

# **Trabajo de Diploma**

**Para Optar por el Título de**

## **Ingeniero de Minas**

**Título: Procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software Gemcom**

**Autor: IGOR MÁRCIO DAMIÃO FERNANDES**

**Tutor: MSc. JULIO MONTERO MATOS**

**Moa, 2014**

**“Año 56 de la Revolución**



# **Trabajo de Diploma**

**Para Optar por el Título de**

## **Ingeniero de Minas**

**Título: Procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software Gemcom**

**Autor: IGOR MÁRCIO DAMIÃO FERNANDES**

**Tutores: MSc. JULIO MONTERO MATOS**  
**ING. YOHANLENA DELISLE BELL**

**Moa, 2014**  
**“Año 56 de la Revolución**



## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo, Igor Márcio Dãmiao Fernandes

Autor deste trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalurgico De Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Firma del Autor

---

Igor Márcio Dãmiao Fernandes

Firma de los tutores

---

MSc. Julio Montero Matos

---

Ing.Yohalena Delisle Bell

## **PENSAMIENTO**

*“Quien se somete a actos erróneos, erra el doble”*

*Igor Fernandes*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi mamá por el amor de ella hacía mí, la educación y apoyo constante que me ha dado. A mi hermana y mi hermano que los quiero mucho. Le dedico también a quienes me dieron el valor y coraje para seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por su gracia y misericordia. Ha estado conmigo todo el tiempo, me abrió puertas donde no había, y puso camino en el desierto para mí. Gracias Jesús.*

*Mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas por su aporte en la culminación de este trabajo y en lo que hoy soy: A mi tutor MSc. Julio Montero Matos por haberme guiado y ayudado a realizar este magnífico trabajo, a mi tutora de la empresa Cuproníquel Ing. Yohanlena Delisle Bell por la paciencia que tuvo conmigo principalmente a la hora de trabajar en el software, al Dr. C. Rafael Noa Monjes por ayudarme con respecto al plan ajustado, en la tesis y en todo el pre curso de mi formación.*

*A todos los profesores del departamento de minas del ISMM, en especial Dr.C. Orlando Belete, Dr. C. Santiago Bernal, MSc. Alexis Cabrales Rodríguez y MSc. Yoandro Diéguez les quiero mucho. A la Dr. C Maday Cartaya Pire que está ausente porque se encuentra de misión, la considero mucho.*

*A toda mi familia en especial a mi Mamá Teresa Damião por haberme dado fuerza consejos, palabras de soporte y principalmente por su aporte durante los 5 años, a mi Papá Cândido Fernandes, a mi Hermana Eva Da Costa por preocuparse siempre y extrañarme, mis hermanos especialmente Bruno Fernandes, a mis primas Claudineth Cerqueira y Iveth Pedrina Sin olvidar a mis tías Domingas Damião, Luisa Damião y Luisa Eva, a mi novia Tania Freitas que estuvo de mi lado todos estos años y me apoyo incondicionalmente te quiero mucho y también a mi amiga Celma Brandão que le aprecio mucho y la tengo como una hermana.*

*A mis amigos, mis compañeros del aula y a mis socios de la preparatoria de Cienfuegos 2009.*

*A la embajada de Angola en Cuba y a la Revolución Cubana.*

## **RESUMEN**

El presente trabajo titulado “Procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto utilizando el software Gemcom” está dividido en tres capítulos. En el primer capítulo se dedica al análisis de los principales referentes teóricos sobre los trabajos de perforación y voladura y terminologías utilizadas en el software Gemcom. Para ello se relacionan un conjunto de investigaciones que permiten determinar los antecedentes del tema, así como su actualidad. Al mismo tiempo se exponen las características del software Gemcom, lo que permite comprender con mayor facilidad su uso y manejo. En el capítulo dos se ofrecen los pasos necesarios para lograr el diseño gráfico de los trabajos de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software Gemcom. A partir de las herramientas que proporciona el mismo se elabora un procedimiento más asequible para lograr este diseño gráfico del pasaporte. La nueva herramienta de trabajo constituye el principal aporte del presente capítulo. En el tercer capítulo se realiza un estudio del yacimiento “Cantera blanca” con el cual se comprueba la validez y efectividad del procedimiento propuesto.

## **SUMMARY**

The present work “Procedimiento holder of an academic degree for the graphic design of the passport of perforation and blowing up in the open air by using the Gemcom” software is divided in three chapters. In the first chapter it dedicates to the analysis of the main relating theoreticians on the works of perforation and volaudara and terminologies used in the Gemcom software. For it relate a whole of investigations that permits decide the antecedents of the topic, as well as your present time. At the same time expose the characteristics of the Gemcom software, which permits understand with major facility your use and manage. In the chapter two offer the necessary steps to achieve the graphic design of the works of perforation and blowing up in the open air with the use of the the Gemcom software. as of the tools that provides the same a more affordable procedure is elaborated to achieve this design graph of the passport. The new tool of work constitutes the main contribution of the present agree. In the third chapter a study of the “Cantera Blanca” bed is carried out with which verifies to him the validity and effectiveness of the proposed procedure



## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>6</b>
1.1. Antecedentes y estado actual de la temática	6
1.2. Conceptualización de los parámetros utilizados en el diseño de voladuras en cantera	9
1.2.2. Factores que influyen en el diseño de voladuras en canteras	10
1.3. Características del software Gemcom	13
1.4. Terminologías utilizadas en el software Gemcom	14
<b>CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO GRÁFICO DE VOLADURAS A CIELO ABIERTO CON LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE GEMCOM</b>	<b>16</b>
2.1. Flujo de trabajo para graficar el pasaporte de perforación y voladura con el software Gemcom	16
2.2. Representación gráfica de los pasos para graficar el pasaporte de perforación y voladura con el software Gemcom	17
<b>CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO (CANTERA BLANCA)</b>	<b>28</b>
3.1. Ubicación geográfica de la cantera	28
3.2. Geología del yacimiento	29
3.2.1 Hidrología del yacimiento	30
3.2.2. Características geotécnicas del macizo rocoso	30

<b>3.2.3</b>	<b>Características cualitativas del material útil</b>	<b>31</b>
<b>3.3.</b>	<b>Evaluación integral del yacimiento</b>	<b>32</b>
<b>3.4.</b>	<b>Capacidad anual de producción y vida útil</b>	<b>32</b>
<b>3.5.</b>	<b>Método de apertura</b>	<b>33</b>
<b>3.6.</b>	<b>Tala y desbroce</b>	<b>35</b>
<b>3.7.</b>	<b>Secuencia de ataque o frente de explotación</b>	<b>36</b>
<b>3.8.</b>	<b>Transportación del mineral y del estéril</b>	<b>37</b>
<b>3.9.</b>	<b>Diseño de la cantera</b>	<b>37</b>
<b>3.9.1.</b>	<b>Diseño operativo de la cantera</b>	<b>37</b>
<b>3.9.2.</b>	<b>Parámetros de diseño</b>	<b>38</b>
<b>3.10.</b>	<b>Estrategia de profundización de la cantera</b>	<b>40</b>
<b>3.11.</b>	<b>Evaluación de los impactos producidos por la investigación</b>	<b>45</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>46</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>48</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>49</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo científico y tecnológico resulta uno de los campos más afectados por la enorme capacidad de cálculo de los ordenadores, cada vez más accesibles a la población y, particularmente, a los investigadores. Las ingenierías no han sido una excepción, las mismas aprovechan esta capacidad, siendo sometidas a una serie de cambios que proporcionan nuevas formas de trabajo diferentes a los tradicionales. El tratamiento de los datos para el diseño de caminos es un caso donde la evolución ha sido especialmente llamativa. En este sentido, las concepciones tradicionales, acerca del diseño de cantera y la forma de trabajo se han visto profundamente transformadas; En los últimos años la información minera se complementa con la integración de la misma en los softwares creados para el diseño de canteras, caminos y carreteras. **(Caballero, 2013)**

En este contexto la competitividad entre las empresas mineras que explotan los recursos minerales a cielo abierto, ha exigido que estas sean más eficientes en sus procesos y eficaces en sus resultados. Para obtener el mejor rendimiento posible, la política consiste en aprovechar con racionalidad los recursos, por lo que se requiere de una buena planificación de las acciones, que permitan realizar proyectos en base a las realidades objetivas de cada empresa.

El diseño y construcción de canteras constituyen una de las funciones más importantes que deben enfrentar los ingenieros de minas a la hora de explotar cualquier recurso mineral. El buen trabajo en este sentido promueve la seguridad, producción y la disponibilidad del equipamiento, lo cual es equivalente a menores costos por concepto de roturas y mantenimiento.

Para el diseño de voladuras en canteras existen diferentes procedimientos, algunos muy antiguos, los cuales eran realizados manualmente. El desarrollo tecnológico que ha experimentado el mundo actual, ha permitido al hombre desarrollar algoritmos de cálculos, que por su complejidad eran muy lentos para realizarlos a mano. A raíz del gran avance científico técnico en la rama de la informática se han creado software para el diseño de minas y que son capaces de lograr el diseño gráfico de voladuras a cielo abierto con mayor rapidez y precisión, uno de ellos es el Software Gemcom.

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho el **problema** que resuelve la investigación es la necesidad de un procedimiento que permita el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto utilizando el software Gemcom.

El **objeto de estudio** lo constituye el software Gemcom, y el **campo de acción** el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con el empleo del software Gemcom.

El **Objetivo General** de la investigación es: elaborar un procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software Gemcom, que permita ser utilizado como herramienta de trabajo.

La **Hipótesis** de la investigación se sustenta en que: si se estudian los conceptos básicos y parámetros para el diseño de voladuras, se caracteriza el software Gemcom y se integran las condiciones ingeniero-geológicas y minero-técnicas de yacimientos; entonces es posible elaborar un procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software Gemcom.

**Objetivos Específicos:**

1. Analizar la situación actual del tema.
2. Caracterizar y analizar el campo de aplicación del software Gemcom.
3. Establecer el algoritmo que permite la utilización del software Gemcom para graficar el pasaporte de perforación y voladura en canteras.
4. Aplicar mediante un caso de estudio el procedimiento propuesto para graficar el pasaporte de perforación y voladura en cantera utilizando el software Gemcom.

Para el cumplimiento de los objetivos previstos se aplicaron **métodos teóricos** y **métodos empíricos** de la investigación científica.

Entre los métodos teóricos se emplearon los siguientes:

**Histórico-lógico:** se utilizó durante el período de revisión y análisis de documentos lo cual permite definir los principales antecedentes del tema.

**Análisis-síntesis:** se empleó en el estudio de las partes del objeto y para comprometer su comportamiento como un todo.

**Inducción-deducción:** como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.

**Métodos empíricos:** imprescindible en el empleo de **la medición**. Como técnicas se utilizan; **la observación científica** y **la consulta de expertos**, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto de estudio.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Antecedentes y estado actual de la temática

El diseño de canteras tiene múltiples facetas y objetivos, entre ellas están: la selección del método de explotación, el dimensionamiento geométrico de la cantera, la determinación del ritmo anual de producción, la ley de corte, la secuencia de extracción y el diseño del pasaporte de perforación y voladura, entre otras.

Antiguamente, los ingenieros realizaban el diseño las minas de forma manual, una vez verificado los cálculos por las metodologías existentes, llevaban los resultados a planos mediante la utilización de diferentes técnicas de dibujo. Por lo general, los planos estaban georeferenciado, y el dibujo se hacía en mesas especializadas, las cuales contaban con unas series de instrumentos, como son: reglas, tecnógrafo, compás y centropén. El uso y manejo de ésta técnica era muy tediosa para los diseñadores, por esa razón un proyecto demoraba mucho en realizarse, los gastos de materiales y de recursos eran muy elevados, así como la probabilidad de cometer errores técnicos.

Existen numerosas investigaciones referentes al diseño de canteras, entre ellas se puede relacionar los trabajos: *Diseño de canteras* del ingeniero Ramón Polanco Almanza (1994) el mismo aborda sobre la organización del diseño de cantera, los datos iniciales de la misma, así como la importancia de los contornos y la productividad del yacimiento. *Trabajos Mineros* de los autores José Otaño Noguel y Armando Cuesta Recio (2001) en el cual destacan los parámetros que hay que tener en cuenta a la hora de realizar la explotación. En estos trabajos todos los gráficos se realizaban a mano lo que conllevaba a un mayor tiempo de trabajo.

Otro referente teórico de obligatoria consulta es el trabajo titulado: *Métodos de minería a cielo abierto* del autor Juan Herrera Herbert (2006), donde ofrece el concepto de cantera. Entre las investigaciones referentes a la temática investigada encontramos del ingeniero Jorge Barragan (2007): *Explotación a cielo abierto de materiales de construcción*, autor que brinda una conceptualización sobre cantera y aborda los parámetros necesarios en el diseño de la misma. La Dra.C Maday Cartaya Pires (2008) emite otros

conceptos útiles para la explotación a cielo abierto, tales son los casos de: capa, plazoletas superior e inferior y paramento.

En correspondencia con el modelo geológico minero autores como: Otaño Noguel, Herrera (2007) y el artículo *Diseño minero a mediano plazo en la cantera Pifo* publicado por un colectivo de autores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador, todos coinciden en el criterio de la necesidad de realizar una adecuada caracterización del modelo geológico para optimizar la geometría, establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de minerales lo cual permitirá la factibilidad del proceso de explotación. El criterio de Roberto Watson tiene puntos comunes con los autores antes mencionados y solo difiere en la importancia de la utilización de programas profesionales como el Vulcan y Gemcom, que brindan la posibilidad de visualizar en dos y tres dimensiones la geología. Estos autores no consideran los parámetros para la graficar el pasaporte de perforación y voladura utilizando los software a los que hace mención Roberto Watson.

Entre los referentes teóricos más importantes se encuentra el trabajo: *Diseño de Explotaciones de Cantera* del autor Juan Herrera Herbert (2007), su aporte fundamental está en la conceptualización de los parámetros geométricos banco, altura de banco, talud de banco y de trabajo, bermas, pistas, ángulo de reposo y límites finales de explotación, los cuales son para el autor los más económicos, de mayor seguridad e imprescindibles para el diseño de explotación de una cantera. Otro de los aspectos esenciales en su investigación, es la importancia que le confiere a la realización correcta del modelo geológico del yacimiento. Sin embargo, su análisis carece de un procedimiento con la utilización de un software que facilite graficar el diseño del pasaporte de perforación y voladura en cantera, cuestión que se tendrá en cuenta para el presente trabajo.

El diseño de cantera con software de última generación y en especial con Gemcom constituye una temática actual y de interés a nivel nacional, siendo una preocupación constante de especialistas y proyectistas el hecho de diseñar con mayor rigurosidad para obtener proyectos competitivos. Mediante la

utilización de Gemcom se logran hacer correcciones oportunas, tanto técnicas como prácticas; lo que permite aumentar la calidad de la obra a ejecutar.

En Cuba, en las canteras de áridos los parámetros de los trabajos de voladura se han calculado siguiendo las metodologías de la antigua Unión Soviética (Otaño, 1998), fundamentalmente la que calcula la línea de menor resistencia ( $W$ ) teniendo en cuenta el diámetro de perforación, la densidad de carga, la capacidad de trabajo de la sustancia explosiva (SE) y la densidad y agrietamiento de las rocas. El diseño gráfico de estas metodologías se realizaba a mano, lo que implicaba un mayor tiempo empleado en este diseño gráfico.

El primer trabajo que realiza un estudio analítico y experimental de la acción de la explosión en el macizo, en Cuba, es el realizado por Otaño, 1984 “El corte de monolitos y bloques de mármol por el método hidroexplosivo. En el mismo se realiza una investigación analítica del estado tensional del macizo por la línea de cargas de cordón detonante en agua y tienen cuenta otros parámetros. Este trabajo no considera la realización del diseño gráfico de voladuras con la utilización de software.

Posteriormente, en los trabajos de perfeccionamiento de las voladuras en el yacimiento de calizas XX aniversario (Palacios, 1997) y (Jaramillo, 1999), realizaron un análisis del agrietamiento del macizo y el tamaño de los bloques formados, así como una investigación analítica de la acción de la explosión en el macizo de rocas, a partir de la cual se plantearon los parámetros de la explosión, que fueron ajustados mediante explosiones experimentales, logrando disminuir la salida de pedazos grandes de forma considerable, pero en las mismas no se considera la realización del diseño gráfico del pasaporte propuesto con la utilización de software, cuestión que consideramos en el presente trabajo.

Antonio M. Pedro Alexandre (2006) elaboró una metodología para el diseño de los patrones de voladura, que fue validada en investigaciones experimentales en la Cantera “El Cacao” de la provincia de Granma, lográndose reducir la salida de pedazos sobremedida, este autor no consideró el diseño gráfico del



patrón de voladura propuesto con la utilización de software, lo que le hubiera ahorrado tiempo con respecto al diseño gráfico manual.

En Cuba el diseño de canteras utilizando como herramienta el software Gemcom no es muy amplio debido a que la adquisición del mismo es costosa para las empresas de proyectos. En la revisión bibliográfica hecha se encontró un solo trabajo que abordaba la temática del diseño utilizando las herramientas que brindan los software mineros, la tesis de Ingeniero Daimel Caballero Hechavarría (2013) que propone un procedimiento para el diseño geométrico de cantera con la utilización del software Gemcom, este autor solo consideró los parámetros para el diseño geométrico de canteras y no tuvo en cuenta los elementos fundamentales para graficar el pasaporte de perforación y voladura en canteras, es por eso que nos dimos a la tarea de darle continuidad al mismo y proponer un algoritmo partiendo del caso de estudio del yacimiento no metálico Cantera Blanca.

## 1.2. Conceptualización de los parámetros utilizados en el diseño de voladuras en cantera

En el cálculo y diseño de voladuras las variables que son controlables se clasifican en los siguientes grupos:

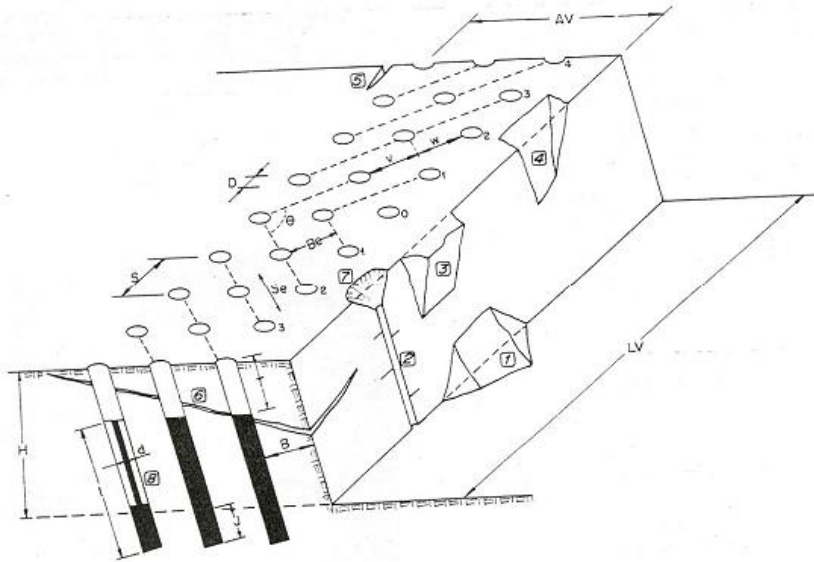
- A. Geométricas (Diámetro, longitud de carga, piedra, espaciamiento, etc.).
- B. Químico-Físicas o del explosivo (tipos de explosivos, potencia energía, sistemas de cebado, etc.).
- C. De tiempo (tiempos de retardo y secuencia de iniciación).

A continuación se muestran las variables de diseño de una voladura y su ubicación en la **figura 1.1**.

### Variables de diseño

<b>H</b>	Altura de banco	<b>Be</b>	Piedra efectiva
<b>D</b>	Diámetro del barreno	<b>Se</b>	Espaciamiento efectivo
<b>L</b>	Longitud del barreno	<b>T</b>	Retacado
<b>d</b>	Diámetro de la carga	<b>J</b>	Sobre perforación
<b>B</b>	Piedra nominal	<b>I</b>	Longitud de carga
<b>S</b>	Espaciamiento nominal	<b>θ</b>	Angulo de salida

<b>Lv</b>	Longitud de la voladura	<b>v/w</b>	Grado de equilibrio
<b>Av</b>	Anchura de la voladura	<b>tr</b>	Tiempo de retardo



**Figura 1.1.** Esquema de voladura en un banco

### 1.2.2. Factores que influyen en el diseño de voladuras en canteras

En el diseño de voladuras hay que considerar varios factores tanto técnicos como de propiedades del macizo, los cuales son importantes para lograr una voladura óptima, a continuación haremos una breve reseña de estos factores.

El diámetro de perforación idóneo para un trabajo dado depende de los siguientes factores:

- Características del macizo rocoso que se desea volar.
- Altura de banco y configuración de las cargas.
- Economía del proceso de perforación y voladura.
- Dimensiones del equipo de carga.

Cuando el diámetro de los barrenos es pequeño, los costos de perforación, cebado e inclinación serán altos, y en las operaciones de carga, retacado y conexión se invertirá mucho tiempo y mano de obra. Si es muy pequeño, la ventaja que se presenta es la mejor distribución del explosivo y por lo tanto un consumo específico de este menor.

#### Altura del Banco

La rigidez del paralelepípedo de roca situado delante de los barrenos tiene una gran influencia sobre los resultados de las voladuras. Cuando la relación es

grande, el desplazamiento y deformación de la roca es fácil, particularmente en el centro del banco.

### *Inclinación de los barrenos*

En las voladuras en banco la perforación inclinada presenta numerosas ventajas, pero también algunos inconvenientes que deberán ponderarse en cada caso particular. Habitualmente, con equipos de perforación rotopercutivos los barrenos son inclinados, pero en las grandes minas a cielo abierto donde se utilizan perforadoras rotativas la tendencia parece dirigirse hacia los barrenos verticales.

### *Retacado*

Es la longitud del barreno que en la parte superior se rellena con un material inerte y tiene la misión de confinar y retener los gases producidos en la explosión para permitir que se desarrolle por completo el proceso de fragmentación de la roca. Si el retacado es insuficiente se producirá un escape prematuro de los gases a la atmósfera, generándose problemas de onda aérea y riesgo de proyecciones. Por el contrario, con un retacado excesivo se obtendrá gran cantidad de bloques procedentes de la parte alta del banco, poco esponjamiento de la pila de material y un nivel de vibración elevado.

En la determinación del retacado, se deben tener en cuenta:

- El tipo y tamaño del material utilizado, y
- La longitud de la columna de retacado.

### *Sobreperforación*

Es la longitud de barreno por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de alcanzar la cota de excavación prevista.

Si la sobreperforación es pequeña no se producirá el corte en la rasante proyectada, resultando la aparición de repies con un considerable aumento de los costes de carga.

Pero si la sobreperforación es excesiva se producirá:

- Un aumento de los costes de perforación y voladura.
- Un incremento del nivel de vibraciones.

- Una fragmentación excesiva en la parte alta del banco inferior, que provocara problemas en la perforación del mismo y afectara en las zonas finales de corta a la estabilidad de los taludes.
- Un aumento del riesgo de descabezamiento y sobreexcavación al acentuarse la componente vertical de desplazamiento de la roca.

### Piedra y espaciamento

Es la distancia mínima desde el eje de un barreno al frente libre y el espaciamento es la distancia entre barrenos de una misma fila. Estas variables dependen básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de las rocas y de los explosivos, de la altura del banco y del grado de fragmentación y desplazamiento del material deseado.

Las propiedades de la roca las cuales pueden afectar considerablemente a los resultados de la voladura son:

- Estructura
- Resistencia dinámica a la rotura
- Módulo de Poisson
- Módulos de elasticidad dinámicos
- Densidad
- Porosidad
- Fricciones internas
- Contenido de agua
- Dirección y magnitud de las tensiones naturales
- Fisuración y grado de alteración

De todos los factores citados que influyen en los resultados de las voladuras, en algunos será posible su variación y por siguiente la posibilidad de obtener consecuencias de su influencia, por el contrario, sobre otros factores es imposible actuar.

De esta lista de variables que pueden influir sobre los resultados de una voladura, se deduce lo vasto que debe ser un trabajo que pretenda determinar la influencia de cada uno de estos factores en el resultado final de una voladura. **(UEE, 1992)**

### **1.3. Características del software Gemcom**

Gemcom para Windows (“Gem4Win”) es un sistema computacional integrado que permite manejar datos de exploración, para lo cual provee de herramientas de almacenaje, reporte, despliegue y análisis estadístico y geoestadístico de un sin número de datos y combinaciones de estos, además, está equipado con una gran cantidad de facilidades de edición gráfica y otras herramientas prácticas de modelamientos de recursos y reservas geológicas.

Además es un ambiente gráfico que permite visualizar y/o editar en forma bidimensional o tridimensional información de variadas fuentes. Gem4win provee múltiples herramientas de diseño y planificación de minas cielo abierto y subterráneo. La utilización de las herramientas permite rapidez en los procesos.

Base de datos centralizada que administra los datos, los asegura, audita y elimina su redundancia, lo cual aumenta la integridad y exactitud de la información. Un flujo de datos optimizados, acceso centralizado y un incremento en la compactibilidad que mejora la colaboración y proporcionan información cuando las necesitan, lo que acelera el proceso de toma de decisiones. Un sistema fácil de usar con cuadros de diálogos que permite al usuario guiarse a través de eficientes flujos de trabajo. No importa si usted trabaja en la oficina o en la mina, Gemcom le ofrece las herramientas necesarias para su trabajo.

Diseña planes de explotación para alcanzar los objetivos de tonelaje y ley, utiliza herramientas de planificación a largo plazo para fijar los objetivos de explotación y probar escenarios a fin de determinar la mejor manera de minar con la utilización de múltiples períodos de trabajo, reconcilia el rendimiento mediante la comparación de las actividades mineras planificadas con el rendimiento y el progreso real, controla la producción diaria con datos topográficos, leyes actualizadas, genera reportes de tonelaje para determinar y reportar la extracción de reservas. No importa si opera en minas subterráneas o a cielo abierto, Gemcom le permite controlar los procesos mineros esenciales.

Con toda información almacenada en una base de datos, la cual estará disponible cuando sea necesaria, agrega herramientas de secuenciamiento de la producción para agregar cartas Gantt y planes, descarga información topográfica directamente desde estaciones totales y GPS, luego agrega, los datos tomados en el terreno para centralizar los sólidos que representan excavaciones, el soporte de volúmenes de acuerdo a los avances, la forma, el límite de las excavaciones y los patrones de explotación. Mejora el control de leyes, permite a los ingenieros usar los datos de muestra y polígonos para manejar los requerimientos operacionales diario del control de leyes.

Utilización más frecuente de Gemcom para Windows:

- Visualización y chequeo de información
- Modelación geológica por sólidos y superficies
- Completo manejo de bases de datos de exploración
- Diseño de minas subterráneas
- Diseño de minas de cielo abierto
- Cálculos de reservas de varios tipos
- Generación de planos de avance de explotación

Para un mejor manejo del software es necesario conocer las terminologías utilizadas por el mismo, información que se brinda en el siguiente epígrafe.

#### **1.4. Terminologías utilizadas en el software Gemcom**

**Pit:** Término en inglés que representa la cantera o mina a cielo abierto. Se usa además para representar la superficie límite u óptima para la realización de la minería; además se le llama también al diseño minero detallado donde se incluye el diseño de las rampas, trincheras, etc.

**Slot:** Término en inglés que representa la trinchera durante el diseño final de la cantera o el diseño de la apertura. Su finalidad principal es direccionar los accesos para la conexión a los caminos principales de superficie ó a los caminos y rampas internas dentro de la cantera, cuando no sea posible hacerlo usando las rampas.

**Ramp:** Construcciones destinadas a comunicar varios bancos dentro de la mina y a los caminos de la superficie. En dependencia desde dónde se diseñen puede ser ascendente o descendente.

**Switchback:** Es un término en inglés que se usa para especificar un cambio de dirección en las rampas. Es el área adyacente o de unión entre dos rampas o entre una trinchera y una rampa; este permite continuar una rampa pero en dirección opuesta cuando las condiciones así lo exigen o a conveniencia del diseñador.

**Batter Angle:** Es el ángulo de batería o paramento del banco en su estado final. No representa el talud del banco de trabajo.

**Berma:** Es el espacio comprendido entre el borde y el pie de un mismo banco o nivel, lo que significa que generalmente es horizontal, salvo cuando se le da pendiente para el drenaje. En dependencia de su uso pueden ser de transporte o seguridad. Su ancho debe ser calculado teniendo en cuenta las especificaciones técnicas del proyecto de manera que garantice su ejecución y la seguridad de los trabajos.

**Pit Slope:** Es el ángulo del talud final de la cantera y variará, internamente en el diseño y de manera general, en dependencia del ancho de la berma y del ángulo de batería o paramento.

**Blast –Hole:** son los barrenos diseñados

**Clipping:** Zona a delimitar o recortar

### **Líneas de diseño**

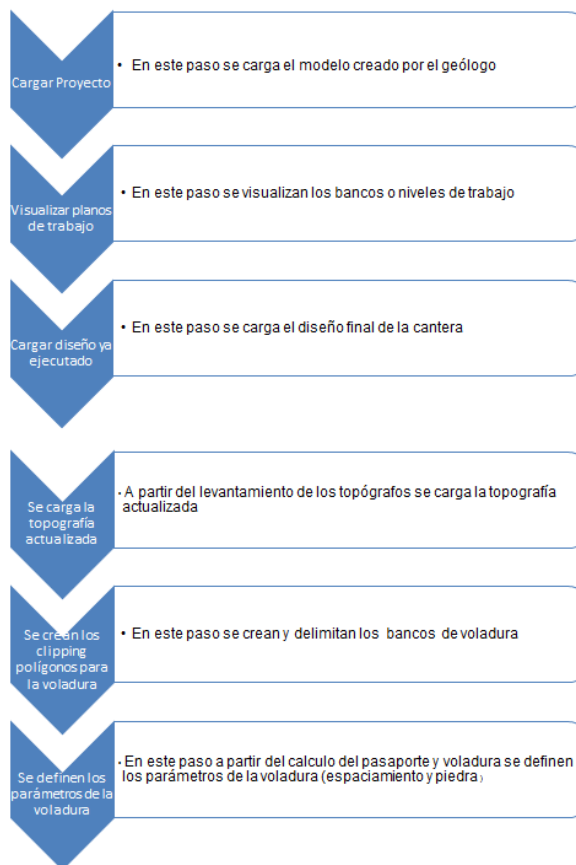
El sistema tiene predefinidas 4 tipos de líneas que son de suma importancia, pues ellas tienen aplicaciones y usos determinados durante el diseño e impide, si no están correctamente definidas, ciertas operaciones en el software. Éstas son:

- Crest: Representa el borde del talud.
- Toe: Representa el pie del talud.
- Ramp: Representa el diseño de la rampa.
- Slot: Representa el diseño del slot o trinchera.

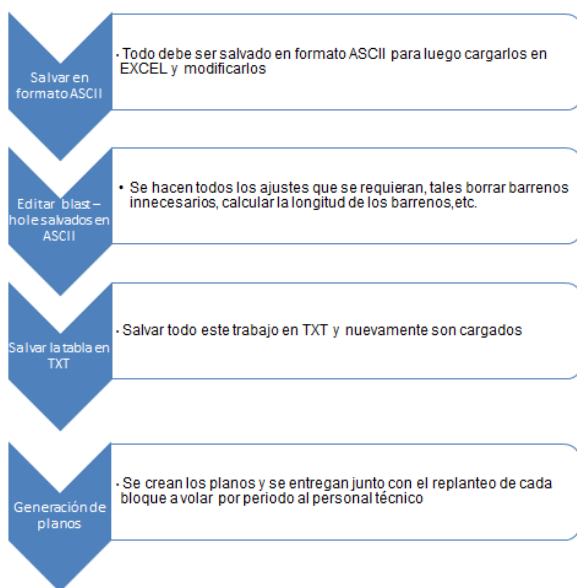
## CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO GRÁFICO DE VOLADURAS A CIELO ABIERTO CON LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE GEMCOM

En este capítulo se ofrecen los pasos necesarios para lograr el correcto diseño gráfico de las voladuras utilizando el software Gemcom. A partir de las herramientas que proporciona el mismo, se elaborará un procedimiento más asequible donde se tienen en cuenta las normas internacionales de diseño y la Ley de Minas de nuestro país, regida por la Oficina Nacional de Recursos Minerales.

### 2.1. Flujo de trabajo para graficar el pasaporte de perforación y voladura con el software Gemcom



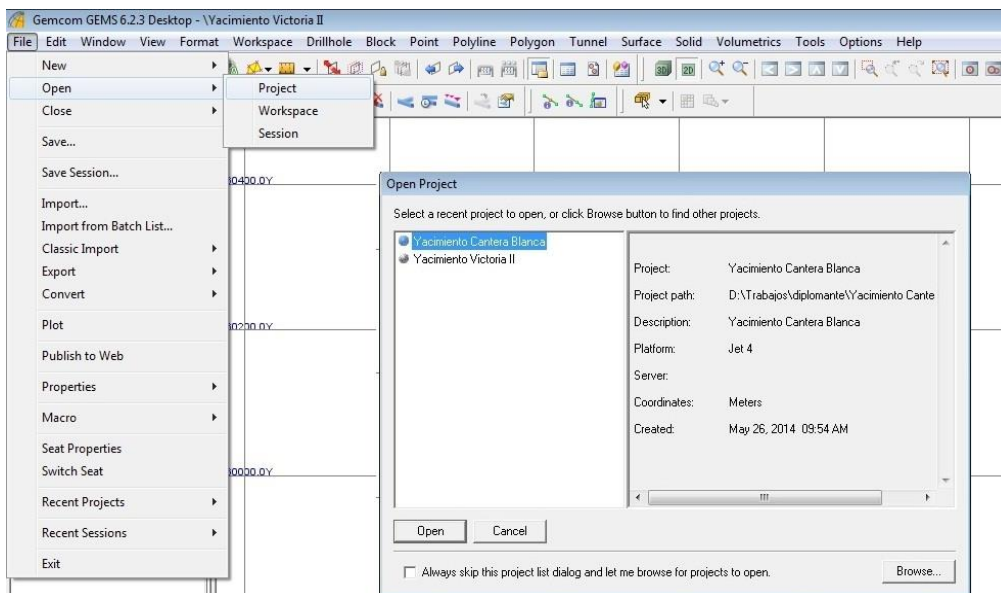




## 2.2. Representación gráfica de los pasos para graficar el pasaporte de perforación y voladura con el software Gemcom

### Paso 1. Cargar proyecto

Para lograr este paso hacemos clic en **menú/File/Open/Project**, posteriormente aparece una ventana que nos permitirá buscar el archivo que queremos abrir. (Ver **figura 2.1**)



**Figura 2.1.** Abrir proyecto

### Paso 2. Visualizar planos de trabajo

En este paso es donde el diseñador visualiza los planos, también llamados bancos de trabajo para lograr este objetivo se hace clic en la barra de

menú/view/plan view/ select from list y luego se selecciona el banco por el cual comenzará la explotación. (Ver figura 2.2)

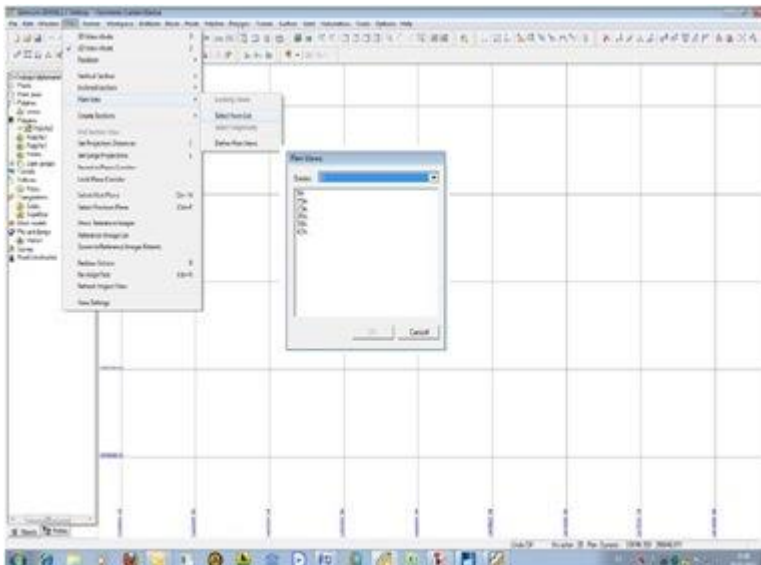


Figura 2.2. Elección de banco de trabajo

Después que tenemos definido el banco por el que va a iniciar la explotación, se visualiza el polígono a extraer (Ver figura 2.3)

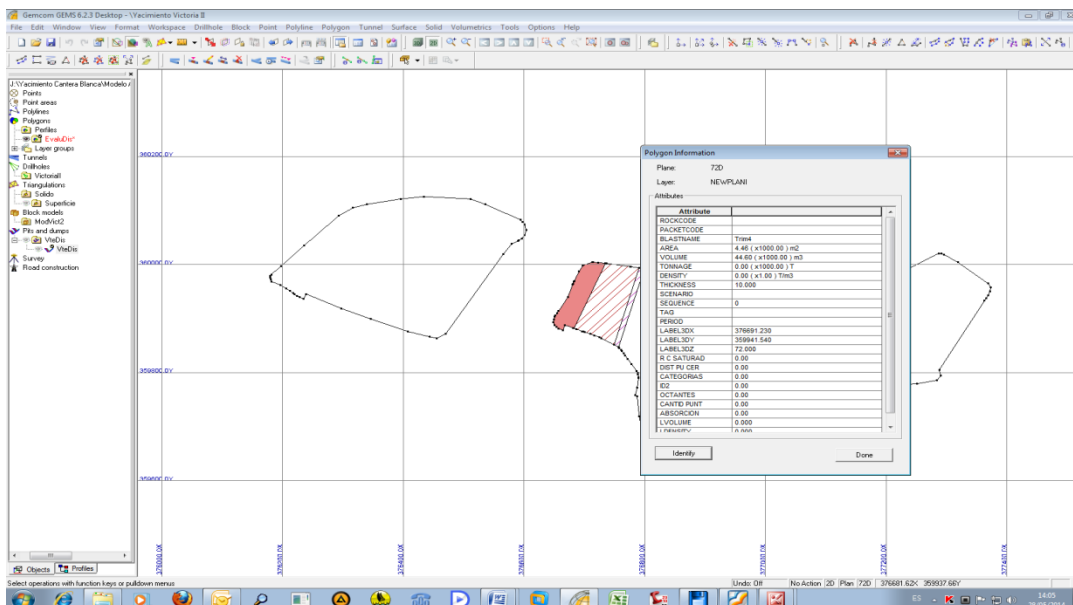
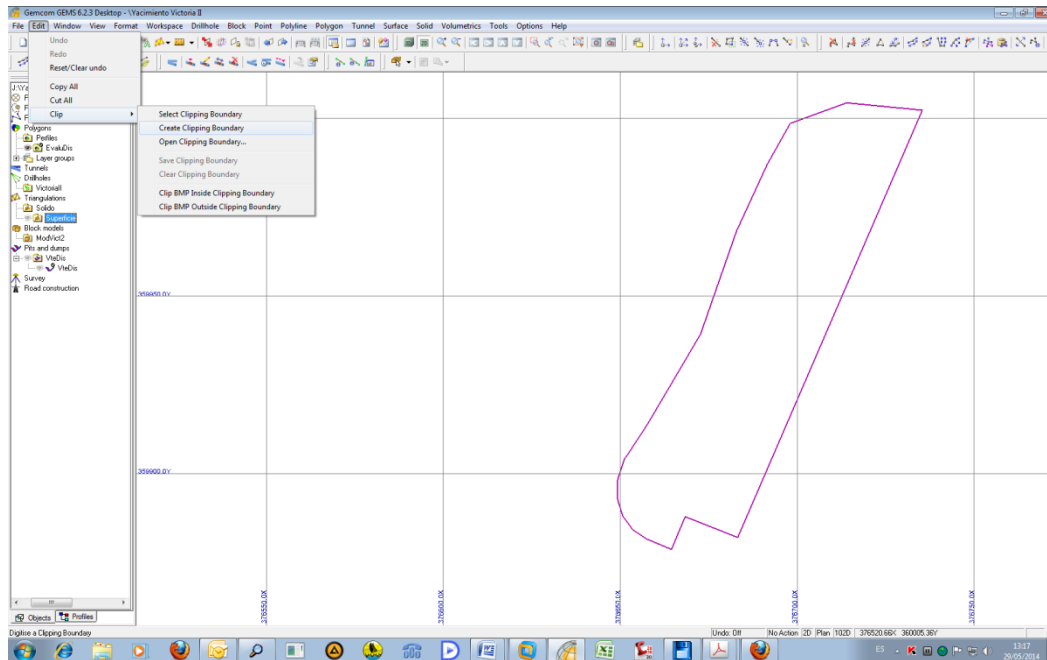


Figura 2.3. Polígono a extraer

### Paso 3. Crear los clipping polígono para la voladura

Teniendo los polígonos de planificación definidos por periodo de extracción se hace clic en **Edit/Clip/Create/Clipping Boundary**, con esto queda creado un

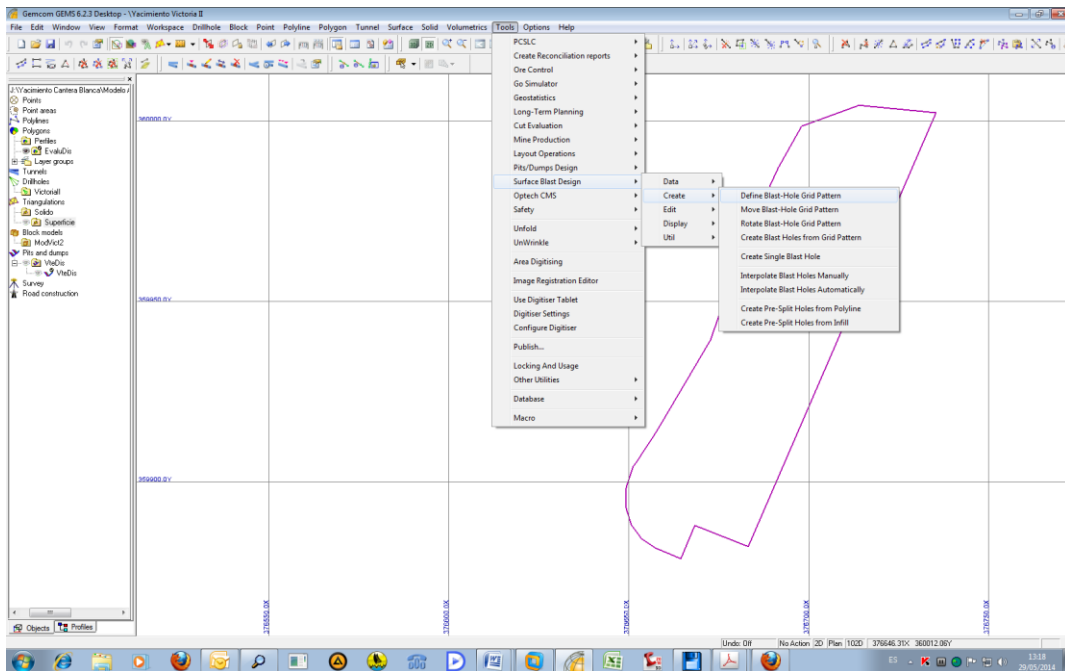
polígono de corte o clipping polygon delimitando el área donde vamos a realizar la voladura, este polígono debe ser cerrado, lo cual se logra digitalizando 4 puntos y al finalizar este último se da tecla C (close), generando entonces un 5to punto que coincide con el primero. Ese polígono se genera con una extensión .ABP y se le suele poner un nombre que identifique la voladura y la secuencia. (Ver **figura 2.4**)



**Figura 2.4.** Clipping de voladura

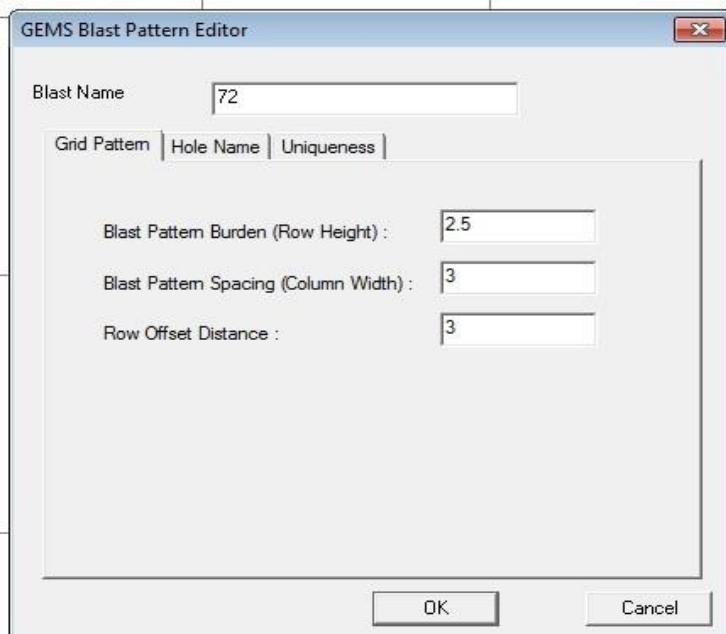
**Paso 4.** Definir parámetros de voladura.

En el menú Tools/Surface/ Blast Design/Create/Define Blast hole Grid Pattern.



**Figura 2.5.** Definición de los parámetros de voladura

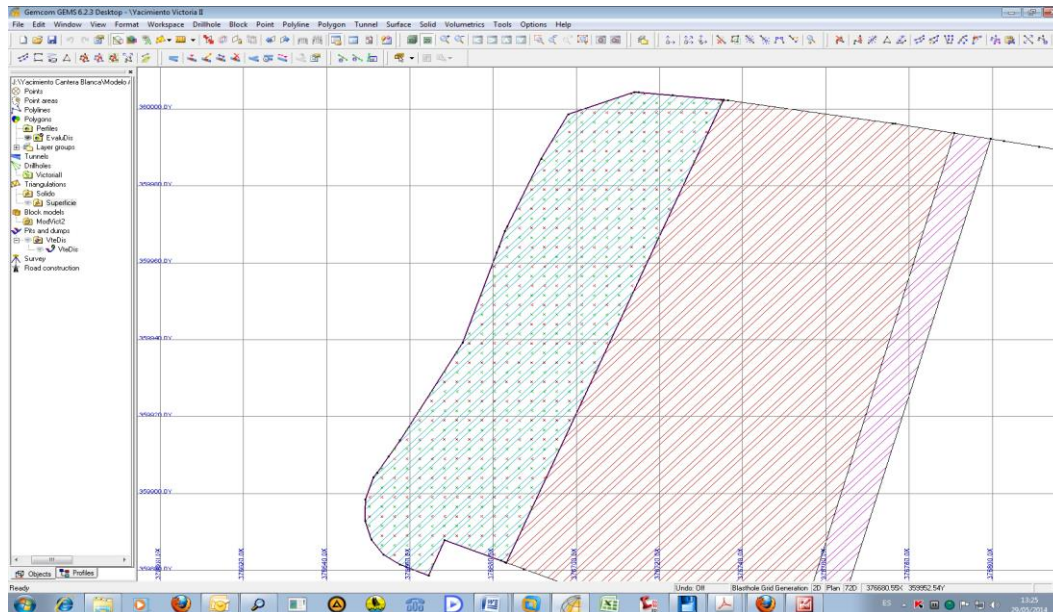
A partir de esta opción se despliega una pantalla con todas las características que queremos dar a nuestra red, distancia entre filas y columnas, nombre de los pozos, etc.



**Figura 2.6.** Editor de los parámetros de voladura

Después de definir dichos datos, el software pide el clipping polygon a usar. Se selecciona, aceptas y sale el polígono seleccionado con la red de barrenos ubicados según se definió antes, todavía pudiendo ser sometida a cambios,

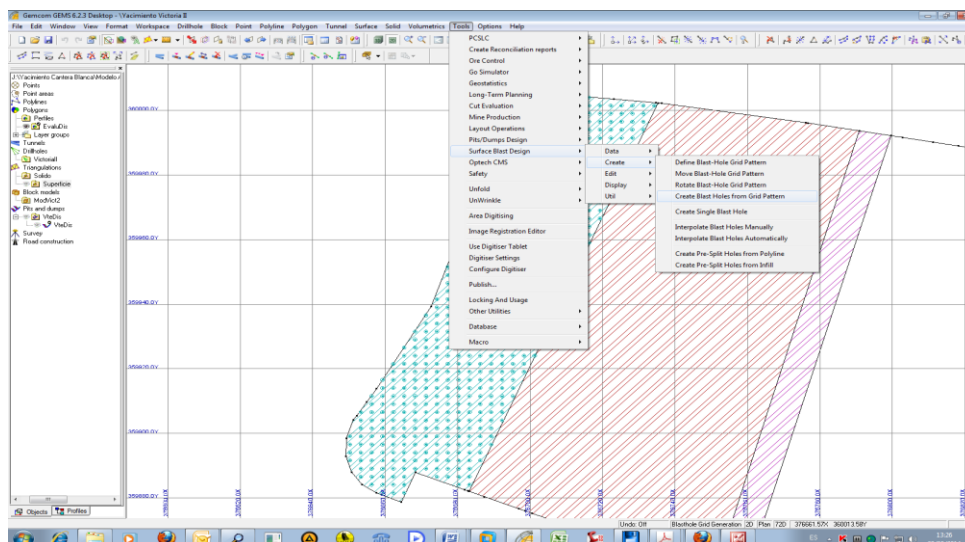
pues si se observa en el menú, esta puede ser movida, rotada, etc., antes de crear la red definitivamente. (Ver **figura 2.7**)



**Figura 2.7.** Diseño de blast - hole

**Paso 5.** Crear los barrenos a perforar

Con la opción **Tools/Surface Blast Design/Create/Create Blastholes From Grid Pattern**, entonces se generan los barrenos con la identificación seleccionada.

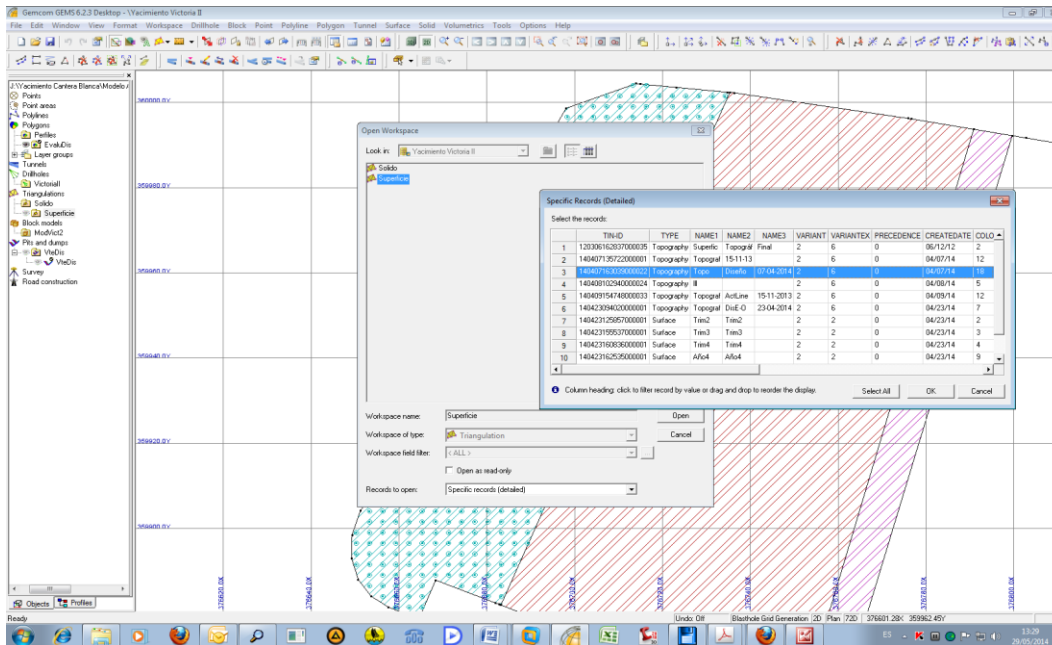


**Figura 2.8.** Creación de blast – hole

**Paso 6.** Interpolarse superficie con los blast hole

Se ha dicho siempre que una cuestión elemental en cualquier operación minera y en cualquier manipulación del software es disponer de una **TOPOGRAFÍA**

**ACTUALIZADA** del depósito y de los frentes de extracción, de manera que una vez diseñada nuestra red de barrenos de voladura, debemos asignarle a cada uno la elevación a partir de la superficie topográfica actualizada, procediendo entonces de la siguiente forma **Solid/Data/Load Solids into List**.



**Figura 2.9.** Selección de topografía actualizada

Se interpola la superficie actualizada con los blast – hole haciendo clip en **Tools/Surface Blast Design/Util/Interpolate Blasthole Elevation from Surface** para esto se toca con el cursor la topografía y se produce la operación en la que cada pozo toma un valor de cota según la superficie que se haya activada. (Ver **figura 2.10**)



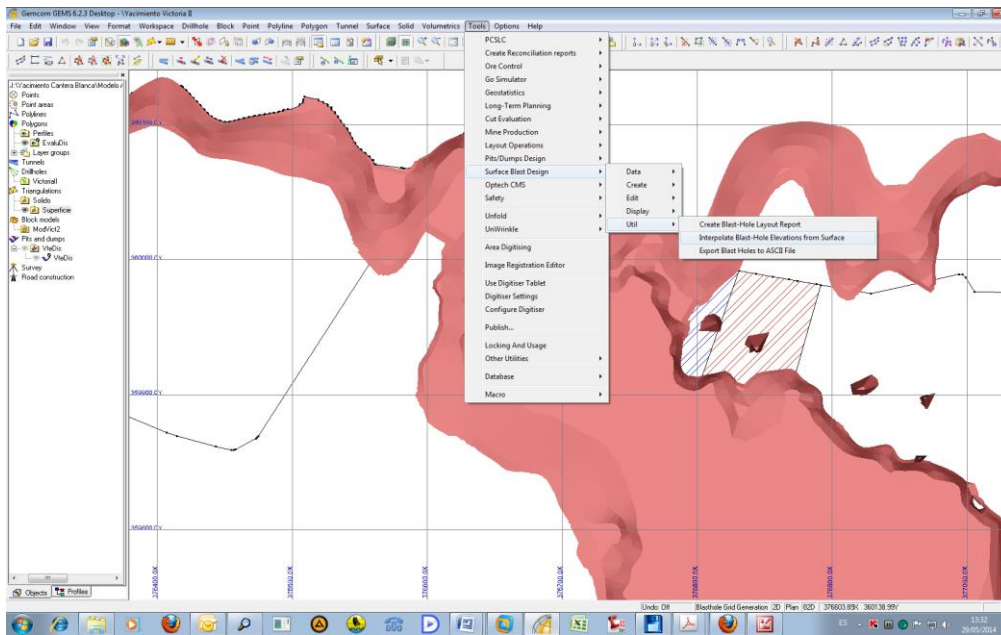


Figura 2.10. Interpolación de blast – hole y topografía

Se definen algunas cuestiones tales como los límites inferiores y superior del escalón, si se quieren borrar los pozos por debajo o por encima de esos límites, etc.

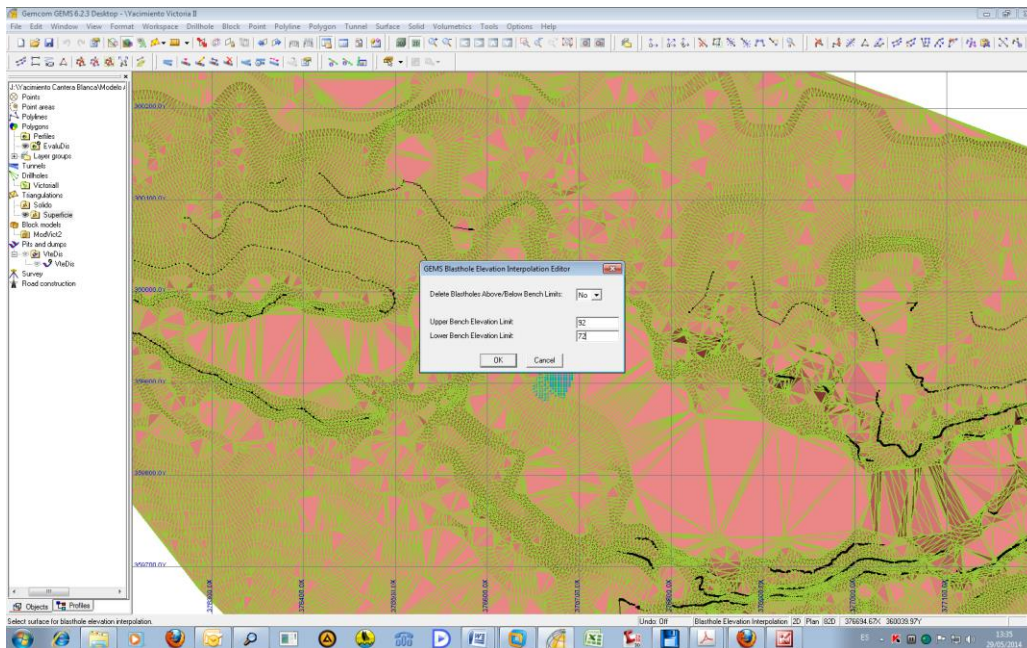


Figura 2.11. Características de la interpolación

Luego se da clip en aceptar y se genera la distribución de pozos según se diseñó con las cotas tomadas de la superficie topográfica actualizada. (Ver figura 2.12)

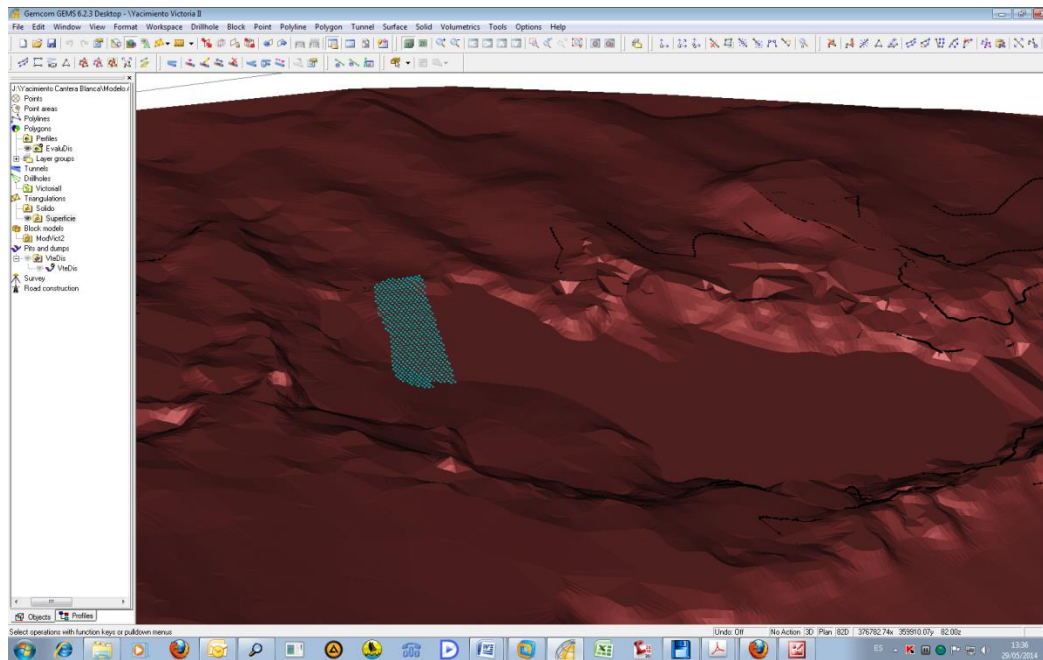


Figura 2.12. Vista de blast – hole interpolados con la superficie

**Paso 7.** Salvar en formato ASCII

Se salva la información de los pozos creados como un fichero ASCII, **Tools/Surface Blast Design/Data/Save Blastholes Points to ASCII file.**

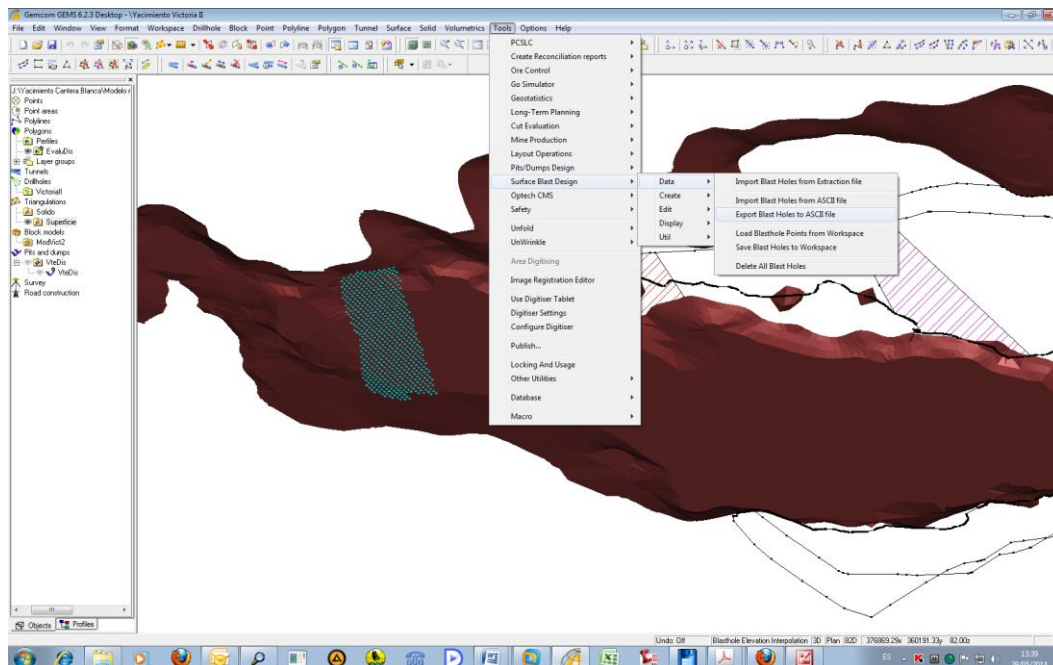


Figura 2.13. Salvado de blast – hole en formato ASCII

**Paso 8.** Editar blast – hole salvados en ASCII.

Este fichero ASCII puede ser editado en Excel y tiene la siguiente estructura



No. DE TALADRO	X	Y	Z	DIFERENCIA
1	359850.567	376392.89	110.4	-8.4
2	359850.567	376396.09	110.5	-8.5
3	359850.567	376399.29	110.6	-8.6
4	359853.677	376383.59	110.1	-8.1
5	359853.677	376386.79	110.0	-8.0
6	359853.677	376389.99	109.9	-7.9
7	359853.677	376393.19	109.8	-7.8
8	359853.677	376396.39	109.8	-7.8
9	359853.677	376399.59	110.1	-8.1
10	359853.677	376402.79	109.1	-7.1
11	359853.677	376405.99	108.0	-6.0
12	359853.677	376409.19	107.1	-5.1
13	359853.677	376412.39	106.2	-4.2
14	359853.677	376415.59	105.5	-3.5
15	359853.677	376418.79	104.3	-2.3
16	359853.677	376421.99	103.5	-1.5
17	359853.677	376425.19	103.2	-1.2
18	359853.677	376428.39	103.6	-1.6
19	359853.677	376431.59	104.1	-2.1
20	359853.677	376447.59	105.1	-3.1

**Paso 9.** Salvar la tabla en (.txt)

Se hacen todos los ajustes que se requieran, tales como borrar pozos innecesarios, calcular la longitud de los barrenos, etc. Y se salvan como un fichero delimitado por tabulación (.txt). Este fichero es entonces nuevamente cargado y se generan entonces los planos con la distribución de los barrenos para las diferentes áreas que los usará.

### Paso 10. Generación de planos

Para generar un fichero de ploteo, se hace clip en **File/Plot** y se determina en qué tipo de archivo se va a generar el plano (dwg, dxf, ggp, etc.) ver figura 2.14.

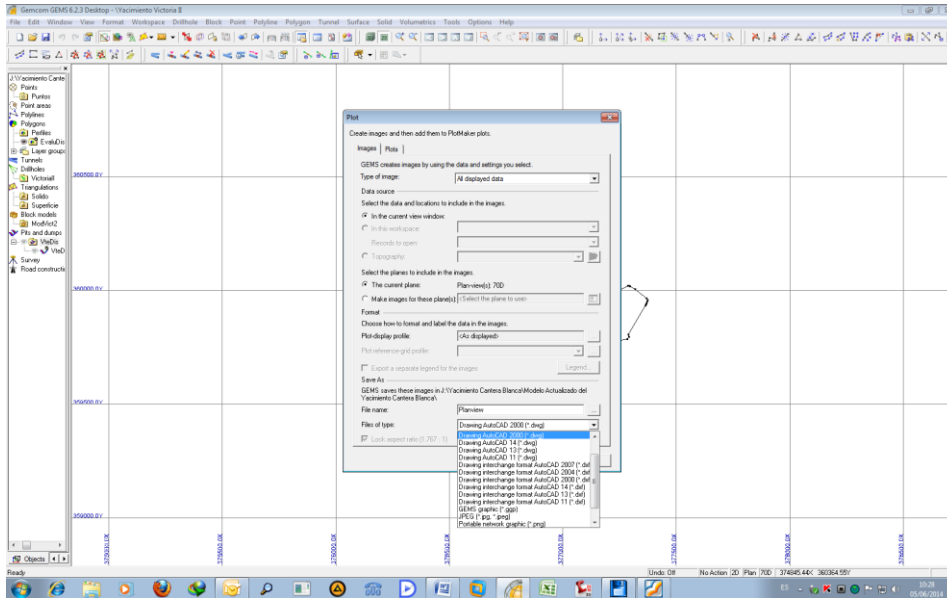


Figura 2.14. Vista del grafico exportado al formato AUTOCAD para general plano

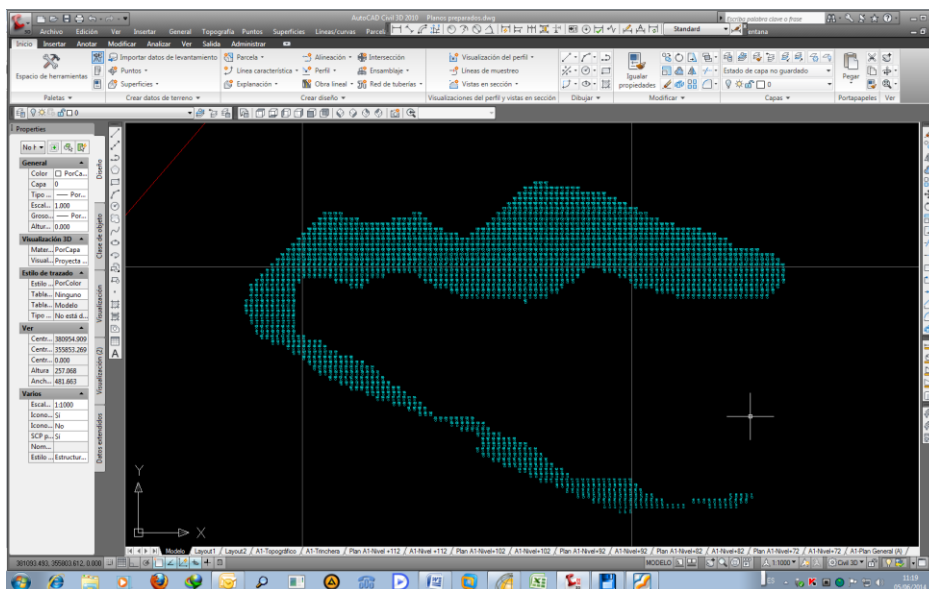


Figura 2.15. Vista de plano a generar en AutoCAD

De cada voladura entonces deberán obtenerse planos mostrando la información de las mismas con la cual debe trabajar el siguiente personal:

**Topógrafo:** Debe recibir un plano con la ubicación de los blast holes, con su identificación y debajo el valor de elevación del mismo y el polígono de la voladura.

**Perforador.** Uno igual al del topógrafo, en el cual el mismo va controlando el avance de los pozos realizados y ejecuta una breve descripción en cuanto a la dureza de las rocas o cualquier otro aspecto de interés que encuentre. Poniendo al lado de cada pozo un código indicando la Dureza de la misma y la presencia de cavernas, en fin aquellos atributos que le sean de interés al minero para la planificación y cálculo de sus voladuras. Una vez terminada la perforación de todos los barrenos de cada voladura, este le entregará el plano con la información recopilada al minero de la empresa para que le dé el uso debido.

Toda esa información debe irse archivando y constituirán el historial de las reservas extraídas y alimentadas a la planta en el año.

## CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO (CANTERA BLANCA)

### 3.1. Ubicación geográfica de la cantera

El yacimiento de arenisca Cantera Blanca se encuentra ubicado a 3 km al suroeste del poblado de Arango en el municipio de Guanabacoa, en la provincia de La Habana. **Ver anexos 1.1 y 1.2.**

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

X = 376780.00

Y = 359780.00

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

<b>Vértice</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1.00	359780.00	376010.00
2.00	359989.00	376056.00
3.00	360128.00	376176.00
4.00	360155.00	376370.00
5.00	360350.00	376482.00
6.00	360342.00	376706.00
7.00	360292.00	376932.00
8.00	359992.00	377498.00
9.00	359698.00	377498.00
10.00	359547.00	377085.00
11.00	359547.00	376740.00
12.00	359640.00	376740.00
13.00	359640.00	377080.00
14.00	359760.00	377295.00
15.00	360030.00	377230.00
16.00	360080.00	377025.00

17.00	360040.00	376690.00
18.00	360120.00	376450.00
19.00	360050.00	376370.00
20.00	360056.00	376173.00
21.00	359970.00	376110.00

En la foto N° 1.1. se muestra una imagen satelital del área donde se ubica el yacimiento de .arenisca Cantera Blanca.



**Foto N°. 1.1.** Vista satelital del área de la Cantera Blanca.

### **3.2 Geología del yacimiento**

El núcleo del yacimiento está compuesto por rocas del Cretácico Superior (K2), y la de los flancos pertenece al Paleógeno y el Mioceno. Los depósitos del Maestrichtiano tienen características de flysh. Las rocas del yacimiento pertenecen a la formación Peñalver (Cretácico Superior – Maestrichtiano).

Tal aseveración se apoya en los resultados del muestreo paleontológico y petrográfico, que demostraron la existencia en las areniscas de *Stomiosphagra* Sp., *Globotruncana* Sp., *Suborbotoides* Sp., *Orbitoides* Ussati, *Lepidorbitoides* Sp., *Vanghanina* Cubensis.

También en las lutitas se observan *Globillerinoides* Sp., *Globotruncana* Lapparenti y *Globotruncana* Sp. que atentan edad Turoniano – Maestrichtiano.

Desde el punto de vista petrográfico esta formación está conformada por areniscas de grano muy fino, fino, grano medio, arenisca calcárea de grano grueso, caliza organógena, caliza politomórfica, tobas y tufitas en la parte inferior, así como, algunos lentes e intercalaciones de arcillas, lutitas. En menor proporción se observan conglomerados de granos finos.

La formación Peñalver yace discordantemente sobre la formación Vía Blanca. En la zona de estudio la formación Peñalver aflora y es donde está situado el material útil.

### **3.2.1. Hidrología del yacimiento**

En la zona estudiada está ausente la presencia de ríos caudalosos; pero en la superficie enmarcada se encuentran diseminados muchos arroyos y arroyuelos que son afluentes de los ríos Bacuranao y Guanabo. Muchos de estos arroyos y arroyuelos se mantienen activos durante todo el tiempo y otros durante algunas épocas del año.

La dirección del flujo de las aguas subterráneas va desde la parte central y sur del yacimiento hacia el norte, noreste y este. En general el flujo predominante es hacia el este y noreste debido a que los niveles freáticos más bajos se hallan hacia esta zona.

El gasto en los pozos en los cuales se efectuó el cubeteo (301, 304, 308, 313 y 315) oscila entre 0.31 y 0.39 l/seg. El abatimiento varía entre 12.34 y 28.06 m en los pozos 308 y 315. El nivel dinámico oscila entre 20.05 y 47.70 m. Estos pozos caracterizan a la arenisca de grano fino a medio agrietada, con grietas rellenas de calcita, que es la litología predominante en el yacimiento.

### **3.2.2. Características geotécnicas del macizo rocoso**

El yacimiento se encuentra dividido en dos sectores (oeste y este) por un camino principal de extracción totalmente hormigonado. El sector oeste, actualmente se encuentra paralizado debido a la necesidad de trabajos de desarrollo, por lo que la explotación se ejecuta totalmente en el sector este.

Teniendo en cuenta los problemas tecnológicos en el curso de la explotación del yacimiento, se ha evidenciado que las areniscas de grano fino alterada (meteorizadas), generalmente por su contenido de partículas arcillosas,

presentan problemas en los molinos, por esto la representación de estas litologías separa la arenisca de grano fino de las de grano medio y grueso.

Por otra parte debemos mencionar, por los problemas que causa en la explotación tecnológica del material, que las areniscas intemperizadas son las principales causantes de la inestabilidad de la calidad de la materia prima. Estas aparecen de color crema, conformando una corteza de intemperismo hasta la profundidad de penetración de las aguas de las precipitaciones.

Otro factor influyente en el proceso de alteración de estas areniscas es el sistema de fisura existente en el yacimiento y que se comporta de un modo muy favorable en las infiltraciones descendientes de las aguas superficiales.

Este fenómeno es realmente apreciable en algunos sectores y desarrollan bandas de alteraciones en ambas direcciones a partir de estas grietas – conductos, con espesores variables que alcanzan potencias observables menores de 1 m, en las mismas direcciones de desarrollo del sistema de agrietamiento.

### 3.2.3. Características cualitativas del material útil.

Los requerimientos fundamentales para la calidad de la materia prima deben evaluarse según los requisitos del GOST 8736 – 77 “*Arena para trabajos de construcción y la piedra artificial*”, deberá tener como mínimo una resistencia a la compresión en estado saturado de 200 Kg/cm<sup>2</sup>. Dentro de las propiedades físicas – mecánicas realizadas en el yacimiento la exponemos a continuación.

<b>Propiedades físico – mecánicas</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>UM</b>
Porosidad	4.50	25.00	%
Absorción	1.20	8.00	%
Resistencia a la compresión saturada	102.00	611.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión seca	124.00	1136.00	kg/cm <sup>2</sup>
Triturabilidad en el cilindro en estado saturado	200.00	800.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Triturabilidad en el cilindro en estado seco	200.00	1000.00	Kg/cm <sup>2</sup>

Peso Volumétrico 2.27 3.44 g/cm<sup>3</sup>

### 3.3. Evaluación integral del yacimiento

El yacimiento Cantera Blanca será explotado por el método cielo abierto, el arranque de la masa minera se realizará con perforación y explosivos, los bancos estarán definidos 10 metros de altura, irán desde la cota + 112.0 m hasta la cota +72.0 m.

El nivel de explotación contará con un piso regular que favorece el drenaje. La materia prima extraída en dicho yacimiento se suministrara al centro de producción Quebra Hacha.

### 3.4. Capacidad anual de producción y vida útil

A partir del régimen de trabajo se estima una producción anual de y la capacidad de procesamiento de la planta se determina capacidad anual de producción y la vida útil de la cantera.

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

Días calendarios.....	365
Días feriados y domingos.....	- 58
Días estimados de lluvias.....	- 27
Días laborables o efectivos.....	280
Turnos de trabajo al día.....	1
Horas de un turno.....	10
Aprovechamiento del tiempo (%).....	80

En el yacimiento existen 15 138 500.187 T de material (In situ) en la categoría de Medidos+Indicados.

La productividad de la cantera se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{N_{mp}}{K_1}, t$$

Donde:

K1 - Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por concepto de transportación



$$K1 = 0,995$$

$N_{mp}$ : Plan de producción de la cantera

$$N_{mp} = 446250t$$

De acuerdo a lo anterior, la productividad de la cantera será:

$$P_c = \frac{446250}{0,995}$$

$$P_c = 448\,492,46 \text{ T/año}$$

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

$$Tvu = \frac{P}{Pc}; T$$

Donde:

P: Reservas de material útil en la zona de explotación;  $m^3$

Pc: Productividad anual de la cantera;  $m^3$

$$Tvu = \frac{15138500,187}{448492,46} \approx 33,75 \text{ Años}$$

La vida útil de la cantera hasta la etapa investigada es de 34 años.

### 3.5. Método de apertura

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

Actualmente el yacimiento está en explotación. En el sector Este que es donde se realizarán los trabajos de extracción, el nivel +92.0 y +82.0 están aperturados y en aprovechamiento, solo se debe establecer para los mismos la extracción completa del piso de extracción en todo su largo y ancho y se continuará extrayendo favoreciéndose del camino permanente hormigonado como se hace en la actualidad, siendo la cota +72.0 el fondo de explotación de acuerdo a los volúmenes planificados, las características físico-mecánica del material y las etapas tanto de lluvia como de seca, en otra dirección se procederá a la extracción en el horizonte +112.0 ya con los accesos necesarios derivados del camino que bordea la cantera por el sureste, mientras

que hasta el horizonte +102.0 en la misma zona también existen fuentes de accesos ya construidas en etapas de estudio de dicha zona.

Para poner en explotación un nuevo banco o escalón es necesario crear una vía de transporte hacia él y un frente inicial de trabajo siendo necesario estos trabajos para la apertura del horizontes +72 con la realización de una rampa de acceso desde un camino existente mediante el cual se efectuó también la apertura a los niveles +92.0 y +82.0, no siendo obligatorio los trabajos anteriormente mencionados para el caso de los demás horizontes (+102.0,+112.0) debido a que ya existe toda una infraestructura de vías de acceso que facilitan los mismos siempre cumpliendo con los parámetros de diseño establecidos.

#### Rampa de acceso. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño para la rampa de acceso son los siguientes:

- Ancho ----- 10.0 m
- Pendiente longitudinal ----- 12 %
- Longitud ----- 74.64m mínimo
- Pendiente transversal (peralte) ----- 1.5 %.

#### Trincheras o semitrincheras de corte

Esta excavación se realiza a partir de la trincheras de apertura y tiene como finalidad crear un frente inicial de trabajo en el escalón aperturado. Esta excavación es horizontal pero debe construirse con una pequeña inclinación para el drenaje.

La longitud de la trincheras de corte será, como mínima, 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. El ancho será igual al ancho de la trincheras de apertura, siendo ésta una continuación de la misma pero en la horizontal. Una vez terminada la trincheras de corte queda el frente listo para pasar al destape o extracción de mineral según sea el caso y desde el cual se puede desarrollar el mismo de acuerdo al sistema de laboreo establecido.

#### Parámetros de diseño

Ancho ----- 46.58 m

Longitud ----- 50 m

Ángulo del talud ----- 80.0 °

Pendiente para drenaje ----- 1.0 %

Coordenadas iniciales y finales de las trincheras de apertura:

Iniciales		Finales	
Norte	Este	Norte	Este

<b>Trinchera</b>	358366.401	376632.853	358325.248	376664.942
------------------	------------	------------	------------	------------

### 3.6. Tala y desbroce.

La tala consiste en el corte y traslado de los árboles presentes en el área de emplazamiento de la cantera. El desbroce se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, tocones, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable de la zona de la cantera. Ambas labores son preparatorias y tienen la finalidad de crear las condiciones óptimas para las demás labores preparatorias como lo es la apertura, etc. Estas labores sólo se limitarán al área de la cantera y escombreras, no debiendo excederse de sus límites. Los productos del desbroce se retirarán de la zona de la cantera y se ubicarán en un depósito localizado. La potencia promedio de destape (desbroce) es de 0.3 m, esta tarea se recomienda realizar la extracción de la capa vegetal y se realizará por medios propios preferentemente con el uso de bulldózer.

Se prevé un área específica para la ubicación de la capa vegetal, las cuales serán apiladas por bulldozers y se almacenarán temporalmente localizándose esta al Noroeste de la cantera cerca de una escombrera que existe dentro del límite de la concesión al norte del sector oeste. Ver Anexo 1.3.

Este depósito no tendrá más de 5.0 m de altura y el talud será de 1V:1.5H; se deberá proteger con zanjas de drenaje en su periferia para evitar su erosión; antes de la operación de éste se debe retirar la vegetación de la zona. El volumen estimado de capacidad para este depósito con una altura de 2 m es de 7237.64 m<sup>3</sup>, suficiente para almacenar la capa vegetal; el volumen a

almacenar en él se estimó a partir de la potencia promedio de la capa de suelo (0.3m). Este material se usará posteriormente para recubrir las zonas que irán quedando devastadas por la minería como es el caso de algunos taludes y bermas de seguridad todo esto en las tareas de rehabilitación.

### **3.7. Secuencia de ataque o frente de explotación.**

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

- Explotación longitudinal (paralela al rumbo)
- Explotación transversal (normal al rumbo)
- Explotaciones diagonales o mixtas (en ángulo con él)

En este caso la minería avanzará en la primera etapa longitudinal en dirección este en los niveles (+82.0 m, +92.0 m), en dependencia de las características y condiciones del material necesario a extraer, posteriormente se planificó la apertura del horizonte +72.0 m en el mismo sentido que los anteriormente mencionados y desde los mismos accesos, así como también simultáneamente se desarrollará la profundización de los niveles +112.0 m y +102.0 m en dirección sur desde vías de accesos en uso, garantizando estos trabajos la extracción del volumen planificado en un periodo de cinco años de explotación.

#### Arranque

Considerando fundamentalmente las características físico mecánicas de las rocas en toda el área de la cantera, el arranque para la extracción de material se hará con arranque directo y con explosivos.

#### Arranque con explosivos

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.

#### Carga

La actividad de carga tanto en el material útil como el del estéril, se ejecutará con el uso del cargador.

### 3.8. Transportación del mineral y del estéril.

Esta labor es parte de los trabajos mineros en la cantera, a través de la cual se traslada el material hacia la planta para su procesamiento y el estéril para las escombreras.

La transportación del material utilizable y el estéril se realizará usando camiones Volvo AD 30 de 22 m<sup>3</sup> de capacidad, la cual constituye un esquema cíclico. Teniendo el transporte automotor como ventaja, con respecto a otros, su maniobrabilidad, flexibilidad, disposición en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes, entre otras buenas ventajas.

En este trabajo es importante la organización del mismo para que haya fiabilidad en esta labor debido a que la efectividad e incremento de la productividad de otros equipos dependen de ella.

Las distancias promedio de transportación hacia la planta y las escombreras son las siguientes:

<b><i>Distancia a la planta (Km)</i></b>	<b><i>Distancia a la escombrera (Km)</i></b>
1.00	0.487

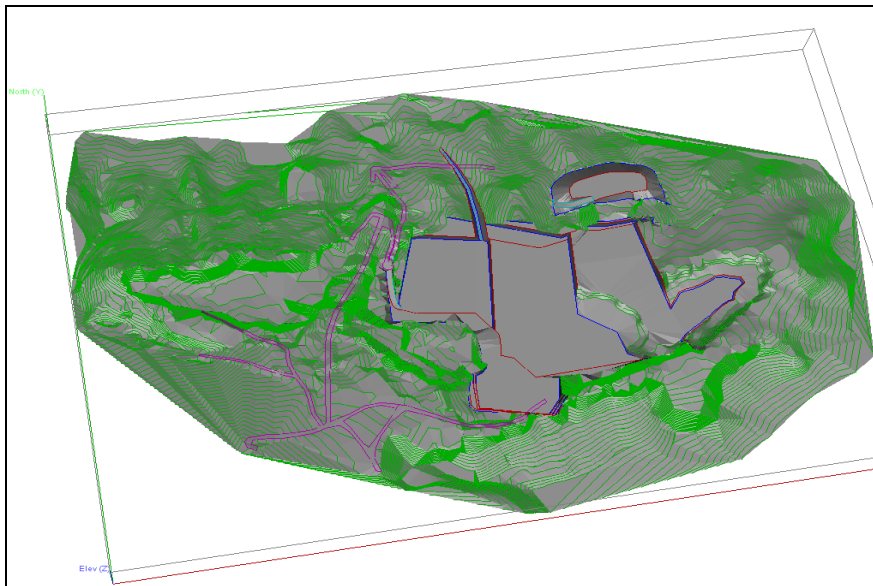
### 3.9. Diseño de la cantera.

El diseño final representa la envolvente mayor que maximiza el beneficio operacional instantáneo de una cantera posible a explotar a cielo abierto. Es un estado geométrico de la cantera que muestra la zona luego de su total explotación, es decir, que se puede considerar como la situación de la cantera al final de su vida útil o de un periodo de acuerdo a una determinada planificación.

#### 3.9.1. Diseño operativo de la cantera.

Sobre la base del equipamiento, concesión minera, cuerpo del material a extraer se procedió a realizar el diseño final operativo de la cantera, teniendo en cuenta los parámetros minero-técnicos para el desarrollo eficaz de la misma.

La profundidad final es hasta la cota + 72.0 m, resultando la profundidad óptima acorde con las propiedades del material y las condiciones climáticas de la zona como se muestra en la siguiente figura.



**Figura .3.1. Vista 3D ilustrativa del diseño final operativo de la cantera.**

### **3.9.2. Parámetros de diseño.**

Los parámetros constructivos básicos del diseño de mina a desarrollar, son los siguientes:

#### **Bancos o escalones**

Los bancos tendrán una altura de 10.0 m, tomando este para una mejor y equitativa distribución de las alturas de los mismos teniendo en cuenta la profundidad desde el techo hasta el fondo a extraer del cuerpo del mineral.

#### **Bermas de seguridad**

La berma de seguridad se estima como la tercera parte de la altura del banco. Para 10.0 m de altura de banco se estima una berma de 3.33 m, para la cual se aproximó a 3 m, para usar el valor mínimo recomendado de minería que facilite el acceso de los medios mecánicos para el mantenimiento y circulación necesaria.

#### **Altura y talud del banco para el diseño final de la cantera**

Se tomó una altura de los bancos de 10.0 m con un ángulo de inclinación de 80° para esto se calculó la máxima altura estable.

Determinación de la máxima altura estable con un ángulo de 80°.

$$H_{\max} = \frac{2C \sin \alpha \cos \rho}{\gamma \sin^2 \left( \frac{90 - \rho}{2} \right)}$$

Donde:

C - Cohesión de la serpentina 10.000-30.00 MPa

A - Angulo de inclinación del banco 80°

$\rho$  - Angulo de fricción interna de la serpentina, roca de caja, oscila entre 25.00° -35.00°,

$\gamma$  - Peso volumétrico 2.5 t/m<sup>3</sup>

Se evaluó la máxima altura permisible para cada uno de los 5 casos posibles con los siguientes resultados:

<b>C-Cohesión de la roca MPa</b>	<b>Angulo de inclinación del banco (grados)</b>	<b><math>\rho</math>-Angulo de fricción interna</b>	<b>de <math>\gamma</math> volumétrico; T/m<sup>3</sup></b>	<b>-Peso Hmax (m)</b>
10	80	25	2.55	10.39
12	80	25	2.55	12.47
14	80	25	2.55	14.55
25	80	25	2.55	25.98
30	80	25	2.55	31.17

Como se observan las máximas alturas permisibles para cada uno de los casos posibles es mayor que la altura que se escogió para los bancos que es de 10 metros.

Determinación del factor de seguridad de los taludes

$$F_s = \frac{\tan \phi \times \delta s + C}{T}$$

Donde:

T –tensión tangencial

T= W sin  $\alpha$  / (H/sin  $\alpha$ )

Ángulo de fricción interna  $\phi = 35$  grados

Peso volumétrico promedio de las serpentinas (rocas de caja)  $\gamma = 2.55 \text{ t/m}^3$

Altura del escalón  $H = 10$  metros

Cohesión  $C = 35000 \text{ Pa}$

Determinamos la tensión normal

$$\sigma_s = \tan \phi W \cos \theta / (H/\sin \theta) + c$$

$$\text{Donde: } W = \gamma H^2 / (2 \tan \theta)$$

Se sustituye lo anterior en  $F_s = (\tan \phi \sigma_s + c)/T$  obteniendo  $F_s = 1.25$  por lo que los bancos con estos parámetros son estables.

### Resultados

C: $\gamma \cdot H \cdot \tan \phi$	0,277
Tan $\phi$ : $F_s$	0,445
Angulo del talud	78.0 °

Por los resultados se evidencia que el factor de seguridad es convincente y presenta buena estabilidad para la cantera.

### Determinación de los ángulos de talud general de la cantera

Se realizó la proyección de la cantera con GEMCOM y se midieron los ángulos de talud para el borde activo e inactivo de la cantera, determinándose lo siguiente:

- Angulo del talud minero de la cantera en el borde activo: 80.0°
- Angulo del talud minero de la cantera en el borde inactivo: 60.7°

### Parámetros del sistema de explotación:

- Altura del banco: 10.00 m
- Angulo de inclinación del talud: 80.0°
- Ancho de las bermas de seguridad: 3.00 m
- Angulo del talud minero de la cantera en el borde inactivo: 60.7

### **3.10. Estrategia de profundización de la cantera.**

La cantera se conformará entre las cotas +112.0 m y + 72.0 m, implicando una profundidad de explotación máxima de unos 40.0 m.



En la cota +112.0 m que constituye el extremo sur de la cantera se profundizará garantizando una parte considerable para la explotación de los bancos inferiores, presentándose los mismos trabajos anteriormente mencionados en la cota +92.0 m y +82.0 m en la parte central y norte de la cantera permitiendo la apertura del horizonte +72.0 m . La masa minera total se ha estimado en 2 191 696.62 t, el coeficiente medio de destape en la explotación resultó de 0.29 t/t.

#### Trabajos de perforación y de 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

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. Estas labores serán realizadas por un tercero, la Empresa de Servicios Geólogo-Minera (EXPLOMAT) con sus equipos y personal calificado.

#### Línea de menor resistencia.

$$W = 53 \times K_t \times d \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma}}$$

$$W = 53 \times 1.1 \times 0.085 \sqrt{\frac{1.15}{2.61}} = 3.28m$$

$K_t = 1,1$ . Coeficiente de agrietamiento.

$d_c = 0.085$  m. diámetro de carga.

$\Delta = 1.15 \text{ t/m}^3$  Densidad de carga de la sustancia explosiva.

$\gamma = 2.61 \text{ t/m}^3$  – densidad de las rocas.

Distancia entre taladros en la fila y entre filas.

$$a = b = 0.9 \times W = 0.9 \times 3.59 = 2.96 \text{ m}$$

Numero de filas

(Trabajo en la trinchera)

$$N_f = \frac{B}{b} = \frac{46.58}{2.96} + 1 = 15.73 \approx 16 \text{ filas}$$

Reajuste de la distancia entre filas.

Trabajo en los niveles

$$d_f = \frac{B}{N_f - 1} = \frac{46.58}{16 - 1} = 3.11 \text{ m}$$

Longitud de relleno.

$$L_r = 0.75 \times W = 0.75 \times 3.28 = 2.46 \text{ m}$$

Longitud de sobreperforación.

$$L_s = (0.1 - 0.2) \times W = 0.2 \times 3.28 = 0.66 \text{ m}$$

Longitud de los taladros inclinados.

Para el horizonte cuyo escalón tiene 6 metros de altura.

$$L = \frac{H + L_s}{\text{Sen} \alpha} = \frac{10 + 0.7}{\text{sen} 90^\circ} = 10.7 \text{ m}$$

$\alpha = 90^\circ$ . Ángulo de inclinación de los taladros.

Magnitud de carga.

$$Q = q \times a \times h \times w$$

$$Q = 0.58 \times 2.96 \times 10 \times 3.28$$

$$Q = 56.3 \text{ Kg}$$

$q = 0.58 \text{ Kg. / m}^3$  gasto específico de S.E. tomado del manual de bolsillo de ULAEX ; Explosivos

La carga de fondo representa el 10% de Q.

Para  $h = 10m$

$$Q_f = 5.6 \text{ Kg}$$

La carga de columna representa el 90%.

Para  $h = 10 m$

$$Q_C = 50.7 \text{ Kg}$$

Longitud de carga máxima del taladro.

$$L_C = L - L_r$$

$$L_C = 10,7 - 2.46$$

$$L_C = 8.24m$$

Cálculo del número de taladros en cada bloque

Teniendo presente que la cantidad máxima de S.E que se puede disparar en cada voladura por medidas de seguridad es de 5000 kg y que siempre se debe utilizar el máximo tenemos:

Número de taladros en cada bloque

$$N = \frac{Q_T}{Q}$$

$$N = \frac{5000}{56.3}$$

$$N = 88.8 \approx 89 \text{ taladros}$$

Número de taladros de una fila

$$N_f = \frac{N}{n}$$

Donde:

n: número de filas  $n=16$

$$N_f = \frac{89}{16}$$

$$N_f = 5.56 \approx 6 \text{ taladros}$$

Longitud total de barrenación

$$L_T = N * L$$

$$L_T = 89 * 10.7$$

$$L_T = 952.3m$$

Cálculo del gasto total de explosivos

$$Q_T = N * Q$$

$$Q_T = 89 * 56.3$$

$$Q_T = 5010.7 \text{ Kg}$$

Cálculo del consumo del cordón detonante.

Se toma igual a la longitud de barrenación más un metro por cada taladro. O sea:

$$952.3 + 89 = 1041.3 \text{ m de cordón detonante.}$$

Cálculo del consumo de detonadores.

Se toma igual al número de taladros, o sea 89 detonadores.

A continuación se muestran los parámetros específicos:

Parámetros generales	Simbolog		
	ía	Valor	U.M.
<b><u>Perforación</u></b>			
Altura de banco	H	10	m
Angulo de perforación	$\Theta$	90°	grados
Diámetro de perforación	d	115	mm
Longitud del taladro según $\theta$	L	10	m
Línea de menor Resistencia	W	3.28	m
Extraperforación	Ls	0.70	m
Longitud total del taladro	Lt	10.7	m
Distancia entre taladros	a	3.2	m
Distancia entre filas de taladros	b	3.11	m
<b><u>Carga</u></b>			
Explosivo			
Longitud de relleno	Lr	2.46	m
Longitud de carga del taladro	Lc	8.24	m
Carga por metro de fondo	Pf	5.6	kg/m
Carga por metro para columna	Pc	50.7	kg/m

Consumo específico de explosivo    Q            0.50            Kg/m<sup>3</sup>

Los resultados obtenidos en el cálculo del pasaporte de perforación y voladura para la extracción de los bancos son utilizados para obtener el diseño gráfico de dicho pasaporte con la utilización del software Gemcom, mediante el procedimiento elaborado en el capítulo 2 de este trabajo. **Ver anexos 1.9. y 1.10.**

### **3.11. Evaluación de los impactos producidos por la investigación**

Los resultados obtenidos para el caso estudiado, demuestra la factibilidad de utilizar el procedimiento para graficar el pasaporte de perforación y voladura utilizando el software Gemcom, con respecto al uso de los procedimientos tradicionales.

Los impactos más significativos se relacionan a continuación:

**Científico:** La creación de un procedimiento más racional, que permite el perfeccionamiento para graficar el pasaporte de perforación y voladura en cantera.

**Metodológico:** Se propone un nuevo procedimiento para graficar el pasaporte de perforación y voladura en cantera, a partir del uso de las nuevas tecnologías.

**Económico:** La utilización del procedimiento que se propone, permitió disminuir el tiempo, los errores y los costos.

**Medio ambiental:** Durante la ejecución de los trabajos de perforación y voladura en cantera, se tomarán las medidas necesarias para la protección del medio. Una vez terminada la explotación se rehabilitará el área, de forma tal que mantenga la estética y armonía del paisaje.

**Tecnológico:** Con la aplicación de la tecnología CAD se logra una mayor integración entre varias disciplinas geólogo-minera para así dar las mejores soluciones a los proyectos.

## **CONCLUSIONES**

1. Se elaboró un procedimiento integral que permite incorporar nuevos métodos para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto, lo cual demuestra su factibilidad en los trabajos realizados en una de las canteras de materiales para la construcción en la provincia La Habana.
2. Se demostró con el procedimiento propuesto la elevada precisión para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura en canteras, además de disminuir considerablemente los errores técnicos y el ahorro de tiempo en la ejecución del proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

1. Generalizar el procedimiento propuesto a otras canteras de materiales de construcción.
2. Establecer el estudio del software minero en el programa de estudio de la carrera de minería.

## **ANEXOS**

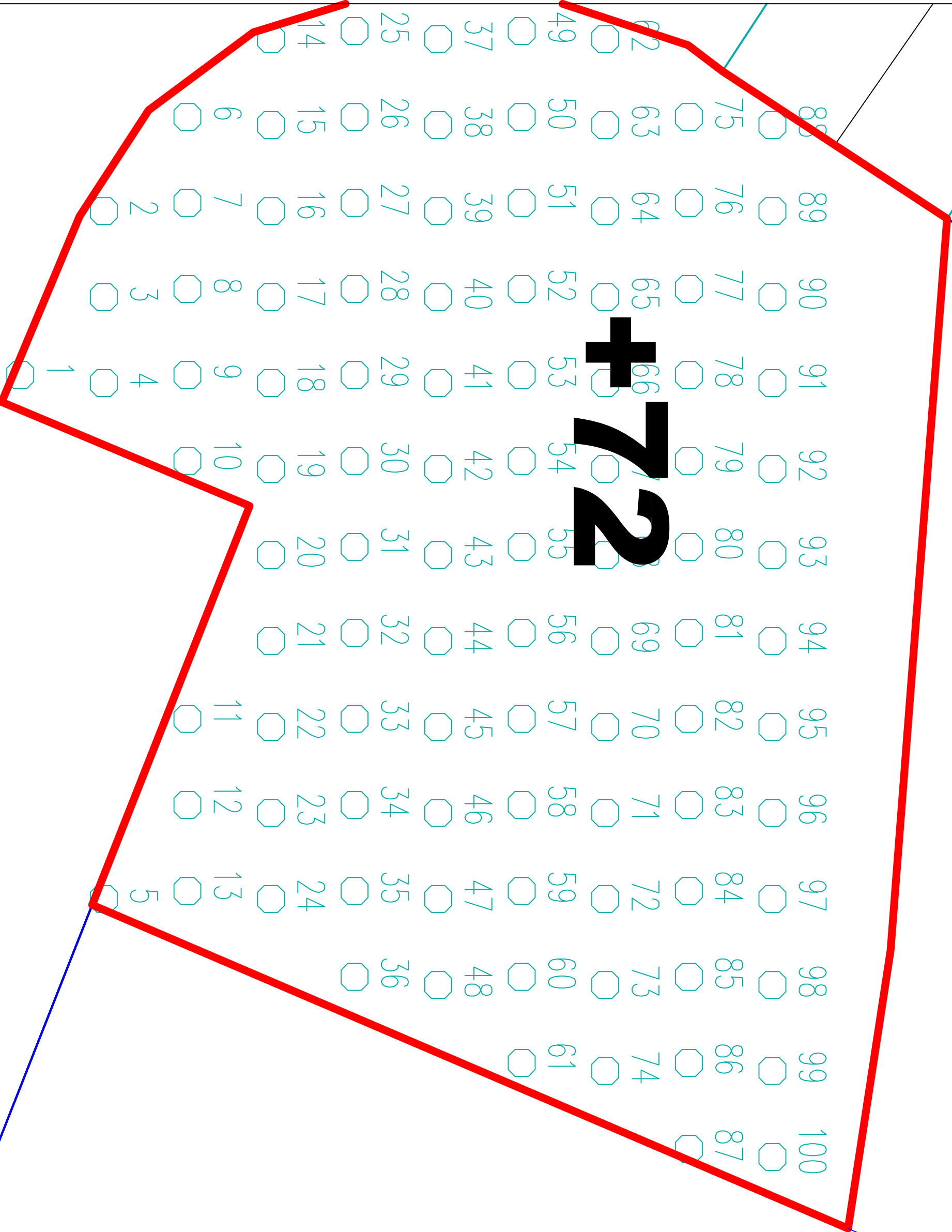


## BIBLIOGRAFÍA

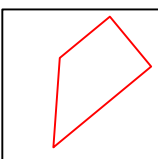
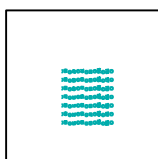
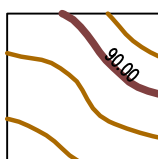
1. ALEJANDRO, L. L. A. La Investigación científica: Conceptos y Reflexiones. Libro en versión electrónica, ISMM. Moa, 2012.
2. BARRAGAN G, J, *Explotación a cielo Abierto de Materiales de Construcción*, 17 de noviembre 2007.
3. BLASOV, O.E y Smirnov, C.A.: Fundamentos del cálculo de la fragmentación de las rocas por la explosión. Editorial Academia de Ciencias de la URSS, 1962.
4. BOBK, A.A.: La Conquista de la explosión.Naukova Dimka.Kiev, 1979.
5. CABALLERO HECHAVARRÍA, D. Procedimiento para el diseño geométrico de cantera con la utilización del software Gemcom. Trabajo de Diploma. 2014.
6. CARTAYA PIRES, M: *Tecnología de explotación de los Yacimientos* febrero 2008.
7. CEPRONIQUEL *Instrucciones de Trabajo de Minería MIN-006 "Diseño y planificación de la minería usando GEMCOM"*. 2006.
8. COLECTIVO DE AUTORES. *Diseño de Cantera. (Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencia y Tecnología)*. 2000.
9. COLECTIVO DE AUTORES. *Trazado de Vías*. La Habana: ISPJAE , 1986
10. COLECTIVO DE AUTORES. *Manual de minería. Estudios mineros del Perú S.A.C.* 2010.
11. DORONIN, V.I. y Miloradov, A.M.: Proyección del pasaporte de los trabajos de perforación y voladura.LVVISKU, Leningrado, 1983.
12. GREDENIUK, V.A.; Pizhianov, V.S.yErofiev, I.E.: Manual de Minería. Nedra. Moscú. 1983.
13. GUÍA DE KNIGHT PIÉSOLD para el *Diseño y Construcción de Caminos Mineros en Moa Níckel [S.A.]*
14. GUSTAFSSON, R.: Técnica Sueca de voladura. Editorial Nora, Suecia, 1977.
15. HERRERA HERBERT, J: *Diseño de Explotación de cantera* noviembre 2007.

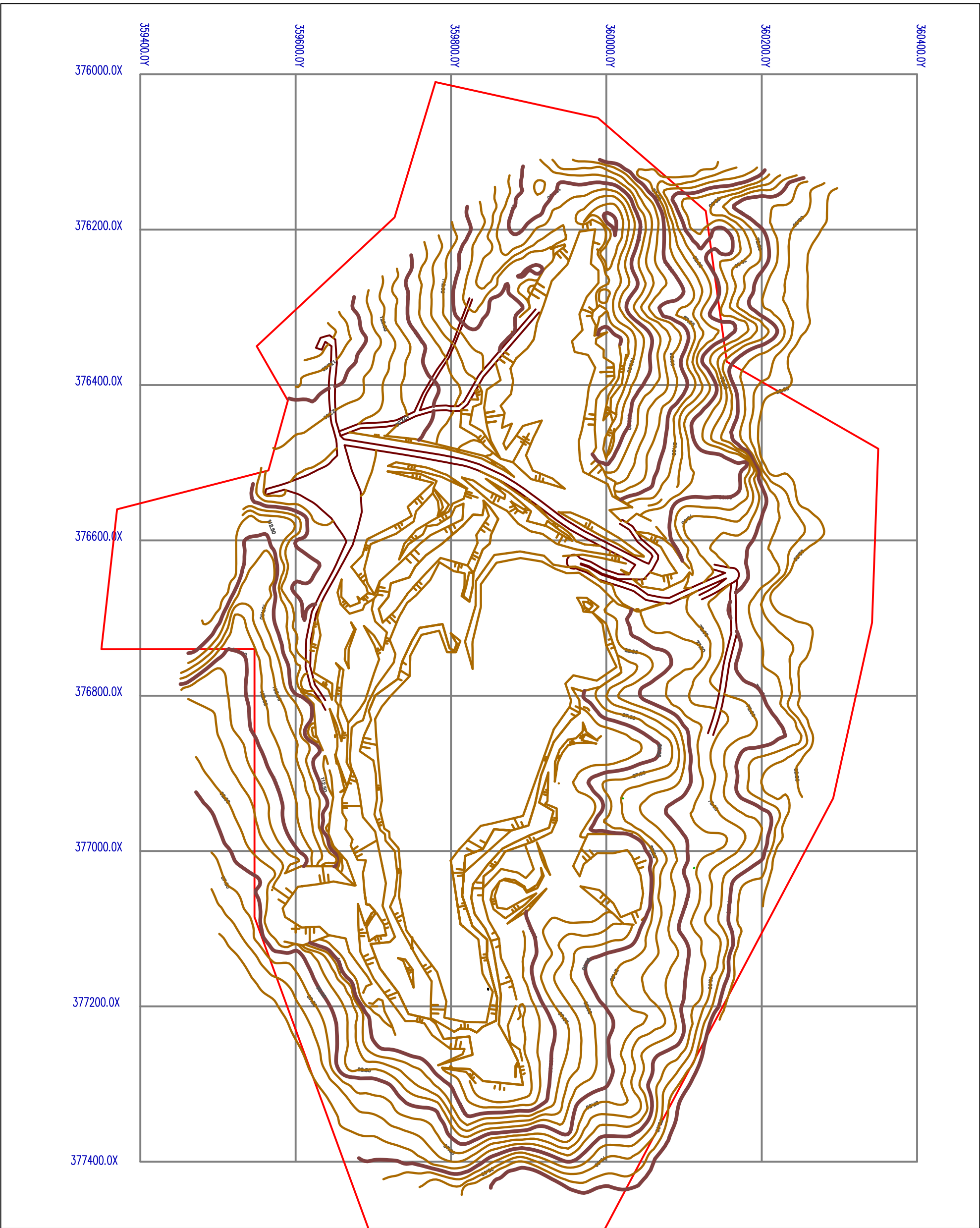
16. HERRERA HERBERT, JUAN: *Métodos de Minería a Cielo Abierto* octubre 2006. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/ghi/ucm-t25567.pdf>
17. JARAMILLO, R. J.: Perfeccionamiento de los trabajos de voladura en el yacimiento XX Aniversario. Tesis de Maestría. ISMMANJ, 1999.
18. KUTUSOV, B.N.: Trabajos de voladura .M., Nedra.1980.
19. LÓPEZ JIMENO, E et al.: Manual de perforación y voladuras de rocas. Institutotecnológicogeominero de España. Serie: tecnología y seguridad minera, Madrid, 2000.
20. MINTEC (2000) "MINESIGHT. Manual de Introducción a las Aplicaciones de Ingeniería de Mina".
21. MULET GÓNGORA. Iván Yacel. Proyecto de explotación de la Zona 1 del yacimiento de caliza Cantera Blanca. Trabajo de Diploma. 2014.
22. OTAÑO NOGUEL, J, A. CUESTA RECIO, *Trabajos Mineros a Cielo abierto*, Moa 2001.
23. OTAÑO NOGUEL, J, *Diseño de minas* [S.A].
24. OTAÑO NOGUEL, J.: Acción de la explosión en las rocas ligadas. Diplomado de voladuras, módulo 3, UNL, Loja, Ecuador, 1998.
25. OTAÑO NOGUEL, J.: El corte de monolitos y bloques de mármol por el método hidroexplosivo. Tesis de Grado Científico, ISMMANJ, 1984.
26. OTAÑO NOGUEL, J.: Elementos de física de las rocas. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1981.
27. OTAÑO NOGUEL, J.: Estado tensional del macizo de rocas por las líneas de cargas al cortabloques de mármol con mecha detonante en barrenos rellenos de agua. *Revista Minería y Geología*. 1-1983.
28. OTAÑO NOGUEL, J.: Fragmentación de rocas con explosivos. Editorial Félix Varela, La Habana, 1998.
29. PALTEX. *Washington, D.C., EUA: OPS, Serie HSP – UNI*. 1996.
30. PEDRO ALEXANDRE, A. M.: Metodología para el diseño de las voladuras en las canteras de áridos. Tesis Doctoral. ISMMANJ, 2006
31. Pla Ortiz, F, Herrera Herbert, J, *Curso de Laboreo* enero 2002.

32. POLANCO ALMANZA, R, *Diseño de Canteras Facultad de minería*. I.S.M.M. Moa. Holguín, CUBA.1994.
33. RECALDE, EDUARDO MORANTE, FERNANDO, *Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la cantera Pifo* [S.L]
34. SAMPIERI HERNANDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*, Edit. México, 2da Edición, 1997, 500pp.
35. SÁNCHEZ CARLESSI, Hugo. *Metodología y Diseño en la Investigación Científica*, 1ra edición, 1984,147pp.
36. SLAUGHTER, S.: *Efecto de la perforación en los resultados de una voladura*. Concretonline, Madrid, 2005.
37. THOMPSON, ROGER 2009. *Consideraciones para el diseño*. [en línea]. [Consultado: 20130210]. Disponible en: <http://www.mining-media.com>.
38. *Tutoriales Gemcom 2000-2007 US*: Autodesk.
39. ULAEX S.A. *Exposición para Expocaribe*, 2003.
40. ULAEX S.A. *Unión Latinoamericana de Explosivos*, S.A. Editorial SI-MAR S.A, Sevilla, 1998.
41. *UNIÓN EUROPEA DE EXPLOSIVOS*. *Curso de voladuras*. Lima. 1992
42. WATSON QUESADA, R, *Diseño de Taludes* [S.A]

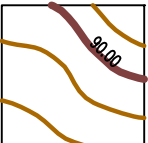




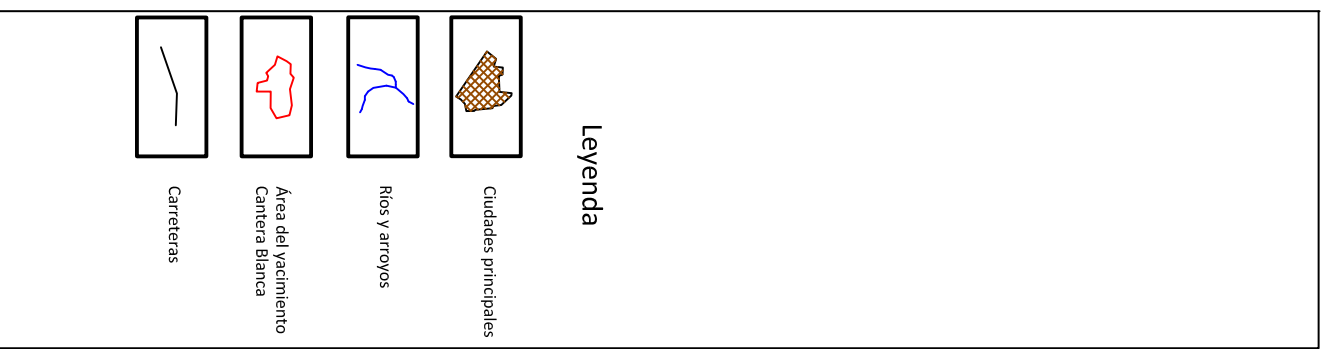
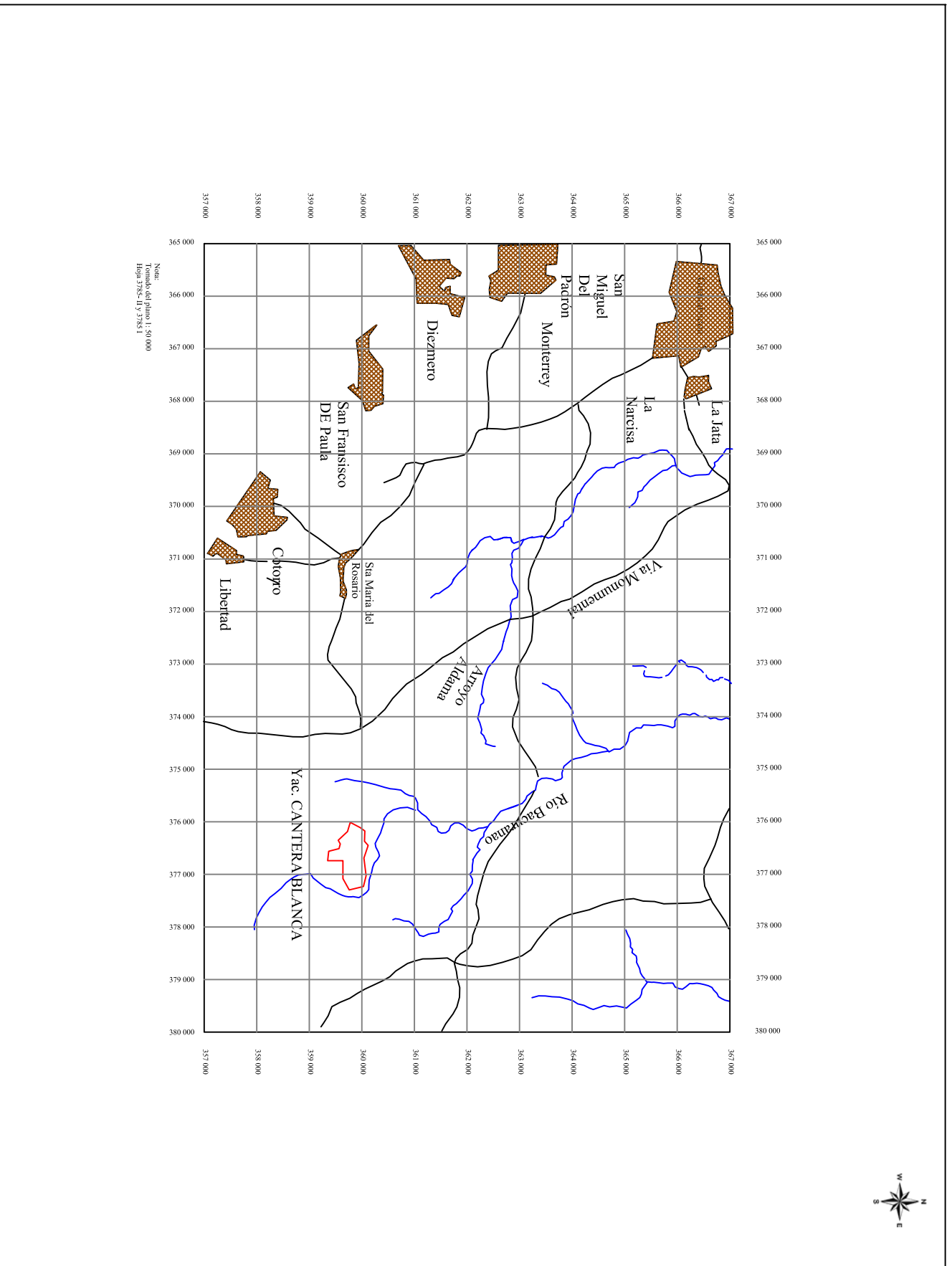
**LEYENDA**

-  **POLÍGONO A PERFORAR**
-  **REPLANTEO NIVEL +92**
-  **CURVAS TOPOGRAFICAS**



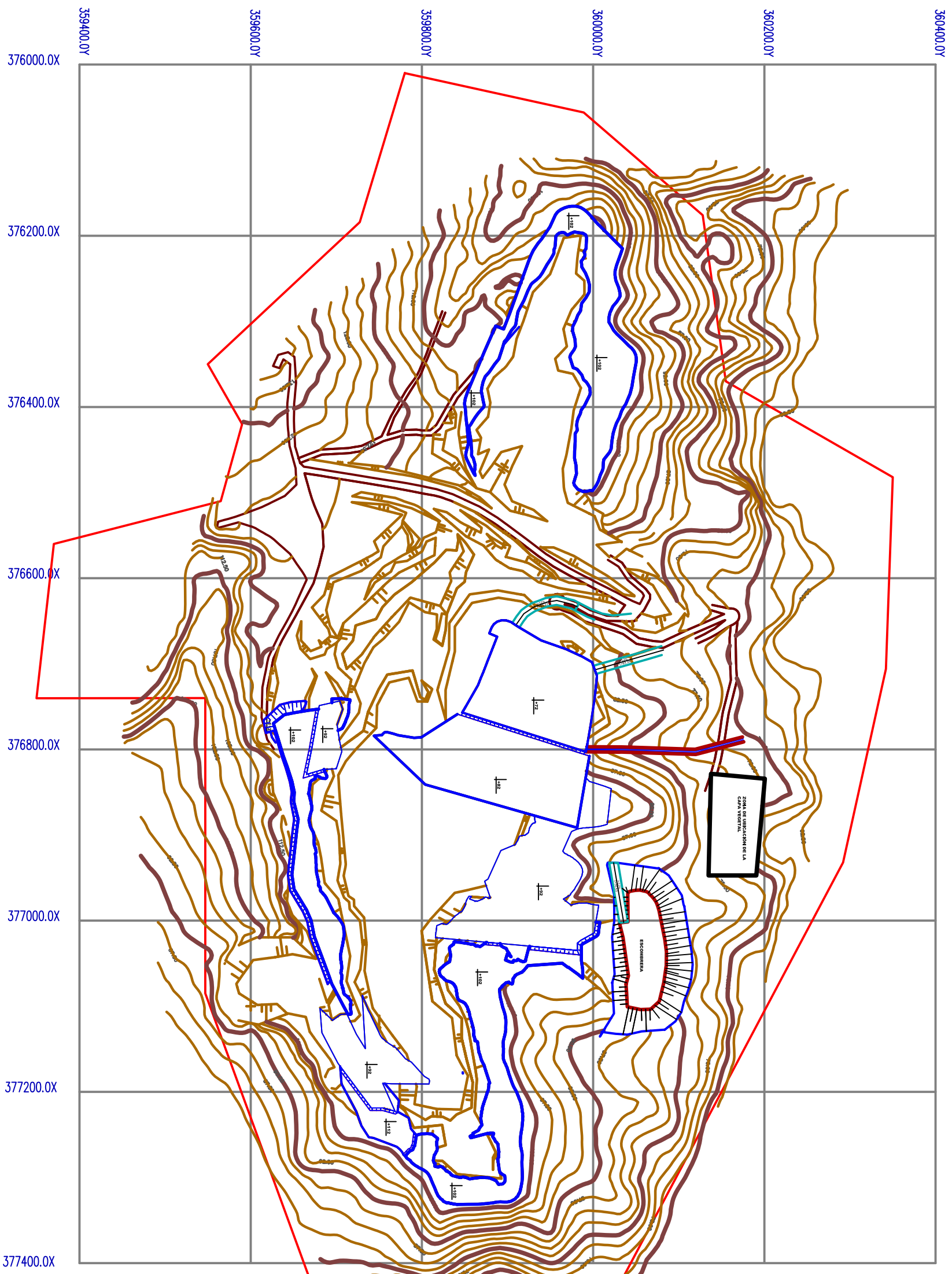
**LEYENDA**

 <p><b>CURVAS TOPOGRAFICAS</b></p>	 <p><b>CONCESION MINERA CANTERA BLANCA</b></p>	 <p><b>CAMINOS EXISTENTES</b></p>
---	---	--



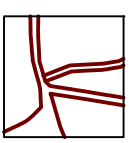
ANEXO. No.1.1 PLANO DE UBICACION DEL YACIMIENTO CANTERA BLANCA

Nota:  
 Tomado del plano 1:50 000  
 Hoja 3785- II y 3785 I

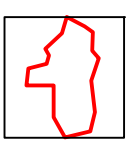


ZONA DE EMPLANTACION DE LA  
ZONA DE EMPLANTACION DE LA  
ZONA DE EMPLANTACION DE LA

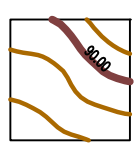
**LEYENDA**



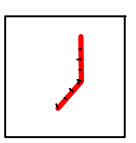
**CAMINOS EXISTENTES**



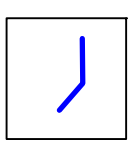
**CONCESION CANTERA BLANCA**



**CURVAS TOPOGRAFICAS**

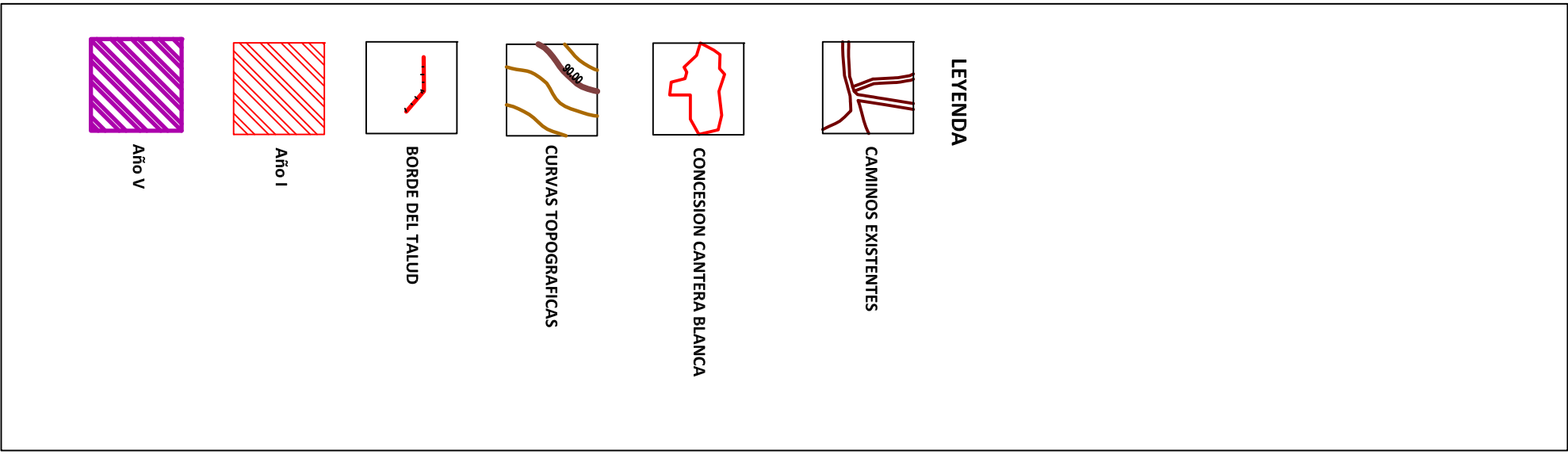
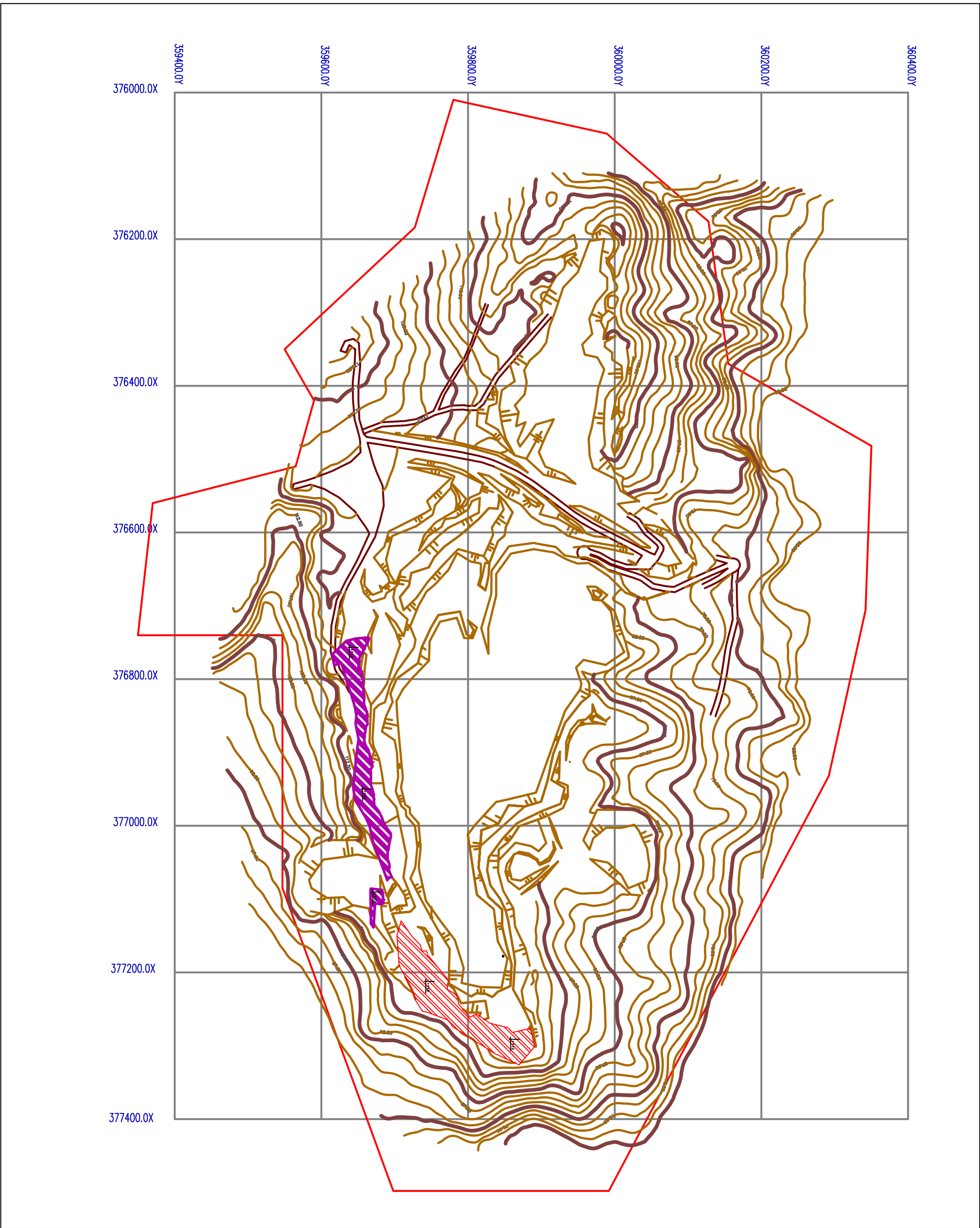


**BORDE DEL TALUD**

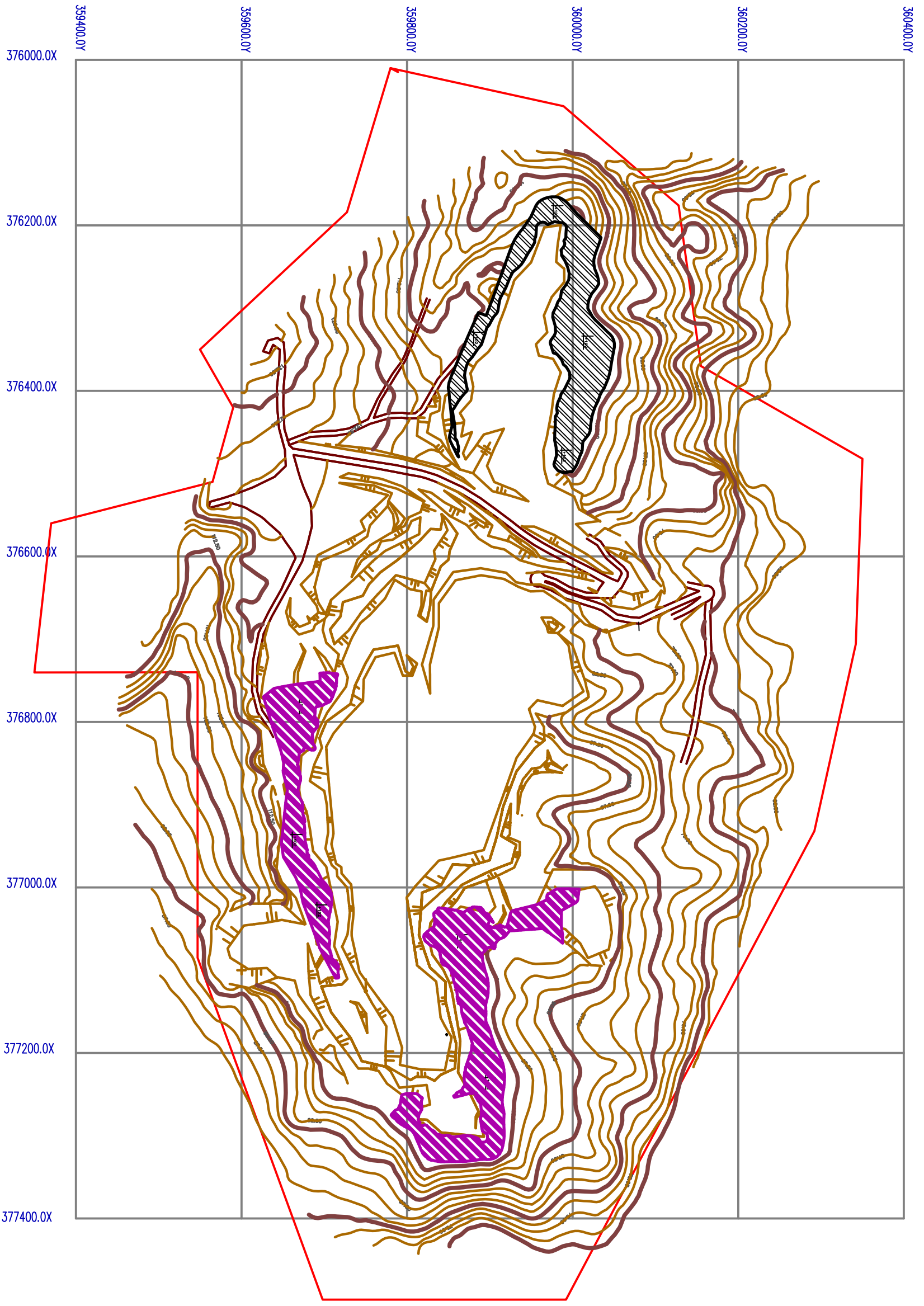


**PIE DEL TALUD**


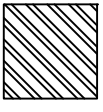
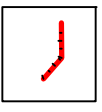
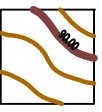

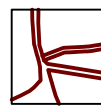


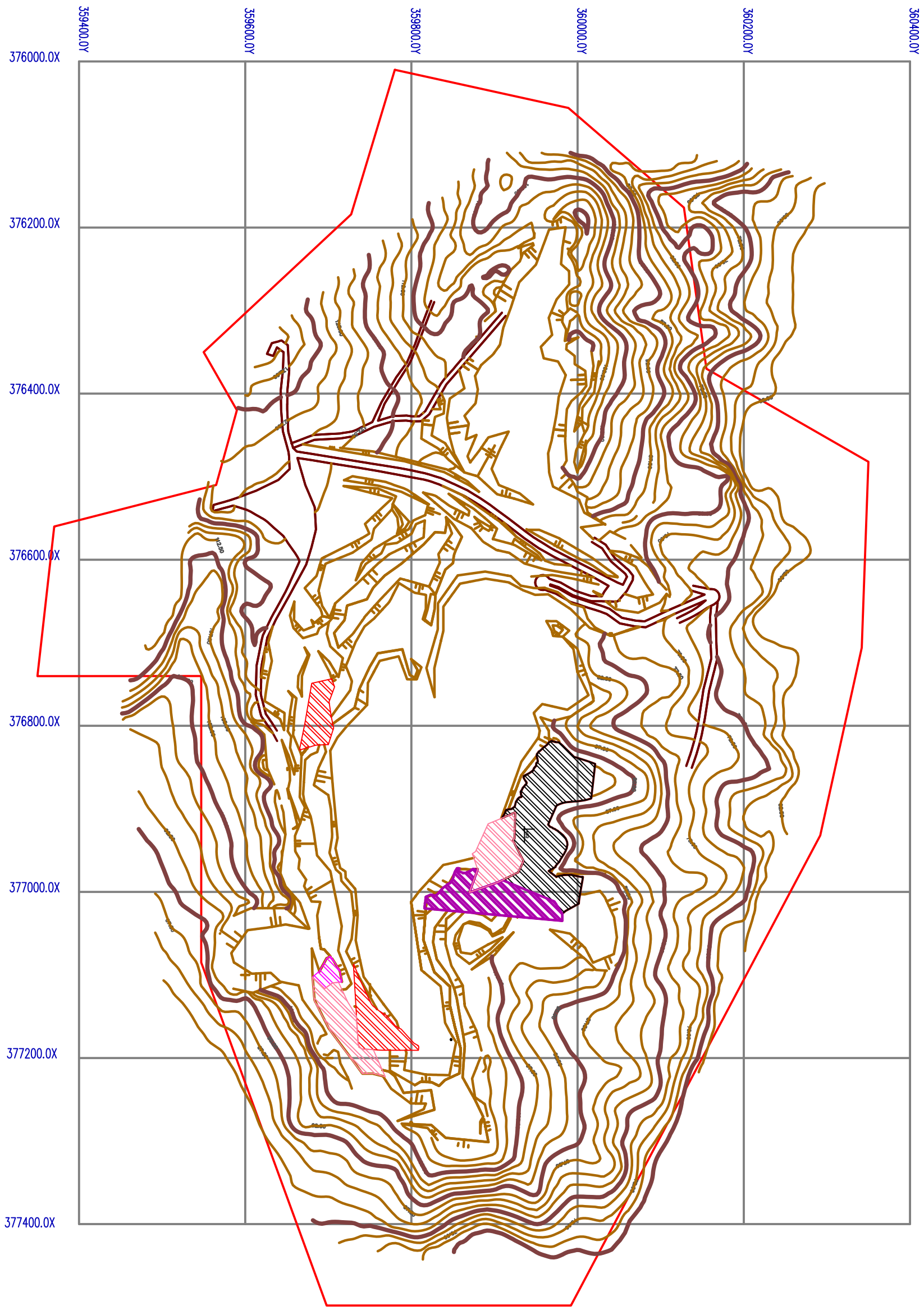




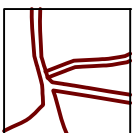


**LEYENDA**

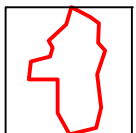
-  Año V
-  Año III
-  BORDE DEL TALUD
-  CURVAS TOPOGRAFICAS
-  CONCESION MINERA CANTERA BLANCA
-  CAMINOS EXISTENTES



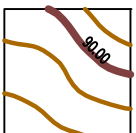
**LEYENDA**



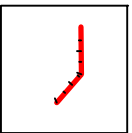
**CAMINOS EXISTENTES**



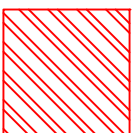
**CONCESION CANTERA BLANCA**



**CURVAS TOPOGRAFICAS**



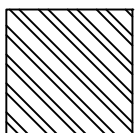
**BORDE DEL TALUD**



**Año I**



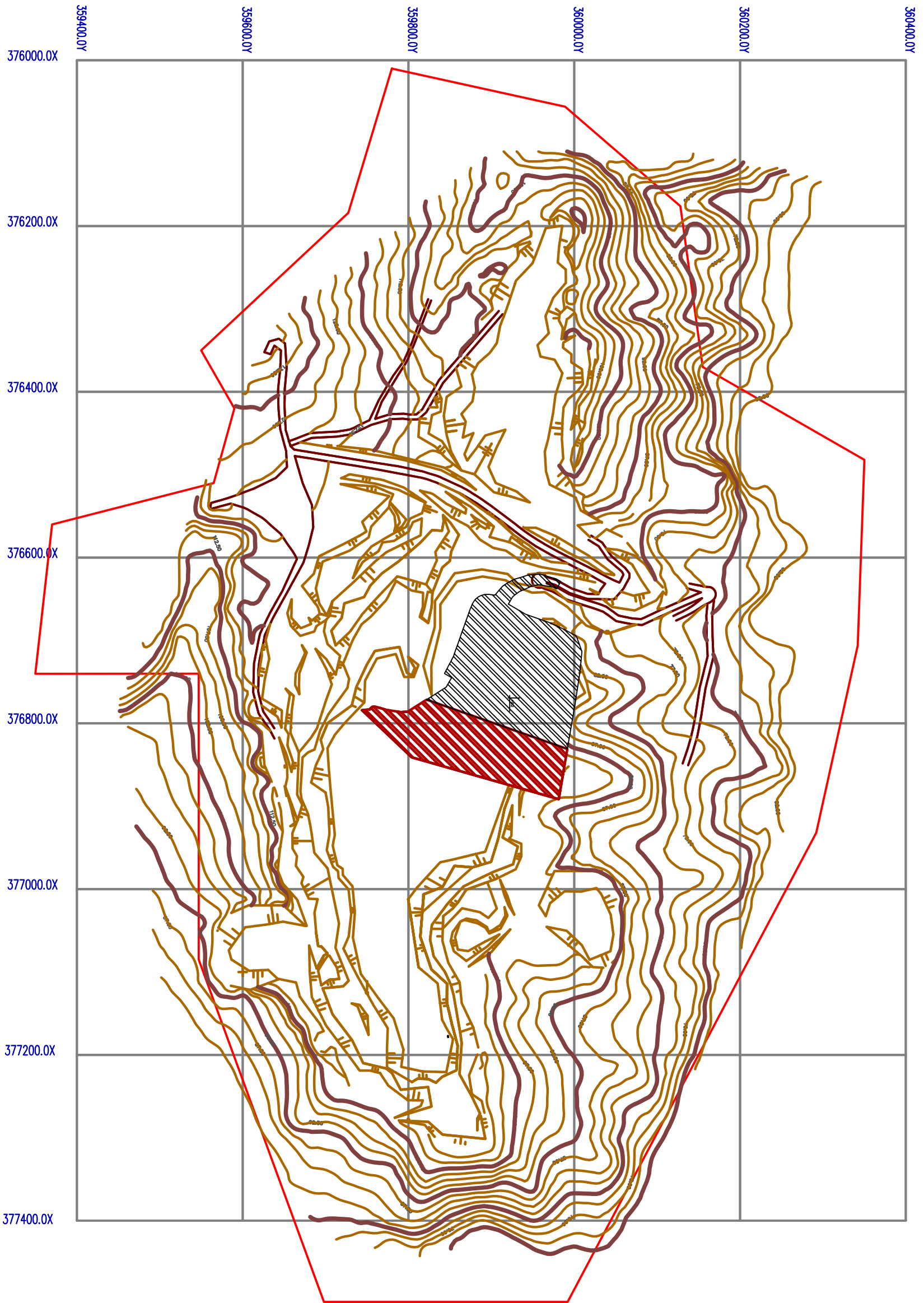
**Año II**









**Año III**



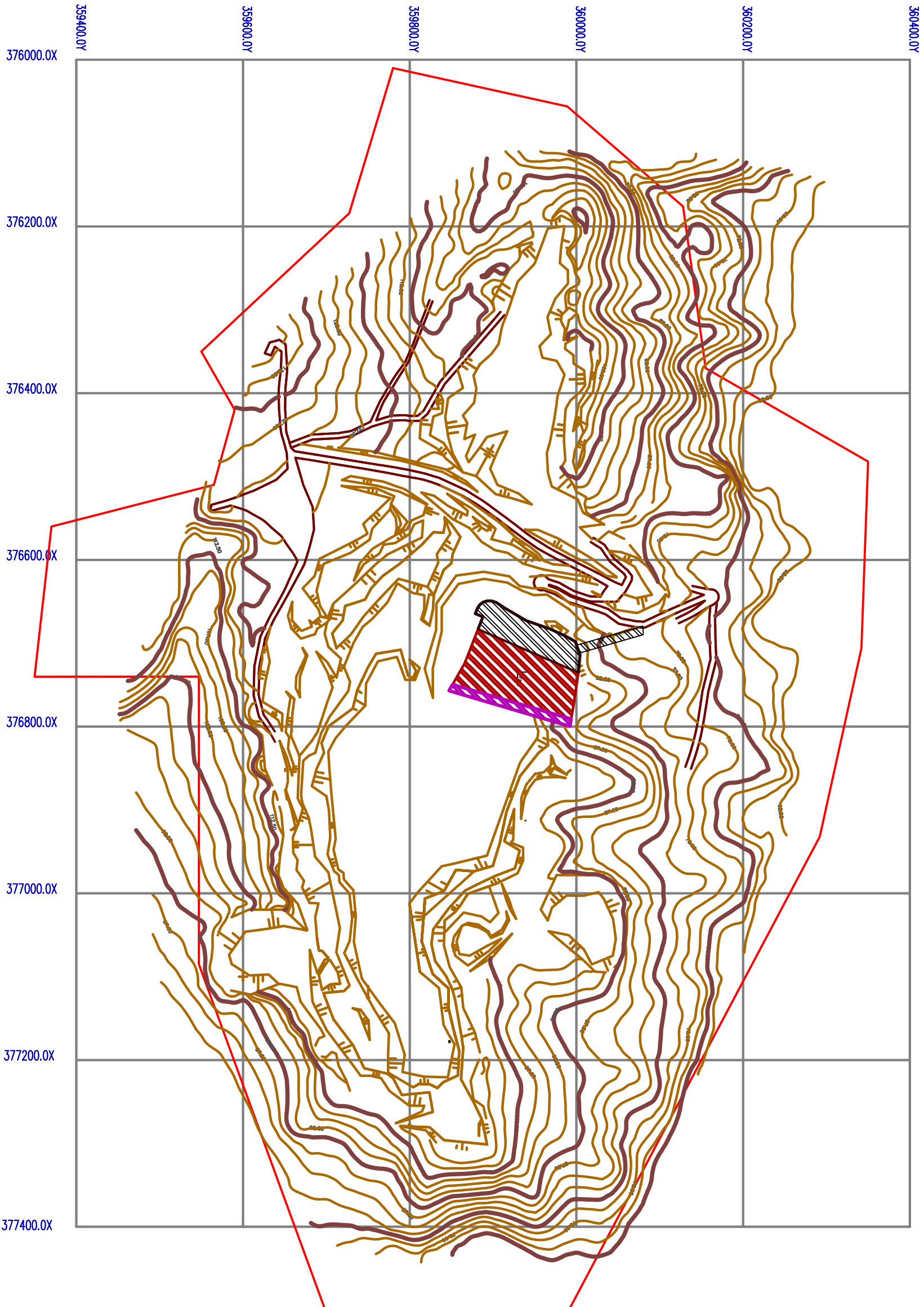
**Año V**




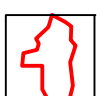
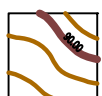
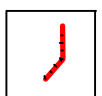
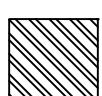

**LEYENDA**

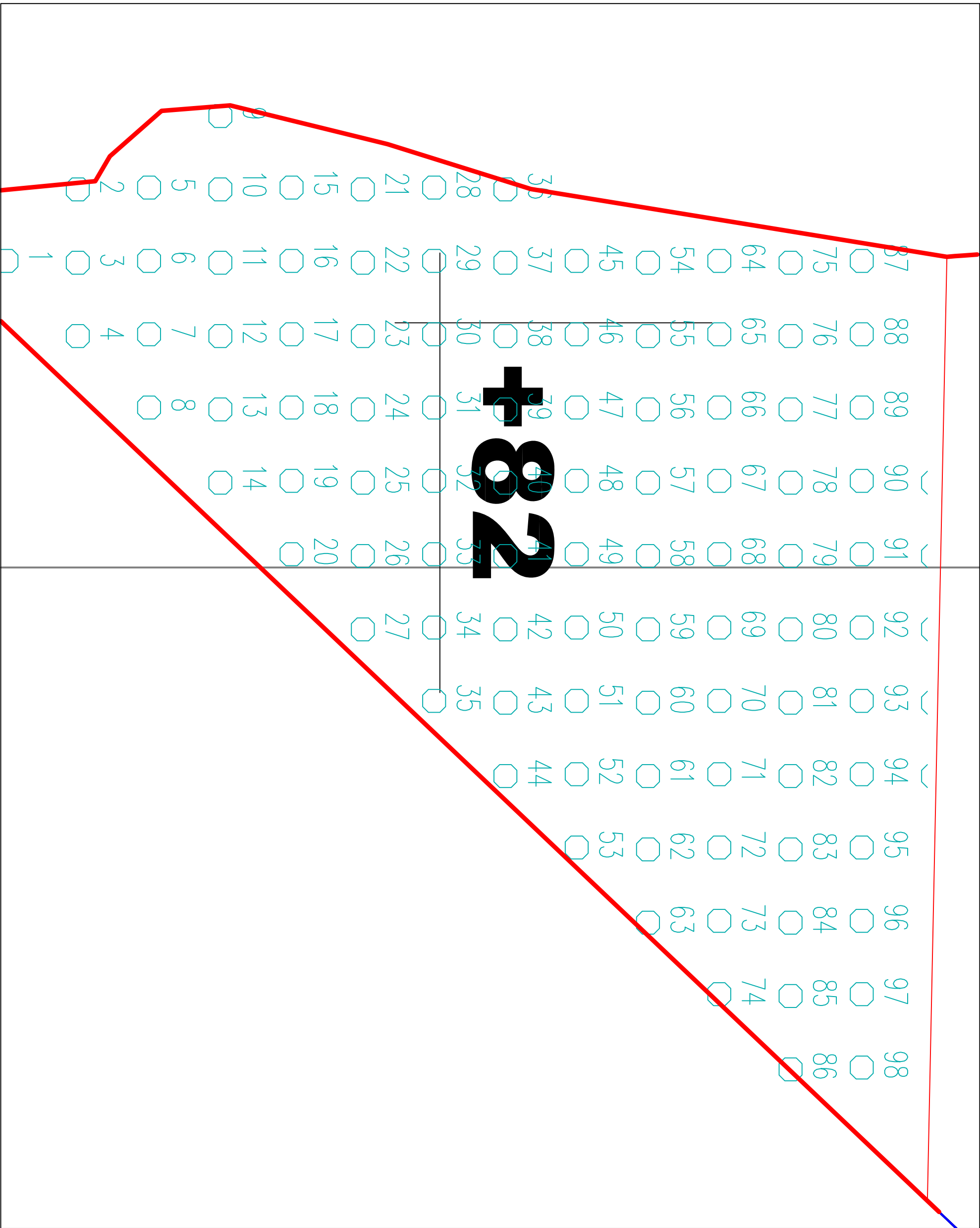
-  CAMINOS EXISTENTES
-  CONCESION MINERA CANTERA BLANCA
-  CURVAS TOPOGRAFICAS
-  BORDE DEL TALUD
-  Año III
-  Año IV



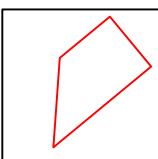


**LEYENDA**

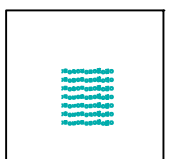
-  CAMINOS EXISTENTES
-  CONCESION MINERA CANTERA BLANCA
-  CURVAS TOPOGRAFICAS
-  BORDE DEL TALUD
-  Año III
-  Año IV



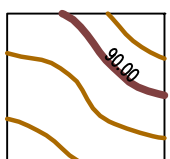
**LEYENDA**



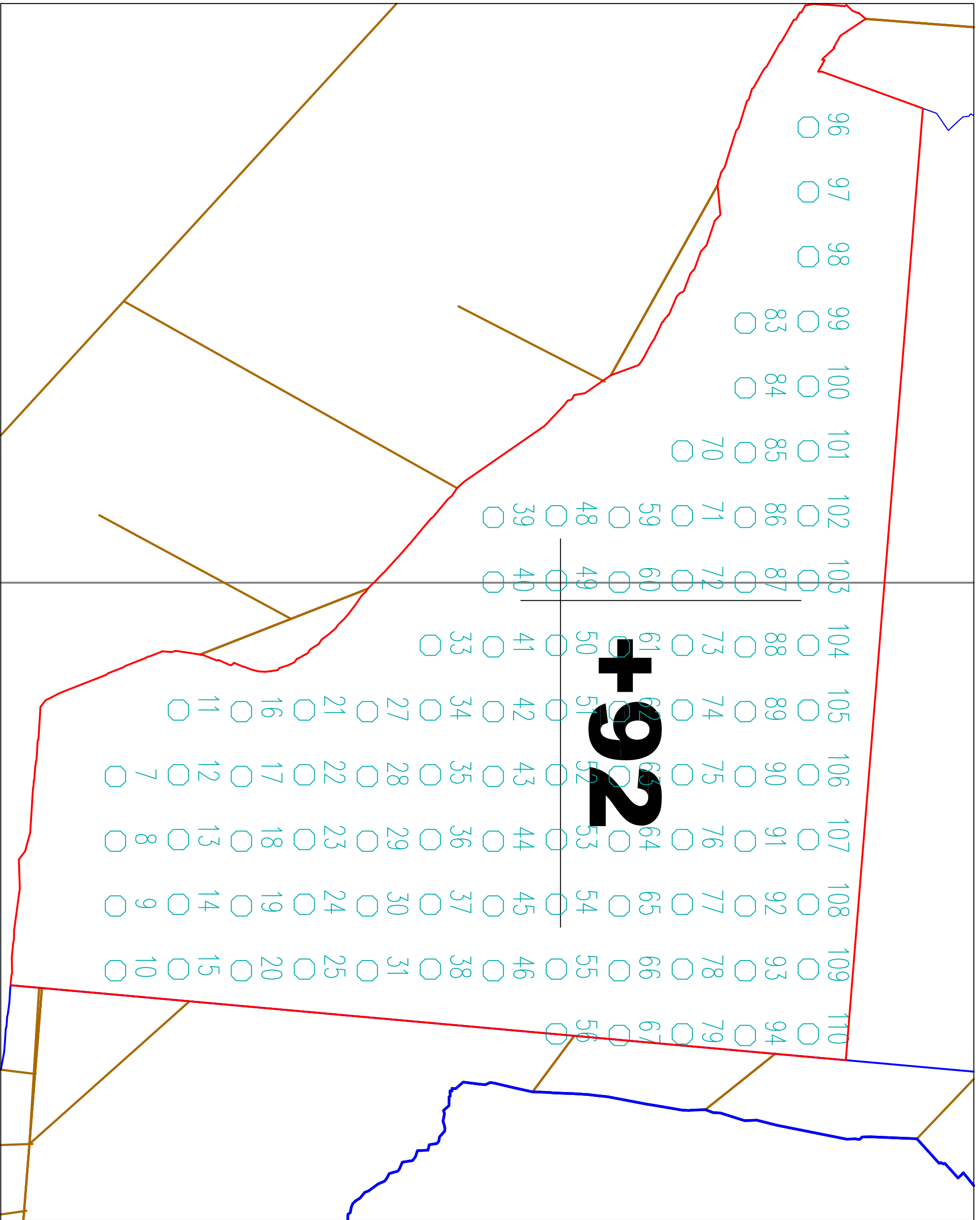
**POLIGONO A PERFORAR**



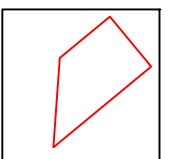
**REPLANTEO NIVEL +92**



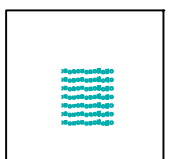
**CURVAS TOPOGRAFICAS**



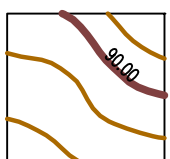
**LEYENDA**



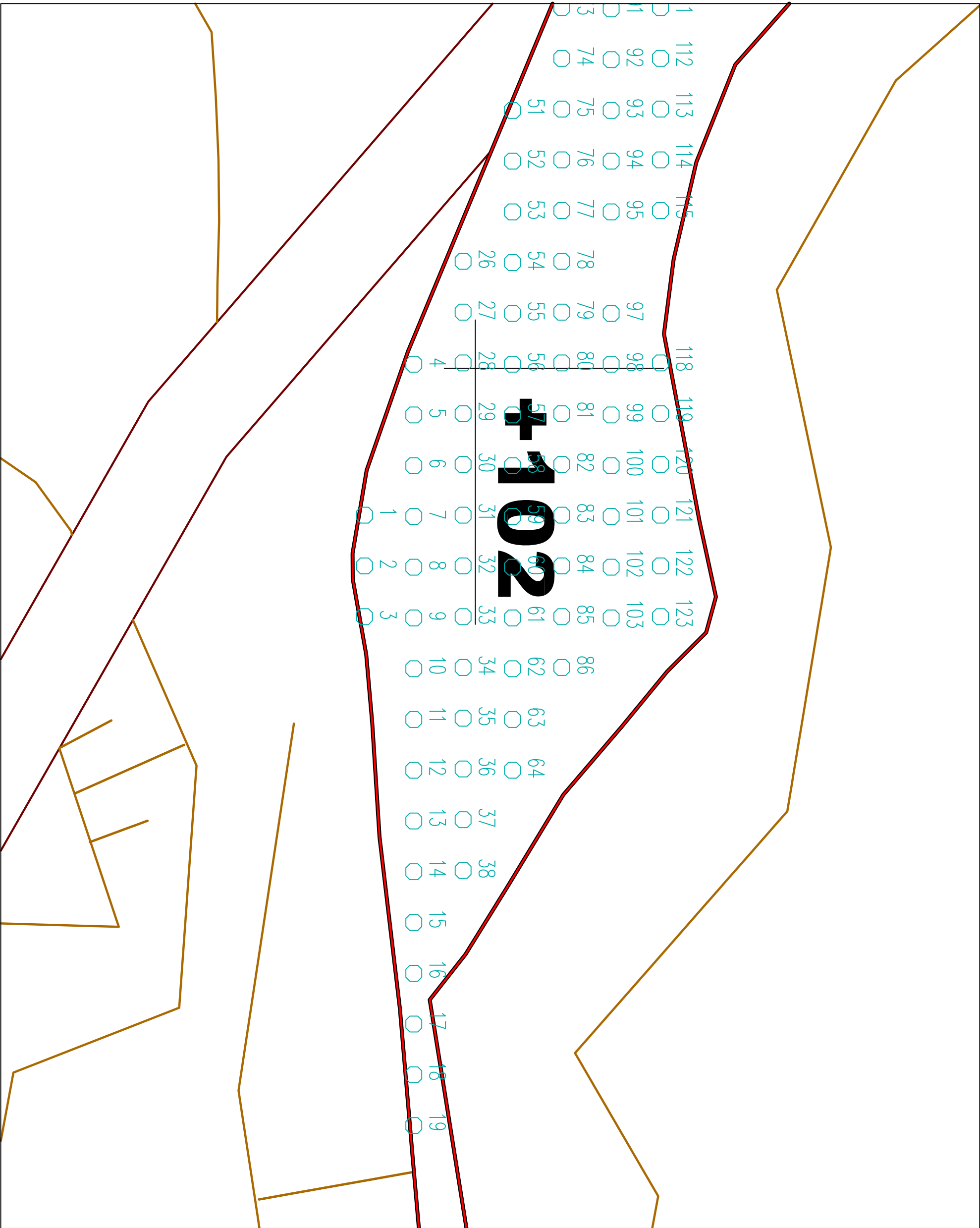
**POLÍGONO A PERFORAR**



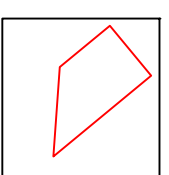
**REPLANTEO NIVEL +92**



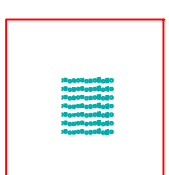
**CURVAS TOPOGRAFICAS**



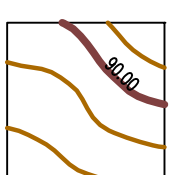
**LEYENDA**



**POLIGONO A PERFORAR**



**REPLANTEO NIVEL +102**



**CURVAS TOPOGRAFICAS**