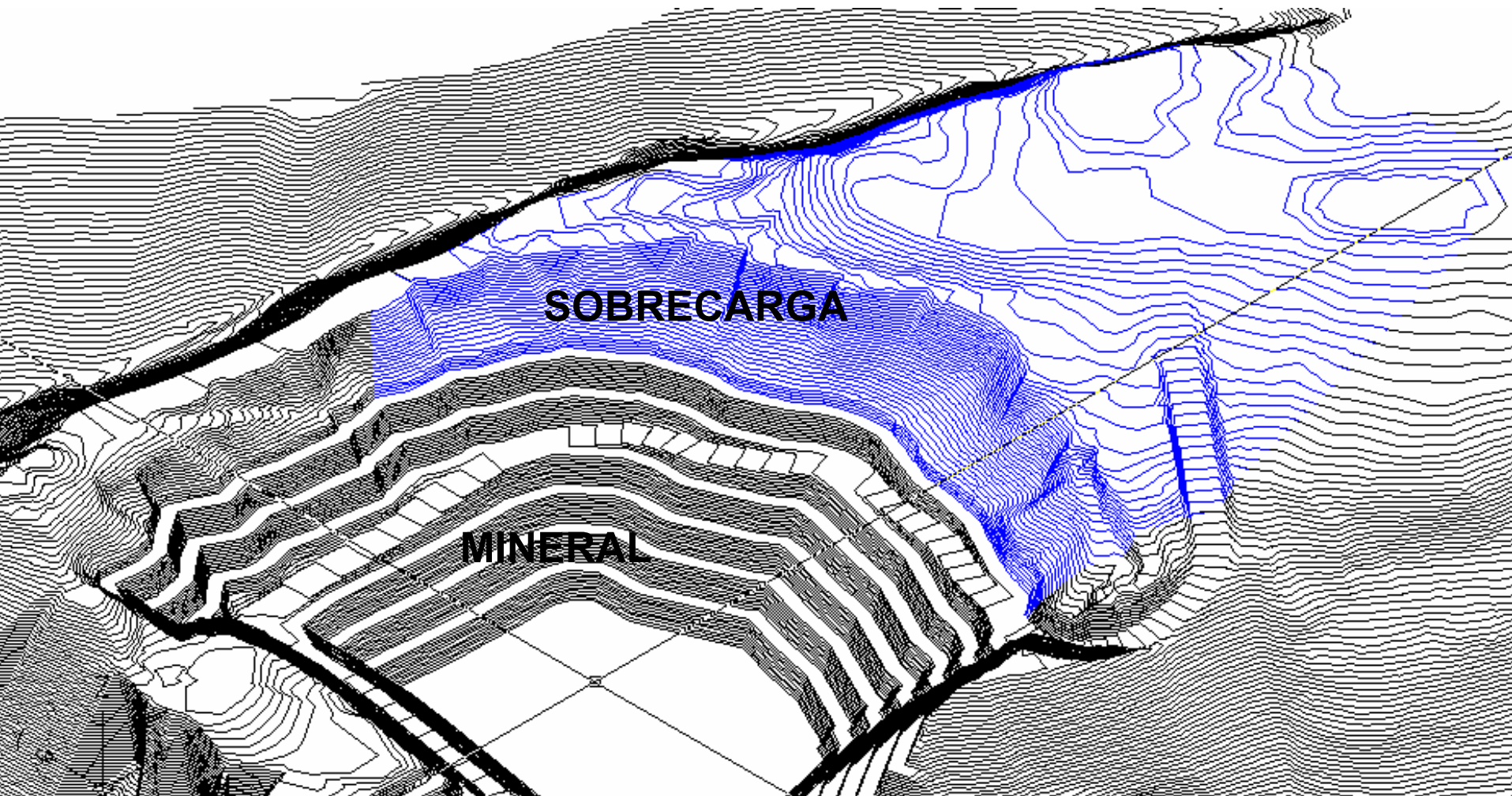
Conclusiones y Recomendaciones



# RETIRO DE SOBRECARGA

Área de sobrecarga	59.230 m <sup>2</sup>
Potencia de sobrecarga	33 m
Volumen de estéril a evacuar	1'502.816 m <sup>3</sup>
Toneladas de estéril a evacuar	4'132.744
Costo por evacuar estéril	\$ 0.257 / ton
Gasto total	\$1'063.000

# ZONA A SER DESTAPADA



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

        Planificación Minera de los bloques

        Costos de explotación

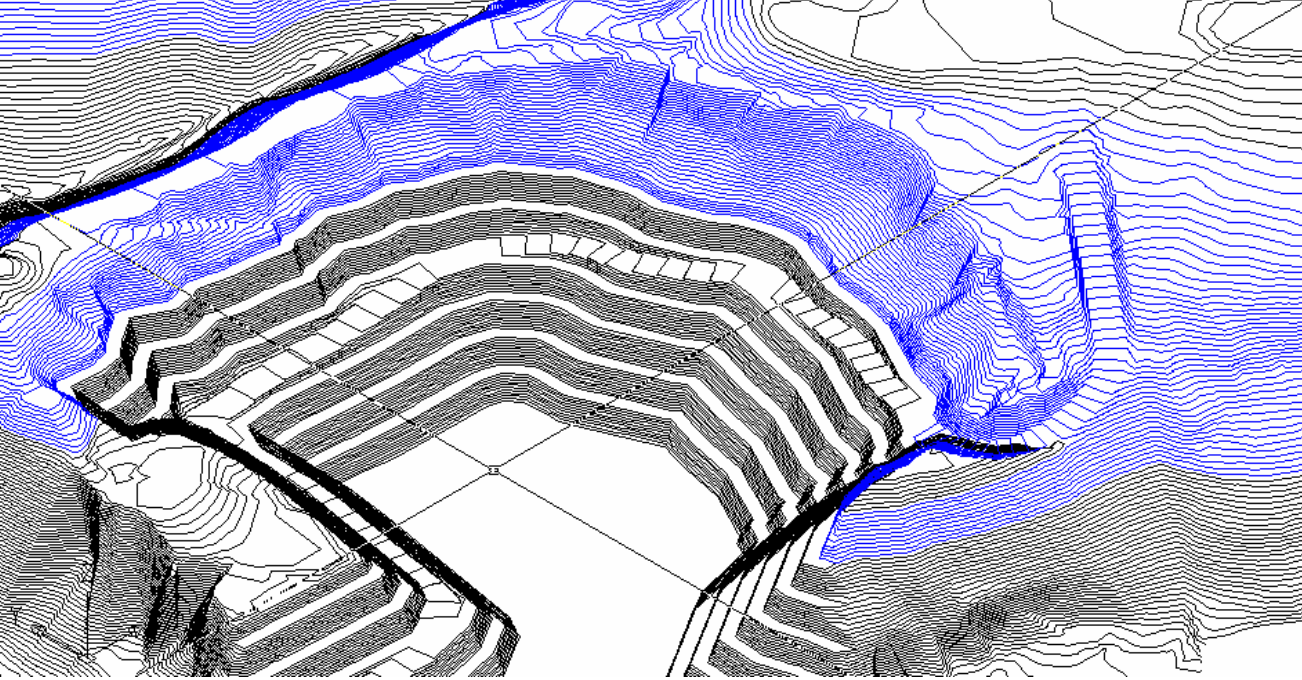
    Retiro de sobrecarga en sector este

**Diseño de estabilidad de taludes**

Conclusiones y Recomendaciones

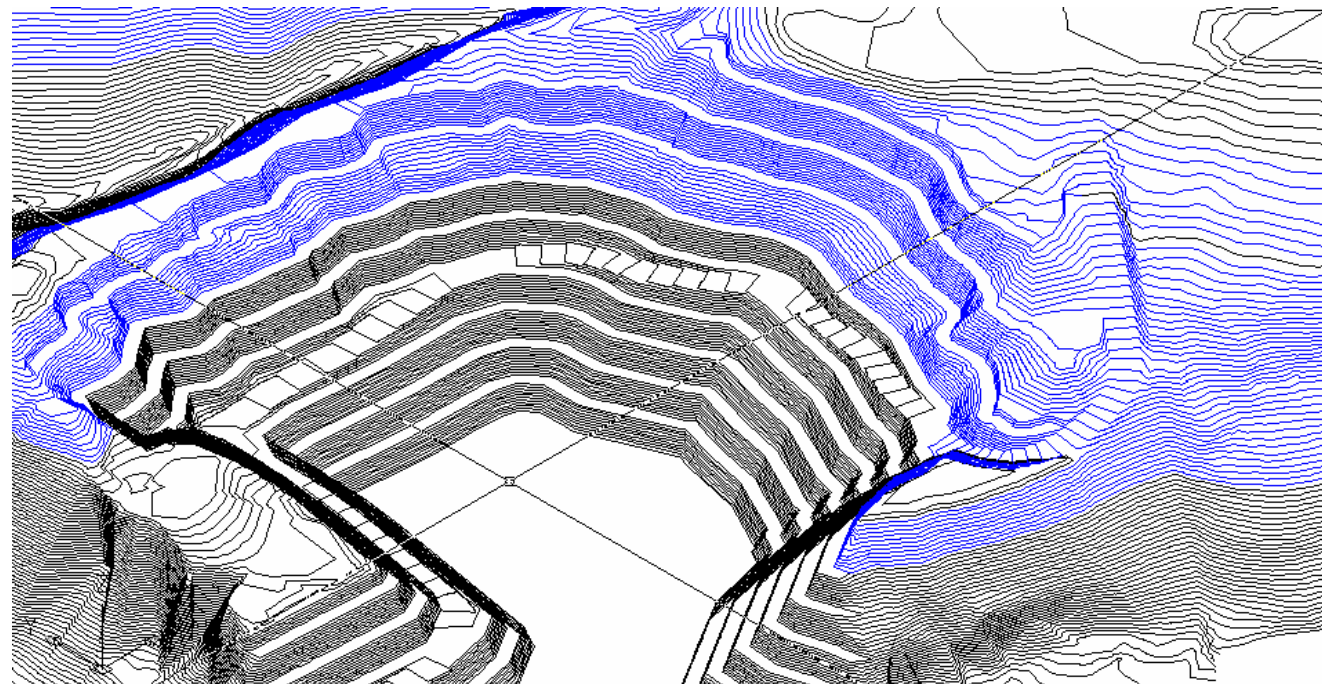
# DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

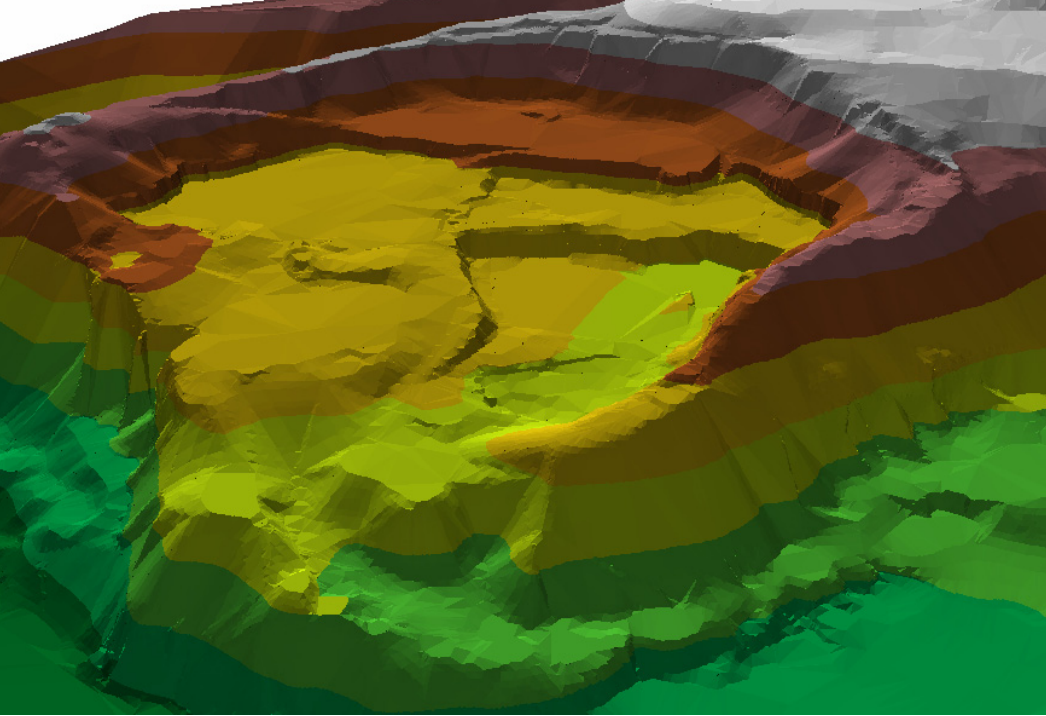
Taludes actuales	80°
Talud de banco	65°
Altura de banco	12 m
Bermas	6 m
Talud final	46°
Intervalo de niveles	2885-2928 msnm
Volumen de estéril por evacuar	72.172 m <sup>3</sup>
Toneladas a ser evacuadas	198.472
Gasto total	\$51.000



Diseño final de explotación de la cantera

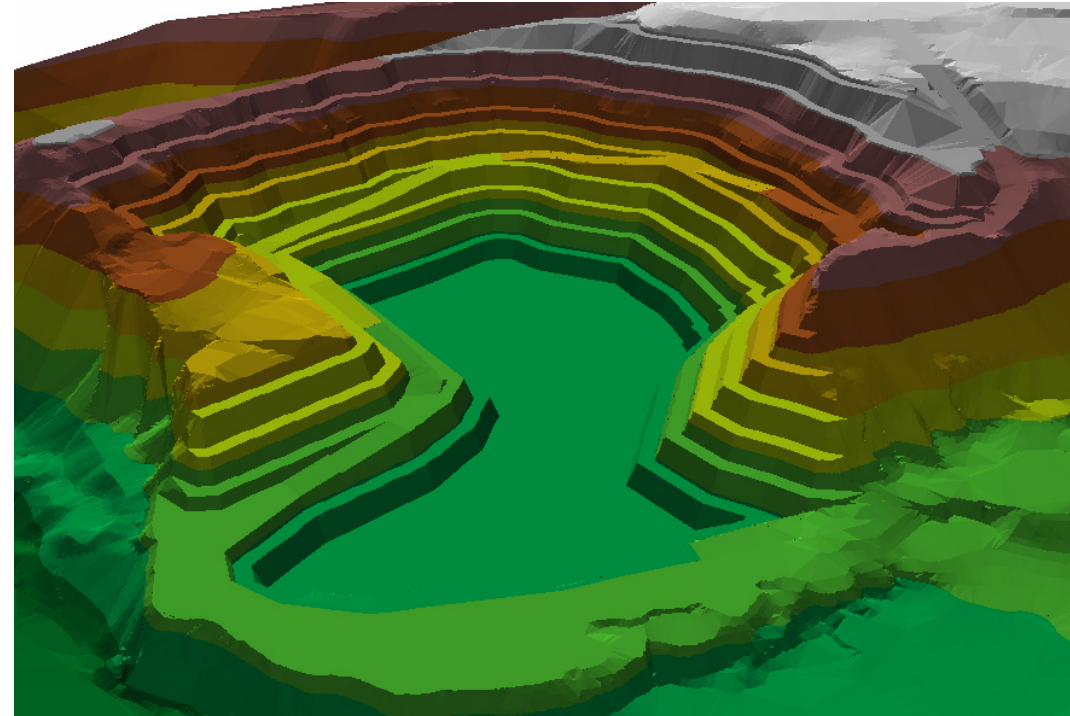
Diseño final con diseño de estabilización de taludes en la cresta superior de la cantera





Modelo Digital del Terreno (MDT) de la Cantera es su estado actual

MDT del Diseño Final y estabilización de taludes en la cresta superior de la cantera



Capítulo 1. Datos Generales

Capítulo 2. Características Geológicas

Capítulo 3. Medioambiente

Capítulo 4. Diseño Minero

    Cálculo de Reservas

    Criterios para el Diseño de la Explotación

    Diseño de pistas en espiral

    Perforación y voladura

    Maquinaria y equipos

Capítulo 5. Planificación Minera a Corto Plazo

    Niveles de explotación

    Detalle de explotación minera a corto plazo

        Nivel 1 desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura

        Nivel 2 desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura

    Planificación Minera de los bloques

    Costos de explotación

    Retiro de sobrecarga en sector este

    Diseño de estabilidad de taludes

**Conclusiones y Recomendaciones**

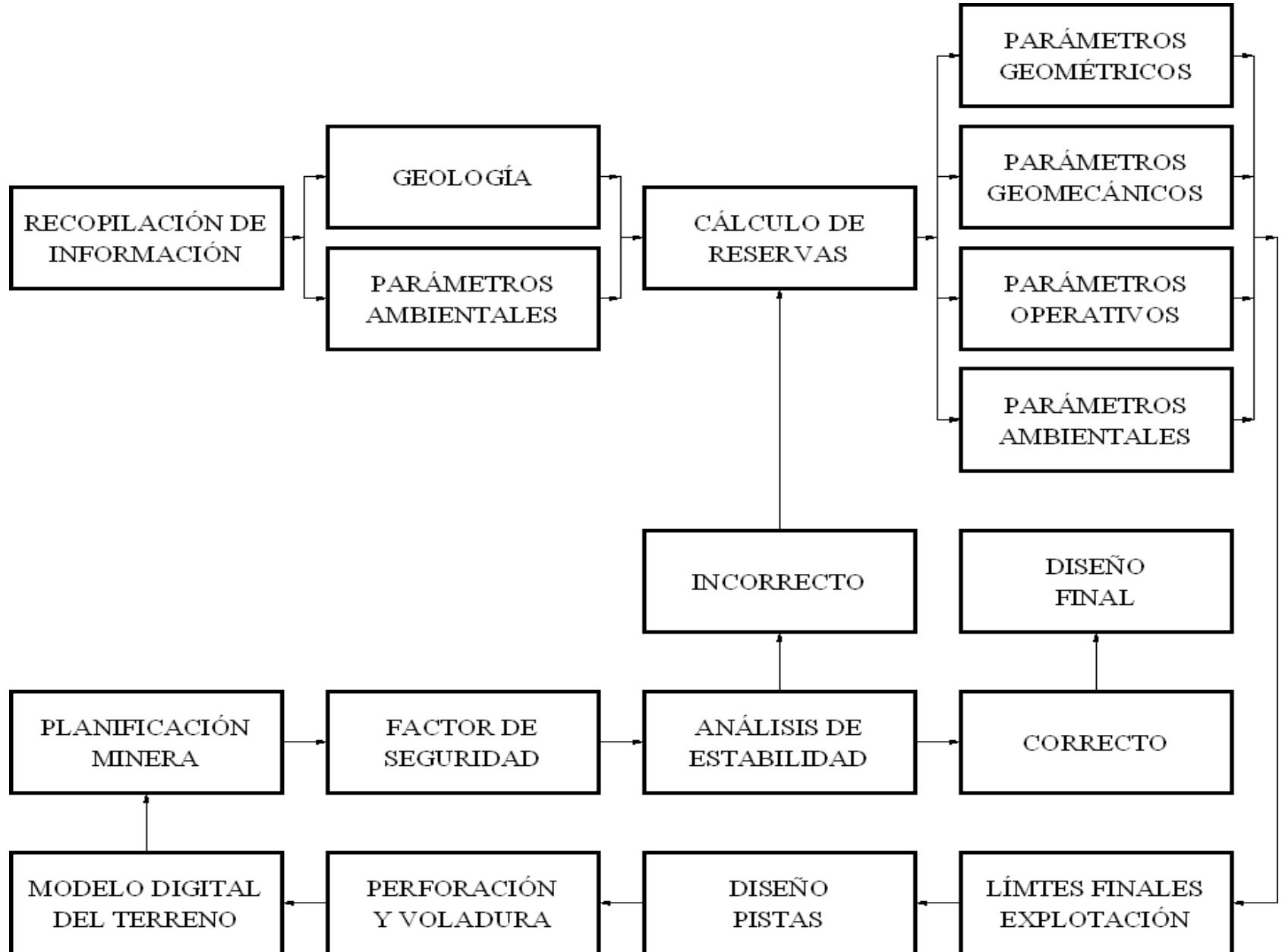
# CONCLUSIONES

- El mineral es andesita, y como estéril rocas sedimentarias y andesitas meteorizadas; se espera una producción promedio mensual de 37.500 Ton (dato año 2005).
- Las reservas por extraer son de 5'000.000 Ton. La explotación es de arriba hacia abajo para así controlar los taludes en forma más eficiente y segura.



- El volumen de andesita está penalizado con un 20% en cuanto a variaciones del área promedio, pérdidas de roca útil en la voladura, zonas de presencia de estériles, errores en la determinación de los límites del yacimiento y zonas de contacto geológico además de precisión en la topografía.
- Las reservas estimadas es para un periodo de aproximado de 11 años, tal vida útil se puede extender si se diseña y explotan las reservas del sector Este del área de estudio.

# METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN MINERA



- Para la realización de la Planificación Minera se realizó el diseño de 6 Niveles de Explotación, los mismos que dividen a los niveles en 7 bloques, todo esto define un total de 42 bloques independientes.

- En la cresta superior, existe un problema de estabilidad, lo cual provoca serios problemas de seguridad que pueden desembocar en accidentes de trabajo y pérdidas económicas en remediación ambiental.

# RECOMENDACIONES

- Se debe emplear la “perforación por banqueo”, ya que dispone de un frente libre para la salida y proyección del material. El transporte se lo debe realizar con volquetes, la distancia de transporte es de 700 m.
- Las pendientes de las vías no debe exceder del 10% y estas pueden ser hechas con el material de cobertura.

- Se establece como cota base a 2865, pues es el piso que se encuentra actualmente bien nivelado y será el punto de partida para el diseño.
- Se deberá realizar una planificación a largo plazo, ya que le permitirá estimar los siguientes bancos y reservas a explotar.
- Se deberá llevar un mantenimiento continuo de las vías de acarreo, para que no existan daños en la maquinaria de transporte, originando retrasos en los trabajos de explotación.

- A la par de las operaciones mineras, se deben realizar trabajos en la vía de acceso y realizar labores de limpieza de la sobrecarga de la zona Este para destapar las reservas y aumentar la vida útil.
- Para empezar las operaciones mineras, se debe tener presente que se deben mantener las vías de acceso actuales y que se deben explotar los 2 primeros niveles para empezar a explotar los niveles inferiores. Para explotar los 2 niveles superiores y dejarlos en su diseño a mediano plazo, se debe sectorizar cada nivel en bloques de explotación.

- El sitio de depósito del material de desalojo, una vez colmatada su capacidad, deberá ser reforestado, para su posterior uso como área verde.
- Los frentes de explotación actuales de la cantera podrán ser utilizados como nuevos sitios de depósito de material de desalojo, cuando las operaciones mineras terminen, ya que su configuración topográfica será la ideal para ser usado como depósito.



# SOFTWARE Y EQUIPO UTILIZADO

**ArcView 3.2.-** Gestor de SIG que crea o integra datos alfanuméricos con vectoriales procedentes de una imagen raster y/o gráficos CAD.

**AutoCad 2007.-** Diseñar y dibujar objetos en dos y tres dimensiones.

**CivilCad 2005.-** Módulo de AutoCad que sirve para la realización de curvas de nivel y perfiles del terreno.

**Spectrum Survey V 3.2.-** Transmisión y procesamiento de datos tomados por los equipos Sokkia.

**EQUIPOS MANEJADOS.-** Estación Total Sokkia, Brújula Brunton, GeoExplorer III, Garmin eTrex.

# **AGRADECIMIENTO**

**Empresa HOLCIM ECUADOR S.A.**

**A la memoria del Ing. Jimmy Panta,  
por su guía académica.**

**Ing. Juan Carlos Avilés,  
por su apoyo logístico**

**Dr. Fernando Morante,  
Director de Tesis**



**GRACIAS**

**EDUARDO RECALDE - 088015189 - 042435052**

[eduardorecalde@hotmail.com](mailto:eduardorecalde@hotmail.com)